



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESTUDIO DE RIESGO DE INCENDIOS EN DISCOTECAS Y CENTROS CON
GRAN AFLUENCIA DE PÚBLICO**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
DIEGO CAMILO OLAVE ROJAS**

PROFESOR GUÍA:
MIGUEL PÉREZ ARIAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
GABRIEL RODRÍGUEZ JAQUE
MIGUEL BUSTAMANTE SEPÚLVEDA

SANTIAGO DE CHILE
2016

RESUMEN DE MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Ingeniero Civil Con mención en
Estructuras, Construcción y Geotecnia.

POR: Diego Camilo Olave Rojas.

FECHA: Agosto 2016.

PROFESOR GUÍA: Miguel Pérez Arias.

“ESTUDIO DE RIESGO DE INCENDIOS EN DISCOTECAS Y CENTROS CON GRAN AFLUENCIA DE PÚBLICO”

La presente memoria constituye un estudio de la seguridad ante incendios en discotecas que presenten o no cierto incumplimiento aparente de medidas de seguridad para sus ocupantes. El objetivo de ésta es verificar los problemas originados en medios de egreso como pasillos y salidas de evacuación durante el desarrollo de un fuego a raíz de la evolución de la temperatura como del aumento de la altura de la capa de humo (filosofía Smoke Filling). Actualmente, es entendido por expertos de seguridad ante incendios que entre las causas más importantes de muerte de personas frente a este tipo de emergencias se encuentran la intoxicación por monóxido de carbono y ácido cianhídrico, y el aplastamiento de los ocupantes producto del pánico al momento de la evacuación. Además, de acuerdo a datos disponibles, este tipo de recintos producto de su alta capacidad de ocupación ante cualquier eventualidad en la emergencia genera numerosas muertes especialmente de jóvenes. Por ende, estudiar los fenómenos asociados al deterioro de las condiciones de vida de los ocupantes durante el desarrollo de un incendio es de gran utilidad, dado que entregan información útil para el diseño y puesta en marcha de medidas de seguridad ante incendios y ante problemas de evacuación que aminoren los efectos negativos de una emergencia como éstas ahora y en el futuro. Para el desarrollo de este trabajo se incluyen recintos que poseen ciertas semejanzas en la distribución de espacios dentro de las plantas de arquitectura y que son similares al típico recinto de entretenimiento ya sea en forma de atrio y con ambientes separados. Éstos, son analizados desde el enfoque prescriptivo y prestacional, y también mediante modelos de evacuación. La idea es incluir en el estudio la mayor cantidad de información del avance tecnológico desarrollado hasta la fecha. Uno de estos avances incorpora softwares computacionales, que si bien no reemplazan aún el estudio experimental en este tema, si ayuda a realizar análisis teóricos innovadores, más rápidos y menos costoso en base a la dinámica de fluidos. Las conclusiones de este estudio pretenden discutir acerca de la funcionalidad de la OGUC [60] en comparación con normas internacionales como NFPA con respecto a las medidas de seguridad en recintos como discotecas, para finalmente entregar recomendaciones que puedan aplicarse al diseño de los medios de egreso, la incorporación de herramientas pasivas y/o activas de control de humo y fuego, entre otras; de lugares con características similares de uso y ocupación como teatros, cines, auditorium, salones, etc. que puedan presentar falencias en sus sistemas de evacuación y que consideren a la seguridad de los ocupantes como un factor importante ante cualquier eventualidad no sólo asociada a incendios sino también a terremotos, falsas alarmas, etc.

DEDICATORIA

A mis padres, a mis hermanos, a mis abuelos, y a mi familia y amigos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad....y profesores.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.2	OBJETIVOS.....	2
1.2.1	OBJETIVOS GENERALES.....	2
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4	ALCANCES.....	5
1.5	METODOLOGÍA	6
2	ANTECEDENTES.....	7
2.1	INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	7
2.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DE INCENDIOS	7
2.2.1	TIPOS DE FUEGO	8
2.2.1.1	SMOULDERING (LATENTE SIN LLAMA).....	8
2.2.1.2	FLAMING (CON LLAMA)	8
2.2.1.2.1	LLAMAS DE PREMEZCLADO	8
2.2.1.2.2	LLAMAS DE DIFUSIÓN.....	8
2.2.2	CARGAS COMBUSTIBLES.....	9
2.2.2.1	DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO	9
2.2.3	DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE UN INCENDIO EN UN RECINTO CERRADO (PRE-POST FLASHOVER).....	10
2.2.3.1	IGNICIÓN.....	11
2.2.3.1.1	CRITERIOS DE IGNICIÓN	11
2.2.3.1.2	FUENTES DE IGNICIÓN.....	13
2.2.3.1.3	TIPO DE IGNICIÓN: IGNICIÓN ESPONTÁNEA.....	14
2.2.3.2	CRECIMIENTO	16
2.2.3.2.1	PROPAGACIÓN DE LLAMAS	16
2.2.3.2.1.1	ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA PROPAGACIÓN DE LLAMAS (WILLIAMS, 1976).....	17

2.2.3.3	FLASHOVER.....	18
2.2.4	FACTORES DE INFLUENCIA EN UN INCENDIO.....	18
2.2.4.1	CAPACIDAD TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE	19
2.2.4.2	VENTILACIÓN	19
2.2.4.3	ALTURA DEL TECHO.....	20
2.2.5	EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN RECINTOS CERRADOS	20
2.2.5.1	EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN FUNCIÓN DE LA VENTILACIÓN (COEFICIENTE DE ABERTURA F).....	22
2.2.5.2	CURVAS ESTÁNDAR DE EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA 23	
2.2.5.2.1	CURVA NORMALIZADA TIEMPO-TEMPERATURA.....	23
2.2.5.2.2	OTRAS CURVAS TIEMPO-TEMPERATURA.....	24
2.2.5.3	FLUJO NETO DE CALOR.....	25
2.2.5.3.1	CONVECCIÓN.....	25
2.2.5.3.2	RADIACIÓN.....	26
2.2.5.3.3	EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A ALTAS TEMPERATURAS: QUEMADURAS	27
2.2.5.3.3.1	EXPOSICIÓN AL CALOR POR CONVECCIÓN	27
2.2.5.3.3.2	EXPOSICIÓN AL CALOR POR RADIACIÓN.....	28
2.2.6	PRODUCCIÓN DE ESPECIES.....	30
2.2.6.1	PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN.....	30
2.2.6.1.1	PIRÓLISIS	32
2.2.6.1.2	GASES DE INCENDIO.....	32
2.2.6.1.2.1	INFLAMABILIDAD DE LOS GASES DE INCENDIO	32
2.2.6.1.2.1.1	LÍMITES DE INFLAMABILIDAD	32
2.2.6.1.2.1.2	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS LÍMITES DE INFLAMABILIDAD DE UN GAS.....	33
2.2.6.1.2.2	PRODUCCIÓN DE GASES DE INCENDIO	34
2.2.6.1.2.2.1	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE LOS GASES.....	34
2.2.6.1.2.2.2	TASA DE PRODUCCIÓN DE GASES.....	37
2.2.6.1.2.2.2.1	TASA MÁXIMA DE PRODUCCIÓN DE GASES	37
2.2.6.1.2.2.2.2	TASA DE PRODUCCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO CO	39
2.2.6.1.2.2.2.3	TASA DE CO ₂ Y HOLLÍN CON $\varphi < 1$	39
2.2.6.1.2.2.2.4	TASA DE CO ₂ Y HOLLÍN CON $\varphi > 1$	41

2.2.6.1.2.2.2.5	TASA DE PRODUCCIÓN DE HCN.....	41
2.2.6.2	HUMO	41
2.2.6.2.1	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	41
2.2.6.2.2	PROPIEDADES DEL HUMO	42
2.2.6.2.2.1	PRODUCCIÓN DE HUMO	42
2.2.6.2.2.2	DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO	43
2.2.6.2.2.3	VISIBILIDAD.....	44
2.2.6.2.2.4	DETECCIÓN	48
2.3	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.....	50
2.3.1	CARACTERÍSTICAS DE INCENDIOS	50
2.3.1.1	HRR-TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR	50
2.3.1.1.1	CRECIMIENTO DEL INCENDIO	51
2.3.1.1.1.1	CRECIMIENTO TOTALMENTE DESARROLLADO O PEAK HEAT RELEASE RATE	53
2.3.1.1.1.1.1	CRECIMIENTO CONTROLADO POR EL COMBUSTIBLE	53
2.3.1.1.1.1.2	CRECIMIENTO CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN	54
2.3.1.1.2	FLASHOVER	56
2.3.1.1.2.1	THOMAS.....	57
2.3.1.1.2.2	McCAFFREY.....	57
2.3.1.1.3	RELACIÓN EXISTENTE ENTRE EL HRR-PEAK CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN Y EL HRR EN EL FLASHOVER	60
2.3.2	MODELOS DE INCENDIO	61
2.3.2.1	MODELOS DE UNA ZONA.....	61
2.3.2.2	MODELOS DE DOS ZONAS	63
2.3.2.3	PENACHO DE INCENDIO	64
2.3.2.3.1	ORIGEN VIRTUAL Y DIÁMETRO DEL FUEGO.....	64
2.3.2.3.2	PENACHO AXISIMÉTRICO	66
2.3.2.3.2.1	ALTURA DE LA LLAMA	67
2.3.2.3.2.2	FLUJO DE AIRE AFLUENTE AL PENACHO.....	70
2.3.2.3.2.3	TEMPERATURA DEL PENACHO.....	70
2.3.2.3.2.4	TASA DE PRODUCCIÓN DE HUMO.....	72
2.4	ESCENARIOS DE INCENDIO	74
2.4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	74

2.4.2	ASPECTOS CLAVES	74
2.4.2.1	CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO	74
2.4.2.2	CARACTERÍSTICAS DEL RECINTO.....	74
2.5	DESCRIPCIÓN BÁSICA DEL MOVIMIENTO DE PERSONAS	75
2.5.1	MOVIMIENTO BÁSICO	75
2.5.1.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	75
2.5.1.2	RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO Y LA DENSIDAD DE OCUPACIÓN/CIRCULACIÓN.....	75
2.5.2	ELEMENTOS BÁSICOS DE EVACUACIÓN	77
2.5.2.1	ORIGEN DE EVACUACIÓN.....	77
2.5.2.2	VÍAS DE EVACUACIÓN.....	77
2.5.2.2.1	PASILLOS O ESCALERAS PROTEGIDAS.....	77
2.5.2.2.2	RAMPAS.....	77
2.5.2.2.3	RECORRIDO	77
2.5.2.3	ESPACIO EXTERIOR SEGURO.....	77
2.5.3	ANCHO EFECTIVO	78
2.5.4	FLUJO DE OCUPANTES	78
2.5.4.1	FLUJO ESPECÍFICO	78
2.5.4.2	FLUJO TOTAL	79
2.5.5	MODELOS DE EVACUACIÓN	79
2.5.5.1	MODELO DE EVACUACIÓN DE UN RECINTO EN TIEMPO MÍNIMO, CONSIDERANDO RECORRIDOS CON FLUJO CONSTANTE, SEGÚN EL MODELO EXPERIMENTAL DE J.J. FRUINS.....	80
2.5.5.1.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	80
2.5.5.1.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN	81
2.5.5.2	MODELO DE EVACUACIÓN DE UN RECINTO EN TIEMPO MÍNIMO, CONSIDERANDO RECORRIDOS, Y USANDO MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE OCUPACIÓN O CIRCULACIÓN, SEGÚN LA ADAPTACIÓN DE NELSON Y MCLENNAN DEL MODELO EXPERIMENTAL DE J.J. FRUINS.....	81
2.5.5.2.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	83

2.5.5.2.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN	84
2.5.5.3	MODELOS DE REDES ESTÁTICAS DE FLUJO PARA ANÁLISIS DINÁMICOS Y MICROSCÓPICOS DE EVACUACIÓN DE FORD & FULKERSON, DESCRITO POR R. L. FRANCIS Y L. CHALMET	85
2.5.5.3.1	ANÁLISIS DINÁMICO DE UNA VÍA DE EVACUACIÓN	86
3	ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS EN DISCOTECAS.....	90
3.1	INCENDIOS MÁS IMPORTANTES A NIVEL MUNDIAL.....	90
3.2	INCENDIOS EN CHILE.....	93
4	ANÁLISIS DE RECINTOS.....	94
4.1	INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	94
4.2	METODOLOGÍA DE ESTUDIO	94
4.2.1	TIPO PRESCRIPTIVO.....	94
4.2.1.1	CHEQUEO DE LOS MÍNIMOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD ANTE INCENDIOS ESTIPULADOS EN LA NORMATIVA NACIONAL VIGENTE.....	96
4.2.1.1.1	ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCION (OGUC): PARTE 1.....	96
4.2.1.1.2	ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCION (OGUC): PARTE 2.....	97
4.2.1.1.3	Nch 1850 + D.S.Nº594: EXTINTORES PORTÁTILES.....	97
4.2.1.1.4	Nch 2095: ROCIADORES AUTOMÁTICOS	98
4.2.1.1.5	Nch 2111: SEÑALES DE EMERGENCIA.....	98
4.2.1.2	CHEQUEO DE LOS REQUISITOS DE SEGURIDAD ANTE INCENDIOS ESTIPULADOS EN NFPA	98
4.2.1.2.1	NFPA – 101: CÓDIGO DE SEGURIDAD.....	98
4.2.1.2.2	NFPA - 10: EXTINTORES PORTÁTILES	100
4.2.1.2.3	NFPA – 13: ROCIADORES AUTOMÁTICOS	100
4.2.1.2.4	NFPA - 170: Señales de emergencia.....	101
4.2.2	MODELOS DE EVACUACION	102
4.2.3	TIPO PRESTACIONAL.....	102
4.2.3.1	RSET (TIEMPO REQUERIDO PARA LA EVACUACIÓN)	102
4.2.3.1.1	TIEMPO ANTERIOR AL MOVIMIENTO	103
4.2.3.1.1.1	TIEMPO DE DETECCIÓN Y ALARMA	103

4.2.3.1.1.2	TIEMPO DE PRE-MOVIMIENTO	103
4.2.3.1.2	TIEMPO DE MOVIMIENTO O EVACUACIÓN Y TIEMPO DE COLA.....	108
4.2.3.1.2.1	MODELOS DE SIMULACIÓN DE MOVIMIENTO	108
4.2.3.1.2.1.1	DATOS DE ENTRADA DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE MOVIMIENTO.....	108
4.2.3.1.2.1.2	REPRESENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL RECINTO.....	108
4.2.3.1.2.1.3	REPRESENTACIÓN FÍSICA DE LOS OCUPANTES	109
4.2.3.1.2.1.4	DINÁMICA DEL COMPORTAMIENTO DE PERSONAS	110
4.2.3.1.2.1.5	DINÁMICA DEL MOVIMIENTO DE PERSONAS ...	110
4.2.3.1.2.1.6	AFORO	110
4.2.3.1.2.1.7	MAGNITUDES DE LOCOMOCION	111
4.2.3.1.2.1.8	PATHFINDER: PROGRAMA ESCOGIDO.....	113
4.2.3.1.3	HIPÓTESIS ASUMIDAS	116
4.2.3.2	ASET (TIEMPO DISPONIBLE PARA LA EVACUACION).....	117
4.2.3.2.1	ANÁLISIS A TRAVÉS DE ESCENARIOS DE INCENDIO ...	117
4.2.3.2.1.1	ESCENARIO DE INCENDIO TIPO PARA EL DISEÑO.	118
4.2.3.2.1.1.1.1	CARGAS COMBUSTIBLES	118
4.2.3.2.1.1.1.2	FUENTES DE IGNICIÓN	120
4.2.3.2.1.1.1.3	CRECIMIENTO DEL FUEGO	120
4.2.3.2.1.1.1.4	CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO	121
4.2.3.2.1.1.1.5	BRANZFIRE: MODELACIÓN DE UN FUEGO.....	123
4.2.3.2.1.1.1.6	HIPOTÉSIS ASUMIDAS	125
4.3	JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE LOS RECINTOS A ANALIZAR	125
4.4	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS RECINTOS.....	127
4.4.1	DISCOTECA 1: PANDEMONIUM.....	127
4.4.1.1	UBICACIÓN	127
4.4.1.2	ANTECEDENTES	127
4.4.1.3	MEDIOS DE EGRESO Y SALIDAS	128
4.4.1.4	USOS Y SUPERFICIES.....	130
4.4.1.5	RECORRIDOS DE EVACUACIÓN	132
4.4.1.6	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD	134

4.4.1.7	ASIGNACIÓN DE OCUPANTES.....	134
4.4.2	DISCOTECA 2: EX – FÁBRICA.....	136
4.4.2.1	UBICACIÓN	136
4.4.2.2	ANTECEDENTES	136
4.4.2.3	MEDIOS DE EGRESO Y SALIDAS	137
4.4.2.4	USOS Y SUPERFICIES.....	138
4.4.2.5	RECORRIDOS DE EVACUACIÓN	141
4.4.2.6	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD	142
4.4.2.7	ASIGNACIÓN DE OCUPANTES.....	143
4.4.3	DISCOTECA 3: CLUB MATTA	145
4.4.3.1	UBICACIÓN	145
4.4.3.2	ANTECEDENTES	145
4.4.3.3	MEDIOS DE EGRESO Y SALIDAS	146
4.4.3.4	USOS Y SUPERFICIES.....	147
4.4.3.5	RECORRIDOS DE EVACUACIÓN	148
4.4.3.6	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD	149
4.4.3.7	ASIGNACIÓN DE OCUPANTES.....	149
4.5	ANÁLISIS PRESCRIPTIVO	151
4.5.1	NOTAS TÉCNICAS DE LOS RECINTOS ESTUDIADOS.....	151
4.5.1.1	DISCOTECA 1: PANDEMONIUM	151
4.5.1.1.1	SEGÚN OGUC	151
4.5.1.1.1.1	FORTALEZAS.....	151
4.5.1.1.1.2	FALENCIAS	152
4.5.1.1.2	SEGÚN NFPA.....	153
4.5.1.1.2.1	NFPA 101: CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA.....	153
4.5.1.1.2.1.1	FORTALEZAS	153
4.5.1.1.2.1.2	FALENCIAS.....	153
4.5.1.1.2.2	NFPA 10.....	154
4.5.1.1.2.2.1	FORTALEZAS	154
4.5.1.1.2.2.2	FALENCIAS.....	154

4.5.1.1.2.3	NFPA 170.....	155
4.5.1.1.2.3.1	FORTALEZAS	155
4.5.1.1.2.3.2	FALENCIAS.....	155
4.5.1.1.2.4	NFPA 13.....	155
4.5.1.2	DISCOTECA 2: EXFABRICA	156
4.5.1.2.1	SEGÚN OGUC	156
4.5.1.2.1.1	FORTALEZAS.....	156
4.5.1.2.1.2	FALENCIAS	156
4.5.1.2.2	SEGÚN NFPA.....	157
4.5.1.2.2.1	NFPA 101: CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA.....	157
4.5.1.2.2.1.1	FORTALEZAS	157
4.5.1.2.2.1.2	FALENCIAS.....	158
4.5.1.2.2.2	NFPA 10.....	159
4.5.1.2.2.2.1	FORTALEZAS	159
4.5.1.2.2.2.2	FALENCIAS.....	159
4.5.1.2.2.3	NFPA 170.....	160
4.5.1.2.2.3.1	FORTALEZAS	160
4.5.1.2.2.3.2	FALENCIAS.....	160
4.5.1.2.2.4	NFPA 13.....	160
4.5.1.3	DISCOTECA 3: CLUB MATTA.....	161
4.5.1.3.1	SEGÚN OGUC	161
4.5.1.3.1.1	FORTALEZAS.....	161
4.5.1.3.1.2	FALENCIAS	161
4.5.1.3.2	SEGÚN NFPA.....	162
4.5.1.3.2.1	NFPA 101: CODIGO DE SEGURIDAD HUMANA.....	162
4.5.1.3.2.1.1	FORTALEZAS	162
4.5.1.3.2.1.2	FALENCIAS.....	163
4.5.1.3.2.2	NFPA 10.....	164
4.5.1.3.2.2.1	FORTALEZAS	164
4.5.1.3.2.2.2	FALENCIAS.....	164
4.5.1.3.2.3	NFPA 170.....	165
4.5.1.3.2.3.1	FORTALEZAS	165
4.5.1.3.2.3.2	FALENCIAS.....	165
4.5.1.3.2.4	NFPA 13.....	165
4.5.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS: SÍNTESIS GENERAL DE LAS FALENCIAS DE LAS DISCOTECAS	166
4.5.2.1	GENERAL.....	166
4.5.2.2	MEDIOS DE EGRESO.....	166
4.5.2.3	SEÑALIZACIÓN.....	166
4.5.2.4	ILUMINACIÓN.....	166

4.5.2.5	VENTILACIÓN	167
4.5.2.6	SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA.....	167
4.6	ANÁLISIS SEGÚN MODELOS DE EVACUACIÓN.....	168
4.6.1	DISCOTECA 1	168
4.6.1.1	CONDICIONES GEOMÉTRICAS Y MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN.....	168
4.6.1.1.1	SEGUNDO PISO	168
4.6.1.1.1.1	SEGUNDO PISO-SINGULARIDADES.....	170
4.6.1.1.2	PRIMER PISO	173
4.6.1.2	ANÁLISIS SEGÚN MODELO DE JJ FRUINS	175
4.6.1.2.1	SEGUNDO PISO	175
4.6.1.2.1.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN	175
4.6.1.2.1.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN.....	176
4.6.1.2.1.3	RESULTADOS	179
4.6.1.2.2	PRIMER PISO	181
4.6.1.2.2.1	SALIDAS 01-02-03.....	181
4.6.1.2.2.1.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	181
4.6.1.2.2.1.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN	182
4.6.1.2.2.1.3	RESULTADOS	186
4.6.1.2.2.2	ESCALERA DE ACCESO (E01)	186
4.6.1.2.2.2.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	186
4.6.1.2.2.2.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN	187
4.6.1.2.2.2.3	RESULTADOS	188
4.6.1.3	ANÁLISIS SEGÚN MODELO ADAPTADO DE NELSON Y MCLENNAN	189
4.6.1.3.1	SEGUNDO PISO	189
4.6.1.3.1.1	FUNCIÓN DE EVACUACION	189
4.6.1.3.1.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN.....	191
4.6.1.3.1.3	RESULTADOS	194
4.6.1.3.2	PRIMER PISO	194
4.6.1.3.2.1	TERRAZA EXTERIOR Y SALIDAS 01-02-03.....	194
4.6.1.3.2.1.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	194
4.6.1.3.2.1.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN	196
4.6.1.3.2.1.3	RESULTADOS	196
4.6.1.3.2.2	ESCALERA ACCESO	197
4.6.1.3.2.2.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	197
4.6.1.3.2.2.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN	198
4.6.1.3.2.2.3	RESULTADOS	199
4.6.2	DISCOTECA 2.....	200

4.6.2.1	CONDICIONES GEOMÉTRICAS Y MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN.....	200
4.6.2.1.1	SEGUNDO PISO.....	200
4.6.2.1.1.1	SEGUNDO PISO-SINGULARIDADES.....	202
4.6.2.1.2	PRIMER PISO.....	204
4.6.2.2	ANÁLISIS SEGÚN MODELO DE JJ FRUINS.....	207
4.6.2.2.1	SEGUNDO PISO.....	207
4.6.2.2.1.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	207
4.6.2.2.1.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN.....	207
4.6.2.2.1.3	RESULTADOS.....	210
4.6.2.2.2	PRIMER PISO.....	211
4.6.2.2.2.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	211
4.6.2.2.2.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN.....	212
4.6.2.2.3	RESULTADOS.....	213
4.6.2.3	ANÁLISIS SEGÚN MODELO ADAPTADO DE NELSON Y MCLENNAN.....	216
4.6.2.3.1	SEGUNDO PISO.....	216
4.6.2.3.1.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	216
4.6.2.3.1.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN.....	218
4.6.2.3.1.3	RESULTADOS.....	220
4.6.2.3.2	PRIMER PISO.....	221
4.6.2.3.2.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	221
4.6.2.3.2.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN.....	223
4.6.2.3.2.3	RESULTADOS.....	225
4.6.3	DISCOTECA 3.....	227
4.6.3.1	CONDICIONES GEOMÉTRICAS Y MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN.....	227
4.6.3.2	ANÁLISIS SEGÚN MODELO DE JJ FRUINS.....	229
4.6.3.2.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	229
4.6.3.2.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN.....	230
4.6.3.2.3	RESULTADOS.....	231
4.6.3.3	SEGÚN MODELO ADAPTADO DE NELSON Y MCLENNAN ...	232
4.6.3.3.1	FUNCIÓN DE EVACUACIÓN.....	232
4.6.3.3.2	FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACION.....	234
4.6.3.3.3	RESULTADOS.....	236
4.6.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS A TRAVÉS DE MODELOS DE EVACUACIÓN.....	237

4.6.4.1	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE JJ FRUINS Y NELSON- McLENNAN.....	237
4.6.4.2	DIFERENCIAS ENTRE MODELOS MACROSCÓPICOS Y MODELOS DINÁMICOS DE REDES DE FLUJO O MICROSCÓPICOS.....	239
4.7	ANÁLISIS PRESTACIONAL	248
4.7.1	DISCOTECA 1	248
4.7.1.1	RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME)	248
4.7.1.1.1	TIEMPO ANTERIOR AL MOVIMIENTO	248
4.7.1.1.1.1	TIEMPO DE DETECCIÓN Y ALARMA	248
4.7.1.1.1.2	TIEMPO DE PREMOVIMIENTO	248
4.7.1.1.2	TIEMPO DE MOVIMIENTO	249
4.7.1.1.2.1	DATOS DE ENTRADA.....	249
4.7.1.1.2.2	DATOS DE SALIDA	255
4.7.1.1.3	ANÁLISIS DE GRÁFICOS Y MAPAS	264
4.7.1.1.4	TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN.....	266
4.7.1.2	ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)	267
4.7.1.2.1	ESCENARIO DE INCENDIO 1A.....	267
4.7.1.2.1.1	DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES	267
4.7.1.2.1.2	PUNTO DE IGNICIÓN	268
4.7.1.2.1.3	CRECIMIENTO	268
4.7.1.2.1.4	CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO	270
4.7.1.2.1.5	ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE	273
4.7.1.2.1.5.1	DATOS DE ENTRADA	273
4.7.1.2.1.5.2	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD	275
4.7.1.3	RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME) VERSUS ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME).....	280
4.7.2	DISCOTECA 2.....	282
4.7.2.1	RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME)	282
4.7.2.1.1	TIEMPO ANTERIOR AL MOVIMIENTO	282
4.7.2.1.1.1	TIEMPO DE DETECCIÓN Y ALARMA	282
4.7.2.1.1.2	TIEMPO DE PREMOVIMIENTO	282
4.7.2.1.2	TIEMPO DE MOVIMIENTO	283
4.7.2.1.2.1	DATOS DE ENTRADA.....	283
4.7.2.1.2.2	DATOS DE SALIDA ().....	288
4.7.2.1.3	ANÁLISIS DE GRÁFICOS Y MAPAS	299
4.7.2.1.4	TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN.....	302

4.7.2.2	ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)	303
4.7.2.2.1	ESCENARIO DE INCENDIO 2A	303
4.7.2.2.1.1	DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES	303
4.7.2.2.1.2	PUNTO DE IGNICIÓN	304
4.7.2.2.1.3	CRECIMIENTO	305
4.7.2.2.1.4	CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO	307
4.7.2.2.1.5	ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE	310
4.7.2.2.1.5.1	DATOS DE ENTRADA	310
4.7.2.2.1.5.2	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD	312
4.7.2.2.2	ESCENARIO DE INCENDIO 2B	317
4.7.2.2.2.1	DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES	317
4.7.2.2.2.2	PUNTO DE IGNICIÓN	318
4.7.2.2.2.3	CRECIMIENTO	318
4.7.2.2.2.4	CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO	321
4.7.2.2.2.5	ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE	323
4.7.2.2.2.5.1	DATOS DE ENTRADA	323
4.7.2.2.2.5.2	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD	325
4.7.2.2.3	ESCENARIO DE INCENDIO 2C	330
4.7.2.2.3.1	DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES	330
4.7.2.2.3.2	PUNTO DE IGNICIÓN	331
4.7.2.2.3.3	CRECIMIENTO	332
4.7.2.2.3.4	CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO	334
4.7.2.2.3.5	ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE	337
4.7.2.2.3.5.1	DATOS DE ENTRADA	337
4.7.2.2.3.5.2	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD	339
4.7.2.3	RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME) VERSUS ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)	344
4.7.3	DISCOTECA 3	346
4.7.3.1	RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME)	346
4.7.3.1.1	TIEMPO ANTERIOR AL MOVIMIENTO	346
4.7.3.1.1.1	TIEMPO DE DETECCIÓN Y ALARMA	346
4.7.3.1.1.2	TIEMPO DE PREMOVIMIENTO	346
4.7.3.1.2	TIEMPO DE MOVIMIENTO	347
4.7.3.1.2.1	DATOS DE ENTRADA	347
4.7.3.1.2.2	DATOS DE SALIDA	350
4.7.3.1.3	ANÁLISIS DE GRÁFICOS Y MAPAS	357
4.7.3.1.4	TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN	359

4.7.3.2	ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)	360
4.7.3.2.1	ESCENARIO DE INCENDIO 3A	360
4.7.3.2.1.1	DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES	360
4.7.3.2.1.2	PUNTO DE IGNICIÓN	361
4.7.3.2.1.3	CRECIMIENTO	361
4.7.3.2.1.4	CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO	364
4.7.3.2.1.5	ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE	367
4.7.3.2.1.5.1	DATOS DE ENTRADA	367
4.7.3.2.1.5.2	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD	369
4.7.3.2.2	ESCENARIO DE INCENDIO 3B	374
4.7.3.2.2.1	DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES	374
4.7.3.2.2.2	PUNTO DE IGNICIÓN	375
4.7.3.2.2.3	CRECIMIENTO	375
4.7.3.2.2.4	CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO	378
4.7.3.2.2.5	ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE	381
4.7.3.2.2.5.1	DATOS DE ENTRADA	381
4.7.3.2.2.5.2	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD	383
4.7.3.3	RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME) VERSUS ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME).....	388
4.7.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS PRESTACIONAL	390
5	ANÁLISIS FINAL, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	391
5.1	ANÁLISIS FINAL Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO PRESCRIPTIVO Y DE LOS MODELOS DE EVACUACIÓN	391
5.1.1	MEDIOS DE EGRESO	391
5.1.1.1	DIFERENCIAS EN EL DISEÑO DE VÍAS DE EGRESO ENTRE LOS MODELOS DE EVACUACIÓN SIN RECORRIDO Y LA VISIÓN DE LA OGUC-NFPA 101	391
5.1.1.1.1	MODELO HIDRÁULICO SIN RECORRIDO DE EVACUACIÓN – SFPE (H. NELSON y MCLENNAN).....	391
5.1.1.1.1.1	PASILLOS	394
5.1.1.1.1.2	PUERTAS DE ACCESO/EGRESO	395
5.1.1.1.1.3	ESCALERAS (CIRCULACIÓN DE DESCENSO).....	396
5.1.1.1.2	VISIÓN DE OGUC CON RESPECTO AL DISEÑO DE VÍAS DE EVACUACIÓN	397
5.1.1.1.2.1	PASILLOS-PUERTAS.....	397
5.1.1.1.2.2	ESCALERAS.....	398

5.1.1.1.3	VISIÓN DE LA NFPA 101 CON RESPECTO AL DISEÑO DE ELEMENTOS DE VÍAS DE EVACUACIÓN.....	399
5.1.1.1.3.1	PASILLOS-PUERTAS.....	399
5.1.1.1.3.2	ESCALERAS.....	399
5.1.1.1.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	400
5.1.1.1.4.1	PASILLOS.....	400
5.1.1.1.4.2	ESCALERAS.....	403
5.1.1.2	DIFERENCIAS EN EL DISEÑO DE VÍAS DE EGRESO ENTRE LOS MODELOS DE EVACUACIÓN CON RECORRIDO Y LA VISIÓN DE LA OGUC-NFPA 101	406
5.1.1.2.1	MODELO HIDRÁULICO CON RECORRIDO DE EVACUACIÓN – SFPE (H. NELSON y MCLENNAN).....	406
5.1.1.2.1.1	PASILLOS.....	408
5.1.1.2.2	VISIÓN DE OGUC CON RESPECTO AL DISEÑO DE VÍAS DE EVACUACIÓN	409
5.1.1.2.3	VISIÓN DE LA NFPA 101 CON RESPECTO AL DISEÑO DE ELEMENTOS DE VÍAS DE EVACUACIÓN	409
5.1.1.2.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	409
5.1.1.2.4.1	PASILLOS.....	409
5.1.1.3	NÚMERO DE ELEMENTOS DE EGRESO/EVACUACIÓN	411
5.1.2	SEÑALES DE EMERGENCIA	411
5.1.3	ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	414
5.1.4	PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA	414
5.1.4.1	EXTINTORES (SEPARACIÓN Y UBICACIÓN ESPACIAL).....	414
5.1.4.2	DETECCIÓN, ALARMA Y NOTIFICACIÓN.....	416
5.1.4.2.1	DETECCIÓN.....	416
5.1.4.2.2	ALARMA Y NOTIFICACIÓN	418
5.1.4.2.2.1	NOTIFICACIÓN AUDIBLE	418
5.1.4.2.2.2	NOTIFICACIÓN VISUAL.....	419
5.1.4.3	ROCIADORES AUTOMÁTICOS.....	419
5.1.4.4	VENTILACIÓN	419
5.2	ANÁLISIS FINAL Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO PRESTACIONAL	420
5.3	RECOMENDACIONES GENERALES	422

5.3.1	MEDIOS DE EGRESO Y NÚMERO DE ELEMENTOS DE EVACUACIÓN	422
5.3.2	SEÑALES DE EMERGENCIA	422
5.3.3	ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	424
5.3.4	PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA	424
5.3.4.1	EXTINTORES	424
5.3.4.2	DETECCIÓN, ALARMA Y NOTIFICACIÓN.....	426
5.3.4.2.1	DETECCIÓN.....	426
5.3.4.2.2	ALARMA Y NOTIFICACIÓN	426
5.3.4.3	ROCIADORES AUTOMÁTICOS	426
5.3.4.4	SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE HUMO	426
5.3.4.4.1	RECINTOS DE UNA PLANTA O MÁS DE UNA PLANTA EN FORMA DE ATRIO	426
5.3.4.4.2	RECINTOS DE MÁS DE UNA PLANTA	427
5.3.4.4.3	TIPOS DE SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE AIRE	428
5.3.4.4.3.1	SISTEMA C INTELIGENTE DE EXTRACCIÓN DE AIRE.....	428
5.3.4.4.3.2	SISTEMA D DESCENTRALIZADO DE EXTRACCIÓN DE AIRE.....	429
5.3.5	RECOMENDACIONES ADICIONALES.....	429
5.4	CONCLUSIONES GENERALES.....	430
5.5	COMENTARIOS FINALES	432
6	BIBLIOGRAFÍA	434

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.2.2.1.: “EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE VÍCTIMAS EN INCENDIOS EN DISCOTECAS A LO LARGO DEL TIEMPO.”	5
GRÁFICO 2.2.5.1.: “CURVA TIEMPO TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL FACTOR F PARA MATERIALES CON $P \geq 1600$ [KG/M ³]; FUENTE: SFPE.”	23
GRÁFICO 2.2.5.2.: “CURVA TIEMPO TEMPERATURA STANDARD DE ISO-834 Y NFPA 851 (CSB & LIE).”	25
GRÁFICO 2.2.5.3.: “CALOR DE RADIACIÓN EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA CAPA DE GAS SUPERIOR CON $E_M=0,7$ Y $\Sigma=5,67 \times 10^{-11}$ [KW/(M ² K ⁴)].”	26
GRÁFICO 2.2.5.4.: “TOLERANCIA A LA TEMPERATURA DE LAS PERSONAS SOMETIDAS A UN FLUJO DE CALOR CONVECTIVO DETERMINADO CON MOVIMIENTO DE AIRE INFERIOR A LOS 30 M ³ /MIN; FUENTE: SFPE.”	28
GRÁFICO 2.2.5.5.: “TIEMPO DE EXPOSICIÓN LÍMITE DE LA PIEL FRENTE A FLUJOS RADIANTES DE CALOR, AUTORES BERENSON Y ROBERTSON; FUENTE: SFPE.”	29
GRÁFICO 2.2.6.1.: “LÍMITES DE INFLAMABILIDAD PARA EL MONÓXIDO DE CARBONO.”	33
GRÁFICO 2.2.6.2.: “VARIACIÓN DEL RANGO DE INFLAMABILIDAD EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₂ .”	34
GRÁFICO 2.2.6.3.: “VISIBILIDAD VERSUS COEFICIENTE DE EXTINCIÓN PARA SEÑALES QUE EMITEN LUZ Y SEÑALES QUE REFLEJAN LUZ PARA INCENDIOS DEL TIPO LLAMA Y LATENTE; FUENTE: SFPE CAPÍTULO 9.”	47
GRÁFICO 2.3.1.1.: “EVOLUCIÓN DE HRR EN EL TIEMPO PARA TODAS LAS ETAPAS DE UN INCENDIO.”	51
GRÁFICO 2.3.1.2.: “CURVAS DE CRECIMIENTO DEL FUEGO PARA DISTINTOS A.”	52
GRÁFICO 2.3.1.3.: “HEAT RELEASE RATE EN EL FLASHOVER EN FUNCIÓN DEL FACTOR DE ABERTURA PARA DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES EN LA ENVOLVENTE EN UN HABITACIÓN DE 10X10X5; EL FACTOR DE ABERTURA SE ENCUENTRA ENTRE 2,447 Y 9,789, SE CONSIDERA UN $H_0=CTE=2,2$ M; POR MCCAFFREY.”	59
GRÁFICO 2.3.1.4.: “COMPARACIÓN DEL HEAT RELEASE RATE EN EL FLASHOVER EN FUNCIÓN DEL FACTOR DE ABERTURA PARA DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES EN LA ENVOLVENTE EN UN HABITACIÓN DE 10X10X5 ENTRE LOS RESULTADOS DE MCCAFFREY Y THOMAS.”	60
GRÁFICO 2.3.1.5.: “HEAT RELEASE RATE EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA UN RECINTO DE 10X10X5 CON ENVOLVENTE DE MADERA Y CON VALORES DE $A_0=4,95$ M ² , $H_0=2,2$ M Y $A_T=395,05$ M ² ; SE CONSIDERA UNA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO ULTRARÁPIDA ($A=0,188$).”	61
GRÁFICO 2.3.2.1.: “DIÁMETRO DEL FUEGO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA DISTINTAS VELOCIDADES DE LIBERACIÓN DE CALOR.”	66
GRÁFICO 2.3.2.2.: “EVOLUCIÓN DE LA ALTURA DE LA LLAMA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA UN FUEGO DE DIÁMETRO GRANDE $D > 0,3$ M Y UNA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO ULTRARÁPIDA $A=0,188$.”	69
GRÁFICO 2.3.2.3.: “RADIO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE LA LLAMA PARA UN FUEGO DE CRECIMIENTO ULTRARÁPIDO $A=0,188$.”	69
GRÁFICO 2.3.2.4.: “GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL PENACHO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA $Z > Z_{LLAMA}$ PARA UN FUEGO DE CRECIMIENTO ULTRARÁPIDO $A=0,188$.”	71

GRÁFICO 2.3.2.5.: “GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE AIRE ENTRANTE AL PENACHO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA $Z > Z_{LLAMA}$ PARA UN FUEGO DE CRECIMIENTO ULTRARÁPIDO $A=0,188$.”	73
GRÁFICO 2.5.1.1.: “VELOCIDAD DE EVACUACIÓN COMO UNA FUNCIÓN DE LA DENSIDAD PARA CORREDORES, PASILLOS Y ENTRADAS O SALIDAS DE PUERTA.”	76
GRÁFICO 2.5.4.1.: “FLUJO ESPECÍFICO EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD PARA DISTINTOS ELEMENTOS DE EVACUACIÓN.”	79
GRÁFICO 4.2.3.1.: “VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN HORIZONTAL EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE CIRCULACIÓN.”	111
GRÁFICO 4.2.3.2.: “FLUJO ESPECÍFICO PARA LA CIRCULACIÓN HORIZONTAL EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE CIRCULACIÓN.”	111
GRÁFICO 4.2.3.3.: “VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN PARA EL DESCENSO DE ESCALERAS EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE CIRCULACIÓN.”	112
GRÁFICO 4.2.3.4.: “FLUJO ESPECÍFICO DE PASO PARA EL DESCENSO DE ESCALERAS EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE CIRCULACIÓN.”	112
GRÁFICO 4.6.1.1.: “RETENCIÓN DE OCUPANTES PARA SALIDA 1-ESCALERA 1 DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1.”	178
GRÁFICO 4.6.1.2.: “RETENCIÓN DE OCUPANTES PARA SALIDA 2-ESCALERA 2 DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1.”	178
GRÁFICO 4.6.1.3.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN Y SOLUCIÓN ÓPTIMA PARA EL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1.”	179
GRÁFICO 4.6.1.4.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN SIN SOLUCIÓN ÓPTIMA PARA EL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1.”	180
GRÁFICO 4.6.1.5.: “RETENCIÓN DE OCUPANTES PARA SALIDA 01, 02 Y 03 CON TERRAZA EXTERIOR, Y DE TERRAZA EXTERIOR CON ESCALERA DE ACCESO (E01) DE LA DISCOTECA 1.”	184
GRÁFICO 4.6.1.6.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN Y SOLUCIÓN ÓPTIMA DE LA PLANTA PRINCIPAL DE LA DISCOTECA 1.”	185
GRÁFICO 4.6.1.7.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE ESCALERA DE ACCESO (E01) DE LA DISCOTECA 1.”	188
GRÁFICO 4.6.1.8.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 1 DEL RECINTO 1.”	190
GRÁFICO 4.6.1.9.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 2 DEL RECINTO 1.”	191
GRÁFICO 4.6.1.10.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 1 DE LA DISCOTECA 1.”	192
GRÁFICO 4.6.1.11.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 2 DE LA DISCOTECA 1.”	192
GRÁFICO 4.6.1.12.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN TOTAL DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1.”	193
GRÁFICO 4.6.1.13.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA TERRAZA EXTERIOR DE LA DISCOTECA 1.”	195
GRÁFICO 4.6.1.14.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE LA TERRAZA EXTERIOR DE LA DISCOTECA 1.”	196
GRÁFICO 4.6.1.15.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA DE ACCESO DE LA DISCOTECA 1.”	198
GRÁFICO 4.6.1.16.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA ACCESO DE LA DISCOTECA 1.”	199

GRÁFICO 4.6.2.1.: “RETENCIÓN DE OCUPANTES PARA SALIDA 1-ESCALERA 1 DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	209
GRÁFICO 4.6.2.2.: “RETENCIÓN DE OCUPANTES PARA SALIDA 2-ESCALERA 2 DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	209
GRÁFICO 4.6.2.3.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN Y SOLUCIÓN ÓPTIMA DE LA EVACUACIÓN DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	210
GRÁFICO 4.6.2.4.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN Y SOLUCIÓN ÓPTIMA PARA LA EVACUACIÓN DE LA PLANTA PRINCIPAL DE LA DISCOTECA 2.”	213
GRÁFICO 4.6.2.5.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN Y SOLUCIÓN CONSIDERANDO CONDICIÓN DE BORDE DEL SEGUNDO PISO PARA LA DISCOTECA 2”	215
GRÁFICO 4.6.2.6.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 1 DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	217
GRÁFICO 4.6.2.7.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 2 DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	217
GRÁFICO 4.6.2.8.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 1 DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	218
GRÁFICO 4.6.2.9.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 2 DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	219
GRÁFICO 4.6.2.10.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN TOTAL DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2”	220
GRÁFICO 4.6.2.11.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA SALIDA 01 DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2.”	222
GRÁFICO 4.6.2.12.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA SALIDA 02 DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2.”	222
GRÁFICO 4.6.2.13.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE SALIDA 01 DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2.”	223
GRÁFICO 4.6.2.14.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE LA SALIDA 02 DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2.”	224
GRÁFICO 4.6.2.15.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN TOTAL DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2.”	225
GRÁFICO 4.6.3.1.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN Y SOLUCIÓN ÓPTIMA DE LA PLANTA PRINCIPAL DE LA DISCOTECA 3.”	231
GRÁFICO 4.6.3.2.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA SALIDA 1 DE LA DISCOTECA 3.” ...	233
GRÁFICO 4.6.3.3.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE LA SALIDA 2 DE LA DISCOTECA 3.” ...	233
GRÁFICO 4.6.3.4.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE LA SALIDA 1 DE LA DISCOTECA 3.”	234
GRÁFICO 4.6.3.5.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE LA SALIDA 2 DE LA DISCOTECA 3.”	235
GRÁFICO 4.6.3.6.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN TOTAL DE LA DISCOTECA 3.” ...	236
GRÁFICO 4.6.4.1.: “CICLOS DE EVACUACIÓN DE LA FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN PARA EL RECINTO 3 SEGÚN NELSON Y McLENNAN.”	239
GRÁFICO 4.6.4.2.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN Y ASIGNACIÓN DE OCUPANTES PARA LA EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS DINÁMICO DE REDES DE FLUJO.”	243
GRÁFICO 4.6.4.3.: “RETENCIÓN DE OCUPANTES EN LAS SALIDAS PARA LA EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS DINÁMICO DE REDES DE FLUJO.”	244
GRÁFICO 4.6.4.4.: “OCUPACIÓN DE VÍAS DE CIRCULACIÓN PARA LA EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS DINÁMICO DE REDES DE FLUJO.”	244

GRÁFICO 4.6.4.5.: “DENSIDAD DE CIRCULACIÓN DE VÍAS DE ECUACIÓN DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS DINÁMICO DE REDES DE FLUJO.”	245
GRÁFICO 4.7.1.1.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN TOTAL DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	255
GRÁFICO 4.7.1.2.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE CADA ESCALERA INTERIOR DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	256
GRÁFICO 4.7.1.3.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	256
GRÁFICO 4.7.1.4.: “TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA ESCALERA INTERIOR DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	257
GRÁFICO 4.7.1.5.: “TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE LA ESCALERA DE ACCESO DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	257
GRÁFICO 4.7.1.6.: “TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	258
GRÁFICO 4.7.1.7.: “TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA ESCALERA INTERIOR DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	258
GRÁFICO 4.7.1.8.: “TASA DE FLUJO TOTAL DE LA ESCALERA DE ACCESO DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	259
GRÁFICO 4.7.1.9.: “TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	259
GRÁFICO 4.7.1.10.: “NÚMERO DE OCUPANTES DE CADA PARTE DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 1 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	260
GRÁFICO 4.7.1.11.: “NÚMERO DE OCUPANTES EN PISTA CENTRAL Y TERRAZA EXTERIOR DEL RECINTO 1 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	260
GRÁFICO 4.7.1.12.: “RELACIÓN TIEMPO-TEMPERATURA DEL RECINTO 1 CON UN COEFICIENTE DE ABERTURA $F=0,015$.”	269
GRÁFICO 4.7.1.13.: “FLUJO DE CALOR POR CONVECCIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL RECINTO 1 CON UN COEFICIENTE DE CALOR DE CONVECCIÓN DE $0,25[\text{kW}/\text{m}^2]$.”	269
GRÁFICO 4.7.1.14.: “FLUJO DE CALOR POR RADIACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL RECINTO 1.”	270
GRÁFICO 4.7.1.15.: “CURVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL RECINTO 1 SIN INCLUIR CONSIDERACIONES.”	272
GRÁFICO 4.7.1.16.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL RECINTO 1 INCLUIDA LAS CONSIDERACIONES.”	273
GRÁFICO 4.7.1.17.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 1A.”	274
GRÁFICO 4.7.1.18.: “EVOLUCIÓN DEL ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A SEGÚN BRANZFIRE.”	276
GRÁFICO 4.7.1.19.: “EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A SEGÚN BRANZFIRE.”	276
GRÁFICO 4.7.1.20.: “EVOLUCIÓN DE FED DE GASES TÓXICOS DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A SEGÚN BRANZFIRE.”	277
GRÁFICO 4.7.1.21.: “EVOLUCIÓN DE LA VISIBILIDAD A 2 METROS SOBRE EL SUELO DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A SEGÚN BRANZFIRE.”	277

GRÁFICO 4.7.1.22.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A SEGÚN BRANZFIRE.”	278
GRÁFICO 4.7.1.23.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A SEGÚN BRANZFIRE.”	278
GRÁFICO 4.7.1.24.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HCN DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A SEGÚN BRANZFIRE.”	279
GRÁFICO 4.7.1.25.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₂ DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A SEGÚN BRANZFIRE.”	279
GRÁFICO 4.7.1.26.: “EVOLUCIÓN DE MASS LOSS RATE (MLR) DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A SEGÚN BRANZFIRE.”	280
GRÁFICO 4.7.2.1.: “FUNCIÓN INVERSA TOTAL DE EVACUACIÓN Y DE PERMANENCIA DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	289
GRÁFICO 4.7.2.2.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE CADA ESCALERA DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	289
GRÁFICO 4.7.2.3.: “FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”.....	290
GRÁFICO 4.7.2.4.: “TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA ESCALERA DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	290
GRÁFICO 4.7.2.5.: “TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	291
GRÁFICO 4.7.2.6.: “TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE LA SALIDA 1 DE LA PISTA CENTRAL 1 Y DE ESCALERA 1 DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	291
GRÁFICO 4.7.2.7.: “TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DEL ARRANQUE DE LA ESCALERA 2 Y DE LA ESCALERA 2 DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	292
GRÁFICO 4.7.2.8.: “TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA ESCALERA DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	292
GRÁFICO 4.7.2.9.: “TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	293
GRÁFICO 4.7.2.10.: “NÚMERO DE OCUPANTES DE CADA PARTE DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	293
GRÁFICO 4.7.2.11.: “NÚMERO DE OCUPANTES DEL PASILLO CENTRAL DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	294
GRÁFICO 4.7.2.12.: “NÚMERO DE OCUPANTES DE LAS ESCALERAS DEL RECINTO 2 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	294
GRÁFICO 4.7.2.13.: “NÚMERO DE OCUPANTES DEL PASILLO CENTRAL DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	295
GRÁFICO 4.7.2.14.: “NÚMERO DE OCUPANTES DE LOS PASILLOS DE SALIDA DEL RECINTO 2 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”.....	295
GRÁFICO 4.7.2.15.: “RELACIÓN TIEMPO-TEMPERATURA DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 CON UN COEFICIENTE DE ABERTURA $F=0,015$.”	305

GRÁFICO 4.7.2.16.: “FLUJO DE CALOR POR CONVECCIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 CON UN COEFICIENTE DE CALOR DE CONVECCIÓN DE 0,25 [kW/M2].”	306
GRÁFICO 4.7.2.17.: “FLUJO DE CALOR POR RADIACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	306
GRÁFICO 4.7.2.18.: “CURVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SIN INCLUIR CONSIDERACIONES.”	309
GRÁFICO 4.7.2.19.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SIN INCLUIDA LAS CONSIDERACIONES.”	310
GRÁFICO 4.7.2.20.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SIN INCLUIDA LAS CONSIDERACIONES.”	311
GRÁFICO 4.7.2.21.: “EVOLUCIÓN DEL ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	312
GRÁFICO 4.7.2.22.: “EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	313
GRÁFICO 4.7.2.23.: “EVOLUCIÓN DE FED DE GASES TÓXICOS DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	313
GRÁFICO 4.7.2.24.: “EVOLUCIÓN DE LA VISIBILIDAD A 2 METROS SOBRE EL SUELO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	314
GRÁFICO 4.7.2.25.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	314
GRÁFICO 4.7.2.26.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO2 DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	315
GRÁFICO 4.7.2.27.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HCN DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	315
GRÁFICO 4.7.2.28.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE O2 DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	316
GRÁFICO 4.7.2.29.: “EVOLUCIÓN DE MASS LOSS RATE (MLR) DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	316
GRÁFICO 4.7.2.30.: “RELACIÓN TIEMPO-TEMPERATURA DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 CON UN COEFICIENTE DE ABERTURA $F=0,015$.”	319
GRÁFICO 4.7.2.31.: “FLUJO DE CALOR POR CONVECCIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 CON UN COEFICIENTE DE CALOR DE CONVECCIÓN DE 0,25[kW/M2].”	319
GRÁFICO 4.7.2.32.: “FLUJO DE CALOR POR RADIACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	320
GRÁFICO 4.7.2.33.: “CURVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B SIN INCLUIR CONSIDERACIONES.”	322
GRÁFICO 4.7.2.34.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B INCLUIDAS LAS CONSIDERACIONES.”	323
GRÁFICO 4.7.2.35.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 2B.”	324

GRÁFICO 4.7.2.36.: “EVOLUCIÓN DEL ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A SEGÚN BRANZFIRE.”	325
GRÁFICO 4.7.2.37.: “EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B SEGÚN BRANZFIRE.”	326
GRÁFICO 4.7.2.38.: “EVOLUCIÓN DE FED DE GASES TÓXICOS DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B SEGÚN BRANZFIRE.”	326
GRÁFICO 4.7.2.39.: “EVOLUCIÓN DE LA VISIBILIDAD A 2 METROS SOBRE EL SUELO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B SEGÚN BRANZFIRE.”	327
GRÁFICO 4.7.2.40.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B SEGÚN BRANZFIRE.”	327
GRÁFICO 4.7.2.41.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B SEGÚN BRANZFIRE.”	328
GRÁFICO 4.7.2.42.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HCN DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B SEGÚN BRANZFIRE.”	328
GRÁFICO 4.7.2.43.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₂ DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B SEGÚN BRANZFIRE.”	329
GRÁFICO 4.7.2.44.: “EVOLUCIÓN DE MASS LOSS RATE (MLR) DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B SEGÚN BRANZFIRE.”	329
GRÁFICO 4.7.2.45.: “RELACIÓN TIEMPO-TEMPERATURA DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 CON UN COEFICIENTE DE ABERTURA $F=0,025$.”	332
GRÁFICO 4.7.2.46.: “FLUJO DE CALOR POR CONVECCIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 CON UN COEFICIENTE DE CALOR DE CONVECCIÓN DE $0,25[\text{kW}/\text{m}^2]$.”	333
GRÁFICO 4.7.2.47.: “FLUJO DE CALOR POR RADIACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN TIEMPO PARA EL PRIMER PISO DEL RECINTO 2.”	333
GRÁFICO 4.7.2.48.: “CURVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SIN INCLUIR CONSIDERACIONES.”	336
GRÁFICO 4.7.2.49.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C INCLUIDAS LAS CONSIDERACIONES.”	337
GRÁFICO 4.7.2.50.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 2C.”	338
GRÁFICO 4.7.2.51.: “EVOLUCIÓN DEL ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SEGÚN BRANZFIRE.”	339
GRÁFICO 4.7.2.52.: “EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SEGÚN BRANZFIRE.”	340
GRÁFICO 4.7.2.53.: “EVOLUCIÓN DE FED DE GASES TÓXICOS DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SEGÚN BRANZFIRE.”	340
GRÁFICO 4.7.2.54.: “EVOLUCIÓN DE LA VISIBILIDAD A 2 METROS SOBRE EL SUELO DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SEGÚN BRANZFIRE.”	341
GRÁFICO 4.7.2.55.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SEGÚN BRANZFIRE.”	341
GRÁFICO 4.7.2.56.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SEGÚN BRANZFIRE.”	342
GRÁFICO 4.7.2.57.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HCN DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SEGÚN BRANZFIRE.”	342

GRÁFICO 4.7.2.58.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₂ DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SEGÚN BRANZFIRE.”	343
GRÁFICO 4.7.2.59.: “EVOLUCIÓN DE MASS LOSS RATE (MLR) DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C SEGÚN BRANZFIRE.”	343
GRÁFICO 4.7.3.1.: “FUNCIÓN INVERSA DE TOTAL DE EVACUACIÓN Y DE PERMANENCIA DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	351
GRÁFICO 4.7.3.2.: “FUNCIÓN DE EVACUACIÓN DE CADA SALIDA DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	351
GRÁFICO 4.7.3.3.: “TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA SALIDA DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	352
GRÁFICO 4.7.3.4.: “TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA SALIDA DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	352
GRÁFICO 4.7.3.5.: “NÚMERO DE OCUPANTES EN CADA PASILLO DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	353
GRÁFICO 4.7.3.6.: “NÚMERO DE OCUPANTES EN LA PISTA CENTRAL EN COMPARACIÓN DE LA DE CADA PASILLO DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	353
GRÁFICO 4.7.3.7.: “RELACIÓN TIEMPO-TEMPERATURA DEL RECINTO 3 CON UN COEFICIENTE DE ABERTURA $F=0,007$.”	362
GRÁFICO 4.7.3.8.: “FLUJO DE CALOR DE CONVECCIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL RECINTO 3 CON UN COEFICIENTE DE CALOR DE CONVECCIÓN DE $0,25[\text{kW}/\text{m}^2]$.”	363
GRÁFICO 4.7.3.9.: “FLUJO DE CALOR DE RADIACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL RECINTO 3.”	363
GRÁFICO 4.7.3.10.: “CURVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SIN INCLUIR CONSIDERACIONES.”	366
GRÁFICO 4.7.3.11.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SIN INCLUIR LAS CONSIDERACIONES.”	367
GRÁFICO 4.7.3.12.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 3A.” ..	368
GRÁFICO 4.7.3.13.: “EVOLUCIÓN DEL ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SEGÚN BRANZFIRE.” ..	369
GRÁFICO 4.7.3.14.: “EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA CAPA DE HUMO EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SEGÚN BRANZFIRE.”	370
GRÁFICO 4.7.3.15.: “EVOLUCIÓN DE FED DE GASES TÓXICOS EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SEGÚN BRANZFIRE.” ..	370
GRÁFICO 4.7.3.16.: “EVOLUCIÓN DE LA VISIBILIDAD A 2 METROS SOBRE EL SUELO EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SEGÚN BRANZFIRE.”	371
GRÁFICO 4.7.3.17.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SEGÚN BRANZFIRE.” ..	371
GRÁFICO 4.7.3.18.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SEGÚN BRANZFIRE.” ..	372
GRÁFICO 4.7.3.19.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HCN EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SEGÚN BRANZFIRE.” ..	372

GRÁFICO 4.7.3.20.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₂ EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SEGÚN BRANZFIRE.” ..	373
GRÁFICO 4.7.3.21.: “EVOLUCIÓN DE MASS LOSS RATE (MLR) EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A SEGÚN BRANZFIRE.” ..	373
GRÁFICO 4.7.3.22.: “RELACIÓN TIEMPO-TEMPERATURA DEL RECINTO 3 CON UN COEFICIENTE DE ABERTURA, F=0,007.”	376
GRÁFICO 4.7.3.23.: “FLUJO DE CALOR POR CONVECCIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL RECINTO 3 CON UN COEFICIENTE DE CALOR DE CONVECCIÓN DE 0,25[kW/m ²].”	377
GRÁFICO 4.7.3.24.: “FLUJO DE CALOR POR RADIACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL RECINTO 3.”	377
GRÁFICO 4.7.3.25.: “CURVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SIN INCLUIR CONSIDERACIONES.”	380
GRÁFICO 4.7.3.26.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SIN INCLUIR LAS CONSIDERACIONES.”	381
GRÁFICO 4.7.3.27.: “CURVA DEFINITIVA DE DISEÑO DE LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 3B.” ..	382
GRÁFICO 4.7.3.28.: “EVOLUCIÓN DEL ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO DENTRO DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SEGÚN BRANZFIRE.” ..	383
GRÁFICO 4.7.3.29.: “EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA CAPA DE HUMO EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SEGÚN BRANZFIRE.”	384
GRÁFICO 4.7.3.30.: “EVOLUCIÓN DE FED DE GASES TÓXICOS EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SEGÚN BRANZFIRE.” ..	384
GRÁFICO 4.7.3.31.: “EVOLUCIÓN DE LA VISIBILIDAD A 2 METROS SOBRE EL SUELO EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SEGÚN BRANZFIRE.”	385
GRÁFICO 4.7.3.32.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SEGÚN BRANZFIRE.” ..	385
GRÁFICO 4.7.3.33.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SEGÚN BRANZFIRE.” ..	386
GRÁFICO 4.7.3.34.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HCN EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SEGÚN BRANZFIRE.” ..	386
GRÁFICO 4.7.3.35.: “EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₂ EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SEGÚN BRANZFIRE.” ..	387
GRÁFICO 4.7.3.36.: “EVOLUCIÓN DE MASS LOSS RATE (MLR) EN EL INTERIOR DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B SEGÚN BRANZFIRE.” ..	387
GRÁFICO 5.1.1.1.: “ANCHO DE PASILLO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN MODELO HIDRÁULICO SIN CONSIDERAR RECORRIDOS DE EVACUACIÓN.”	394
GRÁFICO 5.1.1.2.: “ANCHO DE PUERTAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN MODELO HIDRÁULICO SIN CONSIDERAR RECORRIDOS DE EVACUACIÓN.”	395
GRÁFICO 5.1.1.3.: “ANCHO DE ESCALERAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN MODELO HIDRÁULICO SIN CONSIDERAR RECORRIDOS DE EVACUACIÓN.”	396
GRÁFICO 5.1.1.4.: “ANCHO DE PASILLOS Y PUERTAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN LA OGUC.”	397
GRÁFICO 5.1.1.5.: “ANCHO DE ESCALERAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN LA OGUC.”	398

GRÁFICO 5.1.1.6.: “ANCHO DE PASILLOS Y PUERTAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN LA NFPA 101.”	399
GRÁFICO 5.1.1.7.: “ANCHO DE ESCALERAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN LA NFPA 101.”	400
GRÁFICO 5.1.1.8.: “ANCHO DE PASILLOS-PUERTAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN MODELO HIDRÁULICO, OGUC Y NFPA 101.”	401
GRÁFICO 5.1.1.9.: “ANCHO DE PASILLOS-PUERTAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN ECUACIÓN RECOMENDADA (<i>ec.</i> 5.1.17.) Y (<i>ec.</i> 5.1.18.) .”	403
GRÁFICO 5.1.1.10.: “ANCHO DE ESCALERAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN MODELO HIDRÁULICO, OGUC Y NFPA 101.”	404
GRÁFICO 5.1.1.11.: “ANCHO DE ESCALERAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN ECUACIÓN RECOMENDADA (<i>ec.</i> 6.1.16.) Y (<i>ec.</i> 6.1.17.) .”	405
GRÁFICO 5.1.1.12.: “ANCHO DE PASILLOS-PUERTAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN MODELO HIDRÁULICO QUE INCLUYE RECORRIDO DE EVACUACIÓN.”	408
GRÁFICO 5.1.1.13.: “COMPARACIÓN EN EL ANCHO DE PASILLOS-PUERTAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE OCUPANTES SEGÚN MODELO HIDRÁULICO QUE NO INCLUYE RECORRIDO DE EVACUACIÓN (<i>ec.</i> 5.1.10.) Y QUE INCLUYE RECORRIDO DE EVACUACIÓN (<i>ec.</i> 5.1.29.) .”	410
GRÁFICO 5.1.4.1.: “DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 1.”	420

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.2.2.1.: “NÚMERO DE MUERTES/10 ⁶ HABITANTES POR INCENDIO EN UN QUINQUENIO 1992-1997; FUENTE: B. G. LIEBE.”	4
TABLA 1.2.2.2.: “TABLA CRONOLÓGICA DEL RESTO DE TRAGEDIAS (EXCLUYE CROMAGNON Y KISS) OCURRIDAS POR INCENDIOS EN DISCOTECAS ALREDEDOR DEL MUNDO CON UN NÚMERO DE VÍCTIMAS MAYOR A 100; FUENTE: AGENCIA EFE.”	5
TABLA 2.2.2.1.: “DENSIDADES DE CARGA DE FUEGO VARIABLE CARACTERÍSTICA PARA DISTINTOS TIPOS DE ESTABLECIMIENTOS, CUYO VALOR ES REPRESENTATIVO PARA EL 80% DE LOS RECINTOS DEL MISMO TIPO.”	10
TABLA 2.2.3.1.: “TEMPERATURA DE IGNICIÓN PARA DISTINTOS MATERIALES SEGÚN SFPE.”	13
TABLA 2.2.3.2.: “FUENTES DE IGNICIÓN DE ACUERDO A LA CAUSA QUE LA GENERA.”	14
TABLA 2.2.3.3.: “FUENTES DE IGNICIÓN SEGÚN NATURALEZA DEL PROCESO FÍSICO INVOLUCRADO.”	14
TABLA 2.2.3.4.: “VELOCIDAD RELATIVA DE PROPAGACIÓN DE LLAMAS; FUENTE: VELOCIDAD RELATIVA DE PROPAGACIÓN DE LLAMA, EN ORDEN DE MAGNITUD: SFPE, 2002: CAPÍTULO 2-FIRE DYNAMIC, SURFACE FLAME SPREAD.”	17
TABLA 2.2.5.1.: “TIEMPO DE TOLERANCIA DE LAS PERSONAS PARA DISTINTAS TEMPERATURAS BAJO CONDICIONES HÚMEDAS Y SECAS DE AMBIENTE; FUENTE: SFPE.”	28
TABLA 2.2.5.2.: “DATOS DE LOS EFECTOS DE EXPOSICIÓN AL CALOR PRODUCIDO POR EL FLUJO RADIANTE PARA DISTINTOS PERIODOS, REALIZADO POR DISTINTOS AUTORES E INVESTIGADORES; FUENTE: SFPE.”	29
TABLA 2.2.6.1.: “LÍMITES DE DOSIS DE GASES DE COMBUSTIÓN PARA SITUACIONES DE INCAPACIDAD Y MUERTE EN UN PERÍODO DE 5 Y 30 MINUTOS; FUENTE: SFPE.”	31
TABLA 2.2.6.2.: “SUPERFICIE DE REIRRADIACIÓN Y CALOR DE GASIFICACIÓN PARA DISTINTOS MATERIALES; FUENTE: SFPE.”	36
TABLA 2.2.6.3.: “SUPERFICIE DE REIRRADIACIÓN Y CALOR DE GASIFICACIÓN PARA DISTINTOS MATERIALES; FUENTE: SFPE.”	36
TABLA 2.2.6.4.: “VALORES DE R PARA DISTINTOS MATERIALES COMBUSTIBLES Y DE Y _{MAX} PARA DIFERENTES PRODUCTOS (GASES) DE COMBUSTIÓN.”	38
TABLA 2.2.6.5.: “VALORES DE Y PARA DISTINTOS GASES EN FUNCIÓN DE PRODUCTOS COMBUSTIBLES BAJO CONDICIONES DE BUENA VENTILACIÓN, $\phi < 1$; FUENTE: SFPE.”	40
TABLA 2.2.6.6.: “VALORES DE Y _{CO} , Y _{HOLLIN} , Y _{CO2} , Y _{HC} PARA DISTINTOS TIPOS DE POLIURETANO FLEXIBLE BAJO CONDICIONES DE BUENA VENTILACIÓN, $\phi < 1$.”	41
TABLA 2.2.6.7.: “PRODUCCIÓN DE HUMO PARA MADERA Y PLÁSTICOS EN FUNCIÓN DEL PARÁMETRO E PARA DISTINTOS TIPOS DE FUEGOS, FUENTE SFPE CAPÍTULO 9.”	42
TABLA 2.2.6.8.: “TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE DISTINTOS MATERIALES (MADERA, PLÁSTICOS, ETC.) EN FUNCIÓN DE D _{GM} Y ΣG ; FUENTE: SFPE CAPÍTULO 9.”	44
TABLA 2.2.6.9.: “VALORES APROXIMADO DE DENSIDAD ÓPTICA ESPECÍFICA Y DENSIDAD ÓPTICA POR MASAS PARA MATERIALES COMO MADERA Y PLÁSTICOS; FUENTE: SFPE: CAPÍTULO 9.”	46
TABLA 2.3.1.1.: “VALORES DE A EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CRECIMIENTO DE ACUERDO A LA NORMA NORTEAMERICANA NFPA 204M.”	52

TABLA 2.3.1.2.: “TASA DE CRECIMIENTO DEL FUEGO EN FUNCIÓN DEL USO DEL RECINTO SEGÚN DISTINTAS LITERATURAS; FUENTE: SELECT DESIGN FIRE; LEIF STAFFANSSON; CAPÍTULO 10: INITIAL FIRE CHARACTERISTICS.”	53
TABLA 2.3.1.3.: “VALORES DE PEAK HEAT RELEASE RATE (HRR), PARA DISTINTOS TIPOS DE USO; FUENTE: SELECT DESIGN FIRE; LEIF STAFFANSSON; CAPÍTULO 10: INITIAL FIRE CHARACTERISTICS.”	53
TABLA 2.3.1.4.: “VALORES DE PEAK HEAT RELEASE RATE POR UNIDAD DE ÁREA (HRRPUA), PARA DISTINTOS TIPOS DE USO; FUENTE: SELECT DESIGN FIRE; LEIF STAFFANSSON; CAPÍTULO 10: INITIAL FIRE CHARACTERISTICS.”	54
TABLA 2.5.5.1.: “ANCHO EFECTIVO DE VÍAS DE EVACUACIÓN SEGÚN JJ PAULS.”	80
TABLA 2.5.5.2.: “VALOR DE LA CONSTANTE λ PARA DIFERENTES TIPOS DE CIRCULACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO DE JJFRUINS.”	82
TABLA 4.2.3.1.: “ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE PREMOVIMIENTO A PARTIR DE LAS CONDICIONES DE LOS OCUPANTES DEL RECINTO.”	104
TABLA 4.2.3.2.: “DESCRIPCIÓN DE LAS 3 CATEGORÍAS W1, W2 Y W3 DE OCUPANTES EN EL CÁLCULO DEL TIEMPO DE PREMOVIMIENTO.”	105
TABLA 4.2.3.3.: “CATEGORÍA DEL EDIFICIO SEGÚN PD7974-6:2004.”	105
TABLA 4.2.3.4.: “ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE PREMOVIMIENTO A PARTIR DE LAS CONDICIONES DE LOS OCUPANTES DEL RECINTO.”	107
TABLA 4.2.3.5.: “DIMENSIONES DE LAS PERSONAS PARA EL CÁLCULO DE LA SUPERFICIE OCUPADA SEGÚN LAS INVESTIGACIONES DE PREDTECHENSKII Y MILINSKII.”	109
TABLA 4.2.3.6.: “DIMENSIONES DE LAS PERSONAS PARA EL CÁLCULO DE LA SUPERFICIE OCUPADA SEGÚN EDAD Y SEXO.”	110
TABLA 4.2.3.7.: “CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE FUEGO EN CADA UNO DE LOS RECINTOS CON RESPECTO A CALOR DE COMBUSTIÓN, DENSIDAD DE MASA Y DENSIDAD DE CARGA COMBUSTIBLE.”	119
TABLA 4.2.3.1.: “LISTA DE LOCALES NOCTURNOS EN SANTIAGO.”	125
TABLA 4.4.1.1.: “ANCHO MÍNIMO Y EFECTIVO DE LOS MEDIOS DE EGRESO DEL RECINTO 1.”	130
TABLA 4.4.1.2.: “SUPERFICIES DE PARTES DE LA PRIMERA PLANTA (COTA +5.00)” DE LA DISCOTECA 1.”	131
TABLA 4.4.1.3.: “SUPERFICIES DE PARTES DE LA SEGUNDA PLANTA (COTA +7.50) DE LA DISCOTECA 1.”	132
TABLA 4.4.1.4.: “RECORRIDOS PARCIALES DEL SEGUNDO PISO Y RECORRIDOS TOTALES DE EVACUACIÓN DE LA DISCOTECA 1.”	134
TABLA 4.4.2.1.: “ANCHO MÍNIMO Y EFECTIVO DE LOS MEDIOS DE EGRESO DE LA DISCOTECA 2.”	138
TABLA 4.4.2.2.: “SUPERFICIES DE PARTES DE LA PRIMERA PLANTA (COTA +0.00) DE LA DISCOTECA 2.”	139
TABLA 4.4.2.3.: “SUPERFICIES DE PARTES DE LA SEGUNDA PLANTA (COTA +7.50) DE LA DISCOTECA 2.”	140
TABLA 4.4.2.4.: “RECORRIDOS PARCIALES DEL SEGUNDO PISO Y RECORRIDOS TOTALES DE EVACUACIÓN DE LA DISCOTECA 2.”	142
TABLA 4.4.3.1.: “ANCHO EFECTIVO DE LOS MEDIOS DE EGRESO DE LA DISCOTECA 3.”	147
TABLA 4.4.3.2.: “SUPERFICIES DE PARTES DE LA PRIMERA PLANTA (COTA +5.00) DE LA DISCOTECA 3.”	148

TABLA 4.4.3.3.: “RECORRIDOS PARCIALES DEL SEGUNDO PISO Y RECORRIDOS TOTALES DE EVACUACIÓN DE LA DISCOTECA 3.”	149
TABLA 4.6.1.1.: “DATOS DE DISCOTECA 1 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	169
TABLA 4.6.1.2.: “MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE LAS ESCALERAS DE LA DISCOTECA 1.”	170
TABLA 4.6.1.3.: “RESUMEN DE MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE LAS SALIDAS DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1.”	171
TABLA 4.6.1.4.: “DATOS DEL RECINTO 1 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, ADEMÁS DE CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	173
TABLA 4.6.1.5.: “MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE LAS SALIDAS DEL PRIMER PISO DEL RECINTO.”	174
TABLA 4.6.1.6.: “PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE RECORRIDOS DE EVACUACIÓN DEL RECINTO.”	174
TABLA 4.6.1.7.: “MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN Y PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA ESCALERA DE ACCESO 01.”	175
TABLA 4.6.1.8.: “DATOS DE SALIDA DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA EVACUACIÓN DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1.”	180
TABLA 4.6.1.9.: “DATOS DE SALIDA DE LA DISCOTECA 1 PARA LA EVACUACIÓN DEL SEGUNDO PISO “SIN OPTIMIZACIÓN””	181
TABLA 4.6.1.10.: “DATOS DE SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL DE DISCOTECA 1 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN”	186
TABLA 4.6.1.11.: “DATOS DE ENTRADA PARA EL ANÁLISIS DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 01 DE LA DISCOTECA 1.”	186
TABLA 4.6.1.12.: “DATOS DE SALIDA DE LA ESCALERA DE ACCESO DE LA DISCOTECA 1 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN”	188
TABLA 4.6.1.13.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DE LAS VÍAS DE EVACUACIÓN PARA EL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1”	189
TABLA 4.6.1.14.: “LÍMITES DONDE ESTÁ DEFINIDA LA FUNCIÓN DE EVACUACIÓN PARA LAS ESCALERAS 1 Y 2 DE LA DISCOTECA 1”	189
TABLA 4.6.1.15.: “LÍMITES DONDE ESTÁ DEFINIDA LA FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN PARA LAS ESCALERAS 1 Y 2 DE LA DISCOTECA 1”	191
TABLA 4.6.1.16.: “DATOS DE SALIDA DE LA DISCOTECA 1 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN DEL SEGUNDO PISO.”	194
TABLA 4.6.1.17.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DE LAS VÍAS DE EVACUACIÓN PARA DE LA DISCOTECA 1.”	194
TABLA 4.6.1.18.: “LÍMITES DONDE ESTÁ DEFINIDA LA FUNCIÓN DE EVACUACIÓN PARA TERRAZA EXTERIOR DE LA DISCOTECA 1.”	195
TABLA 4.6.1.19.: “LÍMITES DÓNDE ESTÁ DEFINIDA LA FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN PARA LA TERRAZA EXTERIOR DE LA DISCOTECA 1.”	196
TABLA 4.6.1.20.: “DATOS DE SALIDA DE LA DISCOTECA 1 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN”	197
TABLA 4.6.1.21.: “DATOS DE ENTRADA PARA EL ANÁLISIS DE EVACUACIÓN DE LA ESCALERA 01”	197
TABLA 4.6.1.22.: “LÍMITES DONDE ESTÁ DEFINIDA LA FUNCIÓN DE EVACUACIÓN PARA LA ESCALERA DE ACCESO DE LA DISCOTECA 1.”	197

TABLA 4.6.1.23.: “LÍMITES DONDE ESTÁ DEFINIDA LA FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN PARA LA ESCALERA ACCESO DE LA DISCOTECA 1.”	198
TABLA 4.6.1.24.: “DATOS DE SALIDA DE LA ESCALERA DE ACCESO DE LA DISCOTECA 1 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN.”	199
TABLA 4.6.2.1.: “DATOS DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, ADEMÁS DE CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	201
TABLA 4.6.2.2.: “MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	201
TABLA 4.6.2.3.: “RESUMEN DE MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	203
TABLA 4.6.2.4.: “DATOS DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, ADEMÁS DE CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	205
TABLA 4.6.2.5.: “MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2.”	206
TABLA 4.6.2.6.: “RESUMEN DE MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2.”	206
TABLA 4.6.2.7.: “DATOS DE SALIDA DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN.”	211
TABLA 4.6.2.8.: “DATOS DE SALIDA DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN”	213
TABLA 4.6.2.9.: “DATOS DE SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL DE LA DISCOTECA 2 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN.”	214
TABLA 4.6.2.10.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DE LAS VÍAS DE EVACUACIÓN DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	216
TABLA 4.6.2.11.: “LÍMITES DE LA FUNCIÓN DE EVACUACIÓN PARA LAS SALIDAS 1 Y 2 DE LA DISCOTECA 2”	216
TABLA 4.6.2.12.: “LÍMITES DE LA FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN PARA LAS SALIDAS 1 Y 2 DE LA DISCOTECA 2.”	218
TABLA 4.6.2.13.: “DATOS DE SALIDA DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN.”	220
TABLA 4.6.2.14.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DE LAS VÍAS DE EVACUACIÓN PARA EL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2”	221
TABLA 4.6.2.15.: “LÍMITES DE LA FUNCIÓN DE EVACUACIÓN PARA LAS SALIDAS 1 Y 2 DE LA DISCOTECA 2”	221
TABLA 4.6.2.16.: “LÍMITES DE LA FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN PARA LAS SALIDAS 01 Y 02 DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2.”	223
TABLA 4.6.2.17.: “DATOS DE SALIDA DEL ANÁLISIS DE LA PLANTA PRINCIPAL DE LA DISCOTECA 2 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN.”	225
TABLA 4.6.3.1.: “DATOS DE LA DISCOTECA 3 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, ADEMÁS DE CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	227
TABLA 4.6.3.2.: “MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE LA DISCOTECA 3.”	228
TABLA 4.6.3.3.: “TABLA RESUMEN CON LOS CÁLCULOS DE TODAS LAS MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN QUE PARTICIPAN EN EL ANÁLISIS DE EVACUACIÓN DE DISCOTECA 3.”	229
TABLA 4.6.3.4.: “DATOS DE SALIDA DE LA DISCOTECA 3 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN.”	231

TABLA 4.6.3.5.: “LÍMITES DE LA FUNCIÓN DE EVACUACIÓN PARA LAS SALIDAS 1 Y 2 DE LA DISCOTECA 3.”	232
TABLA 4.6.3.6.: “LÍMITES DE LA FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN PARA LAS SALIDAS 1 Y 2 DE LA DISCOTECA 3.”	234
TABLA 4.6.3.7.: “DATOS DE SALIDA DE LA DISCOTECA 3 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN.”	236
TABLA 4.6.4.1.: “DATOS DE SALIDA DE LA DISCOTECA 3 PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN SEGÚN LOS MODELOS MACROSCÓPICOS DE JJFRUINS Y NELSON-MCLENAN.”	238
TABLA 4.6.4.2.: “RESUMEN DE MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN PARA LA EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 EN UNA SITUACIÓN CON FLUJO MÁXIMO DE EVACUACIÓN.”	240
TABLA 4.6.4.3.: “RESUMEN DE MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN MODIFICADAS PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 EN UNA SITUACIÓN CON FLUJO MÁXIMO.”	240
TABLA 4.6.4.4.: “TABLA DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO DE EVACUACIÓN PARA EL RECINTO 3.”	243
TABLA 4.6.4.5.: “ANÁLISIS SEGÚN DISTINTOS ENFOQUES PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 3.”	246
TABLA 4.7.1.1.: “DETALLE DEL CÁLCULO DEL TIEMPO DE PREMOVIMIENTO PARA OCUPANTES TIPO W2 DEL RECINTO 1.”	248
TABLA 4.7.1.2.: “CATEGORÍA DEL RECINTO Y DE LOS OCUPANTES DE LA DISCOTECA 1 SEGÚN PD7974.”	249
TABLA 4.7.1.3.: “DETALLE DEL CÁLCULO DEL TIEMPO DE PREMOVIMIENTO PARA LOS OCUPANTES DEL RECINTO 3 SEGÚN PD7974.”	249
TABLA 4.7.1.4.: “DATOS DEL SEGUNDO PISO DE DISCOTECA 1 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	250
TABLA 4.7.1.5.: “DATOS DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 1 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	250
TABLA 4.7.1.6.: “ANCHO EFECTIVO DE LOS MEDIOS DE EGRESO DEL RECINTO 1.”	253
TABLA 4.7.1.7.: “RESULTADOS DE LOS TIEMPOS DE MOVIMIENTO PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 1, SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL DE PATHFINDER.”	255
TABLA 4.7.1.8.: “DETALLE DE LOS RESULTADOS DEL TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 1.”	266
TABLA 4.7.1.9.: “ÁREA ÚTIL DE CADA UNO DE LOS TIPOS DE MOBILIARIO (ESPECÍMENES) DEL RECINTO 1.”	267
TABLA 4.7.1.10.: “DENSIDAD DE CARGA COMBUSTIBLE Y CARGA COMBUSTIBLE TOTAL DEL RECINTO 1.”	267
TABLA 4.7.1.11.: “ÁREA TOTAL Y ALTURA PROMEDIO DE LAS ABERTURAS, Y ÁREA TOTAL SUPERFICIAL Y VOLUMEN TOTAL DEL RECINTO 1.”	268
TABLA 4.7.1.12.: “PROPIEDADES TÉRMICAS LA ENVOLVENTE DEL RECINTO 1 DE HORMIGÓN ARMADO.”	270
TABLA 4.7.1.13.: “TIPO DE VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DEL RECINTO 1.”	271
TABLA 4.7.1.14.: “PARÁMETROS PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR EN EL FLASHOVER PARA EL ESCENARIO 1A DEL RECINTO 1.”	271
TABLA 4.7.1.15.: “PARÁMETROS DEL FUEGO GENERADO PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO PARA EL ESCENARIO 1A DEL RECINTO 1.”	272

TABLA 4.7.1.16.: “PARÁMETROS DEL FUEGO GENERADO PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO DEL ESCENARIO 1A PARA EL RECINTO 1.”	273
TABLA 4.7.1.17.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DEL RECINTO 1 VIRTUAL.”	273
TABLA 4.7.1.18.: “RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A.”	274
TABLA 4.7.1.19.: “RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN BRANZFIRE PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DEL RECINTO 1 PARA EL ESCENARIO 1A CON RESPECTO A LOS TIEMPOS EN LOS CUÁLES LAS CONDICIONES MÍNIMAS PARA LA SEGURIDAD HUMANA SON SOBREPASADAS.”	275
TABLA 4.7.1.20.: “RESUMEN DE VALORES DE RSET PARA TODOS LOS ESCENARIOS DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 1.”	280
TABLA 4.7.1.21.: “RESUMEN DE VALORES DE ASET PARA TODOS LOS ESCENARIOS DE INCENDIO DEL RECINTO 1.”	281
TABLA 4.7.2.1.: “DETALLE DEL CÁLCULO DEL TIEMPO DE PREMOVIMIENTO PARA OCUPANTES TIPO W2 DEL RECINTO 2.”	282
TABLA 4.7.2.2.: “CATEGORÍA DEL RECINTO Y DE LOS OCUPANTES DE LA DISCOTECA 2 SEGÚN PD7974.”	283
TABLA 4.7.2.3.: “DETALLE DEL CÁLCULO DEL TIEMPO DE PREMOVIMIENTO SEGÚN PD7974.”	283
TABLA 4.7.2.4.: “DATOS DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	284
TABLA 4.7.2.5.: “DATOS DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	284
TABLA 4.7.2.6.: “ANCHO EFECTIVO DE LOS MEDIOS DE EGRESO DEL RECINTO 2.”	287
TABLA 4.7.2.7.: “RESULTADOS DE LOS TIEMPOS DE MOVIMIENTO PARA EL PROBLEMA DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 2, SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL DE PATHFINDER.”	288
TABLA 4.7.2.8.: “DETALLE DE LOS RESULTADOS DEL TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 2.”	302
TABLA 4.7.2.9.: “ÁREA ÚTIL DEL TIPO DE MOBILIARIO (ESPÉCIMEN 2) DE LA SALA DE ESTAR DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 2A.”	303
TABLA 4.7.2.10.: “DENSIDAD DE CARGA COMBUSTIBLE Y CARGA COMBUSTIBLE PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 2A DEL RECINTO 2.”	304
TABLA 4.7.2.11.: “ÁREA TOTAL Y ALTURA PROMEDIO DE LAS ABERTURAS, Y ÁREA TOTAL SUPERFICIAL Y VOLUMEN DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	305
TABLA 4.7.2.12.: “PROPIEDADES TÉRMICAS LA ENVOLVENTE DEL RECINTO 2 DE HORMIGÓN ARMADO.”	307
TABLA 4.7.2.13.: “TIPO DE VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN PARA EL RECINTO 2.”	307
TABLA 4.7.2.14.: “PARÁMETROS PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR EN EL FLASHOVER DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A.”	308
TABLA 4.7.2.15.: “PARÁMETROS DEL FUEGO GENERADO PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO PARA EL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A.”	308
TABLA 4.7.2.16.: “PARÁMETROS MODIFICADOS DEL FUEGO GENERADO, PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO PARA EL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A.”	309
TABLA 4.7.2.17.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 VIRTUAL.”	310

TABLA 4.7.2.18.: “RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2A.”	311
TABLA 4.7.2.19.: “RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN BRANZFIRE PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DEL SEGUNDO PISO PARA EL ESCENARIO 2A CON RESPECTO A LOS TIEMPOS EN LOS CUALES LAS CONDICIONES MÍNIMAS PARA LA SEGURIDAD HUMANA SON SOBREPASADAS.”	312
TABLA 4.7.2.20.: “ÁREA ÚTIL DEL TIPO DE MOBILIARIO (ESPÉCIMEN 1) DE LA SALA DE ESTAR DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 2B.”	317
TABLA 4.7.2.21.: “DENSIDAD DE CARGA COMBUSTIBLE Y CARGA COMBUSTIBLE PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 2B DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	317
TABLA 4.7.2.22.: “ÁREA TOTAL Y ALTURA PROMEDIO DE LAS ABERTURAS, Y ÁREA TOTAL SUPERFICIAL Y VOLUMEN DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	318
TABLA 4.7.2.23.: “PROPIEDADES TÉRMICAS LA ENVOLVENTE DEL RECINTO 2 DE HORMIGÓN ARMADO.”	320
TABLA 4.7.2.24.: “TIPO DE VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN PARA EL RECINTO 2.”	321
TABLA 4.7.2.25.: “PARÁMETROS PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR EN EL FLASHOVER DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B.”	321
TABLA 4.7.2.26.: “PARÁMETROS DEL FUEGO GENERADO PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B.”	322
TABLA 4.7.2.27.: “PARÁMETROS MODIFICADOS DEL FUEGO GENERADO, PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B.”	323
TABLA 4.7.2.28.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 VIRTUAL.”	323
TABLA 4.7.2.29.: “RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B.”	324
TABLA 4.7.2.30.: “RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN BRANZFIRE PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2B CON RESPECTO A LOS TIEMPOS EN LOS CUALES LAS CONDICIONES MÍNIMAS PARA LA SEGURIDAD HUMANA SON SOBREPASADAS”	325
TABLA 4.7.2.31.: “PARÁMETROS USADOS PARA EL CÁLCULO DE LA CARGA COMBUSTIBLE (ESPÉCIMEN 1) ALMACENADA A UN COSTADO DEL PASILLO CENTRAL DEL PRIMER PISO PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 2C.”	330
TABLA 4.7.2.32.: “DENSIDAD DE CARGA COMBUSTIBLE Y CARGA COMBUSTIBLE PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 2C DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2.”	331
TABLA 4.7.2.33.: “ÁREA TOTAL Y ALTURA PROMEDIO DE LAS ABERTURAS, Y ÁREA TOTAL SUPERFICIAL Y VOLUMEN DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2.”	332
TABLA 4.7.2.34.: “PROPIEDADES TÉRMICAS LA ENVOLVENTE DEL RECINTO 1 DE HORMIGÓN ARMADO.”	334
TABLA 4.7.2.35.: “TIPO DE VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN PARA EL RECINTO 2.”	334
TABLA 4.7.2.36.: “PARÁMETROS PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DURANTE EL FLASHOVER DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C.”	335

TABLA 4.7.2.37.: “PARÁMETROS DEL FUEGO GENERADO PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO PARA EL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C.”	335
TABLA 4.7.2.38.: “PARÁMETROS MODIFICADOS DEL FUEGO GENERADO, PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO PARA EL PRIMER PISO DEL RECINTO 2.”	336
TABLA 4.7.2.39.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 VIRTUAL.”	337
TABLA 4.7.2.40.: “RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C.”	338
TABLA 4.7.2.41.: “RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN BRANZFIRE PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO 2C CON RESPECTO A LOS TIEMPOS EN LOS CUALES LAS CONDICIONES MÍNIMAS PARA LA SEGURIDAD HUMANA SON SOBREPASADAS.”	339
TABLA 4.7.2.42.: “RESUMEN DE VALORES DE RSET PARA TODOS LOS ESCENARIOS DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 2.”	344
TABLA 4.7.2.43.: “RESUMEN DE VALORES DE ASET PARA TODOS LOS ESCENARIOS DE INCENDIO DEL RECINTO 2.”	344
TABLA 4.7.3.1.: “DETALLE DEL CÁLCULO DEL TIEMPO DE PREMOVIMIENTO PARA OCUPANTES TIPO W2 DEL RECINTO 3.”	346
TABLA 4.7.3.2.: “CATEGORÍA DEL RECINTO Y DE LOS OCUPANTES DE LA DISCOTECA 3 SEGÚN PD7974.”	347
TABLA 4.7.3.3.: “DETALLE DEL CÁLCULO DEL TIEMPO DE PREMOVIMIENTO SEGÚN PD7974.”	347
TABLA 4.7.3.4.: “DATOS DE LA DISCOTECA 3 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	348
TABLA 4.7.3.5.: “DATOS DE LA DISCOTECA 3 CON RESPECTO A ÁREA TOTAL Y ÚTIL, ADEMÁS DE CAPACIDAD Y OCUPACIÓN MÁXIMA.”	349
TABLA 4.7.3.6.: “RESULTADOS DEL PROBLEMA DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL DE PATHFINDER.”	350
TABLA 4.7.3.7.: “DETALLE DE LOS RESULTADOS DEL TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 3.”	359
TABLA 4.7.3.8.: “ÁREA ÚTIL DEL TIPO DE MOBILIARIO (ESPÉCIMEN 2) EN LA ZONA VIP 1 DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 3A.”	360
TABLA 4.7.3.9.: “DENSIDAD DE CARGA COMBUSTIBLE Y CARGA COMBUSTIBLE PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 3A DEL RECINTO 3.”	360
TABLA 4.7.3.10.: “ÁREA TOTAL Y ALTURA PROMEDIO DE LAS ABERTURAS, Y ÁREA TOTAL SUPERFICIAL Y VOLUMEN DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3.”	361
TABLA 4.7.3.11.: “PROPIEDADES TÉRMICAS LA ENVOLVENTE DEL RECINTO 3 DE HORMIGÓN ARMADO.”	364
TABLA 4.7.3.12.: “TIPO DE VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN PARA EL RECINTO 3.”	364
TABLA 4.7.3.13.: “PARÁMETROS PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR EN EL FLASHOVER DEL RECINTO 3.”	365
TABLA 4.7.3.14.: “PARÁMETROS DEL FUEGO GENERADO PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO PARA EL ESCENARIO 3A DEL RECINTO 3.”	365

TABLA 4.7.3.15.: “PARÁMETROS MODIFICADOS DEL FUEGO GENERADO PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO PARA EL ESCENARIO 3A DEL RECINTO 3.”	366
TABLA 4.7.3.16.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 VIRTUAL.”	367
TABLA 4.7.3.17.: “RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A.”	368
TABLA 4.7.3.18.: “RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN BRANZFIRE PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A CON RESPECTO A LOS TIEMPOS EN LOS CUALES LAS CONDICIONES MÍNIMAS PARA LA SEG. HUMANA SON SOBREPASADAS.”	369
TABLA 4.7.3.19.: “ÁREA ÚTIL DEL TIPO DE MOBILIARIO (ESPÉCIMEN 2) EN LA ZONA VIP 2 DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 3B.”	374
TABLA 4.7.3.20.: “DENSIDAD DE CARGA COMBUSTIBLE Y CARGA COMBUSTIBLE PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 3B DEL RECINTO 2.”	374
TABLA 4.7.3.21.: “ÁREA TOTAL Y ALTURA PROMEDIO DE LAS ABERTURAS, Y ÁREA TOTAL SUPERFICIAL Y VOLUMEN DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3.”	375
TABLA 4.7.3.22.: “PROPIEDADES TÉRMICAS LA ENVOLVENTE DEL RECINTO 3 DE HORMIGÓN ARMADO.”	378
TABLA 4.7.3.23.: “TIPO DE VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN PARA EL RECINTO 3.”	378
TABLA 4.7.3.24.: “PARÁMETROS PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR EN EL FLASHOVER DEL RECINTO 3.”	379
TABLA 4.7.3.25.: “PARÁMETROS DEL FUEGO GENERADO PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO PARA EL RECINTO 3.”	379
TABLA 4.7.3.26.: “PARÁMETROS MODIFICADOS DEL FUEGO GENERADO, PARA OBTENER LA TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR DE DISEÑO PARA EL ESCENARIO 3B DEL RECINTO 3.”	380
TABLA 4.7.3.27.: “DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 VIRTUAL.”	381
TABLA 4.7.3.28.: “RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B.”	382
TABLA 4.7.3.29.: “RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN BRANZFIRE PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DENTRO LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3B CON RESPECTO A LOS TIEMPOS EN LOS CUALES LAS CONDICIONES MÍNIMAS PARA LA SEG. HUMANA SON SOBREPASADAS.”	383
TABLA 4.7.3.30.: “RESUMEN DE VALORES DE RSET PARA TODOS LOS ESCENARIOS DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 3.”	388
TABLA 4.7.3.31.: “RESUMEN DE VALORES DE ASET PARA TODOS LOS ESCENARIOS DE INCENDIO DEL RECINTO 3.”	388
TABLA 5.1.1.1.: “VALORES DE SEPARACIÓN USADO EN EL CÁLCULO DEL ANCHO EFECTIVO PARA CADA ELEMENTO DE EVACUACIÓN.”	391
TABLA 5.1.1.2.: “VALORES DE LAS VARIABLES DE ENTRADA PARA UN MODELO HIDRÁULICO PARA PASILLOS SIN RECORRIDO DE EVACUACIÓN.”	394
TABLA 5.1.1.3.: “VALORES DE LAS VARIABLES DE ENTRADA PARA UN MODELO HIDRÁULICO PARA PUERTAS, SIN RECORRIDO DE EVACUACIÓN.”	395

TABLA 5.1.1.4.: “VALORES DE LAS VARIABLES DE ENTRADA PARA UN MODELO HIDRÁULICO PARA ESCALERAS, SIN RECORRIDO DE EVACUACIÓN.”	396
TABLA 5.1.1.5.: “VALORES DE LAS VARIABLES DE ENTRADA PARA UN MODELO HIDRÁULICO PARA PASILLOS-PUERTAS, CON RECORRIDO DE EVACUACIÓN.”	408
TABLA 5.1.2.1.: “DATOS DE ENTRADA PARA EL CÁLCULO DE LA VISIBILIDAD DE SEÑALES QUE EMITEN Y REFLEJAN LUZ PARA DISTINTOS TIPOS DE HUMO USANDO EL COEFICIENTE DE EXTINCIÓN ESPECÍFICO K_M ”	413
TABLA 5.1.2.2.: “VALORES DE LA VISIBILIDAD DE SEÑALES QUE EMITEN Y REFLEJAN LUZ PARA DISTINTOS TIPOS DE HUMO USANDO EL COEFICIENTE DE EXTINCIÓN ESPECÍFICO K_M ”	413
TABLA 5.1.2.3.: “DATOS DE ENTRADA PARA EL CÁLCULO DE LA VISIBILIDAD DE SEÑALES QUE EMITEN Y REFLEJAN LUZ PARA DISTINTOS TIPOS DE HUMO USANDO LA DENSIDAD ÓPTICA POR MASA D_M ”	413
TABLA 5.1.2.4.: “VALORES DE LA VISIBILIDAD DE SEÑALES QUE EMITEN Y REFLEJAN LUZ PARA DISTINTOS TIPOS DE HUMO, USANDO LA DENSIDAD ÓPTICA POR MASA D_M ” ..	413
TABLA 5.3.2.1.: “CONDICIONES DE LUMINANCIA PARA SEÑALES FOTOLUMINISCENTES SEGÚN LA UNE 23035-4(2003) PARA ELEMENTOS CLASE A.”	423
TABLA 5.3.3.1.: “ILUMINANCIA MEDIDA EN LUX DE DISTINTAS FUENTES DE ILUMINACIÓN EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA (W), LA DISTANCIA DESDE LA FUENTE CONSIDERADA HASTA EL PISO ES DE 2,5 M, POR TANTO, LA SUPERFICIE ILUMINADA ES DE 6,25 M ² .”	424

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.2.1.: “TRIÁNGULO DEL FUEGO.”	7
FIGURA 2.2.2.: “DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ETAPAS DE UN DESARROLLO DE UN INCENDIO EN RECINTOS CERRADOS.”	10
FIGURA 2.2.3.: “ESQUEMA DE PROPAGACIÓN DE LA LLAMA SUPERFICIAL EN SÓLIDOS; SFPE, 2002: CAPÍTULO 2-FIRE DYNAMIC SURFACE FLAME SPREAD”	16
FIGURA 2.2.4.: “BALANCE DE CALOR PRODUCIDO EN EL INTERIOR DE UN RECINTO CERRADO Y LOS FENÓMENOS ASOCIADOS A PÉRDIDAS DE CALOR.”	20
FIGURA 2.3.1.: “ESQUEMA DE UN MODELO DE DOS ZONAS.”	63
FIGURA 2.3.2.: “PENACHO DE INCENDIO.”	64
FIGURA 2.3.3.: “ORIGEN VIRTUAL DEL PENACHO DE INCENDIO.”	65
FIGURA 2.3.4.: “ALTURA DE LA CAPA DE HUMOS Y DE LA ZONA LUMINOSA DEL PENACHO AXISIMÉTRICO.”	67
FIGURA 2.3.5.: “DISTRIBUCIÓN GAUSSIANA DE LA TEMPERATURA PARA UNA ALTURA DETERMINADA.”	72
FIGURA 2.5.1.: “ESQUEMA DEL ANCHO EFECTIVO DE ESCALERAS.”	78
FIGURA 2.5.2.: “REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE ELEMENTOS DE EVACUACIÓN A TRAVÉS DE REDES DE FLUJO.”	86
FIGURA 2.5.3.: “ANÁLISIS DE UNA VÍA DE EVACUACIÓN.”	87
FIGURA 2.5.4.: “ANÁLISIS DE UNA VÍA DE EVACUACIÓN.”	87
FIGURA 2.5.5.: “RED DINÁMICA DE UNA VÍA DE CIRCULACIÓN.”	88
FIGURA 2.5.6.: “ANÁLISIS MICROSCÓPICO DE UNA VÍA DE CIRCULACIÓN.”	89
FIGURA 4.2.1.: “ESQUEMA DE ANÁLISIS PRESCRIPTIVO.”	95
FIGURA 4.2.2.: “DIAGRAMA DEL TIEMPO REQUERIDO DE EVACUACIÓN (RSET).”	103
FIGURA 4.2.3.: “DIAGRAMA DE LA TOMA DE DECISIONES DE LOS OCUPANTES DE UN RECINTO ANTE UN INCENDIO.”	104
FIGURA 4.2.4.: “PROYECCIÓN EN PLANTA DE UNA PERSONA ADULTA.”	109
FIGURA 4.2.5.: “PERFIL DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE LOCOMOCIÓN (VELOCIDAD) DE UNA PERSONA JOVEN-ADULTA EN PATHFINDER.”	114
FIGURA 4.2.6.: “PERFIL DE LAS CARACTERÍSTICAS AVANZADAS DE LOCOMOCIÓN DE UNA PERSONA JOVEN-ADULTA EN PATHFINDER.”	114
FIGURA 4.2.7.: “PERFIL DE VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL PARA PERSONAS JOVEN-ADULTA SEGÚN JJFRUINS, ADOPTADO POR SFPE EN PATHFINDER.”	115
FIGURA 4.2.8.: “PERFIL DE VELOCIDAD DE DESCENSO DE ESCALERAS PARA PERSONAS JOVEN-ADULTA SEGÚN JJFRUINS, ADOPTADO POR SFPE EN PATHFINDER.”	115
FIGURA 4.2.9.: “FLUJO ESPECÍFICO DE PASO PARA UNA ALTA DENSIDAD DE PERSONAS JOVEN-ADULTA SEGÚN JJFRUINS, ADOPTADO POR SFPE EN PATHFINDER.”	116
FIGURA 4.2.10.: “ETAPAS DE UN INCENDIO TIPO EN UN RECINTO CERRADO.”	122
FIGURA 4.4.1.: “VISTA EN PLANTA DE ACCESOS Y ESCALERAS DEL PISO PRINCIPAL (COTA +5.00) DE LA DISCOTECA 1.”	129
FIGURA 4.4.2.: “VISTA EN PLANTA DE ACCESOS/SALIDAS DE SEGUNDO PISO (COTA +7.50) DE LA DISCOTECA 1.”	129
FIGURA 4.4.3.: “PARTES DE LA PRIMERA PLANTA (COTA +5.00) DE LA DISCOTECA 1.” ..	130
FIGURA 4.4.4.: “PARTES DE LA SEGUNDA PLANTA (COTA +7.50).”	131

FIGURA 4.4.5.: “ESQUEMA DE RECORRIDO TOTAL DE EVACUACIÓN - PISO 1 Y 2. (OPCION1) DE LA DISCOTECA 1.”	132
FIGURA 4.4.6.: “ESQUEMA DE RECORRIDO TOTAL DE EVACUACIÓN-PISO 2. (OPCION2) DEL DISCOTECA 1.”	133
FIGURA 4.4.7.: “ESQUEMA DE RECORRIDO TOTAL DE EVACUACIÓN – PISO 1 (OPCION2), CONTINUACIÓN DELA DISCOTECA 1.”	133
FIGURA 4.4.8.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES PRIMERA PLANTA (COTA +5.00) DE LA DISCOTECA 1.”	135
FIGURA 4.4.9.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES SEGUNDA PLANTA (COTA +7.50) DE LA DISCOTECA 1.”	135
FIGURA 4.4.10.: “VISTA EN PLANTA DE ACCESOS Y ESCALERAS DEL PISO PRINCIPAL (COTA +0.00) DE LA DISCOTECA 2.”	137
FIGURA 4.4.11.: “VISTA EN PLANTA DE ACCESOS A SEGUNDO PISO (COTA +3.50) DE LA DISCOTECA 2.”	138
FIGURA 4.4.12.: “PARTES DE LA PRIMERA PLANTA (COTA +0.00) DE LA DISCOTECA 2.”	139
FIGURA 4.4.13.: “PARTES DE LA SEGUNDA PLANTA (COTA +3.50) DE LA DISCOTECA 2.”	140
FIGURA 4.4.14.: “ESQUEMA DE RECORRIDO DE EVACUACIÓN - PISO 2. (OPCION1 Y 2) DE LA DISCOTECA 2.”	141
FIGURA 4.4.15.: “ESQUEMA DE RECORRIDO DE EVACUACIÓN - PISO 1. (OPCIÓN 1 Y 2) DE LA DISCOTECA 2.”	142
FIGURA 4.4.16.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES PRIMERA PLANTA (COTA +5.00) DE LA DISCOTECA 2.”	143
FIGURA 4.4.17.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES SEGUNDA PLANTA (COTA +7.50) DE LA DISCOTECA 2.”	144
FIGURA 4.4.18.: “VISTA EN PLANTA DE ACCESOS, PRINCIPAL Y LATERAL (COTA +0.00) DE LA DISCOTECA 3.”	146
FIGURA 4.4.19.: “PARTES DE LA PRIMERA PLANTA (COTA +0.00) DE LA DISCOTECA 3.”	147
FIGURA 4.4.20.: “ESQUEMA DE RECORRIDO TOTAL DE EVACUACIÓN - PISO 1 Y 2. (OPCION1) DE LA DISCOTECA 3.”	148
FIGURA 4.4.21.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES PRIMERA PLANTA (COTA +5.00) DE LA DISCOTECA 3.”	150
FIGURA 4.6.1.: “PLANTA DE PISO 2 DE DISCOTECA 1 PARA EL ANÁLISIS DE EVACUACIÓN PROPUESTO.”	168
FIGURA 4.6.2.: “CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES, MODULO, DENSIDAD Y SEPARACIÓN ENTRE OCUPANTES PARA NIVEL DE SERVICIO D”	169
FIGURA 4.6.3.: “PLANTA DE ANGOSTAMIENTO SALIDA 1 Y ARRANQUE ESCALERA 1, DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 1”	171
FIGURA 4.6.4.: “PLANTA DE ANGOSTAMIENTO SALIDA 2 Y ARRANQUE ESCALERA 2, DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 1”	172
FIGURA 4.6.5.: “PLANTA DE PISO 1 DE DISCOTECA 1 PARA EL ANÁLISIS DE EVACUACIÓN PROPUESTO.”	173
FIGURA 4.6.6.: “CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES, MODULO, DENSIDAD Y SEPARACIÓN ENTRE OCUPANTES PARA NIVEL DE SERVICIO D.”	174
FIGURA 4.6.7.: “PLANTA DEL SEGUNDO PISO DE DISCOTECA 2 PARA EL ANÁLISIS DE EVACUACIÓN PROPUESTO.”	200
FIGURA 4.6.8.: “CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES, MÓDULO, DENSIDAD Y SEPARACIÓN ENTRE OCUPANTES PARA NIVEL DE SERVICIO D”	201

FIGURA 4.6.9.: “PLANTA DE ANGOSTAMIENTO SALIDA 1 Y ARRANQUE ESCALERA 1, DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	202
FIGURA 4.6.10.: “PLANTA DE CONFLUENCIA SIMPLE EN PASILLO Y SALIDA 2 Y DEL ANGOSTAMIENTO ENTRE SALIDA 2 Y ARRANQUE DE ESCALERA 2 DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	203
FIGURA 4.6.11.: “PLANTA DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2 PARA EL ANÁLISIS DE EVACUACIÓN PROPUESTO”	205
FIGURA 4.6.12.: “CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES, MODULO, DENSIDAD Y SEPARACIÓN ENTRE OCUPANTES PARA NIVEL DE SERVICIO D”	205
FIGURA 4.6.13.: “PLANTA DE DISCOTECA 3 PARA EL ANÁLISIS DE EVACUACIÓN PROPUESTO.”	227
FIGURA 4.6.14.: “CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES, MODULO, DENSIDAD Y SEPARACIÓN ENTRE OCUPANTES PARA NIVEL DE SERVICIO D.”	228
FIGURA 4.6.15.: “RED DE FLUJO DE EVACUACIÓN DE LOS OCUPANTES DEL RECINTO 3.”	240
FIGURA 4.6.16.: “RED DINÁMICA DE FLUJO DEL ANÁLISIS DINÁMICO DE EVACUACIÓN PARA EL RECINTO 3.”	241
FIGURA 5.1.1.: “EJEMPLO DE EVACUACIÓN DE OCUPANTES DE UN RECINTO SIN RECORRIDO DE EVACUACIÓN.”	392
FIGURA 5.1.2.: “EJEMPLO DE EVACUACIÓN DE OCUPANTES DE UN RECINTO CON RECORRIDO DE EVACUACIÓN.”	406
FIGURA 5.1.3.: “DISTRIBUCIÓN DE DETECTORES EN UN PASILLO DE DIMENSIONES DE 3M DE ANCHO Y 25 M DE LARGO, USANDO LA RECOMENDACIÓN DEL VALOR DE LA DIAGONAL DEL ÁREA DE SERVICIO POR DETECTOR INFERIOR A 12,84 M ² .”	417
FIGURA 5.3.1.: “REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE SEÑALES DIRECCIONALES Y SEÑALIZACIÓN DE OBSTÁCULOS Y ELEMENTOS ACCESORIOS COMO PASAMANOS Y ESCALONES DE ESCALERAS DEL TIPO FOTOLUMINISCENTE.”	423
FIGURA 5.3.2.: “REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS CÍRCULOS DE PESCHL EN LAS INMEDIACIONES DEL ACCESO A UNA SALIDA.”	425
FIGURA 5.3.3.: “SALIDA AL EXTERIOR DEL HUMO A TRAVÉS DE UN SISTEMA PROTECCIÓN PASIVO (TECHO DE UN MATERIAL DE MUY BAJA RESISTENCIA AL FUEGO).”	427
FIGURA 5.3.4.: “VENTANALES AMPLIOS CON ABERTURAS SUPERIORES ABIERTAS DE MANERA PERMANENTE.”	428
FIGURA 5.3.5.: “SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE TIPO C INTELIGENTE. FUENTE: MÚLTIPLES SOLUCIONES DE ADMISIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE; JERRY VINKESTEYN.”	428
FIGURA 5.3.6.: “SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE TIPO D DESCENTRALIZADO FUENTE: MÚLTIPLES SOLUCIONES DE ADMISIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE; JERRY VINKESTEYN.”	429

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 3.1.1.: “VISTA GENERAL DE LA OCUPACIÓN INFORMADA POR EL RECINTO, SUPERIOR A LA CAPACIDAD MÁXIMA DE OCUPACIÓN PERMITIDA.”	90
ILUSTRACIÓN 3.1.2.: “VISTA DESDE EL EXTERIOR DEL ANGOSTAMIENTO DE LA VÍA PRINCIPAL DE EGRESO.”	91
ILUSTRACIÓN 3.1.3.: “VISTA DESDE LA ENTRADA A LA SALA PRINCIPAL DE OBSTÁCULOS PARA EL EGRESO SIN SEÑALIZACIÓN ADECUADA.”	91
ILUSTRACIÓN 3.1.4.: “DETALLE DE LA COMPOSICIÓN DEL CIELO DEL RECINTO QUE INICIO EL INCENDIO Y LA POSTERIOR PROPAGACIÓN DE HUMOS TÓXICOS.”	91
ILUSTRACIÓN 3.1.5.: “VISTA DESDE EL ENTREPISO DE VENTANAS SUPRIMIDAS.”	92
ILUSTRACIÓN 3.1.6.: “VISTA SUPERIOR DESDE EL EXTERIOR DEL LOCAL EN UNA SITUACIÓN IDEAL CON SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE HUMO.”	92
ILUSTRACIÓN 3.1.7.: “VISTA DESDE EL INTERIOR DEL RECINTO HACIA LA ÚNICA SALIDA DISPONIBLE.”	93
ILUSTRACIÓN 4.4.1.: “MAPA DE LA UBICACIÓN DE DISCOTECA 1.”	127
ILUSTRACIÓN 4.4.2.: “VISTA GENERAL DE LA DISCOTECA 1, FACHADA PRINCIPAL.”	128
ILUSTRACIÓN 4.4.3.: “MAPA DE LA UBICACIÓN DE DISCOTECA 2.”	136
ILUSTRACIÓN 4.4.4.: “VISTA GENERAL DE LA DISCOTECA 2, FACHADA PRINCIPAL.”	136
ILUSTRACIÓN 4.4.5.: “MAPA DE LA UBICACIÓN DE DISCOTECA 3.”	145
ILUSTRACIÓN 4.4.6.: “VISTA GENERAL DEL RECINTO DEL DISCOTECA 3, FACHADA PRINCIPAL.”	146
ILUSTRACIÓN 4.7.1.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1.”	250
ILUSTRACIÓN 4.7.2.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 1.”	251
ILUSTRACIÓN 4.7.3.: “PLANO DE LA PLANTA DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 1 EN FORMATO DXF.”	251
ILUSTRACIÓN 4.7.4.: “PLANO DE LA PLANTA DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 1 EN FORMATO DXF.”	252
ILUSTRACIÓN 4.7.5.: “VISTA GENERAL EN 3D DE LAS PLANTAS DE PRIMER Y SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 1 EN PATHFINDER.”	252
ILUSTRACIÓN 4.7.6.: “LÍNEAS DE CONTROL EN LOS ARRANQUES DEL SEGUNDO PISO DE LAS ESCALERAS DE LA DISCOTECA 1.”	253
ILUSTRACIÓN 4.7.7.: “LÍNEAS DE CONTROL EN LAS SALIDAS DE LA PLANTA PRINCIPAL DE LA DISCOTECA 1.”	254
ILUSTRACIÓN 4.7.8.: “LÍNEAS DE CONTROL EN EL ARRANQUE DE LA ESCALERA DE ACCESO DE LA DISCOTECA 1.”	254
ILUSTRACIÓN 4.7.9.: “DENSIDAD DE CIRCULACIÓN/OCUPACIÓN A LOS 63 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN EN CADA PLANTA DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	261
ILUSTRACIÓN 4.7.10.: “NIVEL DE SERVICIO DE LA COLA GENERADA EN LOS ARRANQUES DE LAS SALIDAS Y ESCALERAS EN CADA UNA DE LAS PLANTAS DEL RECINTO 1 A LOS 12 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	261

ILUSTRACIÓN 4.7.11.: “NIVEL DE SERVICIO DEL CAMINO DE RECORRIDO HACIA LAS SALIDAS EN CADA UNA DE LAS PLANTAS DEL RECINTO 1 A LOS 60 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	262
ILUSTRACIÓN 4.7.12.: “VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN CADA UNA DE LAS PLANTA DEL RECINTO 1 A LOS 70 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	262
ILUSTRACIÓN 4.7.13.: “CÍRCULOS DE PESCHL GENERADOS EN LAS ARRANQUES DE LAS ESCALERAS Y SALIDAS DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	263
ILUSTRACIÓN 4.7.14.: “LUGARES RECOMENDADOS PARA LA INSTALACIÓN DE EXTINTORES EN CADA UNA DE LAS PLANTAS DEL RECINTO 1 A 8 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	263
ILUSTRACIÓN 4.7.15.: “VISTA EN PRIMERA PERSONA (DESDE UN OCUPANTE QUE PROVIENE DEL VIP 2 DEL SEGUNDO PISO) DE PUNTO DE ESTANCAMIENTO GENERADO EN LA SALIDA 03 DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 1 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	264
ILUSTRACIÓN 4.7.16.: “VISTA SUPERIOR DE LA UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES EN EL VIP 2 DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 1.”	267
ILUSTRACIÓN 4.7.17.: “VISTA SUPERIOR DEL PUNTO DE IGNICIÓN DEL ESCENARIO 1A UBICADO EN EL VIP 2 DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 1.”	268
ILUSTRACIÓN 4.7.18.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES DEL SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2.”	284
ILUSTRACIÓN 4.7.19.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2.”	285
ILUSTRACIÓN 4.7.20.: “PLANO DE LA PLANTA DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2 EN FORMATO DXF.”	285
ILUSTRACIÓN 4.7.21.: “PLANO DE LA PLANTA DEL PRIMER PISO DE LA DISCOTECA 2 EN FORMATO DXF.”	286
ILUSTRACIÓN 4.7.22.: “VISTA GENERAL EN 3D DE LAS PLANTAS DE PRIMER Y SEGUNDO PISO DE LA DISCOTECA 2 EN PATHFINDER.”	286
ILUSTRACIÓN 4.7.23.: “LÍNEAS DE CONTROL EN LOS ARRANQUES DE LAS ESCALERA DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	287
ILUSTRACIÓN 4.7.24.: “LÍNEAS DE CONTROL EN LAS SALIDAS DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 2.”	288
ILUSTRACIÓN 4.7.25.: “DENSIDAD DE CIRCULACIÓN/OCUPACIÓN A LOS 66 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN EN CADA PLANTA DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	296
ILUSTRACIÓN 4.7.26.: “NIVEL DE SERVICIO DE LA COLA GENERADA EN LOS ARRANQUES DE LAS SALIDAS Y ESCALERAS EN CADA UNA DE LAS PLANTAS DEL RECINTO 2 A LOS 132 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	296
ILUSTRACIÓN 4.7.27.: “NIVEL DE SERVICIO DEL CAMINO DE RECORRIDO HACIA LAS SALIDAS DEL RECINTO 2 EN CADA UNA DE LAS PLANTAS A LOS 180 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	297
ILUSTRACIÓN 4.7.28.: “VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN CADA UNA DE LAS PLANTA DEL RECINTO 2 A LOS 180 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	297

ILUSTRACIÓN 4.7.29.: “CÍRCULOS DE PESCHL GENERADOS EN LAS ARRANQUES DE LAS ESCALERAS DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	298
ILUSTRACIÓN 4.7.30.: “LUGARES RECOMENDADOS PARA LA INSTALACIÓN DE EXTINTORES EN CADA UNA DE LAS PLANTAS DEL RECINTO 2 A LOS 30 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	298
ILUSTRACIÓN 4.7.31.: “VISTA EN PRIMERA PERSONA (DESDE UN OCUPANTE QUE PROVIENE DE LA PISTA CENTRAL DEL SEGUNDO PISO) DE PUNTO DE ESTANCAMIENTO GENERADO EN EL ARRANQUE DE LA ESCALERA 2 DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	299
ILUSTRACIÓN 4.7.32.: “VISTA SUPERIOR DE LA UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES EN LA SALA DE ESTAR DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA EL ESCENARIO DE INCENDIO 2A.”	303
ILUSTRACIÓN 4.7.33.: “VISTA SUPERIOR DEL PUNTO DE IGNICIÓN DEL ESCENARIO 2A UBICADO EN LA SALA DE ESTAR DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	304
ILUSTRACIÓN 4.7.34.: “VISTA SUPERIOR DE LA UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES EN LA ZONA VIP DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2 PARA ESCENARIO DE INCENDIO 2B.”	317
ILUSTRACIÓN 4.7.35.: “VISTA SUPERIOR DEL PUNTO DE IGNICIÓN DEL ESCENARIO 2B UBICADO EN LA ZONA VIP DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	318
ILUSTRACIÓN 4.7.36.: “VISTA SUPERIOR DE LA UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES EN LA ZONA DE ACUMULACIÓN A UN LADO DEL PASILLO CENTRAL DEL PRIMER PISO DEL RECINTO 2.”	330
ILUSTRACIÓN 4.7.37.: “VISTA SUPERIOR DEL PUNTO DE IGNICIÓN DEL ESCENARIO 2C, BAJO LA ESCALERA DE ACCESO AL SEGUNDO PISO DEL RECINTO 2.”	331
ILUSTRACIÓN 4.7.38.: “ASIGNACIÓN DE OCUPANTES DE LA DISCOTECA 3.”	348
ILUSTRACIÓN 4.7.39.: “PLANO DE LA PLANTA DE LA DISCOTECA 3 EN FORMATO DXF.”	349
ILUSTRACIÓN 4.7.40.: “LÍNEAS DE CONTROL EN LOS ARRANQUES DE LOS PASILLOS DE EVACUACIÓN DE LA DISCOTECA 3.”	350
ILUSTRACIÓN 4.7.41.: “DENSIDAD DE CIRCULACIÓN/OCUPACIÓN A LOS 150 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	354
ILUSTRACIÓN 4.7.42.: “NIVEL DE SERVICIO DE LA COLA GENERADA EN LOS ARRANQUES DE LAS SALIDAS DEL RECINTO 3 A LOS 150 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	354
ILUSTRACIÓN 4.7.43.: “NIVEL DE SERVICIO DEL CAMINO DE RECORRIDO HACIA LAS SALIDAS DEL RECINTO 3 A LOS 150 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	355
ILUSTRACIÓN 4.7.44.: “VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN EL INTERIOR DEL RECINTO 3 A LOS 150 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	355
ILUSTRACIÓN 4.7.45.: “CÍRCULOS DE PESCHL GENERADOS EN LAS ARRANQUES DE LOS PASILLOS DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	356
ILUSTRACIÓN 4.7.46.: “LUGARES RECOMENDADOS PARA LA INSTALACIÓN DE EXTINTORES PARA EL RECINTO 3 A 30 SEGUNDOS DE INICIADA LA EVACUACIÓN SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	356

ILUSTRACIÓN 4.7.47.: “VISTA EN PRIMERA PERSONA DE PUNTO DE ESTANCAMIENTO GENERADO EN EL ARRANQUE DEL PASILLO A-DS1 DEL RECINTO 3 SEGÚN ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN PATHFINDER.”	357
ILUSTRACIÓN 4.7.48.: “VISTA SUPERIOR DE LA UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES EN LA ZONA VIP 1 DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3 PARA EL ESCENARIO 3A.”	360
ILUSTRACIÓN 4.7.49.: “VISTA SUPERIOR DEL PUNTO DE IGNICIÓN DEL ESCENARIO 3A UBICADO EN LA ZONA VIP 1 DEL RECINTO 3.”	361
ILUSTRACIÓN 4.7.50.: “VISTA SUPERIOR DE LA UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES EN LA ZONA VIP 2 DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO 3.”	374
ILUSTRACIÓN 4.7.51.: “VISTA SUPERIOR DEL PUNTO DE IGNICIÓN DEL ESCENARIO 3B UBICADO EN LA ZONA VIP 2 DEL RECINTO 3.”	375
ILUSTRACIÓN 5.1.1.: “REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS CÍRCULOS DE PESCHL EN LAS INMEDIACIONES DEL ACCESO A UNA SALIDA DE UN RECINTO CON DOS SALIDAS DE EVACUACIÓN ANALIZADO CON EL SOFTWARE PATHFINDER.”	415
ILUSTRACIÓN 5.3.1.: “CLARABOYAS MECÁNICAS UBICADAS EN EL TECHO DE LOS RECINTOS.”	427

ANEXOS

A ANEXO A: MARCO TEÓRICO	A-1
A.1 Determinación de las cargas combustibles según Nch 1916. of 1999 [39]......	A-1
A.2 Modelo experimental de JJ. Fruins.	A-5
B ANEXO B: REQUISITOS DE SEGURIDAD ESTIPULADOS EN LA ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN-OGUC Y EN LA NORMATIVA NACIONAL (D.S. Y/O Nch)	B-1
B.1 Condiciones generales de seguridad ante incendios en recintos públicos [60].	B-1
C ANEXO C: REQUISITOS DE SEGURIDAD DISPUESTOS EN NFPA.....	C-1
C.1 Código de seguridad ante incendios – NFPA 101 [51].	C-1
C.2 Requisitos para Extintores portátiles – NFPA 10 [47].	C-13
C.3 Requisitos para Rociadores Automáticos – NFPA 13 [48].	C-15
C.4 Requisitos para Señales de Seguridad contra Fuegos – NFPA 170 [54].	C-18
D ANEXO D: APOYO VISUAL DE RECINTOS.....	D-1
D.1 DISCOTECA PANDEMONIUM	D-1
D.2 DISCOTECA EXFABRICA	D-4
D.3 DISCOTECA CLUB MATTA.....	D-7

E ANEXO E: DETALLES DE LOS RESULTADOS DEL CHECKLIST APLICADO A LOS RECINTOS SEGÚN OGUC [60].	E-1
E.1 DISCOTECA PANDEMONIUM.	E-1
E.2 DISCOTECA EX FABRICA.	E-4
E.3 DISCOTECA CLUB MATTA.	E-7
F ANEXO F: DETALLES DE LOS RESULTADOS DEL CHECKLIST APLICADO A LOS RECINTOS SEGÚN NFPA.	F-1
F.1 DISCOTECA PANDEMONIUM según NFPA.	F-1
F.2 DISCOTECA EXFABRICA.	F-7
F.3 DISCOTECA CLUB MATTA.	F-13
G ANEXO G: DETALLES DE LAS UBICACIONES EN PLANTA DE EXTINTORES PORTATILES, SEÑALES DE SEGURIDAD Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN DISCOTECAS ANALIZADAS.	G-1
G.1 DISCOTECA PANDEMONIUM.	G-1
G.2 DISCOTECA EXFÁBRICA.	G-3
G.3 DISCOTECA CLUB MATTA.	G-5
H ANEXO H: DETALLES DE RECOMENDACIONES GENERADAS DEL ANÁLISIS PRESCRIPTIVO Y PRESTACIONAL.	H-1
H.1 Medios de egreso	H-1
H.2 Señales Fotoluminiscentes.	H-5
H.3 Iluminación de emergencia.	H-6
H.4 Extintores.	H-7

H.5 Detección, notificación y alarma.....	H-9
---	-----

I ANEXO I: DETALLES DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS PRESTACIONAL..... I-1

I.1 RSET (Tiempo requerido para la evacuación segura).....	I-1
--	-----

I.1.1 Detalle de datos de salida de la modelación en Pathfinder para el recinto 1.....	I-1
--	-----

I.1.2 Detalle de datos de salida de la modelación en Pathfinder para el recinto 2.....	I-3
--	-----

I.1.3 Detalle de datos de salida de la modelación en Pathfinder para el recinto 3.....	I-5
--	-----

I.2 ASET (Tiempo disponible para la evacuación segura).....	I-7
---	-----

I.2.1 Propiedades térmicas de distintos materiales.....	I-7
---	-----

I.2.2 Detalle de datos de salida de la modelación en Branzfire para el escenario 1a del recinto 1.....	I-11
--	------

I.2.3 Detalle de datos de salida de la modelación en branzfire para el escenario 2a del recinto 2.....	I-41
--	------

I.2.4 Detalle de datos de salida de la modelación en Branzfire para el escenario 2b del recinto 2.....	I-58
--	------

I.2.5 Detalle de datos de salida de la modelación en branzfire para el escenario 2c del recinto 2.....	I-72
--	------

I.2.6 Detalle de datos de salida de la modelación en Branzfire para el escenario 3a del recinto 3.....	I-88
--	------

I.2.7 Detalle de datos de salida de la modelación en branzfire para el escenario 3b del recinto 3.....	I-103
--	-------

1 INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Los incendios, al igual que los terremotos, se originan por causas probabilísticas, y por lo tanto, no se puede asegurar que no vayan a suceder (Lacroix, 2001). Podemos mejorar incansablemente los protocolos de emergencia y sofisticar aún más los análisis, a pesar de todo, a veces los esfuerzos son insuficientes e igualmente observamos pérdidas humanas en distintas tragedias. Por ende, nuestra tarea más que eliminar de fondo el problema de seguridad existente, es mejorar tanto el prediseño como la gestión de la emergencia, y así contribuir a mejorar los reglamentos que regulan tal cuestión.

En nuestro país, en los últimos años el desarrollo de la industria de las artes, el ocio y el entretenimiento, ha llevado al surgimiento de un gran número de discotecas, teatros, etc., especialmente en las regiones con más habitantes. No obstante, este desarrollo no ha sido acompañado de un adecuado control de medidas de seguridad frente a emergencias como los incendios [68].

Actualmente, los avances tecnológicos en este tema lleva a replantearnos si la OGUC, normativa nacional usada para analizar riesgo de incendio y diseño de medios de egreso es realmente efectiva para cumplir el objetivo principal de cualquier diseño, minimizar la pérdida de vidas humanas ante una emergencia [69]. Si verificamos los datos obtenidos de las tragedias ocurridas en discotecas de otros países, incluso de la misma región, observamos un gran número de víctimas, superior a 100. (ver tabla 1.2.2.2.)

Lo anterior, nos lleva a comprobar preliminarmente que los ocupantes de estos recintos deben lidiar con tomar decisiones quizás no de manera racional por múltiples factores debido a ingesta de alcohol, que es un denominador común en algunos de estos lugares, o al desconocimiento de la planta de arquitectura del lugar.

En consecuencia, un diseño de herramientas de protección activa/pasiva y de medios de evacuación, si es lo suficientemente conservador, debe centrarse en el peor escenario, que consiste en un estado de reacción de pánico [57] de los ocupantes frente a un deterioro evidente de las condiciones de vida y que puede desembocar en una estampida. Para evitar las consecuencias de esta situación hipotética pero real, como muertes debido a asfixia de humos tóxicos o a aplastamiento, si centramos nuestra atención en países vanguardistas en este tema, como EE.UU o algunos países de Europa, se debe abordar este problema, silencioso muchas veces, desde un nuevo enfoque basado en los desempeños de los recintos, incorporando además análisis computacionales prestacionales que usan la dinámica del fuego en simulaciones virtuales de incendios y de modelaciones de simulacros, para de esta forma, planificar de manera efectiva el trabajo tanto de los elementos de protección ante el fuego y humo como del correcto diseño de las vías de evacuación, aunque sin dejar de lado las recomendaciones generales dispuestas en normas internacionales, como NFPA y SFPE, reconocidas

enormemente por su aporte a los diseños actuales a partir de los aprendizajes de tragedias pasadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVOS GENERALES

- Analizar los problemas originados en vías de evacuación de discotecas, relacionados con la temperatura y la concentración de humo durante el desarrollo de un fuego.
- Establecer un conjunto de recomendaciones para la seguridad frente a incendios de estos recintos, con el objeto de mejorar la normativa nacional (OGUC) [60], y contrastarla con las exigencias de normas internacionales agrupadas en NFPA.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la factibilidad de los anchos de evacuación recomendados por la OGUC: capítulo 4 - artículo 4.2 [60], con el fin de evitar puntos de estancamiento.
- Estudiar el comportamiento de las herramientas de protección activa y pasiva frente a la propagación de humo y a la evolución de la temperatura en el interior de los recintos.
- Investigar de manera analítica y conceptual el comportamiento humano frente a situaciones de emergencia.
- Realizar un análisis de sensibilidad a las variables que más intervienen en la evacuación de los ocupantes y en el control de humo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Una de las justificaciones de esta memoria radica en aportar de alguna manera al problema de evacuación de recintos con alta densidad de ocupación. Problemas de evacuación, generados no solamente producto de incendios, sino también frente a otros tipos de eventualidades como terremotos, falsas alarmas, etc.

Si bien en Chile, no se tienen estadísticas detalladas sobre el número de víctimas ante incendios según el tipo de uso del recinto, en Europa es posible observar el porcentaje de vidas con respecto a la población total que se pierden producto de estas eventualidades (Ver tabla 1.2.2.1.). Sin embargo, poder conocer el número asociado solamente al problema de la evacuación, es prácticamente imposible.

Además, si se logran estimar de manera aproximada, las consecuencias de un incendio en un recinto, es posible establecer una complementariedad entre las normas existentes y los cálculos realizados, pudiendo incluso ajustar los diseños a situaciones reales probables y no siendo necesario aplicar diseños generales que a veces llegan a sobredimensionamientos innecesarios.

La necesidad de un estudio de evacuación para recintos con una alta capacidad de ocupación se origina de la idea de que no es ilógico pensar que con unas condiciones de evacuación adecuadas se hubiesen evitado y se evitarían muertes frente a este tipo de emergencias dado que un número no menor de personas les habría sido y les sería posible abandonar la zona siniestrada de forma segura y sin inconvenientes propios de cualquier emergencia.

Actualmente, la seguridad de las personas para nuestra sociedad y sobre todo para nuestras autoridades es un hecho irrenunciable, pero son escasos los lugares, incluyendo incluso a los que poseen los más altos estándares de confort y seguridad, que cuenten con información sobre al menos los tiempos de evacuación del lugar.

La simple tarea de realizar un correcto análisis de tiempos de evacuación, nos permite gestionar la seguridad en un recinto de manera convincente, y no confiar a “ojos cerrados” en quiénes formularon el proyecto.

La utilidad de un estudio de evacuación es mayor cuando se realiza en la etapa inicial de un proyecto con el objeto de influir en decisiones de diseño como por ejemplo la distribución de espacios, así como también, luego de finalizado el proyecto, mediante la elaboración de estrategias mitigadoras de la emergencia.

Hoy en día, es frecuente estudiar una evacuación por medio de un simulacro. Un simulacro no exime un estudio cuantitativo, por el contrario, se complementan; su utilidad radica en que si se cumplen las condiciones de diseño, facilita la observación del comportamiento de ocupantes. Pero, no siempre un simulacro es viable, puesto que depende del destino de uso del recinto analizado, y si lo es, existe una total ambigüedad sobre los criterios que deben utilizarse para su valoración paralelamente a la incertidumbre sobre si la actitud adoptada por los ocupantes es similar a la de una situación real de emergencia.

Tabla 1.2.2.1.: “Número de muertes/10⁶ habitantes por incendio en un quinquenio 1992-1997;Fuente: B. G. Liebe.”

País	Número de muertes por millón de habitantes
Suiza	4,3
Holanda	6,8
Austria	7,9
Italia	8,2
Alemania	9,8
Francia	10,1
Bélgica	12,4
Reino Unido	12,9
Suecia	13,8
España ²	14,0
Grecia	14,3
Eslovenia	15,1
Noruega	15,6
Polonia	15,6
Dinamarca	17,1
Finlandia	20,2
Hungría	28,8

Comparativamente hablando, las pérdidas de vidas humanas y materiales a causa de incendios son similares a las de un terremoto que se produce promedio cada 10 años en Chile.

En nuestro país, se construyen edificios y viviendas antisísmicas, pero, no resistente a fuegos. La legislación técnica para cálculo estructural es muy completa, pero no existe una legislación similar y precisa de protección contra incendios.

El resto de motivaciones, que son la base de esta memoria, se detallan a continuación:

- Accidentes registrados en: Argentina, Discoteca Cromagnon (2004) con 194 muertos; en Brasil, Discoteca Kiss (2013) con 239 muertos y Discoteca en Bucarest, Rumania (2015) con 27 muertos y 162 heridos, nos lleva a considerar el alto riesgo que presentan este tipo de recintos y que puede finalizar en una tragedia. El resto de los casos tomados como ejemplo de motivación para este estudio se pueden ver en la tabla 1.2.2.2.
- La posible pérdida de vidas jóvenes, que significaría un alto impacto en la sociedad, dado que forman parte del futuro de cualquier país.
- El cambio en el uso de recintos, en los cuales su prediseño inicial apuntaba a una baja carga de ocupación y que evoluciona hacia una mayor demanda, sin tomar las medidas de contingencia necesarias.
- La construcción y modificación de espacios interiores de estos recintos usando revestimientos como plásticos, que en caso de arder, poseen una alta velocidad de propagación de llamas y emiten humos altamente tóxicos que dificultan la respiración y la visibilidad.

Tabla 1.2.2.2.: “Tabla Cronológica del resto de tragedias (excluye Cromagnon y Kiss) ocurridas por incendios en discotecas alrededor del mundo con un número de víctimas mayor a 100; Fuente: Agencia EFE.”

Año	País	Discoteca	Muertes
1940	EE.UU	Ciudad de Natchez	198
1942	EE.UU	Club Cocoanut Grove de Boston	491
1970	Francia	Club Cinq sept en Saint Laurent de Pont	146
1972	Japón	Osaka	116
1974	Corea del Sur	Seul	154
-	EE.UU	Beverly Hills de Southgate	164
1994	China	Fuxin	234
1996	Filipinas	Ozone	152
2000	China	Luoyang	320
2002	Indonesia	Bali	202
2002	Vietnam	Blue Disco	100
2003	EE.UU	"Station" de West Warwick	100
2009	Rusia	"El caballo cojo"	156
1993	Chile	"Divine" – Valparaíso (*)	16
2003	Chile	"N.N." - Punta Arenas (*)	5

(*): Casos ocurridos en Chile documentados, se incluyen en la tabla pese a que el número de víctimas es inferior a 100 personas.



Gráfico 1.2.2.1.: “Evolución del número de víctimas en incendios en discotecas a lo largo del tiempo.”

1.4 ALCANCES

De acuerdo a la curva de crecimiento del fuego, desde su ignición hasta su extinción parcial o total, este trabajo centra su análisis en la etapa inicial previa al flashover. Por lo anterior, debido a que sólo se analizan escenarios de incendio con temperaturas inferiores a 600°C (condición estándar de flashover en un recinto

cerrado), la seguridad estructural no es analizada. El enfoque de esta investigación en sí, es verificar la seguridad de los ocupantes y no, posible pérdida material de los recintos estudiados.

Además, no se verifica la resistencia al fuego de los materiales de los elementos estructurales observados en la etapa de levantamiento de datos, dado que para ello es necesario tomar muestras y realizar ensayos de comportamiento al fuego de materiales agrupados en la normativa nacional (Nch), acciones que no serán consideradas para tal efecto.

1.5 METODOLOGÍA

- Revisión bibliográfica de publicaciones asociadas a diseños prestacionales y literatura prescriptiva como la norma Estadounidense NFPA, la ordenanza OGUC [60] y la SFPE (Handbook of fire protection engineering).
- Levantamiento de datos, que incluye búsqueda y elección de los recintos a analizar, con la particularidad que posean una planta arquitectura propia de recintos con uso de entretenimiento (discotecas), para que finalmente, luego de realizado el estudio, las conclusiones incorporen la mayor cantidad de recintos posibles. Este procedimiento, incluye desde la arquitectura del lugar, pasando por la toma de fotografías de los elementos de seguridad observados, hasta finalmente una aproximación de las características físicas de la población flotante y de los posibles lugares donde se acumula la carga combustible de mayor riesgo con sus puntos de ignición asociados.
- Análisis prescriptivo de los recintos en base a la normativa NFPA-101, OGUC y D.S. asociados, a través de un checklist, en el cual, se incluyen todos los elementos de seguridad de una vía de evacuación que trabajan al momento de gestarse una emergencia.
- Análisis teórico, por medio de modelos de evacuación, que abordan los problemas, como por ejemplo el aplastamiento, que se suscitan cuando las personas usan las vías de egreso de manera simultánea y generados por estampidas producto del pánico de las personas ante la presencia de condiciones que atentan contra su seguridad y específicamente en lugares como angostamientos bruscos y sitios de espera en los accesos de puertas, pasillos o escaleras.
- Análisis prestacional de los recintos mediante un estudio comparativo del tiempo requerido para evacuar - RSET (Required Safe Evacuation Time) y disponible para evacuar - ASET (Available Safe Evacuation Time).
- Elaboración de un resumen con recomendaciones que incluye herramientas de control del humo, de ubicación efectiva de señalética, diseño adecuado de medios de evacuación de los ocupantes, sistemas de alarma y notificación, entre otros.

2 ANTECEDENTES

2.1 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO

Entender la fenomenología de un incendio en su totalidad es complicado, debido esencialmente a las diferencias de naturaleza que existen entre las variables involucradas, desde el cálculo del ancho de una salida de evacuación hasta definir cuál de los puntos críticos de ignición es el más vulnerable.

Por lo tanto, el presente capítulo entrega toda la información necesaria para descifrar un incendio, específicamente los que ocurren en recintos cerrados, con el objeto de analizar y verificar la factibilidad de los diseños actuales de protección contra el fuego en recintos de alta convocatoria.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE INCENDIOS

Un incendio es un proceso de liberación de energía dónde distintos productos se mezclan con el oxígeno del aire, a través de reacciones químicas de oxidación, generando elementos como luz, calor y humo. [5]

Inicialmente, necesita de un factor externo denominado punto de ignición, ya sea en forma de llama o como fuente de calor, el cuál, ayuda a que la superficie de cualquier combustible alcance la temperatura mínima para iniciar la combustión.

Luego, para que el fuego crezca y se propague en el espacio necesita de 3 factores básicos que forman parte de lo que se denomina el triángulo del fuego. Éstos son: calor, combustible y oxígeno. (Ver figura 2.2.1.). Este avance del fuego y calor, ahora es capaz de autosostener al fuego independiente de la fuente de ignición, sin embargo, esta expansión está limitada por el oxígeno preexistente o por el combustible¹ que hay en el interior.



Figura 2.2.1.:“Triángulo del fuego.”

¹ El combustible se refiere a cualquier material (madera, poliuretano, etc.) que puede iniciar un incendio y alimentarlo para su propagación.

Los incendios tipo de recintos cerrados, como discotecas, se caracterizan por tener una limitada cantidad de aire para su propagación, en donde a diferencia de los incendios al aire libre, están controlados por la ventilación.

El estudio de este tipo de incendios, en cuanto a la cuantificación de la producción de calor, gases y temperatura, es un poco complejo debido a que se ven involucrados una gran cantidad de materiales y que el fuego se propaga de manera aleatoria.

2.2.1 TIPOS DE FUEGO

Dependiendo de la existencia de llama o no, el fuego se clasifica en smouldering fire y flaming fire.

2.2.1.1 SMOULDERING (LATENTE SIN LLAMA)

Un fuego latente o smouldering fire tiene una velocidad baja de combustión, esto se traduce, en una elevada producción de humos y la casi inexistencia de llama, por consecuencia, existe una baja tasa de calor producido.

2.2.1.2 FLAMING (CON LLAMA)

En este caso, la existencia de una llama de tamaño importante, ayuda a una liberación de calor más intensa, pero al presentar una velocidad rápida de crecimiento, la combustión no es completa. Por lo anterior, la liberación de monóxido de carbono (CO) aumenta en comparación a smouldering fire.

Existen dos tipos de llama: una es de premezclado y la otra es de difusión.

2.2.1.2.1 LLAMAS DE PREMEZCLADO

Su particularidad es que existe una premezcla de gases y se produce una llama de alta temperatura y de color azulado.

2.2.1.2.2 LLAMAS DE DIFUSIÓN

Se caracteriza por tener un perfil claro de llama y ser lenta, brillante y lacia. A diferencia del caso anterior, posee un color naranja, de temperatura más fría y de menor velocidad de deflagración (velocidades de avance del fuego menores a la velocidad del sonido 340 m/s y superiores a 1 m/s). Además, al no existir premezcla, el oxígeno es arrastrado desde el área circundante de la llama, por tanto, la combustión es relativamente ineficiente (25%) y libera una mayor tasa de

combustible sin quemar o gases de incendio propio de los incendios en recintos cerrados.

2.2.2 CARGAS COMBUSTIBLES

Las cargas combustibles abarcan todo el contenido y los elementos constructivos del lugar, ya sean revestimientos o acabados que puedan representar un riesgo de combustión ante la presencia de oxígeno.

La determinación y cuantificación de estas cargas de fuego (densidad de carga de fuego) se puede realizar:

- A través de una clasificación nacional de cargas de fuego (Nch 1916-of 1999) [39], según el tipo de actividad. En este caso, se identifican y se suman las cargas de fuego propias de la actividad dadas en la clasificación y las cargas de fuego debidas al edificio (elementos constructivos, revestimientos y acabados) que no están incluidos en la clasificación.(Ver tabla A.1.1. del Anexo A).
- Mediante una evaluación enfocada: las cargas de fuego y su localización deberán evaluarse teniendo en cuenta el uso previsto, el mobiliario y las instalaciones, los cambios a lo largo del tiempo, las tendencias desfavorables y los posibles cambios de actividad que no impliquen normativamente la elaboración de un nuevo proyecto.

2.2.2.1 DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO

La densidad de carga de fuego, utilizada para analizar cualquier escenario de incendio, debe ser un cálculo basado en mediciones. El valor de cálculo se puede determinar a partir de una clasificación nacional de densidades de cargas de fuego de cálculo según el tipo de actividad. Este se obtiene sumando el valor de la carga de fuego permanente, estimado por su valor promedio o esperado, y el valor de la carga de fuego variable, estimado como el valor que sólo es sobrepasado en un 20% de los casos. (Ver apartado 2 del capítulo B.5 del anexo B del documento DB-SI).

En la tabla 2.2.2.1 se observan valores de densidad de carga de fuego variable para distintos tipos de actividades.

Tabla 2.2.2.1.: “Densidades de carga de fuego variable característica para distintos tipos de establecimientos, cuyo valor es representativo para el 80% de los recintos del mismo tipo.”

Tabla B.6. Valores de densidad de carga de fuego variable característica según el uso previsto

	Valor característico [MJ/m ²]
Comercial	730
Residencial Vivienda	650
Hospitalario / Residencial Público	280
Administrativo	520
Docente	350
Pública Concurrencia (teatros, cines)	365
Aparcamiento	280

Fuente: Tabla B.6. del Anexo B del documento DBSI, con referencia a la norma UNE EN 1991-1-2: 2004.

Luego de definidas las cargas de fuego, es fundamental analizar cómo estas actúan, ante la propagación del fuego incipiente durante el desarrollo de un incendio en el interior de un recinto.

2.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE UN INCENDIO EN UN RECINTO CERRADO (PRE-POST FLASHOVER)

Un incendio tipo de recinto cerrado desde su inicio hasta su extinción posee las siguientes etapas: Iniciación o ignición, Crecimiento, Flashover, Decaimiento y, finalmente, extinción. Éstas se agrupan de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- a) $\left. \begin{array}{l} \text{Ignición} \\ \text{Crecimiento} \end{array} \right\} \text{Pre – Flashover}$
- b) Flashover
- c) $\left. \begin{array}{l} \text{Decaimiento} \\ \text{Extinción} \end{array} \right\} \text{Post – Flashover}$

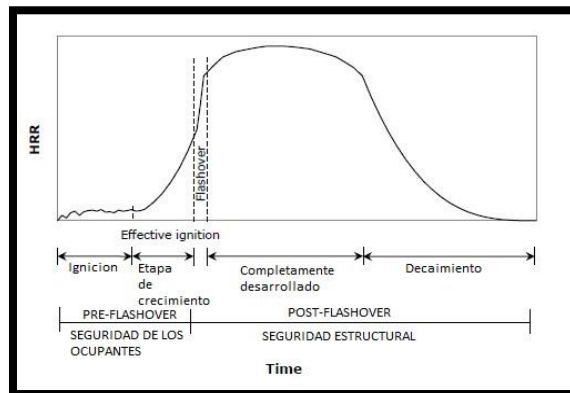


Figura 2.2.2.: “Descripción general de las etapas de un desarrollo de un incendio en recintos cerrados.”

El enfoque de esta investigación apunta a la seguridad de los ocupantes, por ende, las etapas a estudiar incluyen al Pre-flashover (ignición y crecimiento) y el flashover. Este último es incluido con el objeto de acotar el incendio a tratar.

2.2.3.1 IGNICIÓN

La ignición se denomina al proceso que conduce a una reacción exotérmica y que produce en un sólido una temperatura superior a la del ambiente, es decir, para iniciar cualquier fuego se necesita de un material combustible más una fuente externa de energía, y como consecuencia, se origina una llama que propaga la energía liberada a las inmediaciones del foco.

Con respecto a la fuente externa, ésta debe ser capaz de encender un fuego el tiempo necesario con tal de que los materiales de los alrededores alcancen la temperatura crítica de ignición y sean capaces de autosostener el fuego.

Un material o combustible, al aumentar su temperatura, experimenta tres procesos físicos simultáneos:

- Absorción de radiación desde el medio externo (ambiente).
- Conducción de la temperatura desde la superficie hacia las capas interiores.
- Re irradiación desde el cuerpo, ya caliente, hacia el medio adyacente.

Este proceso de calentamiento del material involucra inicialmente el escape de la humedad interna cuando $T_{media_{cuerpo}} \approx 100^{\circ}\text{C}$ hacia el exterior formándose una capa de gas caliente alrededor del material y a medida que las capas interiores aumentan aún más su temperatura, se origina la pirolisis.

Luego de ocurrida la pirólisis del material, si la reacción está en los límites de inflamabilidad conocidos, tiene lugar la combustión o reacción de oxidación en la capa de aire caliente formada anteriormente por la liberación de humedad desde el interior del cuerpo más los gases pirolizados generados.

Cuantificar los fenómenos descritos anteriormente es bastante complejo, debido a que hay una serie de dificultades analíticas como el desarrollo inestable de procesos físico-químico, escasa información de acoplamiento fase sólida-gas, compleja cinética química y no linealidad en la velocidad de reacción de la pirolisis (tasa sólida de oxidación a fase gaseosa) y más aún, no existe un método adecuado de acoplamiento de las ecuaciones de conservación de energía.

2.2.3.1.1 CRITERIOS DE IGNICIÓN

Debido a la complejidad de las expresiones analíticas que describen un proceso de ignición, a continuación se presentan los principales criterios de ignición resumidos en el Handbook of fire protection engineering (SFPE-3ed-2002), los cuáles ayudan

a entender y decidir cuándo un material combustible comienza su proceso de ignición. [24]

- Bamford

Se alcanza ignición cuando la tasa de salida del pirolizado es igual a $2,5 \times 10^{-4} \left[\frac{g}{cm^2 \times s} \right]$.

- Martin-Anika

Aquí, hay dos visiones; la primera apunta a que la temperatura superficial supere la temperatura crítica de ignición, y la segunda, postula que la ignición persistente es posible sólo cuando todo el sólido, o sea $T_{media} > T_{critica\ ignición}$, según este supuesto, se debe calentar un material lo suficiente para producir el gas combustible necesario para la creación de la llama.

- Sauers

Apunta a que en base a sus estudios experimentales en losas de madera, la pirolización se inicia a una profundidad determinada medida desde la superficie. Sin embargo, sus supuestos son difíciles de estudiar de manera analítica.

- Profesor Kashiwagi

Sugiere que un rápido aumento de la temperatura de los gases en la capa límite es un signo de ignición. Este aumento brusco está relacionado con la velocidad de la reacción, y tiene una tasa de un valor aproximado de $10^{-5} \left[\frac{g}{cm^3 \times s} \right]$.

En resumen, los criterios antes expuestos se presentan de manera simplificada a continuación:

- $T_{superficial\ solido} \geq T_{1\ ignicion}$ (Simns – Martin)
- $T_{media\ solido} \geq T_{2\ ignicion}$ (Simns – Martin)
- $\dot{m}_{pu}(\text{flujo pirolizado}) \geq R_t$ (Bamford)
- $\delta_c(\text{espesor – profundida}) \geq \delta_1$ (Sauer`s)

En consecuencia, dado que la posibilidad de ignición está sujeta a un conjunto de condiciones, actualmente se asume válido evaluar la temperatura superficial expuesta alcanzada con respecto a la temperatura de ignición del material. (Criterio de Simms.Martin).

Por lo anterior, para evaluar la posibilidad de ignición de un material es necesario comparar la temperatura superficial con la temperatura de ignición [30]. Esta última, para una amplia gama de sólidos naturales y sintéticos (Ver tabla 2.2.3.1.), está dada por las siguientes expresiones dependiendo del tipo de ignición:

- Ignición Espontánea: 600 °C *exposición a radiación*
500 °C *convección*
- Ignición Pilotada: 300 – 410 °C *exposición a radiación*
450 °C *convección*

Tabla 2.2.3.1.: “Temperatura de ignición para distintos materiales según SFPE.”

Material	T_{ig} (°C)
PMMA polycast (1.59 mm)	278
Polyurethane (S353M)	280
Hardboard (6.35 mm)	298
Carpet (acrylic)	300
Fiberboard, low density (S119M)	330
Fiber insulation board	355
Hardboard (3.175 mm)	365
Hardboard (S159M)	372
PMMA type g (1.27 cm)	378
Asphalt shingle	378
Douglas fir particle board (1.27 cm)	382
Wood panel (S178M)	385
Plywood, plain (1.27 cm)	390
Chipboard (S118M)	390
Plywood, plain (0.635 cm)	390
Foam, flexible (2.54 cm)	390
GRP (2.24 mm)	390
Mineral wool, textile paper (S160M)	400
Hardboard (gloss paint) (3.4 mm)	400
Hardboard (nitrocellulose paint)	400
GRP (1.14 mm)	400
Particle board (1.27 cm stock)	412
Gypsum board, Wallpaper (S142M)	412
Carpet (nylon/wool blend)	412
Carpet #2 (wool, untreated)	435
Foam, rigid (2.54 cm)	435
Polyisocyanurate (5.08 cm)	445
Fiberglass shingle	445
Carpet #2 (wool, treated)	455
Carpet #1 (wool, stock)	465
Aircraft panel epoxy Fiberite	505
Gypsum board, FR (1.27 cm)	510
Polycarbonate (1.52 mm)	528
Gypsum board, (common) (1.27 mm)	565
Plywood, FR (1.27 cm)	620
Polystyrene (5.08 cm)	630

2.2.3.1.2 FUENTES DE IGNICIÓN

Las fuentes de ignición se clasifican de acuerdo a la causa que genera la ignición, en las siguientes tablas es posible observar tal clasificación [2]:

Tabla 2.2.3.2.: “Fuentes de ignición de acuerdo a la causa que la genera.”

Fuente de ignición	Causas
Eléctrica	Efecto Joule Inducción Eléctrica Dieléctrica Arco Eléctrico Descarga Electrostática Rayos
Mecánica	Roce Chispas Compresión de un gas
Química	Descomposición Disolución Ignición Espontanea Calor de Combustión
Nuclear	Descomposición radiativa

Además, dividiremos las fuentes dependiendo de la naturaleza del proceso físico involucrado:

Tabla 2.2.3.3.: “Fuentes de ignición según naturaleza del proceso físico involucrado.”

Proceso físico	Fuentes de ignición
Radiativo	Lámpara de calor Banco de electricidad Filamentos incandescentes Llama cercana
Convectivo	Gas caliente que fluye sobre un cuerpo

De todos los casos expuestos en las tablas 2.2.3.2 y 2.2.3.3., el fenómeno de ignición espontánea será el analizado finalmente en profundidad, dado que es el principal responsable de una gran cantidad de incendios de acuerdo a datos obtenidos de registro de tragedias en EEUU. (Fuente: SFPE).

2.2.3.1.3 TIPO DE IGNICIÓN: IGNICIÓN ESPONTÁNEA

Se denomina ignición espontánea, cuando un material, por condiciones ambientales, arde sin necesidad de una fuente de energía. Este desprendimiento de calor, bajo algunas circunstancias, puede conducir a una combustión con llama.

Las etapas de este proceso son:

- Calentamiento suficiente del sólido para producir suficientes gases pirolizados continuamente.
- Mezcla de estos gases con el aire sobre el límite.
- Calentamiento suficiente de esta mezcla para dar como resultado una llama fuera de control.
- Este último supuesto no es necesario cuando hay una fuente de energía que da a la llama ignición externa.

Estadísticas muestran que el grado de destrucción que genera este tipo de incendios, con gran cantidad de víctimas y pérdidas materiales, restringe la posibilidad de analizar resultados posteriores a la eventualidad. (Fuente: SFPE).

Además, investigaciones recientes entregan posibles causas de una ignición espontánea, entre las cuáles se encuentran:

a) Tamaño del cuerpo material

Cuanto mayor es el tamaño del material combustible, mayor es la probabilidad de ignición espontánea.

b) Alta temperatura ambiente

El aire no es capaz de absorber la temperatura de los materiales.

c) Aislamiento térmico

A veces los materiales combustibles están ubicados en las cercanías de sólidos inertes que impiden el flujo de aire.

d) Naturaleza fibrosa y porosidad del material

Los materiales porosos permiten entrada de aire, por tanto, estos materiales son más factibles de hacer ignición a T° ambiente.

En resumen, un calentamiento espontáneo se genera cuando la tasa de liberación de energía interna excede a la tasa de pérdida de energía desde el sólido al medio ambiente. Además, una ignición debe ser efectiva, tal que al ser retirada, la llama sea capaz de autosostener el incendio. Sin embargo, hay que tomar precauciones con sacar conclusiones rápidas cuando analizamos este proceso, dado que la temperatura de superficie de cualquier elemento debe entenderse no como una causa sino como un efecto (SFPE; 2 edition-2002).

2.2.3.2 CRECIMIENTO

El período de crecimiento, posterior a la ignición y previo al flashover, comienza con la formación de una pluma en el origen del incendio a medida que el combustible disponible combustiona generando una succión de aire desde los alrededores hacia el interior de la columna de fuego.

Este crecimiento inicial, al igual que en los incendios al aire libre, están en función del combustible que ha comenzado a arder. Sin embargo, cuando los incendios ocurren en recintos cerrados, la llama puede verse afectada prontamente por la distancia al techo y paredes del recinto, que limitan la disponibilidad de entrada de aire hacia la parte inferior del foco y esto genera un efecto refrigerante en el fuego. Por ejemplo, si una fuente está ubicada en la esquina de las paredes de un lugar, se limita más aún la entrada de aire a temperatura ambiente hacia la columna de humo, y al disminuir el efecto refrigerante, se consiguen mayores temperaturas.

Durante este período, la evolución de la temperatura depende, tanto de la cantidad de calor por conducción del techo y de las paredes del recinto, como del flujo calórico de los gases que inicialmente están en la parte superior y que posteriormente se propagan hacia lugares de menor altura a medida que aumenta su volumen.

Esta etapa continuará si se dispone del suficiente combustible, es decir, el desarrollo está controlado por el oxígeno o ventilación o por el material combustible si se dispone de suficiente oxígeno.

2.2.3.2.1 PROPAGACIÓN DE LLAMAS

El crecimiento de un incendio se lleva a cabo por medio del avance o propagación de una llama de superficie que se inicia en el lugar de ignición y viaja a través del material combustible disponible dentro del recinto [65].

En este proceso antes descrito, es posible ver dos fenómenos simultáneos (Ver figura 2.2.3.):

- a) La llama en fase gaseosa.
- b) La evaporación o la región de pirólisis en fase condensada.

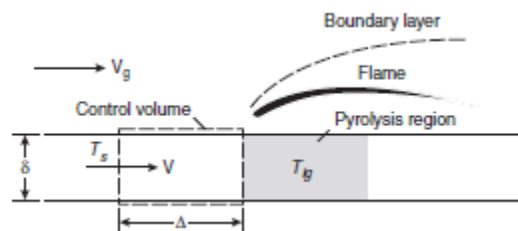


Figura 2.2.3.: “Esquema de propagación de la llama superficial en sólidos; SFPE, 2002: Capítulo 2-Fire Dynamic Surface Flame Spread”

La velocidad de movimiento de este frente de calor o propagación es denominada velocidad de movimiento de la llama y depende de algunos factores, como por ejemplo, del tipo de material que se está atravesando.

Además es necesario tener claro que mientras una llama arde, y por tanto, posee una velocidad de quemado, también se propaga, o sea, tiene una velocidad de propagación. La relación entre ambas velocidades nos entrega información acerca de casos que poseen rápidos crecimientos y cuáles no.

Por ejemplo, el crecimiento se desacelera si el tiempo de propagación es grande en comparación con el tiempo de combustión. Por lo tanto, la velocidad de propagación de la llama superficial juega un papel importante en el crecimiento de incendios.

La tabla 2.2.3.4. entrega magnitudes aproximadas de avance de propagación de llamas para distintos tipos de fuegos.

Tabla 2.2.3.4.: “Velocidad relativa de propagación de llamas; Fuente: Velocidad Relativa de propagación de llama, en orden de magnitud: SFPE, 2002: Capítulo 2-Fire Dynamic, Surface Flame Spread.”

Phenomenon	Rate (cm/s)
Smoldering	10 ⁻³ to 10 ⁻²
Lateral or downward spread on thick solids	~ 10 ⁻¹
Upward spread on thick solids	1 to 10 ²
Horizontal spread on liquids	1 to 10 ²
Forest and urban fire spread	1 to 10 ²
Pre-mixed flame speeds	
Laminar deflagration	10 to 10 ²
Detonation	~ 3 × 10 ⁵

2.2.3.2.1 ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA PROPAGACIÓN DE LLAMAS (WILLIAMS, 1976)

La ecuación fundamental de la propagación de llamas en función de la naturaleza y configuración del combustible, y del mecanismo que controla la propagación es la siguiente:

$$(ec.) 2.2.1 \quad \rho \times v \times \Delta h = \dot{q}$$

Donde:

$$\rho = \text{densidad del medio} \left[\frac{kg}{m^3} \right].$$

$$v = \text{velocidad de la llama} \left[\frac{cm}{s} \right].$$

$$\Delta h = \text{cambio de la entalpía desde } T_s \text{ a } T_{\text{ignición}}.$$

Dado que $\Delta h = c \times (T_{\text{ignición}} - T_s)$, con c capacidad calórica del material, es posible ver de manera conceptual que para un flujo de calor fijo \dot{q} se tiene:

(ec.) 2.2.2

$$\rho \times v \times c \times (T_{\text{ignición}} - T_s) = \dot{q}$$

La velocidad de propagación aumenta a medida que la densidad del medio disminuye, y crece sin límite cuando $T_s \rightarrow T_{\text{ignición}}$, por lo tanto, sólidos de baja densidad pueden representar un alto potencial de peligro de propagación una llama.

2.2.3.3 FLASHOVER

Las condiciones para las cuáles se denomina que un incendio alcanza el flashover son:

- *Temperatura* $> 500 - 600 [^{\circ}\text{C}]$.
- *Flujo de calor* $> 15 - 20 \left[\frac{\text{KW}}{\text{m}^2} \right]$.

Se define el flashover, como una combustión súbita de los materiales que existen en el interior de un recinto en donde es visible una disminución en la producción de humos y un aumento en el flujo de calor. [11]

Al ser un intervalo breve, se establece como la transición entre la etapa de crecimiento y el desarrollo total del incendio durante el cuál las condiciones del ambiente cambian bruscamente y el incendio pasa de estar controlado por el combustible, que ya ha comenzado a arder, hasta estar envuelto por todo el combustible disponible.

Este proceso se origina debido a que durante la etapa de crecimiento, la producción de humos calientes acumulados en la capa superior cercana al techo emite un calor radiante sobre materiales lejanos al foco, los cuáles inician la pirólisis.

El resultado del flashover en un recinto cerrado es un incendio totalmente desarrollado a partir de los gases combustibles que se generan producto de la pirólisis de los materiales disponibles. La particularidad de este fenómeno, es que la temperatura alcanzada durante su ocurrencia, coincide con la temperatura de autoinflamación del monóxido de carbono 609°C , unos de los gases que produce más muertes durante la ocurrencia de cualquier incendio, por tanto, la exposición a tales condiciones es insostenible para cualquier persona.

2.2.4 FACTORES DE INFLUENCIA EN UN INCENDIO

Durante el desarrollo de un incendio hay factores [5] que afectan su comportamiento dentro de un recinto. Éstos son:

- a) Tamaño y distribución de aberturas de ventilación.
- b) Volumen del recinto.

- c) Propiedades térmicas de la envolvente.
- d) Altura del techo.
- e) Tamaño, composición y localización de las fuentes combustibles que se queman en primer lugar.
- f) Disponibilidad y ubicación de fuentes combustibles adicionales.

Sin embargo, los factores de influencia que más intervienen son: la capacidad térmica de la envolvente, la ventilación y la altura del techo.

2.2.4.1 CAPACIDAD TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE

La capacidad de la envolvente del recinto (techo, muros, piso) de transmitir calor hacia el exterior, va a determinar la cantidad de energía que se concentra en el interior y que contribuye a la velocidad de desarrollo del incendio.

Por ejemplo, si analizamos estructuras del mismo tipo de material y sometidas al mismo efecto que produce la liberación de los gases de pirólisis al interior pero con conductividad térmica distinta, el que posea menor conductividad tendrá menos pérdidas de poder calorífico y por tanto, aumentará la pirolisis de los materiales contenidos en el recinto.

En resumen si se define:

Q_l = calor liberado desde el interior.

$T_{interior}$ = temperatura alcanzada en el interior.

k = conductividad termica de la envolvente.

Es posible determinar las siguientes relaciones:

(ec.) 2.2.3 $Q_l \times T_{interior} \propto K_1$

(ec.) 2.2.4 $\frac{Q_l}{k} \propto K_2$

Podemos concluir entonces que, el calor liberado es directamente proporcional a la conductividad térmica de la envolvente (ec.2.2.4.), pero inversamente proporcional a la temperatura interior de recinto (ec.2.2.3).

2.2.4.2 VENTILACIÓN

El aire disponible o condiciones de ventilación de un recinto tienen un impacto significativo en parámetros como Heat Release Rate (Tasa de liberación de calor) y en el rendimiento de determinados productos de combustión. Sin aire no hay combustión, y por ende, la liberación de calor y la producción de ciertos productos de combustión baja.

En recintos con alta carga combustible y escasas aberturas de ventilación, el crecimiento está controlado por el aire disponible, dado que la propagación del fuego sólo será factible si hay oxígeno suficiente.

2.2.4.3 ALTURA DEL TECHO

La altura del techo toma un papel preponderante en la velocidad de propagación, dado que los techos bajos favorecen una propagación más rápida que los altos. En los primeros, la llama alcanza rápidamente el punto más alto, que ayudado por la concentración de gases pirolizados, es capaz de abarcar mayores áreas suministrando la energía radiante necesaria desde el techo para que otros combustibles contenidos en el recinto alcancen su temperatura de ignición, de lo contrario, el encendido de estos materiales dependerá de su proximidad al foco de ignición y tendrá una evolución más tardía, como es el caso de recintos con techos más altos.

2.2.5 EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN RECINTOS CERRADOS

El desarrollo de la temperatura de un incendio en un recinto cerrado depende del calor liberado durante la combustión de los materiales ubicados en el interior. Una parte del calor producido, es absorbido por puertas, muros y materiales combustibles, la otra, por los gases, y la restante, se pierde por radiación y convección a través de las aberturas (puertas abiertas o ventanas). (Ver figura 2.2.4.)

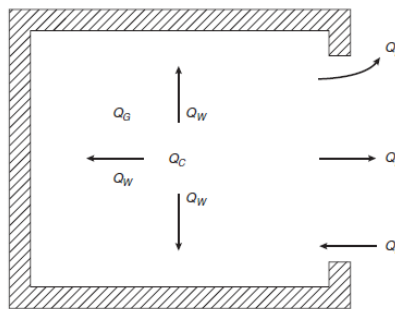


Figura 2.2.4.: “Balance de calor producido en el interior de un recinto cerrado y los fenómenos asociados a pérdidas de calor.”

Donde

Q_C = Calor producido por combustión.

Q_W = Calor absorbido por muros y puertas.

Q_G = Calor absorbido por los gases.

Q_L = Calor contenido en los gases que escapan al exterior.

Q_R = Calor perdido por radiación.

Q_I = Calor contenido en los gases que entran desde el exterior.

En el balance de energía propuesto en la figura 2.2.4, se observa una gran cantidad de parámetros involucrados, dentro de los cuáles, sólo algunos se pueden estimar, como por ejemplo:

- Propiedades del material de la envolvente.
- Dimensiones de la habitación.
- Área de ventanas y puertas.
- Emisividad.

En cambio, los que no se pueden predecir fácilmente debido a su cambio constante a lo largo del tiempo producto de la variación de la temperatura, son:

- Área superficial del contenido combustible.
- Velocidad del viento que ingresa por las aberturas.
- Temperatura exterior del recinto.

Incluso el estudio de los parámetros que se pueden cuantificar para caracterizar de una manera adecuada la evolución de la temperatura tiene una gran dificultad, a causa de la variabilidad existente en cargas de fuego en recintos incluso en aquellos que poseen el mismo tipo de actividad. Por lo anterior, se observan grandes desviaciones tanto en la temperatura máxima alcanzada como también en la duración propia del fuego para incendios en los mismos tipos de recintos. Estas diferencias en las curvas de evolución de la temperatura se deben a que el fuego puede ser controlado, ya sea por la superficie de los materiales combustibles que pueden participar en el proceso de combustión o por el flujo de aire existente en las aberturas.

Por tanto, tomar una decisión adecuada con respecto a que factor controla al fuego, permite obtener temperaturas a lo largo del tiempo no tan alejadas de los casos reales.

Según investigaciones, de acuerdo a la SFPE, cargas combustibles entre **10 – 60** $\left[\frac{kJ}{m^2}\right]$ conducen a que los recintos tengan una alta probabilidad de desarrollar grandes incendios de ventilación controlada. Usualmente este tipo de incendios representan los fuegos más grandes registrados.

En el caso de incendios controlados por la ventilación, no sólo se usan las propiedades térmicas de la envolvente para describirlo, sino también, un parámetro conocido como factor de abertura F. (Ver ec. 2.2.5.).

(ec.) 2.2.5
$$F = \frac{A_{aberturas} \times \sqrt{H}}{A_T}$$

Donde:

$A_{aberturas}$ = Área de aberturas (puertas, ventanas, etc) $[m^2]$.

A_T = Área total de la envolvente $[m^2]$.

$H =$ Altura promedio de las aberturas disponibles [m].

Ahora, si definimos el valor de R, o tasa de combustión:

$$(ec.) 2.2.6 \quad R = 330 \times A \times \sqrt{H}$$

Se puede obtener el tiempo aproximado de duración de un incendio, τ . [62]

$$(ec.) 2.2.7 \quad \tau = \frac{Q \times A}{330 \times A \times \sqrt{H}} = \frac{Q}{330 \times F} \text{ [s]}$$

Donde:

$Q =$ Carga de fuego por m^2 $\left[\frac{KW}{m^2}\right]$.

$A =$ Área de la superficie del material que arde $[m^2]$.

2.2.5.1 EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN FUNCIÓN DE LA VENTILACIÓN (COEFICIENTE DE ABERTURA F)

Definida anteriormente la variable de coeficiente de abertura F (ver ec.2.2.5.), la expresión que indica la evolución de la temperatura en función de este parámetro para incendios controlados por la ventilación es la siguiente:

$$(ec.) 2.2.8 \quad T(t) = 250 \times (10 \times F)^{\frac{0,1}{F^{0,3}}} \times e^{-F^{2t}} \times [3 - (1 - e^{-0,6 \times t}) - (1 - e^{-3t}) + 4 \times (1 - e^{-12t})] + C \times \left(\frac{600}{F}\right)^{0,5} \quad \text{para } 0,01 \leq F \leq 0,15$$

Donde:

$T =$ Temperatura $[^{\circ}C]$

$t =$ Tiempo [horas]

$C = 0$ (para materiales de la envolvente con $\rho \geq 1600$ $[kg/m^3]$)

$C = 1$ (para materiales de la envolvente con $\rho < 1600$ $[kg/m^3]$)

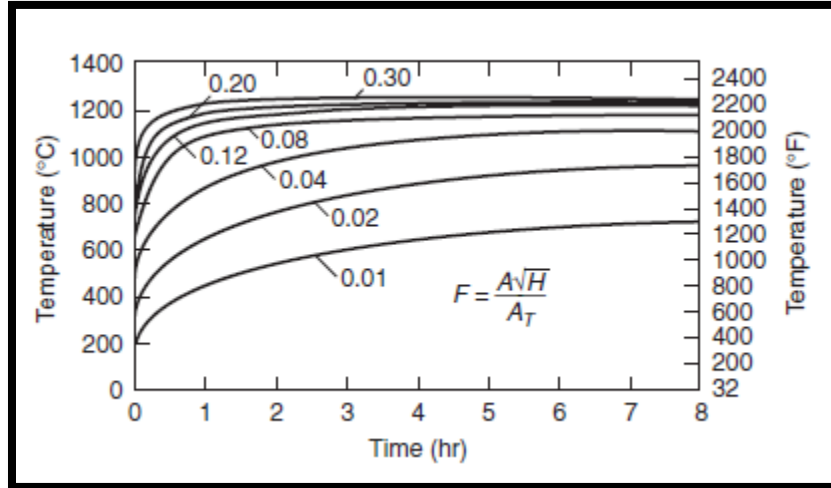


Gráfico 2.2.5.1.: “Curva Tiempo temperatura en función del factor F para materiales con $\rho \geq 1600$ [kg/m³]; Fuente: SFPE.”

Es posible ver en gráfico 2.2.5.1. que la temperatura es proporcional al factor F. Por lo tanto, podemos concluir que a mayor área de ventilación el tiempo que se demora el incendio en alcanzar las temperaturas máximas disminuye. [80]

2.2.5.2 CURVAS ESTÁNDAR DE EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA

Actualmente, existen curvas de incendios normalizadas en varios países Europeos y en EEUU, obtenidas en bases a experimentos y datos de tragedias pasadas, sin embargo, éstas no incluyen parámetros como el factor de abertura F sobretodo para incendios controlados por la ventilación.

2.2.5.2.1 CURVA NORMALIZADA TIEMPO-TEMPERATURA

La curva estándar normalizada y usada en estudios de resistencia al fuego es la denominada Tiempo-temperatura ISO-834 que se detalla a continuación:

(ec.) 2.2.9
$$T(t) = T_o + 345 \times \log(8 \times t + 1)$$

Donde:

T = Temperatura [°C].

t = Tiempo [minutos].

T_o = 20 [°C].

2.2.5.2.2 OTRAS CURVAS TIEMPO-TEMPERATURA

Además, existen otras curvas, que describen el comportamiento del fuego, en base a datos mostrados en la NFPA 851. En el libro *Analytic Equivalents of Standard Fire Temperatura Curves*, de G. Williams Leir, se explícita un estudio analítico de las curvas de prueba de varios países usando herramientas estándar. Este autor, llegó finalmente a dos expresiones, la primera usando modelos CSTB y la segunda usando la expresión de Duhamel. [25]

- CSTB

$$(ec.) \text{ 2.2.10} \quad T(t) = T_o + a \times (1 - e^{-b \times \sqrt{t}}) + c \times \sqrt{t}$$

Donde:

$T =$ Temperatura [°C].

$t =$ Tiempo [horas].

$T_o = 20$ [°C].

- INTEGRAL DE DUHAMEL

$$(ec.) \text{ 2.2.11} \quad T(t) = T_o + a1 \times (1 - e^{-a4 \times t}) + a2 \times (1 - e^{-a5 \times t}) + a3 \times (1 - e^{-a6 \times t})$$

Donde:

$T =$ Temperatura [°C].

$t =$ Tiempo [horas].

$T_o = 20$ [°C].

En el gráfico 2.2.5.2, se comparan los tres tipos de expresiones analíticas enunciadas anteriormente para la curva de tiempo-temperatura.

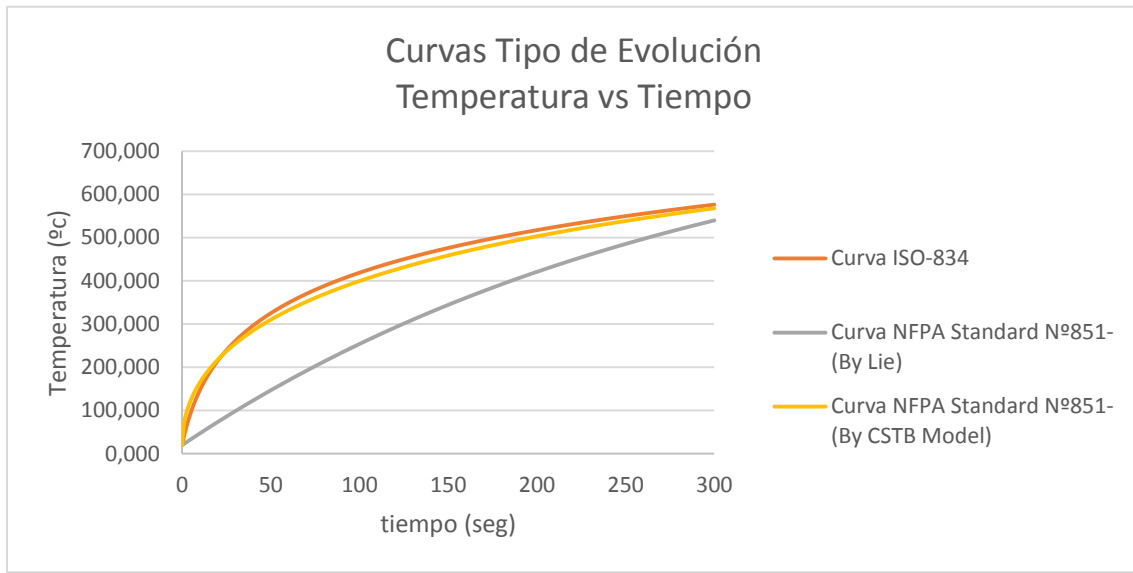


Gráfico 2.2.5.2.: “Curva Tiempo temperatura Standard de ISO-834 y NFA 851 (CSB & LIE).”

2.2.5.3 FLUJO NETO DE CALOR

El flujo neto de calor en un recinto, involucra la transmisión de calor por convección y por radiación que se representa según la siguiente ecuación:

(ec.) 2.2.12
$$\dot{q}_{neto} = \dot{q}_{neto,convección} + \dot{q}_{neto,radiación}$$

Donde:

\dot{q}_{neto} = flujo de calor total por unidad de área [W/m²].

$\dot{q}_{neto,convección}$ = flujo de calor por convección por unidad de área [W/m²].

$\dot{q}_{neto,radiación}$ = flujo de calor por radiación por unidad de área [W/m²].

2.2.5.3.1 CONVECCIÓN

La componente de convección del flujo térmico por unidad de superficie está dada por la expresión:

(ec.) 2.2.13
$$\dot{q}_{neto,conveccion} = \alpha_c \times T_{gas}$$

Donde:

α_c = coeficiente de transferencia de calor por convección = $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$.

T_{gas} = temperatura del gas [°K].

2.2.5.3.2 RADIACIÓN

Se define la componente de radiación del flujo neto de calor de acuerdo a la ley de Stephan-Boltzmann que se describe según:

$$(ec.) 2.2.14 \dot{q}_{neto,radiación} = \varphi \times \varepsilon_m \times \varepsilon_f \times \sigma \times [(T_{radiación} + 273)^4 - (T_o + 273)^4]$$

Donde:

$$\dot{q}_{neto,radiación} = \text{calor de radiación neto} \left[\frac{kW}{m^2} \right].$$

φ = factor de forma, en ausencia de datos = 1,0.

ε_m = emisividad de la superficie de los elementos = 0,7.

ε_f = emisividad del fuego, se adopta = 1,0.

$$\sigma = \text{constante de Stephan - Boltzmann} = 5,67 \times 10^{-11} \left[\frac{kW}{m^2 K^4} \right].$$

$T_{radiación}$ = temperatura efectiva de radiación del fuego = T_{gas} [°K].

T_o = temperatura inicial [°K].

En el gráfico 2.2.5.3., podemos observar la variación del flujo de calor de radiación en función de la temperatura.

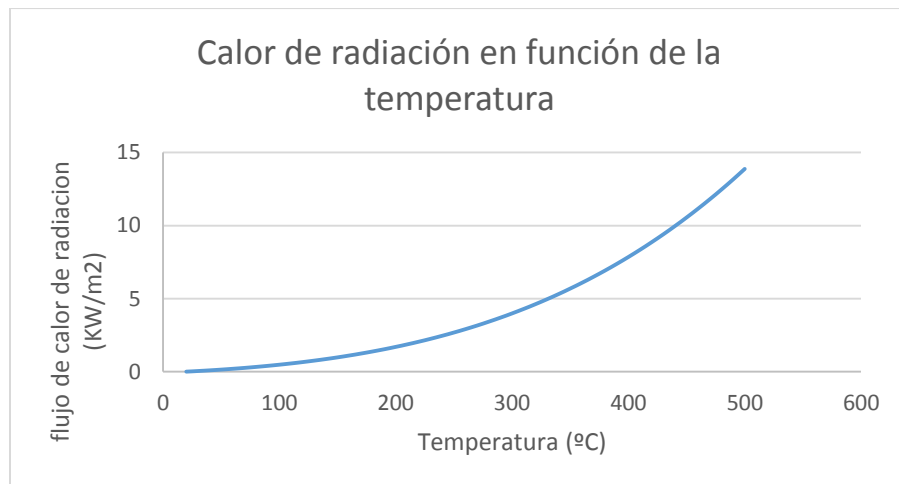


Gráfico 2.2.5.3.: “Calor de radiación en función de la temperatura de la capa de gas superior con $\varepsilon_m=0,7$ y $\sigma=5,67 \times 10^{-11}$ [kW/(m² K⁴)].”

2.2.5.3.3 EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A ALTAS TEMPERATURAS: QUEMADURAS

El dolor producido por la aplicación de calor, ya sea por conducción, convección o radiación, ocurre cuando la temperatura T de la piel a una profundidad de 0,1 mm alcanza 43°C y 44,8°C, según Laurence y Bill. (Fuente: SFPE).

Las quemaduras se producen cuando la diferencia entre el calor incorporado y el conducido al interior excede lo suficiente tal que genera un aumento de $T \approx 44,8^\circ\text{C}$. Cabe destacar, que la inercia de la piel es similar a la madera y el agua ($k\rho c = 1,05 \text{ W/mK}$).

La ecuación 2.2.15. entrega el incremento de temperatura en la piel T_{skin} en el tiempo para un flujo de calor por unidad de área q .

$$(ec.) \text{ 2.2.15} \quad T_{skin} = T_o + \frac{2 \times q \times \sqrt{t}}{\sqrt{\pi \times k \times \rho \times c}}$$

Donde

T_{skin} = Temperatura de la piel en el tiempo [°C].

T_o = Temperatura inicial [°C].

$k\rho c$ = Inercia termica de la piel = 1,05 W/mK.

q = flujo de calor por unidad de area $\left[\frac{W}{m^2}\right]$.

t = tiempo [s].

2.2.5.3.3.1 EXPOSICIÓN AL CALOR POR CONVECCIÓN

Personas expuestas durante pocos minutos a temperaturas cercanas a 120°C en ambientes secos y a 80°C en ambientes húmedos, es probable que sufran quemaduras, ya sea durante o después del incendio o hipertemia, es decir, un golpe de calor que produzca un daño irreparable en su tracto respiratorio.

En el gráfico 2.2.5.4, se pueden ver las consecuencias para personas sometidas a distintas temperaturas y grados de exposición al calor.

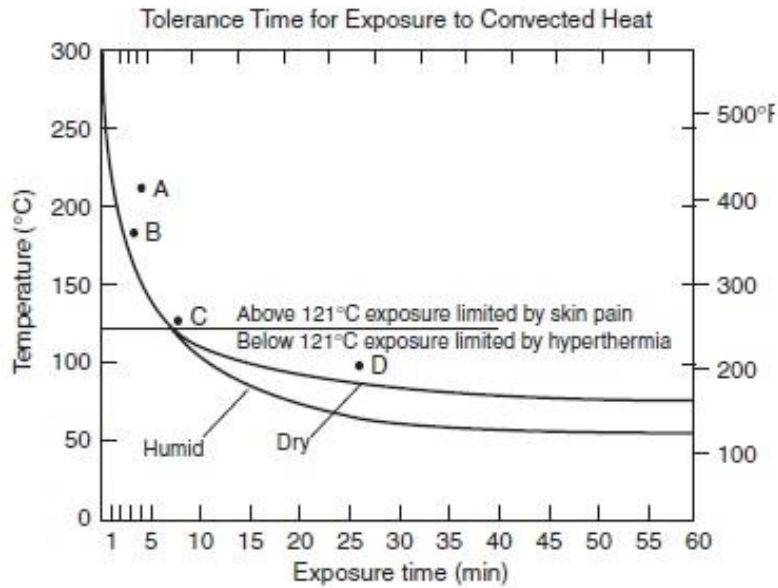


Gráfico 2.2.5.4.: “Tolerancia a la temperatura de las personas sometidas a un flujo de calor convectivo determinado con movimiento de aire inferior a los 30 m³/min; Fuente: SFPE.”

Además, podemos observar en la tabla 2.2.5.1. diferentes valores de tiempos de exposición permitidos para distintas temperaturas sin generar daño en las personas.

Tabla 2.2.5.1.: “Tiempo de tolerancia de las personas para distintas temperaturas bajo condiciones húmedas y secas de ambiente; Fuente: SFPE.”

Temperature (°C)	Time (min)	Reference	Letter in Figure 2.6.26
Dry air			
110	25	112	D
180	3	112	B
205	4	115	A
126	7	116	C
Humid air			
32 at 100% RH	32	117	

De acuerdo a la información anterior se fija el límite tolerable de temperatura igual a 80°C, para la cuál, independiente si el ambiente del lugar es seco o húmedo, no se producen daños biológicos en las personas expuestas a cualquier tipo de flujo de calor en un lugar determinado.

2.2.5.3.3.2 EXPOSICIÓN AL CALOR POR RADIACIÓN

Pese a que la ropa permite un mayor tiempo de tolerancia a las personas frente a un aumento en el flujo de calor dentro de un recinto, existen partes del cuerpo como cara, cuello y manos que están desprotegidos. Por lo tanto, los valores que deben

estimarse, son los relacionados con las quemaduras producidas por el contacto directo de la piel con el calor radiante.

A continuación, en el gráfico 2.2.5.5. y en la tabla 2.2.5.2, es posible ver el grado de exposición tolerable para distintos flujos de calor radiante.

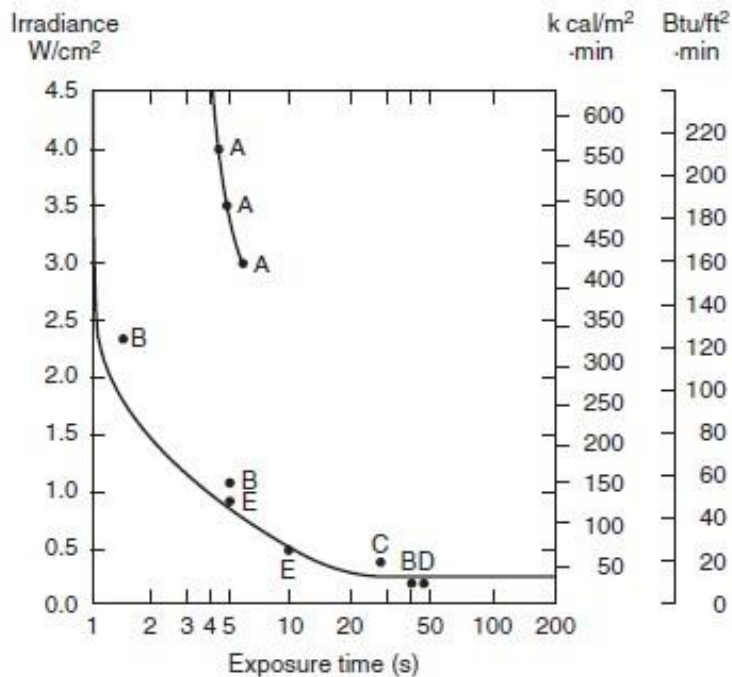


Gráfico 2.2.5.5.: “Tiempo de exposición límite de la piel frente a flujos radiantes de calor, autores Berenson y Robertson; Fuente: SFPE.”

Tabla 2.2.5.2.: “Datos de los efectos de exposición al calor producido por el flujo radiante para distintos periodos, realizado por distintos autores e investigadores; Fuente: SFPE.”

Reference Source	Heat Flux W/cm ²	Time to Effect(s)			Letter in Figure 2-8.28
		Erythema (or pain)	Burn	Full Burn	
Perkins et al. ¹²⁴	15	1	2.5	4	
	10	2	4	6	
	5	4	7	>15	
	4	4.5	9	>15	A
	3.5	5	9.5	>15	A
Buettner ¹¹⁹	3	6	10	>15	A
	2.35	1.6			B
	1.05	5			B
Veghte ¹¹⁵	0.25	40			B
	0.42		Blisters 30		C
Simms and Hinkley ¹¹²		Unbearable pain			
	0.126	600			
Dinman ¹²⁵	0.252	30 to 60			D
	0.24	Lower limit for pain after a long period			
Berenson and Robertson ¹¹¹	0.82	5			E
	0.48	10			E
Babrauskas ⁵⁶	0.34	Limit for blood to carry away heat			
	0.25	Tenability limit			

De los datos anteriores, Babrauskas, propone una tolerancia máxima al calor radiante de $0,25 W/cm^2$ ($2,5 KW/m^2$), donde independiente del tiempo de exposición, no se produzcan daños o dolores leves en la piel de las personas.

2.2.6 PRODUCCIÓN DE ESPECIES

2.2.6.1 PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

En todo proceso de combustión siempre se ven involucrados tres factores que son el calor, el combustible y el oxígeno. Esta reacción química incorpora además un factor adicional silencioso que no forma parte en sí de la reacción denominado agente pasivo, el cuál al absorber parte de la energía en forma de calor incide de alguna manera en el comportamiento del fuego.

Ejemplos de agente pasivo, podemos nombrar a los siguientes:

- Hollín: Partículas de carbón.
- Agua: Asociada principalmente a la humedad.
- Nitrógeno: El mayor componente del aire (78%) que permanece inerte durante la reacción.
- Gases No Inflamables. Dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O_{gas}).

Éstos junto con el humo y con los subproductos de combustión generan gases de incendio que dependiendo de su composición pueden ser:

- Gases No inflamables: Principalmente dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O_{gas}).
- Gases Inflamables: Monóxido de Carbono (CO).
- Aire: Nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2).
- Hollín: Partículas de carbono.

Los gases de incendio se originan de la mezcla de los gases liberados durante la pirólisis con el oxígeno. Cabe destacar que su composición ha experimentado cambios en los últimos años, dado que en los incendios actuales las tasas de crecimiento y propagación no son las mismas que se tenían hace 50 años atrás, esto se debe principalmente al cambio que ha experimentado la naturaleza de los materiales que ha evolucionado lentamente hacia los plásticos.

Estos cambios en la naturaleza de los gases de incendio justifica el tener herramientas que midan su toxicidad, entre éstas se desarrolla una forma de cuantificar la toxicidad utilizando el parámetro $LC50$, el cuál indica la concentración de los productos de la combustión expresado en términos de mg de material por litro de aire que causa el 50% de la muerte de personas en un incendio. Las causas de estas muertes son principalmente asfixia e irritación.

Un producto asfixiante invade el riego cerebral de sangre en las personas, en cambio, los productos irritantes afectan los revestimientos de la nariz, garganta y pulmones. La asfixia es causada por CO , HCN , bajo % de O_2 y CO_2 , y por tanto, es bastante más fácil prevenir cuando son conocidas las concentraciones de estos gases durante el desarrollo de un incendio.

Dentro de los gases asfixiantes, la producción de CO es la principal causante de víctimas para niveles cercanos a las 4000 ppm dado que cerca del 75% de las muertes son debido a la toxicidad de este gas. El daño probable de CO no se mide en la concentración de humo directamente, sino a través de la carboxihemoglobina la que nos indica las concentraciones más invasivas para la salud de las personas.

Otro gas asfixiante y catalogado como el más dañino es el HCN . Este gas sólo necesita bajas concentraciones de aproximadamente del 20 – 40% para generar daño e incapacidad en los ocupantes

En fin, para poder cuantificar la toxicidad conjunta de CO y HCN (Ver tabla 2.2.6.1.) producto que son los causantes de la gran mayoría de los decesos en incendios, en base a la variable $LC50X30$, conocida como la concentración a la cual el 50% de los ocupantes fallecen en un periodo de exposición de 30 minutos, se define el factor FED, dosis efectiva fraccional de acuerdo a la ec.2.2.16. **[17]**

$$(ec.) 2.2.16 \quad FED = \frac{[CO_{ppm}]}{LC50CO30} + \frac{[HCN_{ppm}]}{LC50HCN30}$$

Donde

$LC50CO30 = 5700 \text{ ppm}$.

$LC50HCN30 = 164 \text{ ppm}$.

Si $FED = 1 \rightarrow$ el 50 % de las personas expuestas mueren.

Tabla 2.2.6.1.: “Límites de dosis de gases de combustión para situaciones de incapacidad y muerte en un período de 5 y 30 minutos; Fuente: SFPE.”

Producto	5 minutos		30 minutos	
	Incapacidad	Muerte	Incapacidad	Muerte
CO	6000-8000 ppm	12000-16000 ppm	1400-1700 ppm	2500-4000 ppm
HCN	150-200 ppm	250-400 ppm	90-120 ppm	170-230 ppm
O₂	10-13%	<5%	<12%	6-7%
CO₂	7-8%	>10%	6-7%	>9%

2.2.6.1.1 PIRÓLISIS

Previo a la combustión, existe un proceso llamado pirólisis que transforma los materiales combustibles en gases, para que de esta forma, sea factible su reacción con el oxígeno. Esta descomposición de los materiales combustibles, desde su estado sólido o líquido al vapor por efecto del calor, da como resultado gases de incendio, que a condiciones de temperatura y concentración determinadas, pueden llegar a ser inflamables y cuya tasa de pirolización aumenta junto con la evolución del incendio.

2.2.6.1.2 GASES DE INCENDIO

2.2.6.1.2.1 INFLAMABILIDAD DE LOS GASES DE INCENDIO

Un gas de incendio se diferencia de un gas simple dado que sus propiedades no sólo dependen de la temperatura y del oxígeno disponible, sino también de los materiales que se pirolizaron y que ahora forman parte de éste. Por lo tanto, debido a la gran variabilidad de su composición, es un poco complejo aplicar los criterios de inflamabilidad de un gas simple a un gas pirolizado. Lo anterior, se ve reflejado en la poca información disponible con respecto a los rangos y límites de inflamabilidad, sin embargo, es posible analizar el fenómeno desde un punto de vista simplificado en donde la temperatura y la concentración del gas se relacionan de tal forma que si se tiene una temperatura no suficientemente elevada y un valor de mezcla alto, el gas no presenta inflamabilidad, es decir, sus límites de inflamabilidad no están activos. [5]

2.2.6.1.2.1.1 LÍMITES DE INFLAMABILIDAD

Un gas de incendio es una mezcla de gases de distinta naturaleza, cuyas moléculas incrementan su movimiento a medida que absorben calor. Cuando esta situación genera un aumento energético sostenible, las moléculas acaban por romperse y se mezclan con el oxígeno disponible en los alrededores generando la inflamación del gas, que no es más que un proceso de oxidación en donde hay una liberación de energía (proceso exotérmico).

- **LÍMITE INFERIOR**

El límite inferior se refiere a la cantidad mínima de moléculas que deben desintegrarse para posteriormente mezclarse con el oxígeno. De manera general, se entiende como la concentración mínima del gas con respecto al volumen total de aire, para la cual éste se inflama y reacciona con el oxígeno a través de la combustión.

De manera práctica, podemos observar este fenómeno cuando tenemos una fuente de ignición encendida y la cantidad de gas suministrada no es suficiente, por lo

tanto, no hay combustión ni tampoco llama, en cambio, si la concentración del gas aumenta, la llama se enciende y el proceso de combustión se inicia.

- **LÍMITE SUPERIOR**

Cada gas necesita una cantidad de oxígeno equivalente para llevar a cabo la combustión, cuando su concentración es superior a la cantidad de oxígeno, simplemente la reacción no ocurre, por tanto, la inflamabilidad también está acotada superiormente por el oxígeno (límite superior) que hay disponible en el aire del lugar.

El gráfico 2.2.6.1. muestra la relación de la inflamabilidad del monóxido de carbono con respecto a la energía que libera un fuego.

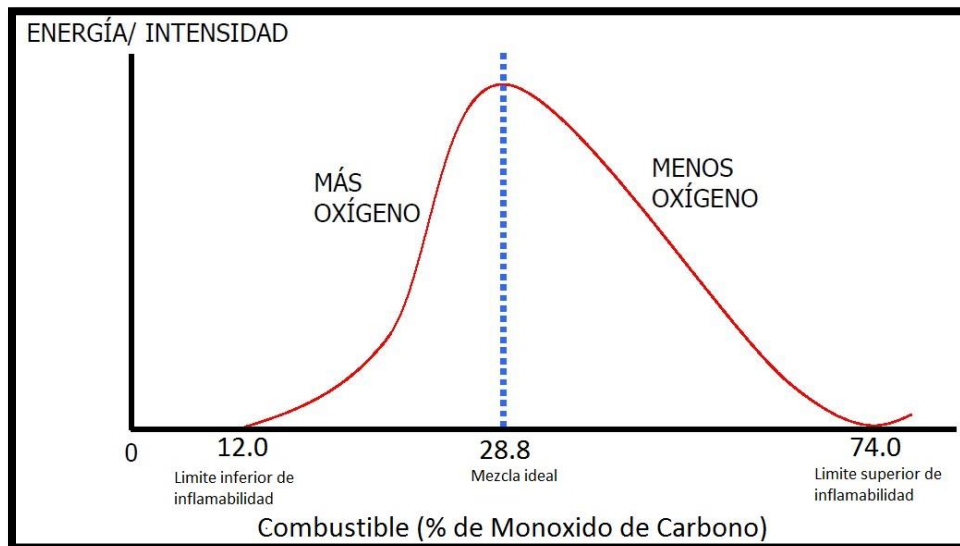


Gráfico 2.2.6.1.: “Límites de inflamabilidad para el Monóxido de Carbono.”

2.2.6.1.2.1.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS LÍMITES DE INFLAMABILIDAD DE UN GAS

Los factores que afectan los límites de inflamabilidad de un gas son la temperatura y la concentración del oxígeno.

- **EFFECTO DE LA TEMPERATURA**

La temperatura incide tanto en el combustible como en el comburente. En el caso del combustible, éste aproxima sus valores a la temperatura de inflamación del material, y el aire disminuye su efecto refrigerante.

Por ende, la temperatura aumenta el rango de inflamabilidad desplazando el límite inferior hacia el valor cero en la misma proporción que se desplaza hacia valores más elevados el límite superior.

- **CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO**

A diferencia del caso anterior, la variación de oxígeno afectará indistintamente tanto al límite inferior como al superior de inflamabilidad. Frente el mínimo cambio en la concentración de oxígeno, la mezcla ideal, en dónde las concentraciones de oxígeno y gas permiten que la inflamabilidad sea máxima, se verá afectada, y en consecuencia, la cantidad de combustible que puede arder disminuirá.

En el límite inferior, la mezcla ya es apenas combustible, el exceso de oxígeno da un efecto refrigerante al aire circundante en exceso y como su concentración es alta, una leve variación no incidirá mayormente. En cambio, en el límite superior, dado que la inflamabilidad disminuye linealmente a medida que la concentración de oxígeno baja, su descenso será aún más potente que llegará a igualarse con el límite inferior, momento en el cuál, no hay inflamación del combustible porque el exceso de gases inflamables producidos generan simultáneamente una carencia de oxígeno, y por ende, no es posible la combustión.

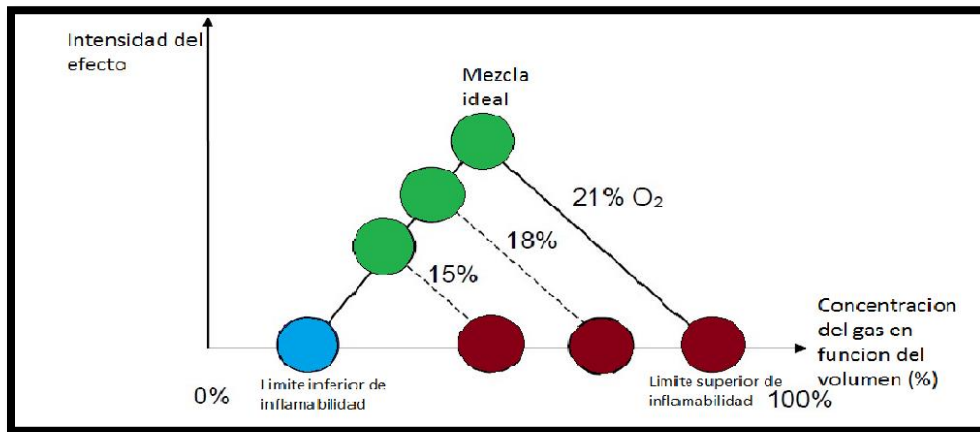


Gráfico 2.2.6.2.: “Variación del rango de inflamabilidad en función de la concentración de O₂.”

2.2.6.1.2.2 PRODUCCIÓN DE GASES DE INCENDIO

2.2.6.1.2.2.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE LOS GASES

La producción de un gas dentro de un recinto cerrado depende de la ventilación y del mass loss rate (MLR):

- **VENTILACIÓN**

La ventilación puede favorecer la producción de ciertos gases y disminuir la de otros, dado que algunos de acuerdo a las reacciones químicas involucradas pueden acelerar o desacelerar el proceso de combustión dependiendo del caso. Por ejemplo

la producción de CO , es favorecida bajo condiciones de escasa ventilación, en cambio, la tasa de CO_2 se ve disminuida.

La variable que indica la cantidad de aire que ingresa a través de las aberturas existentes en un recinto cerrado es \dot{m}_a , en $[g/s]$, cuya fórmula es la siguiente:

(ec.) 2.2.17
$$\dot{m}_a = 0,5 \times A_o \times \sqrt{H_o}$$

Donde

$A_o = \text{Área total de aberturas} [m^2]$.

$H_o = \text{Altura promedio de las aberturas} [m]$.

- **MASS LOSS RATE (MLR)**

Los gases de incendio en el proceso de combustión forman parte de los productos, por ende, sus tasas de producción dependen de la velocidad a la cuál éstos se descomponen en presencia de oxígeno.

Ante una llama, la tasa de pérdida de masa por unidad de área \dot{m}_f'' en función del flujo de calor externo se expresa de la siguiente forma:

(ec.) 2.2.18
$$\dot{m}_f'' = \frac{q_f'' - q_{rr}''}{\Delta H_g}$$

Donde

$q_f'' = \text{total del flujo de calor } (q_{fr}''(\text{radiación}) + q_{fc}''(\text{convección})) \left[\frac{KW}{m^2} \right]$

$q_{rr}'' = \text{perdida de calor por reirradiación} \left[\frac{KW}{m^2} \right]$

$\Delta H_g = \text{calor de gasificación} \left[\frac{KJ}{g} \right]$

$\dot{m}_f'' = \text{tasa de pérdida de masa por unidad de área} \left[\frac{g}{m^2 \times s} \right]$

Los valores de q_f'' , q_{rr}'' y ΔH_g dependen del tipo de material (reactantes) que está combustionando y se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 2.2.6.2.: “Superficie de reirradiación y calor de gasificación para distintos materiales; Fuente: SFPE.”

Material	Surface Re-radiation (kW/m²)	Heat of Gasification (MJ/kg)			
		Flam. Appl. ^a	Consp. ^b	SDGP ^c	Cal ^d
Distilled water	0.63	2.98	—	2.98	2.98
Hydrocarbons (alkanes)					
Hexane	0.63	—	—	—	0.63
Heptane	0.63	—	—	—	0.63
Octane	0.63	—	—	—	0.63
Nonane	1.4	—	—	—	0.64
Decane	1.6	—	—	—	0.65
Undecane	2.3	—	—	—	0.73
Dodecane	3.0	—	—	—	0.77
Tridecane	3.0	—	—	—	0.81
Tetradecane	3.0	—	—	—	0.85
Hexadecane	3.0	—	—	—	0.92
Natural materials					
Rural paper	10	3.6	—	—	—
Commercial paper	10	2.2	—	—	—
Wood (Douglas fir)	10	1.9	—	—	—
Hywood® ^e	10	1.0	—	—	—
Synthetic materials					
Epoxy resin	—	—	2.4	—	—
Polypropylene	15	2.0	1.4	2.0	—
Polypropylene (PI) (low density)	15	1.8	—	1.9	—
PE (high density)	15	2.3	1.9	2.2	—
PE foam	12	14-17	—	—	—
PEEK (chama (C))	12	2.1	—	—	—
PEEK (C)	12	3.0	—	—	—
PEAKS (C)	10	3.1	—	—	—
Rigid polyurethane foams (PIV)	15	2.5	2.3	—	—
PVC (solid)	10	1.7	2.4	—	—
Flameless PVC, LCI = 0.20	—	—	—	—	—
Flameless PVC, LCI = 0.25	—	—	2.1	—	—
Flameless PVC, LCI = 0.30	—	—	2.4	—	—
Flameless PVC, LCI = 0.35	—	—	2.4	—	—
Rigid PVC, LCI = 0.40	—	—	2.3	—	—
Polypropylene	10	2.0	—	—	—
PVC foam	17	3.1	—	—	—
Nylon 6/6	15	2.4	—	—	—
Polypropylene (Cama)	13	2.4	1.6	2.4	—
Polydimethylsiloxane (PDK)	11	1.6	1.4	1.6	—
Polyurethane	11	2.1	—	—	—
Polyurethane foam	16	2.3	—	—	—
Acrylonitrile-butadiene styrene (ABS)	10	3.3	1.7	—	—
Acrylonitrile-butadiene styrene (ABS)	10	2.7	2.6	—	—
Polyurethane (PI) foam	10-13	1.5-1.9	—	1.8	—
PS (granular)	13	1.7	2.2	1.8	—
Aliphatic (PI) foam	16-19	1.2-2.7	2.4	1.4	—
Hard polyurethane (PI) foam	14-22	1.5-3.3	1.6	—	—
Rigid polyurethane (PI) foam	14-27	1.5-4.4	—	—	—
Polyurethane foam	20	1.6	—	—	—
Phenolic foam	20	3.7	—	—	—
Phenolic foam (PI)	27	5.9	—	—	—
Phenolic foam (PI)	38	2.4	—	—	—
Phenolic foam (PI)	48	3-4.8	—	—	—
Phenolic foam (PI)	37	1.0	—	—	—
Composites and fibreglass-reinforced materials					
Polyether ether ketone-30% fibreglass	—	1.3	7.9	—	—
Polyurethane-30% fibreglass	—	1.4	2.5	—	—
Polyester 1-fibreglass	10	1.4	—	—	—
Polyester 2-fibreglass	10	6.4	—	—	—
Polyester 4-fibreglass	15	5.1	—	—	—
Polyester 5-fibreglass	10	2.9	—	—	—
Polyester 6-fibreglass	20	7.3	—	—	—
Phenolic Resin (thick sheet)	15	7.8	—	—	—

En la tabla anterior, de los valores disponibles de calor de gasificación, se utilizan sólo los valores destacados con color rojo, dado que son los que presenta el NIST a partir del Test Cone Calorimeter, para fuegos con llama. [4]

Tabla 2.2.6.3.: “Superficie de reirradiación y calor de gasificación para distintos materiales; Fuente: SFPE.”

Material	\dot{m}'' (g/m²·s)		\dot{q}'' (kW/m²)	
	S ^a	L ^b	S ^a	L ^b
Aliphatic carbon-hydrogen atoms^c				
Polyethylene	26	—	61	—
Polypropylene	24	—	67	—
Heavy fuel oil (2.6–23 m)	—	36	—	29
Kerosene (30–80 m)	—	65	—	29
Crude oil (6.5–31 m)	—	56	—	44
n-Dodecane (0.94 m)	—	36	—	30
Gasoline (1.5–223 m)	—	62	—	30
JP-4 (1.0–5.3 m)	—	67	—	40
JP-5 (0.60–17 m)	—	55	—	39
n-Heptane (1.2–10m)	~66	75	32	37
n-Hexane (0.75–10 m)	—	77	—	37
Transformer fluids (2.37 m)	27–30	25–29	23–25	22–25
Aromatic carbon-hydrogen atoms^c				
Polystyrene (0.93 m)	36	34	75	71
Xylene (1.22 m)	—	67	—	37
Benzene (0.75–6.0 m)	—	81	—	44
Aliphatic carbon-hydrogen-oxygen atoms^d				
Polyoxymethylene 16	—	50	—	—
Polymethylmethacrylate (2.37 m)	28	30	57	60
Methanol (1.2–2.4 m)	20	25	22	27
Acetone (1.52 m)	—	38	—	24
Aliphatic carbon-hydrogen-oxygen-nitrogen atoms				
Flexible polyurethane foams	21–27	—	64–76	—
Rigid polyurethane foams	22–25	—	49–53	—
Aliphatic carbon-hydrogen-halogen atoms				
Polyvinylchloride	16	—	50	—
Tefzel (ETFE)	14	—	50	—
Teflon (FEP)	7	—	52	—

Mass loss rates are from the data reported in the literature.
^aSmall-scale fires, pool diameter fixed at 0.10 m, flame radiation scaling technique was used in the ASTM E2058 fire propagation apparatus, $\gamma_0 \geq 0.30$.
^bLarge-scale fires in normal air.
^cNumbers in m in parentheses are the pool diameters used in large-scale fires.

Conocidos \dot{m}_f y \dot{m}_a es posible establecer un radio equivalente φ , que indica las condiciones de ventilación típicas en un recinto, a partir de las cuáles, es posible calcular la tasa de producción de un determinado material como se detalla a continuación:

(ec.) 2.2.19
$$\varphi = \frac{\left(\frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a}\right)}{r} \quad \text{con } \dot{m}_f = \dot{m}_f'' \times A_f$$

Donde

$A_f = \text{Área de la carga combustible del recinto [m}^2\text{].}$

$\dot{m}_f = \text{Tasa de pérdida de masa } \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right].$

$\dot{m}_a = \text{Masa de flujo entrante al recinto } \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right].$

$r = \text{radio estequiométrico aire – combustible (ver tabla 2.2.6.4).}$

De acuerdo a los valores obtenidos para φ tenemos que:

Si $\varphi > 1 \Rightarrow$ recinto poco ventilado, es decir, existe poco oxígeno disponible.

Si $\varphi < 1 \Rightarrow$ recinto bien ventilado, es decir, existe oxígeno suficiente.

2.2.6.1.2.2.2 TASA DE PRODUCCIÓN DE GASES

Con los valores de φ conocidos, el rendimiento de un gas i se expresa como:

(ec.) 2.2.20
$$y_i = \frac{m_i}{m_f}$$

Donde

$m_i = \text{masa de gas producido [kg].}$

$m_f = \text{masa de combustible combustionado [kg].}$

2.2.6.1.2.2.2.1 TASA MÁXIMA DE PRODUCCIÓN DE GASES

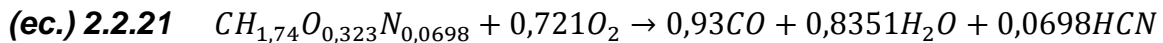
Las tasas de producción de gases están acotadas superiormente por las tasas máximas de producción obtenidas de las relaciones estequiométricas.

Tabla 2.2.6.4.: “Valores de r para distintos materiales combustibles y de y_{max} para diferentes productos (gases) de combustión.”

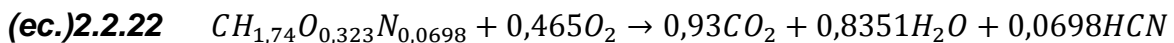
Fuel	Empirical Chemical Formula of Volatiles	Empirical Molecular Weight	Maximum theoretical yields				1/r
			y_{CO}	y_{CO_2}	y_{O_2}	y_{H_2O}	
Acetone	C_3H_6O	58	1.45	2.28	2.21	0.93	9.45
Ethanol	C_2H_5OH	46	1.22	1.91	2.09	1.17	8.94
Hexane	C_6H_{14}	86	1.95	3.07	3.53	1.47	15.1
Isopropanol	C_3H_7OH	60	1.40	2.20	2.40	1.20	10.3
Methane	CH_4	16	1.75	2.75	4.00	2.25	17.2
Methanol	CH_3OH	32	0.88	1.38	1.50	1.13	6.43
Propane	C_3H_8	44	1.91	3.00	3.64	1.64	15.6
Propene	C_3H_6	42	2.00	3.14	3.43	1.29	14.7
Polyurethane foam	$CH_{1,74}O_{0,323}N_{0,0698}$	20	1.41	2.21	2.05	0.79	8.78
Polymethylmethacrylate (PMMA)	$C_5H_8O_2$	100	1.40	2.20	1.92	0.72	8.23
Toluene	C_7H_8	92	2.13	3.35	3.13	0.78	13.4
Wood (ponderosa pine)	$C_{0,95}H_{2,4}O$	30	0.89	1.40	1.13	0.73	4.83
Wood (spruce)	$CH_{1,584}O_{1,55}$	40	0.69	1.09	0.89	0.80	3.87

En el caso del gas ácido cianhídrico HCN , cuyos valores no están en la tabla anterior, como el reactante involucrado es el poliuretano ($CH_{1,74}O_{0,323}N_{0,0698}$), las reacciones de combustión que determinan su producción son las siguientes:

- Para el caso que los productos son vapor de agua H_2O , monóxido de carbono CO y ácido cianhídrico HCN .



- Para el caso que los productos son vapor de agua H_2O , dióxido de carbono CO_2 y ácido cianhídrico HCN .



Independientemente del tipo de productos formados, la tasa máxima de producción de HCN es la misma, y se obtiene de la siguiente forma:

(ec.) 2.2.23
$$y_{max_{HCN}} = \frac{N^{\circ} \text{ moles de } HCN}{N^{\circ} \text{ moles de } CH_{1,74}O_{0,323}N_{0,0698}} \times \frac{\text{Peso molecular}(HCN)}{\text{Peso Molecular } (CH_{1,74}O_{0,323}N_{0,0698})}$$

$$y_{max_{HCN}} = \frac{0,0698 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times \frac{28 \text{ [g/mol]}}{19,955 \text{ [g/mol]}}$$

$$y_{max_{HCN}} = 0,0979$$

2.2.6.1.2.2.2 TASA DE PRODUCCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO CO

La producción de monóxido de carbono CO en un recinto cerrado depende dos variables: la temperatura T y el radio equivalente φ , es decir, del grado de ventilación existente. Sabemos que a falta de oxígeno, la tasa de este gas se ve acrecentada.

Las siguientes expresiones nos permiten encontrar la tasa de producción de CO , en función de la temperatura y del radio equivalente (grado de ventilación):

$$(ec.) \text{ 2.2.24 } Y_{co} = \left(\frac{0,19}{180}\right) \times \tan^{-1}(10 \times (\varphi - 0,8)) + 0,095 \quad \text{Para } T < 800K$$

$$(ec.) \text{ 2.2.25 } Y_{co} = \left(\frac{0,22}{180}\right) \times \tan^{-1}(10 \times (\varphi - 1,25)) + 0,11 \quad \text{Para } T > 800K$$

Donde

$\varphi =$ radio equivalente

$\tan^{-1} X$ en grados

$$Y_{co} = \text{tasa de prod. de } CO \text{ en fn. del combustible quemado} \left[\frac{\text{kg de } CO}{\text{kg de combustible}} \right]$$

Si en un recinto el flashover aún no es alcanzado, es decir, la temperatura es inferior a $500 - 600$ °C, entonces la expresión más óptima a ocupar es la ec.2.2.25.

2.2.6.1.2.2.3 TASA DE CO_2 Y HOLLÍN CON $\varphi < 1$

Las tasas de producción de CO_2 y de soot (hollín) se encuentran en la tabla 2.2.6.5. cuyos datos fueron obtenidos a partir de distintas pruebas experimentales.

Tabla 2.2.6.5.: “Valores de y para distintos gases en función de productos combustibles bajo condiciones de buena ventilación, $\phi < 1$; Fuente: SFPE.”

Fuel	Chemical Formula	Yields of species [kg/kg]			
		y_{CO_2}	y_{CO}	y_{HC}	y_{soot}
Common gases					
Methane	CH ₄	2.72	-	-	-
Ethane	C ₂ H ₆	2.85	0.001	0.001	0.013
Propane	C ₃ H ₈	2.85	0.005	0.001	0.024
Butane	C ₄ H ₁₀	2.85	0.007	0.003	0.029
Ethylene	C ₂ H ₄	2.72	0.013	0.005	0.043
Propylene	C ₃ H ₆	2.74	0.017	0.006	0.095
1,3-Butadiene	C ₄ H ₆	2.46	0.048	0.014	0.125
Acetylene	C ₂ H ₂	2.60	0.042	0.013	0.096
Common liquids					
Methyl alcohol	CH ₃ O	1.31	0.001	-	-
Ethyl alcohol	C ₂ H ₅ O	1.77	0.001	0.001	0.008
Isopropyl alcohol	C ₃ H ₇ O	2.01	0.003	0.001	0.015
Acetone	C ₃ H ₆ O	2.14	0.003	0.001	0.014
Methylethyl ketone	C ₄ H ₈ O	2.29	0.004	0.001	0.018
Heptane	C ₇ H ₁₆	2.85	0.010	0.004	0.037
Octane	C ₈ H ₁₈	2.84	0.011	0.004	0.038
Kerosene	C ₁₂ H ₂₆	2.85	0.012	0.004	0.042
Benzene	C ₆ H ₆	2.33	0.067	0.018	0.181
Toluene	C ₇ H ₈	2.34	0.066	0.018	0.178
Styrene	C ₈ H ₈	2.35	0.065	0.019	0.177
Hydrocarbon		2.64	0.019	0.007	0.059
Mineral oil		2.37	0.041	0.012	0.097
Polydimethyl siloxane	(C ₂ H ₅ OSi) _n	0.93	0.004	0.032	0.232
Silicone	CH ₃ OSi ₂ OSi ₂	0.72	0.006	0.008	-
Solids – natural materials					
Wood (red oak)		1.27	0.004	0.001	0.015
Wood (Douglas fir)		1.31	0.004	0.001	-
Wood (pine)		1.33	0.005	0.001	-
Solids – synthetic materials					
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)		-	-	-	0.105
Polyoxymethylene (POM)		1.40	0.001	0.001	-
Polydimethylmethacrylate (PMMA)		2.12	0.010	0.001	0.022
Polyethylene (PE)		2.76	0.024	0.007	0.060
Polypropylene (PP)		2.79	0.024	0.006	0.059
Polystyrene (PS)		2.33	0.060	0.014	0.164
Silicone		0.96	0.021	0.006	0.065
Polyester-1		1.65	0.070	0.020	0.091
Polyester-2		1.56	0.080	0.029	0.089
Epoxy-1		1.59	0.080	0.030	-
Epoxy-2		1.16	0.086	0.026	0.098
Nylon		2.06	0.038	0.016	0.075
Polyurethane (flexible) foams					
GM21		1.55	0.010	0.002	0.131
GM23		1.51	0.031	0.005	0.227
GM25		1.50	0.028	0.005	0.194
GM27		1.57	0.042	0.004	0.198

En la tabla 2.2.6.5., los valores destacados son los que corresponden a distintos tipos de madera y poliuretano, dado que son los materiales que tienen mayor presencia en los recintos estudiados y forman parte importante de la densidad carga combustible asociada.

En el caso del poliuretano flexible [20], se opta por ocupar herramientas estadísticas con el objeto que los datos de tasa de producción posean la menor variabilidad posible, luego si consideramos sólo los datos obtenidos de la tasa de producción de y_{CO_2} y y_{HOLLIN} (ver tabla 2.2.6.6.), con un 95% de certeza los valores de los productos de combustión son $y_{CO_2} = 1,561$ y $y_{HOLLIN} = 0,222$.

Tabla 2.2.6.6.: “Valores de y_{CO} , y_{HOLLIN} , y_{CO_2} , y_{HC} para distintos tipos de poliuretano flexible bajo condiciones de buena ventilación, $\phi < 1$.”

Material		Y_{CO}	Y_{CO_2}	Y_{HC}	Y_{hollin}
POLIURETANO (GM21, GM23, GM25, GM27)	Promedio	0,028	1,533	0,004	0,188
	especimen_desv_estandar	0,011	0,029	0,001	0,035
	especimen_95%_dist.Normal(z=1,96)	0,039	1,561	0,005	0,222

Para la madera, el material que presenta mayor presencia en los materiales combustibles observados es el pino, según la tabla 2.2.6.5. las tasas respectivas son $y_{CO_2} = 1,33$ y $y_{HOLLIN} = 0$.

2.2.6.1.2.2.2.4 TASA DE CO₂ Y HOLLÍN CON $\phi > 1$

Para condiciones de ventilación insuficiente, o sea, $\phi > 1$, se toman valores de producción de especie asociados a CO_2 y *hollin* correspondientes a los máximos para cada caso según la expresión siguiente:

(ec.) 2.2.26
$$y_i = y_{max_i}$$

2.2.6.1.2.2.2.5 TASA DE PRODUCCIÓN DE HCN

Dado que no existen expresiones ni datos que nos entreguen información acerca de la tasa de producción de *HCN*, de manera conservadora $y_{HCN} = y_{max_{HCN}} = 0,0979$.

2.2.6.2 HUMO

2.2.6.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La generación de humo representa el equilibrio entre los procesos de crecimiento del fuego y el consumo de O_2 de la llama. No es posible predecir la producción de humo a través de la química de los materiales, sin embargo, el humo suele caracterizarse por tener un alto contenido de carbono, en consecuencia, mientras más concentración de carbono tenga el material combustible más humo se generará [64].

Por ejemplo, en el caso de los polímeros, el poliestireno produce más humo que el polipropileno que posee sólo 1 carbono en su fórmula empírica. Lo anterior, nos

ayuda a describir de manera cualitativa los materiales que tendrían una mayor tasa de producción de humo.

El humo es una suspensión formada de pequeñas partículas sólidas más vapor condensado. Se origina a partir de gases, como por ejemplo: CO , CO_2 , HCN , $H_2O(g)$, que se producen de la combustión de los materiales combustibles y que transportan gotas de brea inflamables.

La descomposición de estas breas, da lugar a la formación de partículas de carbón que se mezclan con los gases de incendio. Estas partículas, poseen color, dimensiones y cantidades determinadas, obscurecen el paso de luz y dificultan la visibilidad e identificación de salidas y señalizaciones a las personas.

2.2.6.2.2 PROPIEDADES DEL HUMO

2.2.6.2.2.1 PRODUCCIÓN DE HUMO

La emisión de humo es una de las variables básicas para definir la severidad del desarrollo de un fuego. Dependiendo del tipo de material, obtendremos distintas tasas de producción de humo, dado que cada uno de éstos presenta distintas fórmulas químicas, y por tanto, su aporte de carbono a las masas de humo será diferente. [29]

Se define la variable ε , como la masa producida de humo en función de la masa de fuego combustionado. En la tabla 2.2.6.7 se muestran valores típicos de ε para distintos elementos.

Tabla 2.2.6.7.: “Producción de humo para madera y plásticos en función del parámetro ε para distintos tipos de fuegos, fuente SFPE capítulo 9.”

Produccion de humo para maderas y plasticos				
Type	Smoke Conversion Factor, ε	Combustion Conditions	Fuel Area, m ²	Reference
Douglas fir	0.03–0.17	Pyrolysis	0.005	1
Douglas fir	< 0.01–0.025	Flaming	0.005	1
Hardboard	0.0004–0.001	Flaming ^a	0.0005	2
Fiberboard	0.005–0.01	Flaming ^a	0.0005	2
Polyvinylchloride	0.03–0.12	Pyrolysis	0.005	3
Polyvinylchloride	0.12	Flaming	0.005	1
Polyurethane (flexible)	0.07–0.15	Pyrolysis	0.005	3
Polyurethane (flexible)	< 0.01–0.035	Flaming	0.005	1
Polyurethane (rigid)	0.06–0.19	Pyrolysis	0.005	1
Polyurethane (rigid)	0.09	Flaming	0.005	1
Polystyrene	0.17 ($m_{O_2} = 0.30$) ^b	Flaming	0.0005	4
Polystyrene	0.15 ($m_{O_2} = 0.23$)	Flaming	0.07	5
Polypropylene	0.12	Pyrolysis	0.005	1
Polypropylene	0.016	Flaming	0.005	1
Polypropylene	0.08 ($m_{O_2} = 0.23$)	Flaming	0.007	5
Polypropylene	0.10 ($m_{O_2} = 0.23$)	Flaming	0.07	5
Polymethylmethacrylate	0.02 ($m_{O_2} = 0.23$)	Flaming	0.07	5
Polyoxymethylene	~0	Flaming	0.007	5
Cellulosic insulation	0.01–0.12	Smoldering	0.02	6

^aSample smoldered for a period of time after the pilot flame was extinguished.

^b m_{O_2} refers to mol fraction of O_2 .

De acuerdo a la tabla antes descrita, es posible ver que la emisión de humo a la misma cantidad de masa combustionada, tiene mayor tasa de producción para materiales celulósicos $\varepsilon \approx 0,12$ que los asociados a plásticos como el poliuretano $\varepsilon \approx 0,035$.

Luego, para obtener la cantidad específica de humo producido conocido el tipo de material combustionado se usa la siguiente expresión:

$$(ec.) 2.2.27 \quad M_{humo} = \varepsilon \times M_{combustible} \quad [g]$$

Donde

M_{humo} = masa de humo generada en gramos [g].

$M_{combustible}$ = masa combustible quemado en gramos [g].

ε = tasa de producción de humo (Ver tabla 2.2.6.2).

2.2.6.2.2 DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO

Otra forma de caracterizar el humo es determinando el tamaño de las partículas involucradas, esto es usado en la actualidad por los sistemas detectores de humo para iniciar la alarma y la activación de los sistemas de protección activa.

La representación de la distribución del tamaño de tales partículas, usa una aproximación denominada geométrica, que construye una curva representativa con las variables $\Delta N / \Delta \log d$ versus $\log d$, donde d representa el diámetro de las partículas y ΔN el número de partículas por cm^3 con tamaño entre $[\log d ; \log d + \Delta \log d]$.

Esta esquematización, usa dos parámetros matemáticos-estadísticos para poder definir un humo determinado en base al tamaño de sus partículas, éstos son el promedio de partículas y el ancho de la distribución del tamaño.

- **PROMEDIO DE LAS PARTÍCULAS**

$$(ec.) 2.2.28 \quad \log d_{gn} = \frac{\sum N_i \times \log d_i}{N}$$

Donde

d_{gn} = tamaño promedio de las partículas [μ_m].

- **ANCHO DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO O DESVIACIÓN ESTÁNDAR**

$$(ec.) 2.2.29 \quad \log \sigma_g = \left(\frac{\sum N_i \times (\log d_i - \log d_{gn})^2}{N} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde

$\sigma_g =$ desviación estándar.

$N_i =$ Número de partículas en cada intervalo $\left[\frac{\cdot}{cm^3}\right]$.

$N =$ Número total de partículas en la concentración $\left[\frac{\cdot}{cm^3}\right]$.

La distribución del tamaño de las partículas es del tipo Gaussiano, cerca del 70% de las partículas poseen un tamaño entre $\log d \pm \sigma_g$.

En la tabla 2.2.6.8. se encuentran los valores típicos de tamaño de partículas para distintos materiales.

Tabla 2.2.6.8.: “Tamaño de partículas de distintos materiales (madera, plásticos, etc.) en función de d_{gm} y σ_g ; Fuente: SFPE capítulo 9.”

Type	d_{gm} , μm^a	d_{32} , μm^b	σ_g	Combustion Conditions	Reference
Douglas fir	0.5–0.9	0.75–0.8	2.0	Pyrolysis	1, 3
Douglas fir	0.43	0.47–0.52	2.4	Flaming	1, 3
Polyvinylchloride	0.9–1.4	0.8–1.1	1.8	Pyrolysis	3
Polyvinylchloride	0.4	0.3–0.6	2.2	Flaming	3
Polyurethane (flexible)	0.8–1.8	0.8–1.0	1.8	Pyrolysis	3
Polyurethane (flexible)		0.5–0.7		Flaming	3
Polyurethane (rigid)	0.3–1.2	1.0	2.3	Pyrolysis	3
Polyurethane (rigid)	0.5	0.6	1.9	Flaming	3
Polystyrene		1.4		Pyrolysis	1
Polystyrene		1.3		Flaming	1
Polypropylene		1.6	1.9	Pyrolysis	1
Polypropylene		1.2	1.9	Flaming	1
Polymethylmethacrylate		0.6		Pyrolysis	1
Polymethylmethacrylate		1.2		Flaming	1
Cellulosic insulation	2–3		2.4	Smoldering	6

^a d_{gm} is analogous to d_g , but with mass replacing volume in Equation 4. Values of d_{gm} less than about 0.5 μm are probably overestimates arising from the minimum size resolution of the impactor at about 0.4 μm .

^bThe quantity d_{32} is obtained by optical measurements

$$d_{32} = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} N_i d_i^3}{\sum_{i=1}^{n_i} N_i d_i^2}$$

2.2.6.2.2.3 VISIBILIDAD

Una de las propiedades más importantes para caracterizar un humo es la visibilidad [21]. Este último tiene una directa relación con el recorrido de los ocupantes hacia las salidas a través de las vías de evacuación de un recinto dado que puede dificultar perfectamente su desplazamiento normal en caso de incendio.

Para ello, usamos lo que se denomina coeficiente de extinción. Bouguer, lo describe mediante una ley física en función del parámetro I_λ^0 , que es la intensidad de la luz incidente monocromática de longitud de onda λ , que viaja a través de una longitud de humo de largo L .

Se define la ley Bouguer como:

(ec.) 2.2.30
$$\frac{I_\lambda}{I_\lambda^0} = e^{-KL}$$

Donde K es el coeficiente de extinción de la luz.

Si la ecuación 2.2.30. es escrita en base 10, queda:

$$(ec.) 2.2.31 \quad \frac{I_{\lambda}}{I_{\lambda}^0} = 10^{-DL}$$

Donde:

D la densidad óptica por metro equivalente a $D = K/2.3$

K al ser una propiedad extensiva, se puede expresar a partir de, una concentración determinada de humo *m* igual a M_{humo}/V_c , con V_c igual al volumen del recinto, y del coeficiente de extinción por unidad de masa, K_m , cuya fórmula es:

$$(ec.) 2.2.32 \quad K = K_m \times m$$

K_m depende tanto de la función de distribución del tamaño de partículas como de las propiedades ópticas del humo.

Por simplicidad y gracias a los estudios de Einhorn, se dispone de valores de este coeficiente para humos producidos por fuegos de llama, ya sea plásticos o madera, con un valor de $7,6 \text{ m}^2/g$, y para fuegos pirolizados, independiente del material, equivalentes a $4,4 \text{ m}^2/g$.

Por otro lado, a partir de la variable D, densidad óptica por metro, es posible definir dos parámetros nuevos con el objeto de relacionarlo con las variables del espacio, estas son:

- La densidad óptica D_s , que indica la cantidad de humo visible producido en un incendio y se define:

$$(ec.) 2.2.33 \quad D_s = \frac{D \times V_c}{A}$$

Donde

$V_c = \text{volumen del recinto} [m^3]$.

$A = \text{Área del recinto} [m^2]$.

- La densidad óptica en masa D_m , que es una medida de humo visible en base a la masa perdida o combustionada, tiene la siguiente denominación:

$$(ec.) 2.2.34 \quad D_m = \frac{D \times V_c}{\Delta M}$$

Donde

$\Delta M = \text{masa de combustible perdida en la combustion} [kg]$.

$D_m = \text{Densidad optica por masa} [m^2/g]$.

Valores límites de D_m , para fuegos celulósicos o humo gris es de 0,06, y de 0,14 para humo negro producidos por kerosene. En la tabla 2.2.6.9. se encuentran valores aproximados de D_m y D_s para distintos materiales.

Tabla 2.2.6.9.: “Valores aproximado de Densidad óptica específica y densidad óptica por masas para materiales como madera y plásticos; Fuente: SFPE: capítulo 9.”

Type (Sample #)	Maximum D_s	D_m (m ² /g) ^a	Combustion Conditions	Sample ^b Thickness (cm)	Reference
Hardboard	6.7×10^1		Flaming	0.8	14
Hardboard	6.0×10^2		Pyrolysis	0.8	14
Plywood	1.1×10^2		Flaming	0.6	14
Plywood	2.9×10^2		Pyrolysis	0.6	14
Polystyrene	$>6.6 \times 10^2$		Flaming	0.6	14
Polystyrene	3.7×10^2		Pyrolysis	0.6	14
Polyvinylchloride	$>6.6 \times 10^2$		Flaming	0.6	14
Polyvinylchloride	3.0×10^2		Pyrolysis	0.6	14
Polyurethane foam	2.0×10^1		Flaming	1.3	14
Polyurethane foam	1.6×10^1		Pyrolysis	1.3	14
Nylon carpet	2.7×10^2		Flaming	0.8	14
Nylon carpet	3.2×10^2		Pyrolysis	0.8	14
Acrylic	1.1×10^2		Flaming	0.6	14
Acrylic	1.6×10^2		Pyrolysis	0.6	14
Plywood	5.3×10^2	0.29	Pyrolysis	0.6	15
Polymethylmethacrylate	7.2×10^2	0.15	Pyrolysis	0.6	15
Polyvinylchloride	1.8×10^2	0.12	Pyrolysis	0.6	15
Polyvinylchloride (with plasticizer)	3.5×10^2	0.64	Pyrolysis	0.6	15
Neoprene	8.8×10^2	0.55	Pyrolysis	0.6	15
Douglas fir	6.2×10^2	0.28	Pyrolysis	0.6	15
Polypropylene	4.0×10^2	0.53	Flaming ^c	0.4	16
Polyethylene	2.9×10^2	0.29	Flaming ^c	0.4	16
Paraffin wax	2.3×10^2	0.23	Flaming ^c	0.4	16
Polystyrene		1.4	Flaming ^c	0.4	16
Styrene		0.96	Flaming ^c	0.4	16
Polyvinylchloride		0.34	Flaming ^c	0.4	16
Polyoxymethylene		-0	Flaming ^c	0.4	16
Polyurethane (7A)	2.1×10^2		Flaming	1.3	17
Polyurethane (7A)	1.5×10^2		Flaming ^d	1.3	17
Wool (8A)	$>5.5 \times 10^2$		Flaming	0.9	17
Wool (8A)	2.2×10^2		Flaming ^d	0.9	17
Acrylic (9B)	5.8×10^1		Flaming	0.14	17
Acrylic (9B)	1.2×10^2		Flaming ^d	0.14	17
Polyurethane (MO1)		0.33	Flaming ^e		18
Polyurethane (MO1)		0.22	Flaming ^e		18
Cotton (MO3)		0.17	Flaming ^e		18
Cotton (MO3)		0.12	Flaming ^e		18
Latex (MO4)		0.65	Flaming ^e		18
Latex (MO4)		0.44	Flaming ^e		18
Neoprene (MO8)		0.40	Flaming ^e		18
Neoprene (MO8)		0.20	Flaming ^e		18
Polystyrene (7)		0.79	Flaming ^f		19
Polystyrene (7)		1.0	Flaming ^f		19
Polystyrene foam (16)		0.79	Flaming ^f		19
Polystyrene foam (16)		0.82	Flaming ^f		19
ABS (18)		0.52	Flaming ^f		19
ABS (18)		0.54	Flaming ^f		19

^aThe value of D_m is computed by Quintiere,²⁰ based on data in Babrauskas.¹⁸

^bSample area is 0.005 m² in vertical configuration, unless stated otherwise.

^cSample is in horizontal configuration (0.005 m²).

^d0.09 m² sample size.

^eThe sample is a mattress.

^fThe sample is a plastic utility table.

Adicionalmente, definimos la función de Contraste, a través de la cual, los objetos pueden ser distinguidos por el ojo humano para un color de fondo determinado:

(ec.) 2.2.35

$$C = \frac{B}{B_0} - 1$$

Donde

B = Brillo del objeto.

B_0 = Brillo del fondo.

Para condiciones de un día de luz, es posible distinguir un objeto del fondo para valores de $C = -0,02$. Se define el concepto de visibilidad S , como la distancia a la cual el contraste de un objeto es reducido a $-0,02$, equivalente a la visibilidad a través de la niebla.

Las investigaciones del profesor Jin (SFPE), dónde se someten a pruebas al ojo humano para distancias críticas a las cuales un objeto puede ser visible, concluyen que señales de emisión de luz son 4 veces más visible que las que reflejan luz. (Ver gráfico 2.2.6.3.).

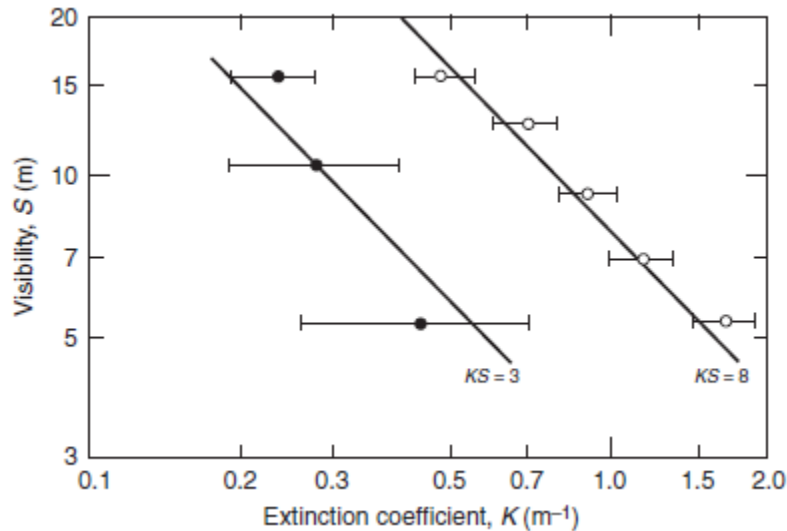


Gráfico 2.2.6.3.: “Visibilidad versus coeficiente de extinción para señales que emiten luz y señales que reflejan luz para incendios del tipo llama y latente; Fuente: SFPE capítulo 9.”

A partir de la correlación de los datos obtenidos en gráfico 2.2.6.3., se obtienen las siguientes ecuaciones:

(ec.) 2.2.36

$$K \times S = 8$$

señales que emiten luz

(ec.) 2.2.37

$$K \times S = 3$$

señales que reflejan luz

De acuerdo a lo desarrollado anteriormente, existen dos vías de obtener la variable S . Una, considera la formula asociada a D_m , densidad óptica por masa, y la otra, se basa en el coeficiente de extinción por unidad de masa K_m . Generalmente, se obtienen valores distintos, sin embargo, se escoge el valor más conservador entre las dos.

Por último, las fórmulas obtenidas a partir de las ecuaciones antes descritas, que resumen la visibilidad para señales que emiten y reflejan luz son las siguientes:

- Según coeficiente de extinción específico, K_m

(ec.) 2.2.38
$$S = \frac{8 \times V}{K_m \times \varepsilon \times M_{total}}$$
 señales que emiten luz

(ec.) 2.2.39
$$S = \frac{3 \times V}{K_m \times \varepsilon \times M_{total}}$$
 señales que reflejan luz

- Según Densidad Óptica por masa, D_m

(ec.) 2.2.40
$$S = \frac{8 \times V}{2,3 \times D_m \times M_{total}}$$
 señales que emiten luz

(ec.) 2.2.41
$$S = \frac{3 \times V}{2,3 \times D_m \times M_{total}}$$
 señales que reflejan luz

2.2.6.2.2.4 DETECCIÓN

El output de un detector eléctrico de humo, P , ya sea a partir de una dispersión de luz o a través de la ionización, se expresa como un producto entre la función integrada de distribución de tamaño de partículas y la función de respuesta $R(d)$:

(ec.) 2.2.42
$$P = \int_{d_{min}}^{d_{max}} R(d) \times \frac{\partial N}{\partial d} \times \partial d$$

Los detectores de humo tienen distinta sensibilidad al tamaño de partículas dependiendo de cada tipo, por un lado los detectores de ionización son más sensibles a tamaños menores a $0,3 \mu_m$, en cambio, los detectores de dispersión de luz lo son para partículas mayores a $0,3 \mu_m$.

Para un detector la función respuesta está dado por la expresión:

(ec.) 2.2.43
$$R(d) = c \times d$$

Donde

$c = \text{constante} = 7 [\mu V]$ para concentraciones de partículas en $\left[\frac{\mu V \text{ cm}^3}{\mu m} \right]$

La función expuesta anteriormente, es similar a un comportamiento lineal, en estos casos es posible observar que son efectivos generalmente para concentraciones altas de partículas pequeñas [72].

El propósito de este tipo de detectores, es advertir adecuadamente a los ocupantes de un recinto cuando un fuego tiene ocurrencia. [222]

Para poder terminar el análisis de la respuesta de los detectores, es necesario analizar las siguientes expresiones que cierran finalmente el problema:

$$(ec.) \ 2.2.44 \quad \int_0^{\infty} d \times \frac{\partial N}{\partial d} \times \partial d = N_o \times d_{gn} \times e^{\left(\frac{1}{2} \times \ln^2 \sigma_g\right)}$$

Despejando P:

$$(ec.) \ 2.2.45 \quad P = c \times N_o \times d_{gn} \times e^{\left(\frac{1}{2} \times \ln^2 \sigma_g\right)}$$

El valor N_o se expresa en función del parámetro m, que es la concentración de partículas en un determinado volumen.

$$(ec.) \ 2.2.46 \quad m = \frac{M_{humoproducido}}{V_c}$$

Pero también m puede expresarse como:

$$(ec.) \ 2.2.47 \quad m = \int_0^{\infty} \frac{1}{6} \times \pi \times \rho \times d^3 \frac{\partial N}{\partial d} \times \partial d$$

Con

$$(ec.) \ 2.2.48 \quad \int_0^{\infty} d^3 \frac{\partial N}{\partial d} \times \partial d = N_o \times d_{gn}^3 \times e^{\left(\frac{9}{2} \times \ln^2 \sigma_g\right)}$$

Entonces:

$$(ec.) \ 2.2.49 \quad m = \frac{1}{6} \times \pi \times \rho \times N_o \times d_{gn}^3 \times e^{\left(\frac{9}{2} \times \ln^2 \sigma_g\right)}$$

Luego N_o queda expresado como:

$$(ec.) 2.2.50 \quad N_o = \frac{6 \times m}{\pi \times \rho \times d_{gn}^3 \times e^{\left(\frac{9}{2} \times \ln^2 \sigma g\right)}} = \frac{6 \times M_{humoproducido}}{\pi \times \rho \times d_{gn}^3 \times e^{\left(\frac{9}{2} \times \ln^2 \sigma g\right)} \times V_c}$$

Finalmente, despejando, P es igual a:

$$(ec.) 2.2.51 \quad P = \frac{6 \times M_{humoproducido} \times c \times e^{\ln^2(\sigma g^{-4})}}{V_c \times \pi \times \rho \times d_{gn}^2}$$

2.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE INCENDIOS

Las características de un incendio producido en un recinto cerrado tienen la finalidad de calificar y cuantificar un fuego determinado. Desde el punto de vista cuantitativo, la más importante es el Heat Release Rate (tasa de liberación de calor) [3], puesto que determina el tamaño y la duración del incendio. Otra característica importante corresponde a la densidad de carga combustible, la cuál entrega la materia prima para el crecimiento y desarrollo del fuego.

2.3.1.1 HRR-TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR

La principal característica que define cuantitativamente el tamaño del fuego es el Heat Release Rate. Ésta se define como la velocidad a la cuál las reacciones de combustión producen calor.

La tasa de liberación de calor durante todas las etapas del desarrollo de un incendio toma la forma de la figura 2.3.1.1.

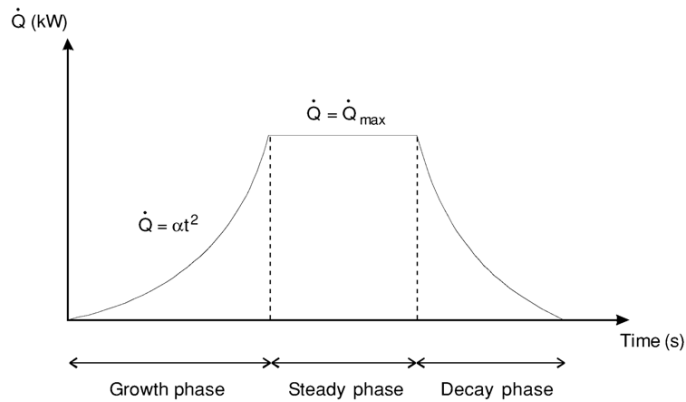


Gráfico 2.3.1.1.: “Evolución de HRR en el tiempo para todas las etapas de un incendio.”

2.3.1.1.1 CRECIMIENTO DEL INCENDIO

La forma más común de definir la tasa de liberación de calor durante la etapa de crecimiento, es mediante los fuegos cuadráticos o $t^2 - fire$, que son representados a través de la siguiente fórmula:

(ec.) 2.3.1
$$\dot{Q} = \alpha \times t^2$$

Donde

\dot{Q} = tasa de liberación de calor [KW].

α = coeficiente del crecimiento del fuego $\left[\frac{KW}{s^2}\right]$.

t = tiempo [s].

El coeficiente del crecimiento del fuego puede ser expresado como:

(ec.) 2.3.2
$$\alpha = \frac{\dot{Q}_o}{t_o^2}$$

Donde

\dot{Q}_o = tasa de liberación de calor = 1055 [kW].

t_o = tiempo en alcanzar \dot{Q}_o [s].

Según la NFPA 204-M, α toma diferentes valores dependiendo de la velocidad del crecimiento del fuego.(ver tabla 2.3.1.1.)

Tabla 2.3.1.1.: “Valores de α en función del tipo de crecimiento de acuerdo a la norma norteamericana NFPA 204M.”

Growth rate	Fire growth factor, α [kW/s ²]	Time [s] to reach 1055 kW
Slow	0.003	600
Medium	0.012	300
Fast	0.047	150
Ultra-fast	0.188	75

Además, dependiendo de la velocidad de crecimiento del fuego, el valor α puede ser representado gráficamente de distintas maneras. (Ver gráfico 2.3.1.2.).

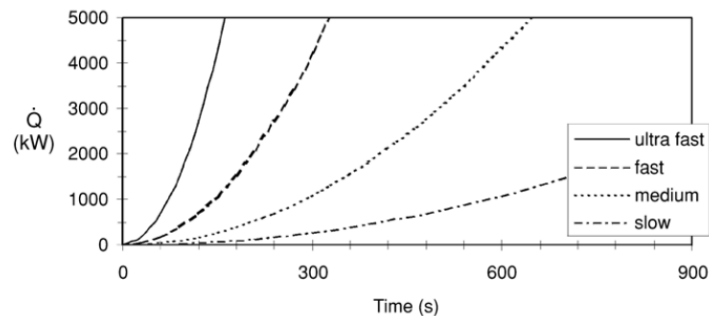


Gráfico 2.3.1.2.: “Curvas de crecimiento del fuego para distintos α .”

La velocidad del fuego en los momentos iniciales es clave, dado que nos entrega información acerca de la probable evolución del incendio y del tiempo en el cuál alcanza un tamaño determinado, y por ende, tomar las medidas correspondientes ya sea para controlarlo, suprimirlo o extinguirlo.

En gran parte de los fuegos, el desarrollo de un incendio en la etapa inicial suele ser muy rápido. Por ende, la elección adecuada del factor α toma una real importancia para poder cuantificar el daño probable en el interior de un recinto. Sin embargo, esta decisión no es simple, pese a que existe reglamentación que guía al diseñador contra emergencia en estos casos pero esta misma información puede llegar a ser contradictoria y conducir a errores.

Si los materiales de la carga combustible interior son conocidos, el valor de α puede ser estimado, de lo contrario, el valor de este parámetro se obtiene de reglamentaciones existentes en función del tipo de recinto involucrado en el análisis. (Ver tabla 2.3.1.2).

Tabla 2.3.1.2.: “Tasa de crecimiento del fuego en función del uso del recinto según distintas literaturas; Fuente: Select Design Fire; Leif Staffansson; capítulo 10: Initial fire characteristics.”

Occupancy	Growth rate
Dwellings	Fast
	Medium
	Medium
Schools, offices	Medium
	Medium
	Fast
Hotels, nursing homes etcetera	Fast
	Fast
Shopping centres, entertainment centres	Fast
	Fast
	Ultra-fast

2.3.1.1.1 CRECIMIENTO TOTALMENTE DESARROLLADO O PEAK HEAT RELEASE RATE

El crecimiento de un fuego en recintos cerrados puede estar controlado por el combustible o la ventilación. Generalmente, dado que se tienen elementos en el interior de un elevado poder calorífico y cuyo aporte al desarrollo del fuego no está acotado, el control viene por parte de la ventilación, es decir, de la disponibilidad de aberturas del recinto como puertas, ventanas, etc. Cabe destacar que la combustión no sólo necesita el material que se quema sino también el oxígeno, por ende, la presencia de entradas de aire es de vital importancia puesto que si no se genera el aporte necesario, el fuego no se desarrolla completamente. [3]

2.3.1.1.1.1 CRECIMIENTO CONTROLADO POR EL COMBUSTIBLE

Cuando un incendio es controlado por la carga combustible de su interior, es decir, el combustible es acotado, existen dos formas de medir el máximo aporte de calor del incendio [73]:

- La primera considera al tipo de uso del recinto, en este caso, el Peak Heat Release Rate, $HRR_{PEAK}[KW]$, es calculado sólo en base al tipo de recinto. En la tabla 2.3.1.3. es posible obtener este valor para distintos establecimientos.

Tabla 2.3.1.3.: “Valores de Peak Heat Release Rate (HRR), para distintos tipos de uso; Fuente: Select Design Fire; Leif Staffansson; capítulo 10: Initial fire characteristics.”

Occupancy	Peak HRR [kW]
Office and schools	5 000
Dwelling, hotel, health care unit	5 000
Public assembly hall, shop	10 000

- La segunda, en función del tipo de uso del recinto y del área máxima de aporte al fuego del incendio. En este caso, para estimar el peak Heat Release Rate por unidad de área, $HRRPUA [KW/m^2]$, no sólo es necesario conocer el tipo de establecimiento, sino también, estimar el área probable de fuego en su interior.(Ver tabla 2.3.1.4.).

Tabla 2.3.1.4.: “Valores de Peak Heat Release Rate por unidad de área (HRRPUA), para distintos tipos de uso; Fuente: Select Design Fire; Leif Staffansson; capítulo 10: Initial fire characteristics.”

Occupancy	HRRPUA, \dot{q}'' [kW/m ²]
Dwelling	250
Hospital (room)	250
Hotel (room)	250
Library	500
Office	250
Classroom of a school	250
Shopping centre	250
Theatre (cinema)	500
Transport (public spaces)	250

2.3.1.1.1.2 CRECIMIENTO CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN

Un fuego controlado por la ventilación es frecuente en casos donde la presencia de aberturas de un recinto es el factor limitante, por ende, el aporte de oxígeno al fuego está limitado.

Babrauskas, establece el siguiente supuesto con el fin de encontrar una expresión de \dot{Q}_v . Si $\dot{Q}_v \approx \dot{Q}_{fo}$, entonces:

$$(ec.) \ 2.3.3 \quad \dot{Q}_{fo} \approx \dot{Q}_v \approx \dot{m}_a \times c_p \times (T_g - T_o) + q_{loss}$$

donde

\dot{Q}_{fo} = Heat Release Rate del fuego al momento del flashover [KW].

\dot{Q}_v = peak Heat Release Rate controlado por la ventilación [KW].

Además, es posible estimar las posibles pérdidas de energía asumiendo que solo el 40% de la superficie de total es la que en realidad transmite el calor por radiación desde la envolvente. Por tanto, q_{loss} es equivalente a:

$$(ec.) \ 2.3.4 \quad q_{loss} = \varepsilon \times \sigma \times (T_g^4 - T_o^4) \times 0,4 \times A_T \quad \text{con } \frac{A_T}{A_o \times \sqrt{H_o}} \approx 50$$

Donde

T_g = Temperatura del gas acumulado en la capa superior.

T_o = Temperatura inicial del recinto.

ε = emisividad = 0,5.

σ = constante de Steffan – Boltzmann = $5,67 \times 10^{-11} \left[\frac{kW}{m^2 \times ^\circ K^4} \right]$.

$A_T = \text{Área de los muros de la envolvente [m}^2\text{]}.$

$A_o = \text{Área de las aberturas [m}^2\text{]}.$

$H_o = \text{Altura ponderada de las aberturas [m}^2\text{]}.$

Por lo tanto, \dot{Q}_v queda expresado de la siguiente forma:

$$\text{(ec.) 2.3.5} \quad \dot{Q}_v = 0,5 \times A_o \times \sqrt{H_o} \times c_p \times (T_g - T_o) \\ + \varepsilon \times \sigma \times (T_g^4 - T_o^4) \times 0,4 \times 50 \times A_o \times \sqrt{H_o}$$

$$\text{(ec.) 2.3.6} \quad \dot{Q}_v = A_o \times \sqrt{H_o} [0,5 \times c_p \times (T_g - T_o) + 20 \times \varepsilon \times \sigma \times (T_g^4 - T_o^4)]$$

Si utilizamos los siguientes datos estándar y los reemplazamos en ec.2.3.6:

$\dot{Q}_v = \text{peak Heat Release Rate controlado por la ventilación [KW]}.$

$\dot{m}_a = \text{velocidad del flujo de aire entrante} = 0,5 \times A_o \times \sqrt{H_o} \left[\frac{kg}{s} \right].$

$c_p = \text{calor específico del aire} = 1,02 \left[\frac{KJ}{kg^\circ K} \right].$

$T_g = \text{Temperatura del gas acumulado en la capa superior} = 873 [^\circ K].$

$T_o = \text{Temperatura inicial del recinto} = 293 [^\circ K].$

$\varepsilon = \text{emisividad} = 0,5.$

$\sigma = \text{constante de Stefan - Holtzmann} = 5,67 \times 10^{-11} \left[\frac{kW}{m^2 \times ^\circ K^4} \right].$

El flujo de calor controlado por la ventilación \dot{Q}_v [73] queda:

$$\text{(ec.) 2.3.7} \quad \dot{Q}_v = 620 \times A_o \times \sqrt{H_o}$$

Paralelamente, si analizamos el calor generado por la reacción de combustión, podemos asumir que cada kilogramo de oxígeno produce 13,1 MJ, y como el aire sólo posee un 23% de este elemento y la cantidad de oxígeno en la habitación está expresada por $\dot{m}_a = 0,5 \times A_o \times \sqrt{H_o} \left[\frac{kg}{s} \right]$, el flujo de calor obtenido a partir de la estequiometría $\dot{Q}_{\text{estequiométrico}}$ es:

$$\text{(ec.) 2.3.8} \quad \dot{Q}_{\text{estequiométrico}} = 0,5 \times A_o \times \sqrt{H_o} \left[\frac{kg}{s} \right] \times 23\% \times 13100 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

$$\text{(ec.) 2.3.9} \quad \dot{Q}_{\text{estequiométrico}} = 1506,5 \times A_o \times \sqrt{H_o} [kW]$$

Luego, dado que no todo el oxígeno disponible dentro del recinto participa en la combustión, se asume que un porcentaje cercano al 50% reacciona de manera efectiva con el combustible, y por ende, $\dot{Q}_v = 0,5 \times \dot{Q}_{estequimetrico}$, finalmente se obtiene :

$$(ec.) \text{ 2.3.10} \quad \dot{Q}_v \approx 750 \times A_o \times \sqrt{H_o} [kW]$$

Por lo tanto, podemos ver que independiente de la forma de abordar el fenómeno, se llegan a expresiones numéricas bastante cercanas, por lo tanto, promediando ambas, la expresión de \dot{Q}_v queda de la siguiente manera:

$$(ec.) \text{ 2.3.11} \quad \dot{Q}_v \approx 685 \times A_o \times \sqrt{H_o} [kW]$$

2.3.1.1.2 FLASHOVER

Una de las características más importantes para que el flashover ocurra en un recinto cerrado, es que la temperatura de la capa de gases producidos y acumulados en la parte superior sea cercana a los 600°C [73].

Para poder predecir, por tanto, el calor necesario para alcanzar estas temperaturas, se estudia el balance de energía de la capa superior de gases a través de la siguiente expresión:

$$(ec.) \text{ 2.3.12} \quad \dot{Q}_{fo} = \dot{m}_a \times c_p \times (T_g - T_o) + q_{loss}$$

donde

\dot{Q}_{fo} = Heat Release Rate del fuego al momento del flashover [kW].

\dot{m}_a = velocidad del flujo de aire entrante $\left[\frac{kg}{s}\right]$.

c_p = calor específico del aire $\left[\frac{kJ}{kg^{\circ}K}\right]$.

T_g = Temperatura del gas acumulado en la capa superior [°K].

T_o = Temperatura inicial del recinto [°K].

q_{loss} = Transferencia de calor radiativo y convec. desde la capa superior [kW].

Existen diversos métodos que describen la fórmula del flujo de calor en el flashover \dot{Q}_{fo} de manera más directa. Dentro de los más importantes están los métodos de Thomas y Mccaffrey-Quintiere-Harkleroad.

2.3.1.1.2.1 THOMAS

Thomas establece que $q_{loss} = 7,8 \times A_T$, siendo A_T el área inicial del combustible quemado, y considera que el flashover ocurre a una temperatura de 577°C [73]. La velocidad de liberación de calor en el flashover \dot{Q}_{fo} está descrito por:

$$(ec.) \ 2.3.13 \quad \dot{Q}_{fo} = 7,8 \times A_T + 378 \times A_o \times \sqrt{H_o}$$

Donde

A_T = Área total de la envolvente [m^2].

A_o = Área total de las aberturas de la envolvente [m^2].

H_o = Altura de las aberturas de la envolvente [m].

2.3.1.1.2.2 McCaffrey

McCaffrey aborda lo incompleta de las expresiones anteriores, dado que en ningún momento mencionan la dependencia existente entre el calor necesario para alcanzar el flashover y el material del cual está fabricada la envolvente. Este último factor influye directamente en el desarrollo de un fuego, dado determina la cantidad de calor necesario para alcanzar temperaturas determinadas en el interior de un recinto [73].

Si la envolvente del recinto presenta una conductividad alta, la pérdida de calor es mayor que si lo comparamos con la que se generan en materiales con menor conductividad térmica. Por ende, se asume que la pérdida neta del calor en la envolvente queda expresada por $q_{loss} = h_k \times A_T \times (T_g - T_o)$, donde $(T_g - T_o) = \Delta T = 500^\circ C$.

De acuerdo a ajustes realizados por experimentos de McCaffrey, la expresión de la liberación de calor en el flashover es:

$$(ec.) \ 2.3.14 \quad \dot{Q}_{fo} = 610 \times (h_k \times A_T \times A_o \times \sqrt{H_o})^{\frac{1}{2}}$$

Para estimar el valor del parámetro h_k o coeficiente de transferencia de calor efectivo, es necesario estimar el tiempo de penetración térmica t_p :

$$(ec.) \ 2.3.15 \quad t_p = \frac{\delta^2}{4 \times \alpha_d}$$

Donde α_d se define como la difusividad térmica del material de la envolvente de espesor δ , que depende de la conductividad térmica k , del calor específico c y de la densidad ρ , y queda expresada por:

$$(ec.) \ 2.3.16 \quad \alpha_d = \frac{k}{\rho \times c}$$

Además, el coeficiente de transferencia de calor efectivo, h_k , queda definido de la siguiente forma:

$$(ec.) \ 2.3.17 \quad h_k = \sqrt{\frac{k \times \rho \times c}{t^*}} \quad \text{si } t < t_p$$

$$(ec.) \ 2.3.18 \quad h_k = \frac{k}{\delta} \quad \text{si } t \geq t_p$$

Donde

h_k = coeficiente de transferencia de calor efectivo = $\left[\frac{kW}{m^2 \times ^\circ K} \right]$.

t^* = tiempo en que se alcanzan temperaturas cercanas a $500^\circ C = 300[s]$.

δ = espesor de la envolvente $[m]$.

k = conductividad termica de la envolvente $\left[\frac{kW}{m \times ^\circ K} \right]$.

ρ = densidad del material de la envolvente $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$.

c = calor específico del material de la envolvente $\left[\frac{kJ}{kg \times ^\circ K} \right]$.

Se observa que la ec.2.3.14, es mucho más completa que la propuesta por Thomas, dado que incluye propiedades térmicas de los materiales de la envolvente que antes no eran consideradas, puesto que no es lo mismo tener una envolvente de madera o de hormigón. Dependiendo del caso, las conductividades de los materiales son distintas y las pérdidas de calor, que fluyen desde adentro del recinto hacia el exterior, también tienen distintas magnitudes.

En el gráfico 2.3.1.3. se observan valores de \dot{Q}_{fo} en el flashover para distintos materiales de la envolvente según la fórmula propuesta por McCaffey.

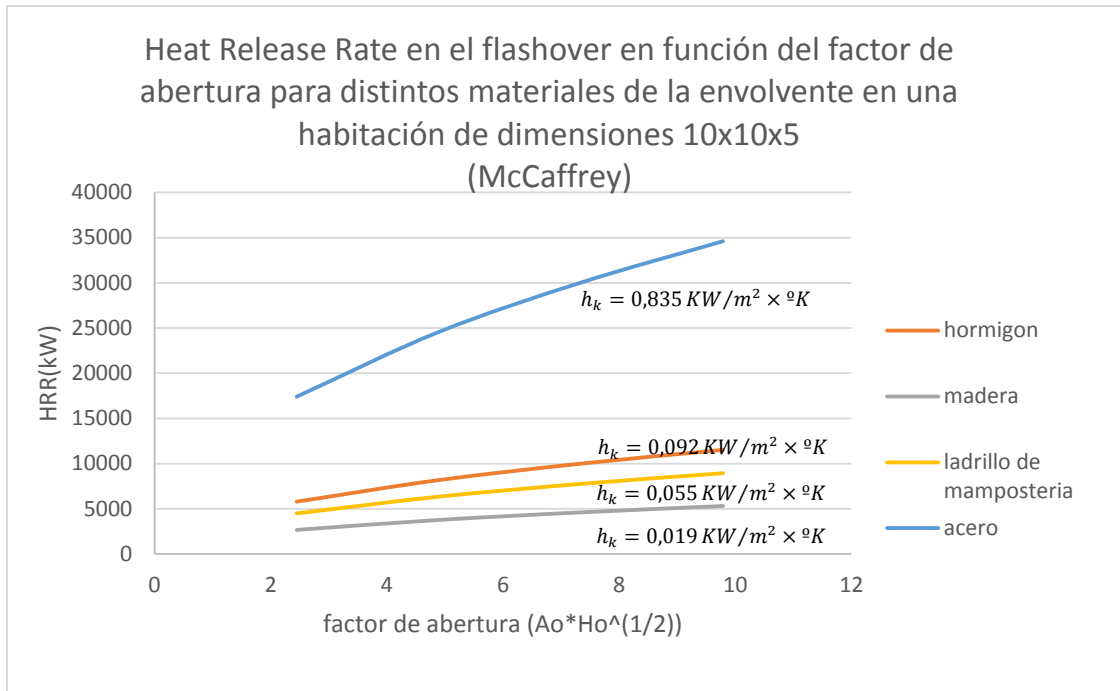


Gráfico 2.3.1.3.: “Heat Release Rate en el flashover en función del factor de apertura para distintos tipos de materiales en la envolvente en un habitación de 10x10x5; el factor de apertura se encuentra entre 2,447 y 9,789, se considera un $H_o=cte=2,2$ m; por McCaffrey.”

Para recintos con envolvente de alta conductividad térmica como es el caso del acero, el HRR necesario en el flashover para alcanzar temperaturas en el rango [500°C – 600°C] es mucho mayor que si consideramos materiales aislantes como la madera, dado que al presentar una baja conductividad, las pérdidas de energía se ven bastante disminuidas. (Ver gráfico 2.3.1.4.)

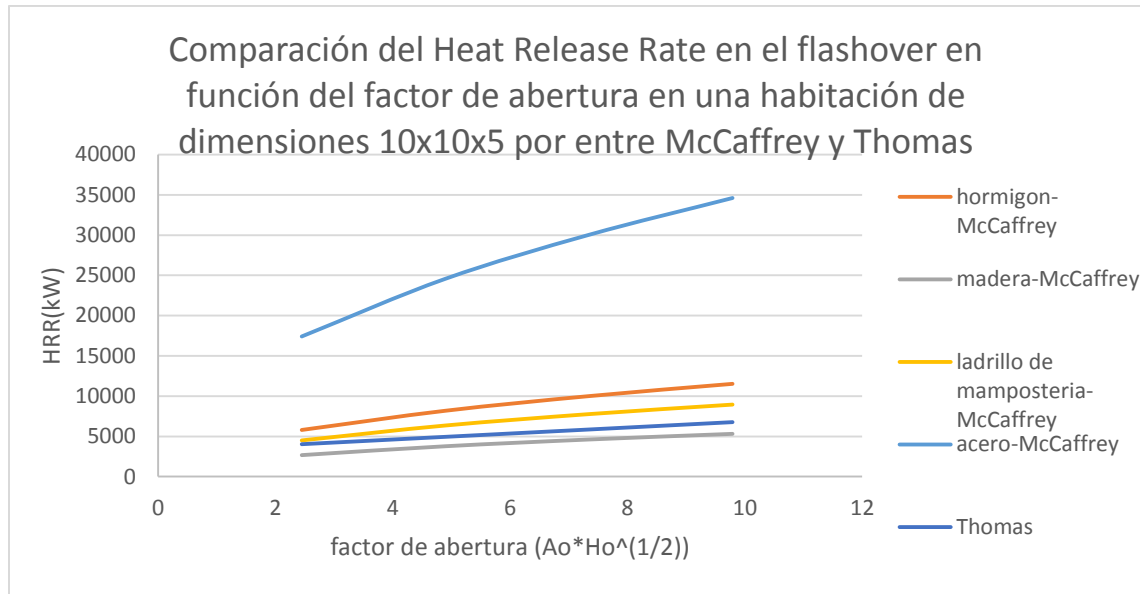


Gráfico 2.3.1.4.: “Comparación del Heat Release Rate en el flashover en función del factor de abertura para distintos tipos de materiales en la envolvente en un habitación de 10x10x5 entre los resultados de McCaffrey y Thomas.”

En el gráfico 2.3.1.4 se observa que el planteamiento de Thomas es bastante conservador con respecto a los resultados de McCaffrey, si bien posee valores cercanos en materiales de la envolvente como madera, ladrillo de mampostería y hormigón, en el caso del acero sus valores son bastante alejados, por ende, sus resultados ignoran el efecto positivo o negativo, dependiendo del caso, que generan determinados materiales de la envolvente.

Por lo tanto, podemos concluir que independiente si un fuego está controlado por la ventilación o el combustible, la velocidad de liberación de calor en el flashover \dot{Q}_{fo} depende principalmente del factor de abertura que determina la cantidad de aire que entra al recinto y además del material de la envolvente puesto que regula las pérdidas de calor desde el interior del recinto hacia el exterior.

2.3.1.1.3 RELACIÓN EXISTENTE ENTRE EL HRR-PEAK CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN Y EL HRR EN EL FLASHOVER

Para analizar la posibilidad de ocurrencia del flashover durante el desarrollo de un fuego, es necesario comparar las magnitudes del Peak Heat Release Rate \dot{Q}_v y Heat Release Rate en el flashover \dot{Q}_{fo} [73].

En el caso que $\dot{Q}_{fo} < \dot{Q}_v$, el flashover ocurre, por lo tanto, si en un tiempo t_{fo} , $\dot{Q}(t_{fo}) = \dot{Q}_{fo}$, la tasa de liberación de calor \dot{Q} crece inmediatamente al Peak Heat Release Rate \dot{Q}_v . (Ver gráfico 2.3.1.5.)

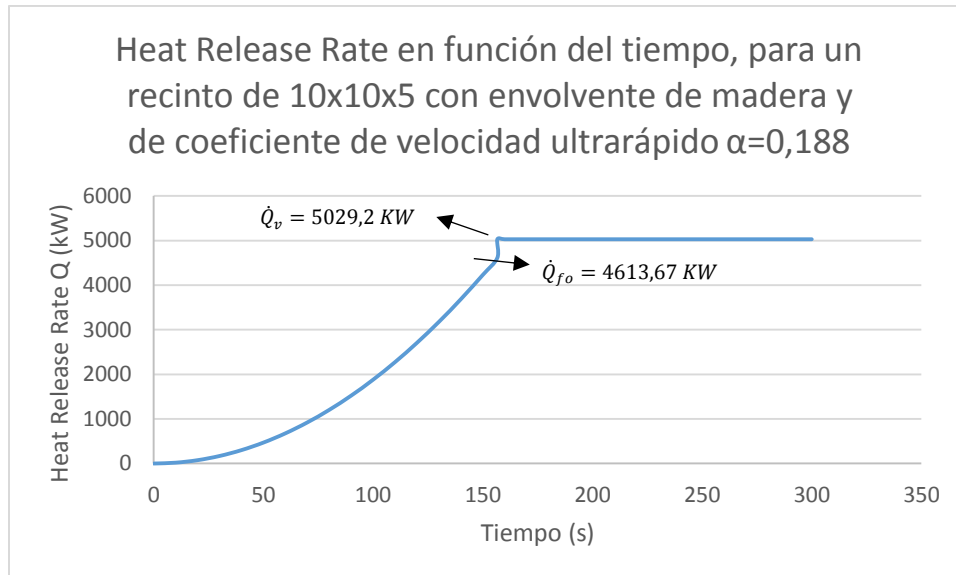


Gráfico 2.3.1.5.: “Heat Release Rate en función del tiempo para un recinto de 10x10x5 con envolvente de madera y con valores de $A_o=4,95 \text{ m}^2$, $H_o=2,2 \text{ m}$ y $A_t=395,05 \text{ m}^2$; se considera una velocidad de crecimiento ultrarápida ($\alpha=0,188$).”

2.3.2 MODELOS DE INCENDIO

Los modelos de incendio se clasifican en: modelos de una zona y modelos de dos zonas. [13]

2.3.2.1 MODELOS DE UNA ZONA

Se aplica un modelo de una zona a los instantes posteriores a la inflamación súbita generalizada o flashover en donde variables como Temperatura T , densidad del aire ρ_{gas} , energía interna E y la presión del aire interior P_{int} se suponen homogéneas.

La evolución de la temperatura se calcula teniendo en cuenta:

- Ecuaciones de conservación de masa y energía.
- Intercambio de masa entre el gas interior, el aire exterior (aberturas) y el fuego (velocidad de pirolisis).
- Intercambio de energía entre el fuego, gas interior, paredes y aberturas.

Las expresiones anteriores si las traducimos de manera analítica se resumen de la siguiente forma en:

- **LEY DE LOS GASES**

(ec.) 2.3.19 $P_{int} = \rho_g \times R \times T_g$

Donde

$$P_{int} = \text{Presión interior del gas} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$\rho_g = \frac{n}{V_{recinto}} = \text{densidad del gas} \left[\frac{n^\circ \text{ de moles}}{m^3} \right]$$

$$R = \text{constante de los gases} = 8,314 \left[\frac{J}{mol \times ^\circ K} \right]$$

$$T_g = \text{Temperatura de los gases} [^\circ K]$$

- **BALANCES DE MASA**

(ec.) 2.3.20 $\frac{dm}{dt} = \dot{m}_{interior} - \dot{m}_{exterior} + \dot{m}_{productos}$

Donde

$$\frac{dm}{dt} = \text{pérdida de masa del gas en el interior del recinto por unidad de tiempo} \left[\frac{g}{s} \right].$$

$$\dot{m}_{interior} = \text{masa de gas que entra por las aberturas por unidad de tiempo} \left[\frac{g}{s} \right].$$

$$\dot{m}_{exterior} = \text{masa de gas que sale por las aberturas por unidad de tiempo} \left[\frac{g}{s} \right].$$

$$\dot{m}_{productos} = \text{masa de gas que se produce por la combustión} \left[\frac{g}{s} \right].$$

Tanto $\dot{m}_{interior}$ como $\dot{m}_{exterior}$ se pueden calcular a partir de la presión estática interior debido a la diferencia de densidad existente a $T_{ambiente}$ y $T_{interior}$.

- **BALANCE ENERGÉTICO**

(ec.) 2.3.21 $\frac{dE_g}{dt} = Q + Q_{interior} - Q_{exterior} - Q_{muros} - Q_{radiación}$

Donde

$$\frac{dE_g}{dt} = \text{variación de la energía interna del gas} \left[\frac{J}{s} \right].$$

$$Q = \text{velocidad de liberación del fuego (HRR)} [W].$$

$$Q_{interior} = \dot{m}_{interior} \times c \times T_g [W].$$

$$Q_{exterior} = \dot{m}_{exterior} \times c \times T_{ambiente} [W].$$

$$Q_{muros} = (A_{total\ envoltante} - A_{total\ aberturas}) \times \dot{q}_{neto} [W].$$

$$Q_{radiación} = A_{total\ aberturas} \times \sigma \times T_g^4 [W].$$

2.3.2.2 MODELOS DE DOS ZONAS

Un modelo de dos zonas se basa en la hipótesis que los productos generados por la combustión se acumulan en una capa cercana al techo en donde el gas, formado por la mezcla de estos productos, posee características uniformes. Dentro del recinto, podemos definir diferentes zonas de análisis que se diferencian entre sí al tener variaciones notorias en algunos parámetros. Éstas son:

- Capa superior.
- Capa inferior.
- Fuego y penacho.
- Aire exterior.
- Paredes.

A continuación, podemos observar un esquema de un modelo de dos zonas

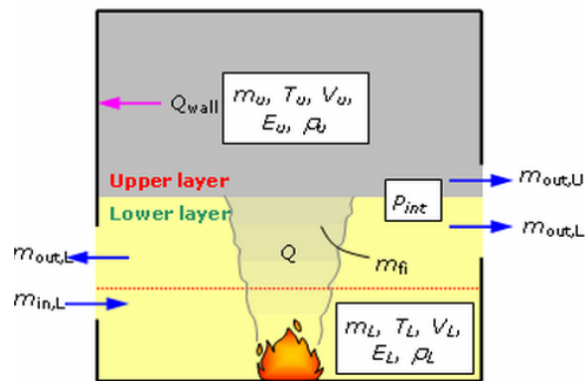


Figura 2.3.1.: “Esquema de un modelo de dos zonas.”

Un modelo de dos zonas evoluciona hacia uno de una zona, sólo cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- *Temperatura del gas T_g de la capa superior $> 500^\circ\text{C}$*
- *Altura de la capa de humo $> 80\%$ de la altura total*

Dentro de cada zona temperatura, velocidad y otras propiedades se consideran uniformes, el estudio del intercambio entre las zonas ya descritas anteriormente de masa, energía, momentos y entalpía se realiza a través de las ecuaciones propias de modelos de una zona con la diferencia que en estos casos las áreas o volúmenes de control analizados son más acotados.

Las predicciones de este modelo, se basan en la ecuación de los gases ideales que da a entender que los gases calientes viajan hacia la parte alta del compartimiento mientras que los gases fríos se mantienen localizados en la planta inferior.

Experimentalmente, en la realidad existen variaciones de las condiciones a lo largo de estas zonas, sin embargo, estas son pequeñas en comparación con las existentes cuando cambiamos de zona de análisis.

Los inconvenientes de estos modelos aparecen cuando las hipótesis con respecto a las características del incendio, realizadas en el prediseño, no son exactas, sumado a que a veces al tratarse de recintos con geometrías complejas es imposible modelarlos de manera adecuada.

2.3.2.3 PENACHO DE INCENDIO

Un penacho es una columna de gases más humo que es emitido por un incendio y tiene origen en una fuente puntual de calor a una altura de $z = 0$. Se alimenta del aire que proviene de la diferencia de densidades entre el aire frío circulante y el que existe encima de la fuente de ignición. [19]

Las hipótesis asumidas para analizar este proceso son:

- Temperatura y velocidad son constantes sobre una sección horizontal desde el punto de origen z y a lo largo de un radio R , fuera de este radio tanto velocidad como temperatura son nulas.
- Existe una relación entre la velocidad de ascensión del penacho μ y la de entrada lateral del flujo de aire v , mediante la expresión:

(ec.) 2.3.22

$$v = \alpha \times \mu$$

con $\alpha = 15\%$

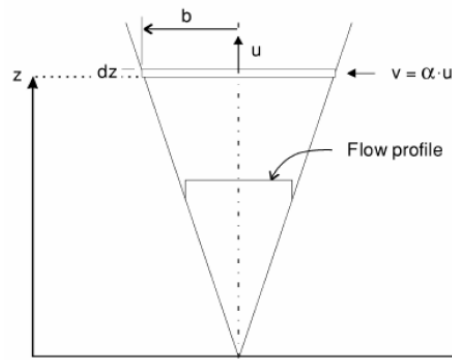


Figura 2.3.2.: "Penacho de incendio."

2.3.2.3.1 ORIGEN VIRTUAL Y DIÁMETRO DEL FUEGO

Para poder estudiar un penacho ideal es necesario definir un origen virtual (Ver figura 2.3.3.), es decir, un punto finito en donde se produce la combustión. Esta variable, depende del diámetro del fuego D y del calor liberado \dot{Q} , y se expresa como:

(ec.) 2.3.23

$$z_o = 0,083 \times \dot{Q}^{\frac{2}{5}} - 1,02 \times D$$

donde

\dot{Q} = Heat Release Rate del fuego [kW].

D = Diámetro del fuego [m].

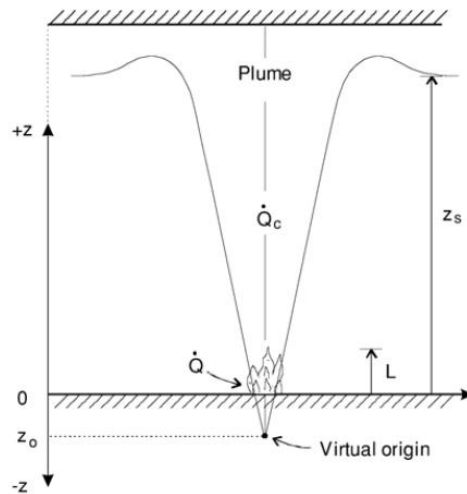


Figura 2.3.3.: “Origen virtual del penacho de incendio.”

En el caso de combustibles sólidos, el origen virtual coincide con la superficie del material combustible ($z_o \approx 0$), y por ende, la expresión anterior que indica la relación entre \dot{Q} [kW] y D [m], para materiales combustibles sólidos se aproxima a:

(ec.) 2.3.24

$$D \approx 0,069 \times \dot{Q}^{\frac{2}{5}}$$

Donde

\dot{Q} = tasa de liberación de calor [kW].

D = Diámetro del fuego [m].

Dado que $\dot{Q} = \alpha \times t^2$, con α factor que depende del tipo de tasa de crecimiento del fuego, el diámetro D en m del fuego en función del tiempo t en segundos, queda de la siguiente forma:

(ec.) 2.3.25

$$D \approx 0,069 \times \alpha^{\frac{2}{5}} \times t^{\frac{4}{5}}$$

Donde

α = coeficiente del crecimiento del fuego $\left[\frac{kW}{s^2} \right]$.

t = tiempo [s].

D = Diámetro del fuego [m].

Para poder ver la forma indistinta en la cuál evoluciona el diámetro del fuego para distintos tipos de velocidades de crecimiento, de manera ilustrativa se presenta el siguiente grafico en donde se obtienen diámetros para distintos tipos de crecimientos del fuego:

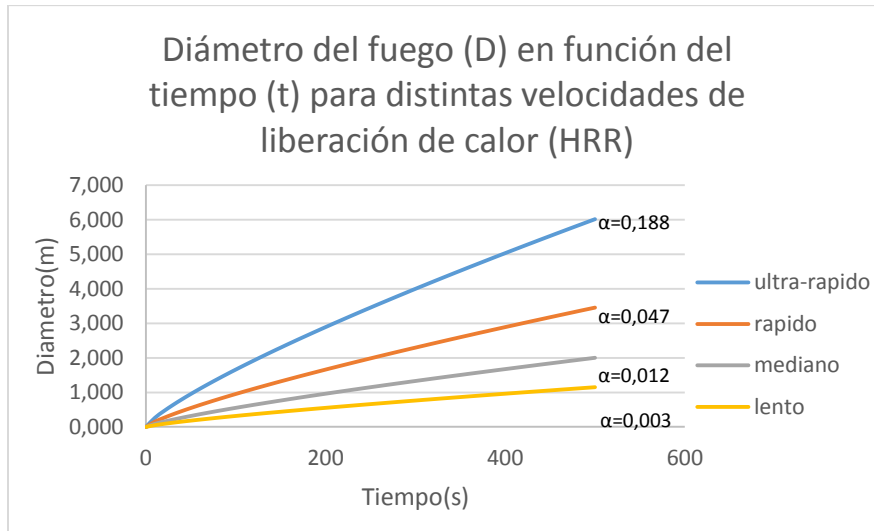


Gráfico 2.3.2.1.: “Diámetro del fuego en función del tiempo para distintas velocidades de liberación de calor.”

En el grafico 2.3.2.1., podemos observar que, para un mismo tiempo, el diámetro involucrado en un fuego del tipo flaming fire con una alta velocidad de liberacion del fuego es casi 6 veces más grande que un fuego del mismo tipo con baja velocidad.

2.3.2.3.2 PENACHO AXISIMÉTRICO

Un penacho axisimétrico se caracteriza por tener una simetría axial y originarse en lugares alejados de las paredes, por ende, el aire es arrastrado desde todas las direcciones hacia el centro del fuego.

A lo alto, se divide en dos zonas: una es la parte luminosa y la otra es la capa de humos (ver figura 2.3.4.). [12] Para calcular la altura de la parte luminosa es necesario definir la parte del calor total que es transportado, dado que sólo es considerada la parte convectiva como la que alimenta al penacho de energía, la restante se pierde a través de la radiación.

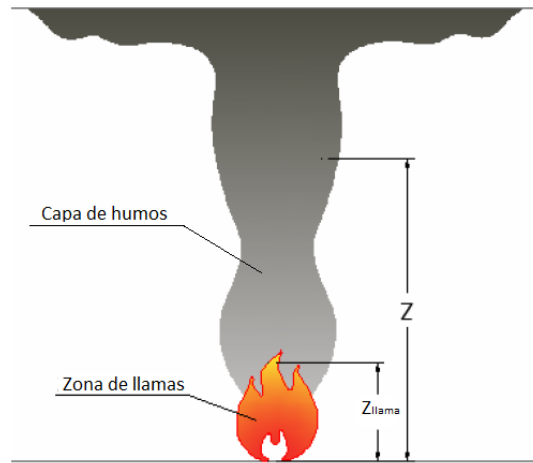


Figura 2.3.4.: “Altura de la capa de humos y de la zona luminosa del penacho axisimétrico.”

Para fuegos originados en maderas sólo un 65% del fuego total está vinculado a la parte convectiva, y para plásticos entre 50 – 60%. Según, CIBSE(TM19) cerca de un tercio del calor es irradiado, por lo tanto el calor convectivo se expresa de la siguiente forma:

(ec.) 2.3.26
$$\dot{Q}_{convectivo} = \frac{\dot{Q}_{total}}{1,5}$$

Donde

\dot{Q} = tasa de liberación de calor [kW].

Para poder describir un penacho detalladamente, es necesario describir la altura de la llama, diámetro del fuego, flujo de aire afluente y temperatura.

2.3.2.3.2.1 ALTURA DE LA LLAMA

La altura de la parte luminosa z_{llama} depende de las dimensiones del diámetro del fuego. Para definir si un diámetro es pequeño o grande se usan las siguientes expresiones:

- Se define un diámetro pequeño si:

(ec.) 2.3.27
$$\dot{Q}_{convectivo}^{(2)} > 14 \times D$$

Donde

$\dot{Q}_{convectivo}$ = tasa de liberación de calor convectivo [kW].

D = Diámetro del fuego [m].

- En cambio, un diámetro grande, se presenta cuando se cumple:

(ec.) 2.3.28
$$\dot{Q}_{convectivo}^{(\frac{2}{5})} < 14 \times D$$

Donde

$\dot{Q}_{convectivo}$ = tasa de liberación de calor convectivo [KW].
 D = Diámetro del fuego [m].

De acuerdo a lo anterior:

- Para diámetros pequeños:

(ec.) 2.3.29
$$z_{llama} = 0,2 \times \dot{Q}_{convectivo}^{\frac{2}{5}}$$

Donde

$\dot{Q}_{convectivo}$ = tasa de liberación de calor convectivo [kW].
 z_{llama} = Altura de la llama [m].

- Y para diámetros grandes:

(ec.) 2.3.30
$$z_{llama} = \frac{0,035 \times \dot{Q}_{convectivo}^{\frac{2}{3}}}{\left(D + 0,074 \times \dot{Q}_{convectivo}^{\frac{2}{5}}\right)^{\frac{2}{3}}}$$

Donde

$\dot{Q}_{convectivo}$ = tasa de liberación de calor convectivo [kW].

Si estamos en presencia de diámetros pequeños o sea $D < 0,3$ m, y usamos la expresión de flujo de calor convectivo de la forma $\dot{Q}_{convectivo} = \frac{\alpha \times t^2}{1,5}$, entonces, z_{llama} en función del tiempo se reescribe de la siguiente forma:

(ec.) 2.3.31
$$z_{llama} = 0,153 \times (\alpha \times t^2)^{\frac{2}{5}}$$

Donde

α = coeficiente del crecimiento del fuego $\left[\frac{kW}{s^2}\right]$.

t = tiempo [s].

El gráfico 2.3.2.2. muestra la evolución de la altura de la llama en función del tiempo para un fuego de alta velocidad de crecimiento.

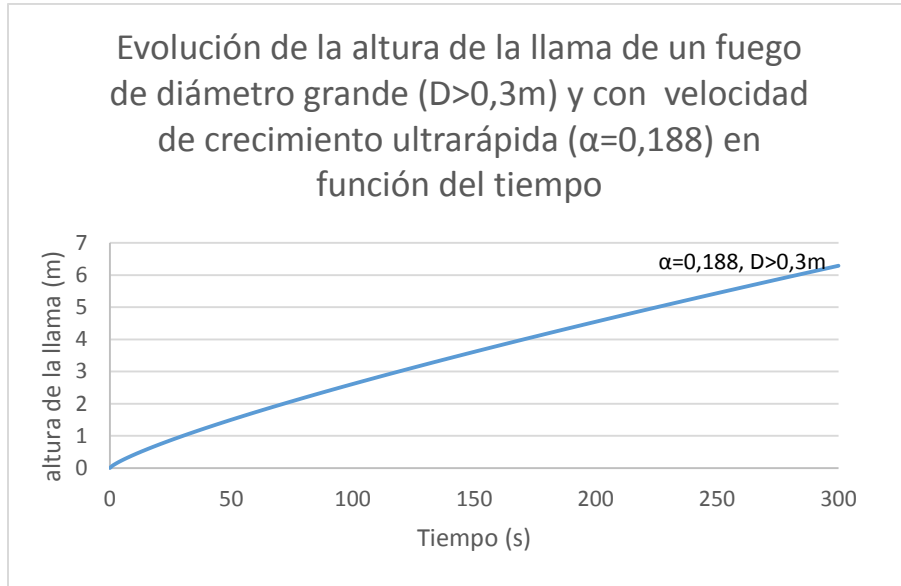


Gráfico 2.3.2.2.: “Evolución de la altura de la llama en función del tiempo para un fuego de diámetro grande $D > 0,3\text{ m}$ y una velocidad de crecimiento ultrarápida $\alpha = 0,188$.”

Además, es posible obtener el valor diámetro D y de la altura de la llama z_{llama} , a través del tiempo (Ver gráfico 2.3.2.3.).

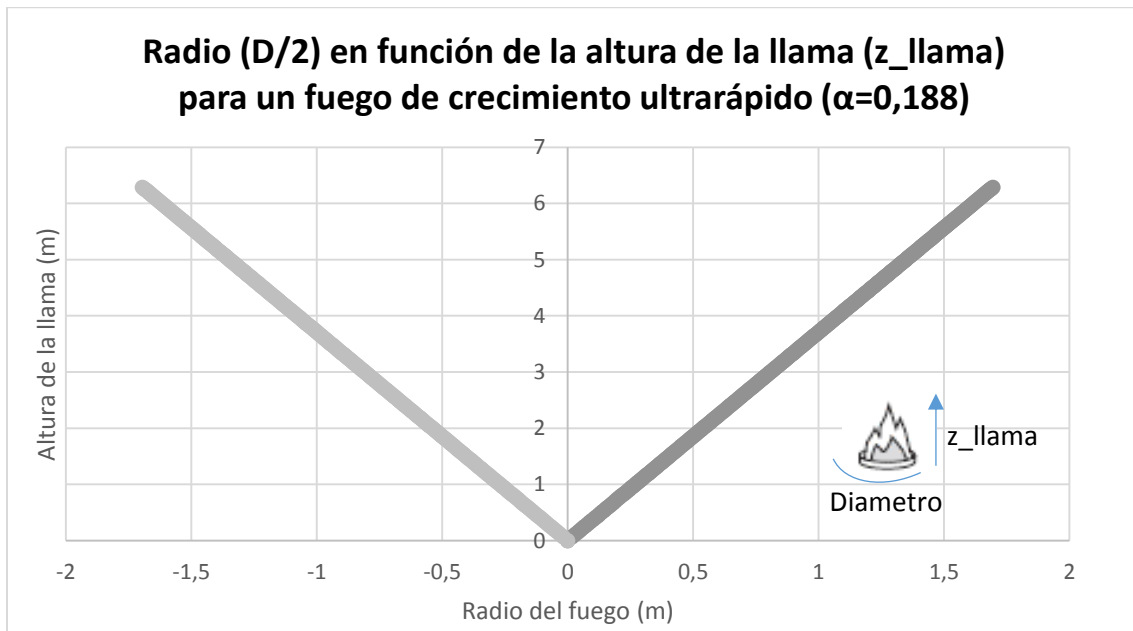


Gráfico 2.3.2.3.: “Radio en función de la altura de la llama para un fuego de crecimiento ultrarápido $\alpha = 0,188$.”

En el gráfico anterior, por simplicidad, en el bosquejo se dibujó el radio y no el diámetro, dado que nos entrega una noción más real de cómo evoluciona la llama en altura. Cada altura, posee dos valores correspondientes en la abscisa, sólo se considera el valor absoluto de esto y su suma corresponde al valor del diámetro, $2 \times R = D$.

2.3.2.3.2 FLUJO DE AIRE AFLUENTE AL PENACHO

Luego de definida la zona luminosa, es posible determinar la velocidad con la que crece la capa de humos usando la expresión siguiente:

$$(ec.) \ 2.3.32 \quad M = 0,071 \times \dot{Q}_{convectivo}^{\frac{1}{3}} \times (z - z_o)^{\frac{5}{3}}$$

Donde

$M =$ cantidad de aire que entra en el penacho $\left[\frac{kg}{s}\right]$.

$z =$ altura de la capa de humo con $z > z_{llama}$ $[m]$.

$z_o = 0$ para fuegos sólidos.

$\dot{Q}_{convectivo} =$ flujo de calor convectivo $[kW]$.

Por tanto, la ec. 2.3.32. se reduce a:

$$(ec.) \ 2.3.33 \quad M = 0,071 \times \dot{Q}_{convectivo}^{\frac{1}{3}} \times z^{\frac{5}{3}}$$

2.3.2.3.3 TEMPERATURA DEL PENACHO

La temperatura media del penacho viene dada por la ec.2.3.34.

$$(ec.) \ 2.3.34 \quad T_m - T_o = \frac{\dot{Q}_{convectivo}}{M \times C_p}$$

Donde

$C_p =$ calor específico del aire $= 1,02 \left[\frac{kJ}{kg \times ^\circ K}\right]$.

$T_m =$ Temperatura del penacho $[^\circ K]$.

$M =$ Cantidad de aire que entra al penacho $\left[\frac{kg}{s}\right]$.

$T_o = 293 [^\circ K]$.

Si reemplazamos en la ec. 2.3.34. el valor de M de la ec. 2.3.33., entonces:

(ec.) 2.3.35

$$\Delta T_o = \frac{13,807 \times \dot{Q}_{convectivo}^{\frac{2}{3}}}{z^{\frac{5}{3}} \times C_p}$$

Donde

$z > z_{llama}$ para todo tiempo.

Por lo tanto, T_m es función del tiempo, la altura y de la velocidad de crecimiento del fuego (parte convectiva). Esta fórmula nos permite obtener el valor de la temperatura en función del tiempo fijando una altura en particular desde el origen del fuego.

Si usamos la siguiente equivalencia $\dot{Q}_{convectivo} = \frac{\alpha \times t^2}{1,5}$, la temperatura queda en función del tiempo t y de la altura z :

(ec.) 2.3.36

$$\Delta T_o = \left(\frac{10,536 \times \alpha^{\frac{2}{3}}}{C_p} \right) \times \left(\frac{t^4}{z^5} \right)^{\frac{1}{3}}$$

En el gráfico 2.3.2.4. se detalla la evolución de la temperatura del penacho, específicamente de la capa de humo, en función de la altura y para cada tiempo t en un fuego de velocidad de crecimiento ultrarrápida.

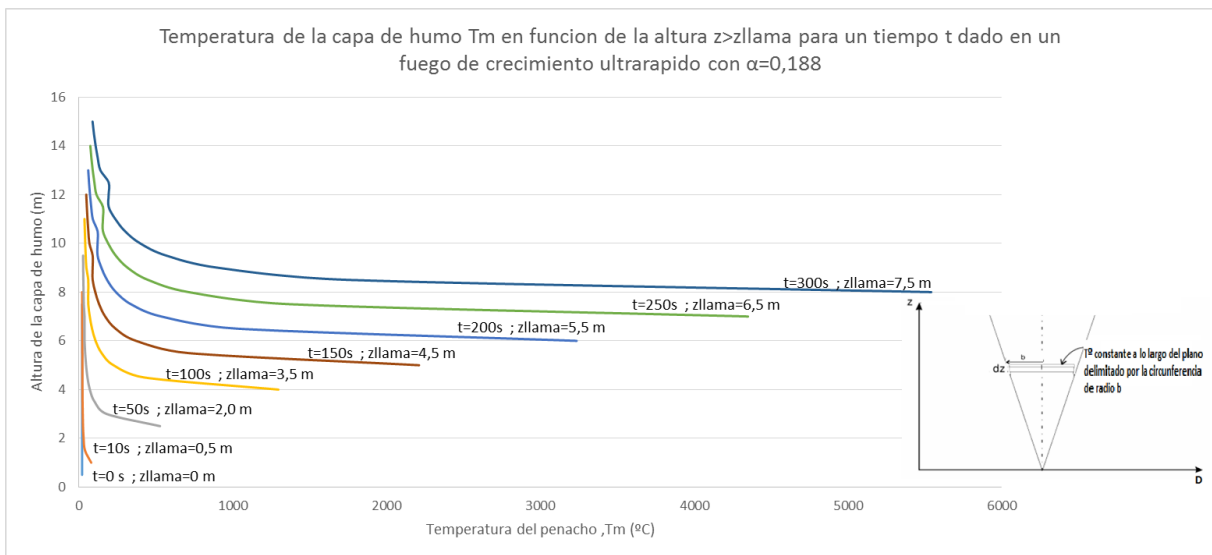


Gráfico 2.3.2.4.: “Gráfico de evolución de la temperatura del penacho en función de la altura $z > z_{llama}$ para un fuego de crecimiento ultrarrápido $\alpha=0,188$.”

Sin embargo, el supuesto de que la temperatura del penacho es constante para una misma altura no es tan cierto, dado que la distribución real de la temperatura sigue una campana de gauss como la descrita en la figura siguiente:

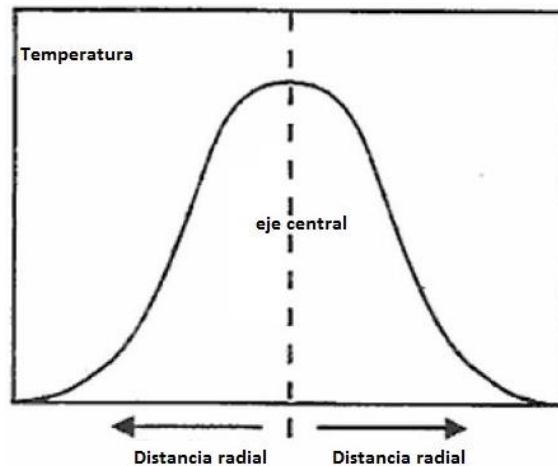


Figura 2.3.5.: “Distribución Gaussiana de la temperatura para una altura determinada.”

Para simplificar el análisis, la distribución de gauss de la temperatura considera que la temperatura máxima de esta distribución se encuentra en el eje central y se denomina T_m , considerándola también como la temperatura representativa de toda la sección.

2.3.2.3.2.4 TASA DE PRODUCCIÓN DE HUMO

El volumen de humo es función de la temperatura y de la masa de humo producido según la siguiente ecuación:

$$(ec.) \ 2.3.37 \quad V = \frac{M}{\rho} = \frac{M \times T_m}{\rho_o \times T_o} = \frac{M}{\rho_o} + \frac{\dot{Q}_{convectivo}}{\rho_o \times T_o \times C_p}$$

Donde

$$V = \text{volumen de humo} \left[\frac{m^3}{s} \right].$$

$$\rho = \text{densidad de humo} \left[\frac{kg}{m^3} \right].$$

$$\rho_o = \text{densidad del aire} = 1,2 \left[\frac{kg}{m^3} \right].$$

$$\rho_o \times T_o = 352 \left[\frac{kg \times ^\circ K}{m^3} \right].$$

$$C_p = \text{calor específico del aire} = 1,02 \left[\frac{kJ}{kg \times ^\circ K} \right].$$

$$\dot{Q}_{convectivo} = \text{velocidad de liberación de calor de forma convectiva} [kW].$$

Si usamos $\dot{Q}_{convectivo} = \frac{\alpha \times t^2}{1,5}$ y $M = 0,071 \times \dot{Q}_{convectivo}^{\frac{1}{3}} \times z^{\frac{5}{3}}$, la ec.2.3.37. en función del tiempo t y de la altura z es:

(ec.) 2.3.38
$$V(z, t) = 0,052 \times \alpha^{\frac{1}{3}} \times t^{\frac{2}{3}} \times z^{\frac{5}{3}} + \frac{\alpha \times t^2}{633,6}$$

Donde
 $z > z_{llama}$

El gráfico 2.3.2.5. indica la relación entre la altura de la capa de humo y el flujo de aire que entra al penacho.

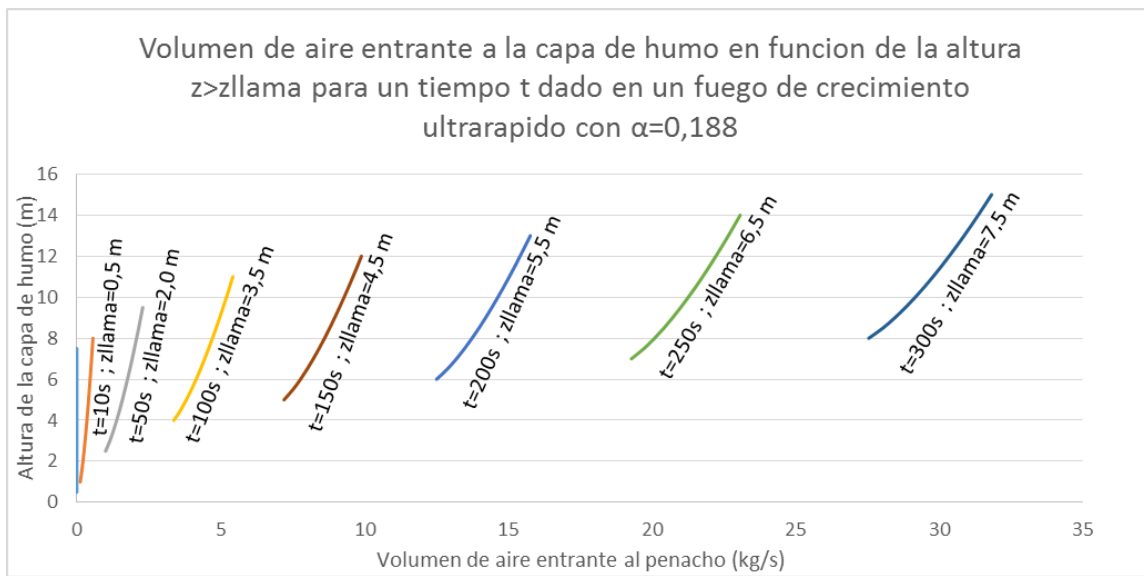


Gráfico 2.3.2.5.: “Gráfico de evolución del volumen de aire entrante al penacho en función de la altura $z > z_{llama}$ para un fuego de crecimiento ultrarrápido $\alpha=0,188$.”

2.4 ESCENARIOS DE INCENDIO

2.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Según NFPA-101 un escenario de incendio es el conjunto de condiciones que lo definen detalladamente, incluye a las condiciones anteriores a la ignición, a las condiciones previas a su extinción o de máximo desarrollo, a la propagación de los productos de combustión y los efectos que generan éstos últimos en las personas.

2.4.2 ASPECTOS CLAVES

A través de un escenario de incendio se pretende identificar toda la información disponible con respecto a las probabilidades del inicio del fuego, sus causas y su propagación. Además, es menester averiguar lo relacionado con la posibilidad de que los ocupantes resulten afectados y que los contenidos y estructura del recinto terminen dañados.

Un escenario de incendio cualquiera, posee factores claves que se agrupan en tres grandes rasgos: Características del fuego y características del recinto.

2.4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO

Dentro de las características del fuego se incluyen: Naturaleza de los combustibles, disposición geométrica del combustible, geometría del recinto, características de los combustibles, ventilación, condiciones externas y sistemas de protección activa existentes.

Las características relacionadas con el combustible (cantidad, tipo, temperatura de ignición) y las condiciones de ventilación (características geométricas del recinto), son usadas para definir la velocidad de liberación de calor (HRR) durante un incendio. Estos parámetros representan la tarjeta de identidad del fuego y son elementos claves en el cálculo de la tasa de producción de humo, y forman parte también, de los datos de entrada de los software de simulación de incendios.

2.4.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL RECINTO

Se destacan las características arquitectónicas, los sistemas de protección activa existentes, el tiempo de respuesta de los equipos de emergencia contra incendios existentes, condiciones externas y la presencia de ventilación natural y/o mecánica.

Los puntos anteriores intervienen en mayor o menor medida en la evacuación de los ocupantes, el crecimiento y desarrollo del incendio y en el movimiento y difusión del combustible.

2.5 DESCRIPCIÓN BÁSICA DEL MOVIMIENTO DE PERSONAS

2.5.1 MOVIMIENTO BÁSICO

2.5.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Un movimiento de una o varias personas, puede ser definido básicamente a partir de 3 características principales:

- Densidad
- Velocidad
- Flujo

La densidad D , es la cantidad de personas que coexisten por m^2 , el inverso de la densidad $1/D$ se denomina módulo de paso, e indica el área en m^2 que ocupa cada persona que reside en un lugar determinado.

La velocidad v en $[m/s]$ nos indica la distancia recorrida por un grupo de personas para un tiempo determinado. Sin embargo, más adelante veremos su relación con la densidad, dado que están directamente relacionados para rangos de densidad determinados.

Por último, el flujo F es la cantidad de personas que pasan por un punto de referencia de ancho determinado A , ya sea de un pasillo, puerta o corredor. En base a lo anterior se plantea la siguiente fórmula que relaciona las variables expuestas anteriormente:

(ec.) 2.5.1
$$F = D \times v \times A$$

Donde:

$F = \text{flujo}$ [personas/s].

$D = \text{densidad}$ [personas/ m^2].

$S = \text{velocidad}$ [m/s].

$A = \text{ancho}$ [m].

2.5.1.2 RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO Y LA DENSIDAD DE OCUPACIÓN/CIRCULACIÓN

Según la SFPE (HandBook,4^o) [63] existe una estrecha relación entre la velocidad de desplazamiento y la densidad de personas, más aun cuando existen altos valores de densidad, es decir, se concluye que $v \cong f(D)$.

Para densidades bajas como $D < 0,5$ [personas/m²], se tienen velocidades máximas de desplazamiento cercanas a 1,25 [m/s]. En cambio, se llegan a velocidades muy bajas o punto muerto si $D \approx 4 - 5$ [personas/m²].

Gracias a autores como Fruin, Pauls, Predtechenskii y Milinskii es posible establecer una relación matemática entre velocidad y densidad de la siguiente forma:

(ec.) 2.5.2
$$v = k - a \times k \times D$$

Donde:

v = velocidad a lo largo de una línea de trayectoria [m/s].

k = constante1 [] = 1,40.

a = constante2 [] = 0,266.

D = densidad [personas/m²].

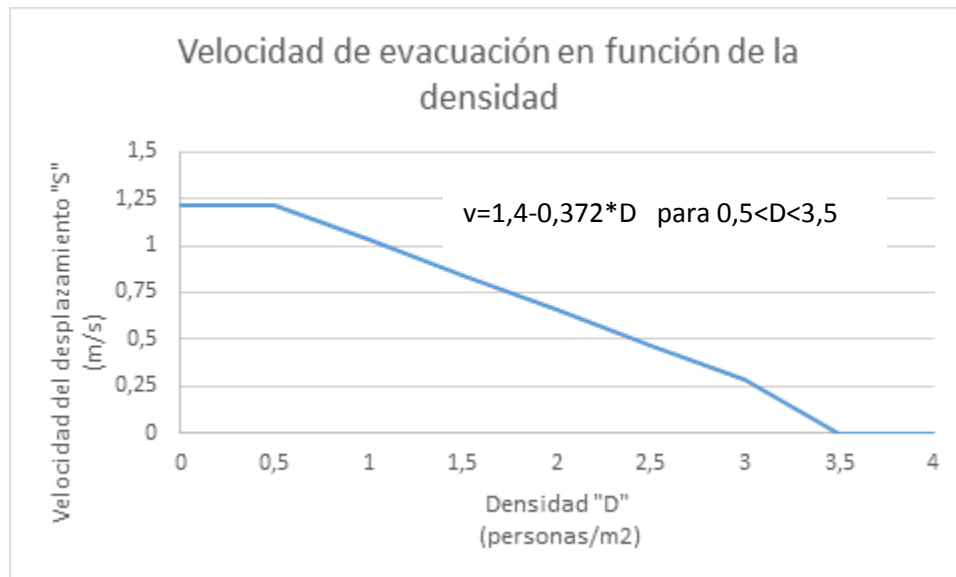


Gráfico 2.5.1.1.: “Velocidad de evacuación como una función de la densidad para corredores, pasillos y entradas o salidas de puerta.”

El análisis anterior tiene la particularidad de ser factible sólo para densidades de ocupación relativamente altas (superiores a 0,5 e inferiores a 3,5) y para circulación horizontal, de esta forma, se asegura que el movimiento de personas se asume como un todo, y por tanto, la variabilidad de los parámetros de locomoción básicos es baja. Este enfoque contrasta para densidades bajas, por la dificultad de calcular de manera precisa las velocidades de desplazamiento puesto que se agregan factores adicionales al análisis difíciles de parametrizar como edad, limitaciones físico-psicológicas o grupo familiar.

2.5.2 ELEMENTOS BÁSICOS DE EVACUACIÓN

Los elementos básicos de evacuación están formados por el origen de evacuación, las vías de evacuación y el destino seguro.

2.5.2.1 ORIGEN DE EVACUACIÓN

Para el análisis de evacuación, en recintos con alta densidad de ocupación, se considera como origen de evacuación cualquier punto disponible.

2.5.2.2 VÍAS DE EVACUACIÓN

Es el conjunto de dependencias que usan los ocupantes para ir desde un punto inicial de origen de evacuación hasta un lugar seguro. Está conformado por pasillos, rampas y escaleras. Los elementos, que formen parte del envolvente de las vías de evacuación, deben tener una resistencia al fuego tal que, sean estables al fuego durante todo el tiempo que se especifique ante la acción de un incendio, tengan ausencia de emisión de gases en la cara no expuesta al fuego, estanqueidad al paso de la llama y gases calientes, y evite que se produzcan en la cara no expuesta temperaturas superiores a las especificadas en Norma UNE 23093.

2.5.2.2.1 PASILLOS O ESCALERAS PROTEGIDAS

Son aquellos que cumplen con condiciones de aislamiento que se resumen en tener un comportamiento al fuego definido por RF-120 en sus paredes de la envolvente.

2.5.2.2.2 RAMPAS

Pasillos con pendiente menor a 12% cuando su longitud sea menor que 3 metros, menor a 10% cuando sea menor que 10 metros o del 8% en el resto de los casos.

2.5.2.2.3 RECORRIDO

Es la distancia existente entre dos puntos de evacuación medido sobre el propio eje de pasillos, escaleras, rampas, etc.

2.5.2.3 ESPACIO EXTERIOR SEGURO

La evacuación se considera exitosa si y solo si todos los ocupantes logran llegar al espacio exterior seguro, que se entiende como aquel lugar que no está afectado por el fuego, posee una rápida disipación térmica y de humos, y además, cuenta con múltiples accesos para la asistencia de los ocupantes.

2.5.3 ANCHO EFECTIVO

Las personas necesitan mantener cierta distancia o espacio libre con respecto a paredes u otros obstáculos estacionarios cuando se desplazan a través de cualquier tipo de vía de evacuación con el fin de mantener cierta estabilidad que les permitan tener movimientos seguros y efectivos. [28]

Según autores como Pauls, Fruin, Habicht y Braaksma, se define el ancho útil de un camino de salida como la anchura libre de la trayectoria descontando la suma de los anchos de todas las capas límites de la frontera existente. (Ver detalle en figura 2.5.1.).

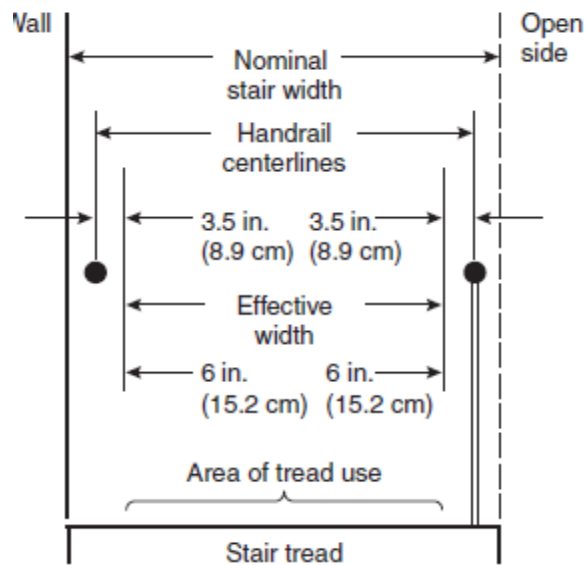


Figura 2.5.1.: “Esquema del ancho efectivo de escaleras.”

2.5.4 FLUJO DE OCUPANTES

2.5.4.1 FLUJO ESPECÍFICO

Es el flujo de evacuación de personas que pasan por un punto de la ruta de salida por unidad de tiempo y por unidad de ancho efectivo w_e de la ruta involucrada.

Se expresa en *personas/s/m* de ancho efectivo según la expresión:

(ec.) 2.5.3
$$f = v \times D$$

Reemplazando ec.2.5.2. en ec.2.5.3. queda:

(ec.) 2.5.4
$$f = (1 - a \times D) \times k \times D$$

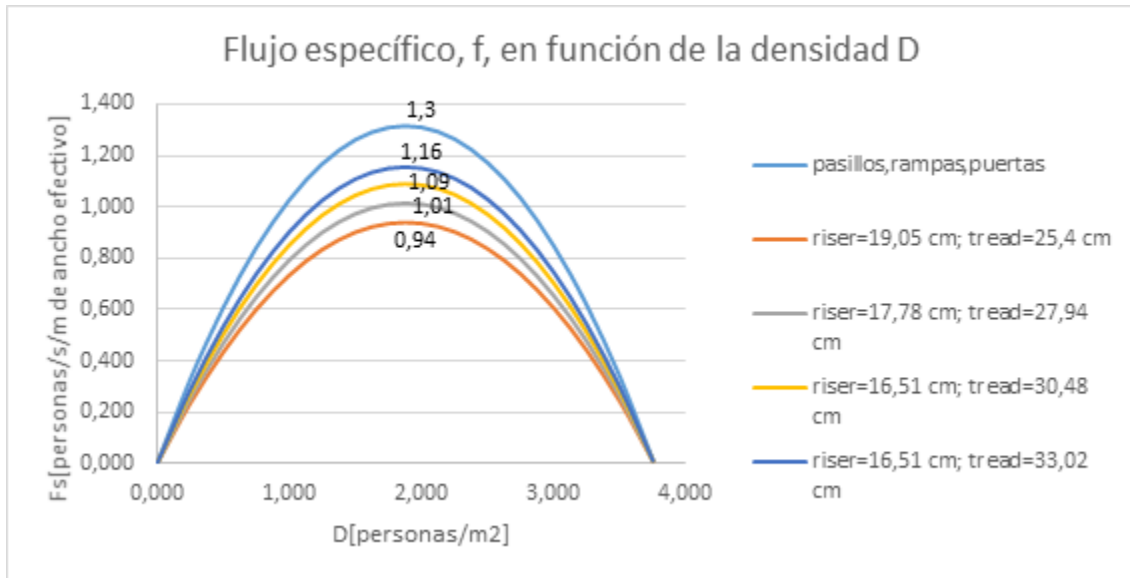


Gráfico 2.5.4.1.: “Flujo específico en función de la densidad para distintos elementos de evacuación.”

2.5.4.2 FLUJO TOTAL

Es la tasa del número de personas que pasan por un determinado punto en una ruta de evacuación. La ecuación 2.5.5. define F como:

(ec.) 2.5.5
$$F = f \times w_e \text{ [pers./s]}$$

Reemplazando la ec.2.5.2. en ec.2.5.5.:

(ec.) 2.5.6
$$F = (1 - a \times D) \times k \times D \times w_e \text{ [pers./s]}$$

2.5.5 MODELOS DE EVACUACIÓN

Los modelos de evacuación [10] usados en los análisis de esta investigación son los propuestos por:

- JJFruius. (Macroscópico).
- Nelson y McLennan. (Macroscópico).
- Ford & Fulkerson, descrito por R. L. Francis y L. Chalmet. (Microscópico).

2.5.5.1 MODELO DE EVACUACIÓN DE UN RECINTO EN TIEMPO MÍNIMO, CONSIDERANDO RECORRIDOS CON FLUJO CONSTANTE, SEGÚN EL MODELO EXPERIMENTAL DE J.J. FRUINS

La base de este análisis consiste en predecir el flujo específico esperado en cada una de las salidas. Los flujos son constantes en el tiempo y unidireccionales, y sólo dependen de la densidad de ocupación, además, las magnitudes de locomoción se pueden estimar a partir de las tablas de J.J. FRUINS. (Ver tablas A.2.1, A.2.2 y A.2.3).

2.5.5.1.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

Se define un tiempo de recorrido de evacuación según:

(ec.) 2.5.7
$$t_{1j} = \frac{l_j}{v_j} [s]$$

En donde $v_j = f(d_j)$

Para un flujo específico f_{ej} dado en función de la densidad estimada d_j junto con los anchos efectivos w_{ej} (ver tabla 2.5.5.1.), es posible obtener el tiempo de paso t_{2j} a partir del flujo total F_j en cada salida disponible de acuerdo a:

(ec.) 2.5.8
$$t_{2j} = \frac{x_j}{F_j} = \frac{x_j}{v_j * d_j * w_{ej}} [s]$$

Tabla 2.5.5.1.: “Ancho efectivo de vías de evacuación según JJ Pauls.”

Elemento de evacuación	Separación (metros)
Pared escaleras	0,15
Pasamanos escaleras	0,09
Sillas o butacas teatros	0
Pared en rampas y pasillos	0,20
Vestíbulos de pasillos amplios	0,46
Obstáculos en general	0,10
Dintel puerta	0,15

Finalmente, el tiempo t_j o función de evacuación queda expresado como la suma del tiempo de recorrido más el tiempo de paso según:

(ec.) 2.5.9
$$t_j(x_j) = \left(\frac{l_j}{v_j}\right) + \frac{x_j}{F_j} [s]$$

2.5.5.1.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

A partir de la función de evacuación t_j es posible obtener la función inversa de evacuación $p_j(z)$, la cuál entrega el número de personas que abandonan un recinto en un determinado tiempo z^* , de acuerdo a la ecuación 2.5.10.

$$(ec.) \ 2.5.10 \quad p_j(z) = F_j \times z \text{ [pers.]} \quad \text{para } z > t_{1j}[\text{s}]$$

Además, el acoplamiento de las funciones inversas de evacuación de cada salida disponible en un recinto, da como resultado la función inversa total de evacuación, definida por tramos, dependiendo de los valores del tiempo de recorrido t_{1j} .

2.5.5.2 MODELO DE EVACUACIÓN DE UN RECINTO EN TIEMPO MÍNIMO, CONSIDERANDO RECORRIDOS, Y USANDO MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE OCUPACIÓN O CIRCULACIÓN, SEGÚN LA ADAPTACIÓN DE NELSON Y MCLENNAN DEL MODELO EXPERIMENTAL DE J.J. FRUINS

Según el modelo de movimiento de personas de Nelson y McLennan, no se establece restricción alguna a los valores de velocidad y de flujos de circulación en cada una de las salidas disponibles, por el contrario, éstas sólo dependen del número de personas y de la geometría del recinto.

Adicionalmente, en las vías de circulación se define un área efectiva a_{ej} , en la cuál, la densidad de circulación d_j sólo depende del número de ocupantes x_j que utilizan cada salida j .

Si la densidad de ocupación-circulación es $d_j = \frac{x_j}{a_{ej}}$, podemos reescribir adecuadamente las expresiones para la velocidad y el flujo específico de circulación.

Dentro de las hipótesis preliminares está la relación lineal entre la velocidad y la densidad cuando $0,5382[\text{pers}/\text{m}^2] \leq d_j \leq 3,5[\text{pers}/\text{m}^2]$, esto mismo se aplica al flujo específico, que también es una función directa de la densidad.

Para valores inferiores a $0,5382[\text{pers}/\text{m}^2]$, la velocidad es independiente de la densidad, y sólo depende de las características físicas de los ocupantes. En este caso, la velocidad es constante y durante un tiempo invariable un grupo de ocupantes no verán afectadas sus magnitudes de locomoción por la existencia de otro ocupante. A este lapso de tiempo, en dónde no hay dependencia de la densidad, se le llama tramo de fluencia, básicamente debido a que si aumentamos la cantidad de ocupantes, los tiempos de evacuación no cambian.

En cambio, si $d_j > 3,5[\text{pers}/\text{m}^2]$ la velocidad de desplazamiento disminuye drásticamente, y para un valor cercano a $3,8[\text{pers}/\text{m}^2]$ su valor es nulo. Por ende, no hay flujo de circulación.

En la tabla 2.5.5.2. están los valores de las constantes λ y α , que caracterizan la parametrización de las magnitudes de locomoción.

Tabla 2.5.5.2.: “Valor de la constante λ para diferentes tipos de circulación del modelo hidráulico de JJFrains.”

TIPO DE CIRCULACIÓN				λ
Circulación horizontal				1,40
Descenso escaleras				
Tabica		Huella		
(pulgadas)	(cm)	(pulgadas)	(cm)	
7,5	19,05	10	25,50	1,00
7,0	17,78	11	27,94	1,08
6,5	16,51	12	30,48	1,16
6,5	16,51	13	33,02	1,23

(*):El valor de la constante $\alpha=0,266$ aplica para todos los tipos de circulación.

Si realizamos la extensión del modelo de JJFrains y le agregamos las expresiones para velocidad de circulación, flujo de ocupantes, función de evacuación y función inversa de evacuación obtenidas anteriormente, es posible obtener la base teórica de este análisis, la cuál se detalla a continuación:

- **VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN**

Para la velocidad de circulación horizontal se tiene que:

$$(ec.) \text{ 2.5.11} \quad v(d_j) = 1,1996 \quad 0,53 \left[\frac{\text{pers}}{\text{m}^2} \right] \geq d_j$$

$$(ec.) \text{ 2.5.12} \quad v(d_j) = \lambda \times (1 - \alpha \times d_j) \quad 0,53 \left[\frac{\text{pers}}{\text{m}^2} \right] \leq d_j \leq 3,5 \left[\frac{\text{pers}}{\text{m}^2} \right]$$

- **FLUJO DE OCUPANTES**

El flujo de ocupantes está determinado por la velocidad y la densidad según:

$$(ec.) \text{ 2.5.13} \quad F_j(d_j) = 1,1996 \times d_j \times w_{ej} \quad 0,53 \left[\frac{\text{pers}}{\text{m}^2} \right] \geq d_j$$

$$(ec.) \text{ 2.5.14} \quad F_j(d_j) = \lambda \times (1 - \alpha \times d_j) \times d_j \times w_{ej} \quad 0,53 \left[\frac{\text{pers}}{\text{m}^2} \right] \leq d_j \leq 3,5 \left[\frac{\text{pers}}{\text{m}^2} \right]$$

2.5.5.2.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

El tiempo total de evacuación $t_j(x_j)$ o función de evacuación es igual a la suma del tiempo de recorrido más el tiempo de paso en el caso que no existen demoras al inicio. El detalle del cálculo de cada uno de los tiempos se menciona a continuación:

- El tiempo necesario para alcanzar la salida en un recorrido de largo l_j está dado por:

$$(ec.) \ 2.5.15 \quad t_{1j} = \frac{l_j}{1,1996} \quad 0,5382 \left[\frac{pers}{m^2} \right] \geq d_j$$

$$(ec.) \ 2.5.16 \quad t_{1j} = \frac{l_j}{\lambda \times (1 - \alpha \times d_j)} \quad 0,53 \left[\frac{pers}{m^2} \right] \leq d_j \leq 3,5 \left[\frac{pers}{m^2} \right]$$

- El tiempo de paso en las salidas es:

$$(ec.) \ 2.5.17 \quad t_{2j}(x_j) = \frac{x_j}{F(d_j)} = \frac{x_j}{1,1996 \times d_j \times w_{ej}} \quad 0,538 \left[\frac{pers}{m^2} \right] \geq d_j$$

$$(ec.) \ 2.5.18 \quad t_{2j}(x_j) = \frac{x_j}{\lambda \times (1 - \alpha \times d_j) \times d_j \times w_{ej}} \quad 0,538 \left[\frac{pers}{m^2} \right] \leq d_j \leq 3,5 \left[\frac{pers}{m^2} \right]$$

Finalmente, la función de evacuación $t_j(x_j)$ queda expresada por:

$$(ec.) \ 2.5.19 \quad t_j(x_j) = \frac{1}{1,1996} \times \left(l_j + \frac{x_j}{d_j \times w_{ej}} \right) \quad 0,5382 \left[\frac{pers}{m^2} \right] \geq d_j$$

$$(ec.) \ 2.5.20 \quad t_j(x_j) = \frac{1}{\lambda \times (1 - \alpha \times d_j)} \times \left(l_j + \frac{x_j}{d_j \times w_{ej}} \right) \quad 0,538 \left[\frac{pers}{m^2} \right] \leq d_j \leq 3,5 \left[\frac{pers}{m^2} \right]$$

Luego, si reemplazamos $d_j = \frac{x_j}{a_{ej}}$, en las ecs. 2.5.19. y 2.5.20.:

$$(ec.) \ 2.5.21 \quad t_j(x_j) = \frac{1}{1,1996} \times \left(l_j + \frac{a_{ej}}{w_{ej}} \right) \quad 0,53a_{ej} [pers] \geq x_j$$

$$(ec.) \ 2.5.22 \quad t_j(x_j) = \frac{a_{ej}}{\lambda \times (a_{ej} - \alpha \times x_j)} \times \left(l_j + \frac{a_{ej}}{w_{ej}} \right) \quad 0,53a_{ej} [pers] \leq x_j \leq 3,5a_{ej} [pers]$$

Ahora, si consideramos $a_{ej} = l_j \times w_{ej} \rightarrow \frac{a_{ej}}{w_{ej}} = l_j$ sólo en el caso que el recorrido de evacuación coincida con el largo de la sección de la vía de evacuación, el área

involucrada en la circulación de los ocupantes, a través de las vías de evacuación, involucra largos de recorrido l_j y anchos efectivos w_{ej} .

Entonces, la función de evacuación $t_j(x_j)$ de un número de personas x_j queda expresado por:

$$(ec.) \ 2.5.23 \quad t_j(x_j) = \frac{2}{1,1996} \times l_j \quad 0,53a_{ej} [pers] \geq x_j$$

$$(ec.) \ 2.5.24 \quad t_j(x_j) = \frac{2 \times a_{ej}}{\lambda \times (a_{ej} - \alpha \times x_j)} \times l_j \quad 0,53a_{ej} [pers] \leq x_j \leq 3,5a_{ej} [pers]$$

Los límites, medidos en personas, para los cuáles está definida la función de evacuación $t_j(x_j)$ son:

$$(ec.) \ 2.5.25 \quad x_{jI} = 0,53a_{ej} [pers] \text{ (lím. inf.)} \quad y \quad x_{jS} = 3,5a_{ej} [pers] \text{ (lím. sup.)}$$

2.5.5.2.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

A partir de la función de evacuación $t_j(x_j)$, es posible obtener la función inversa de evacuación que indica la cantidad de ocupantes que abandonarían un recinto en un determinado tiempo z^* . Los límites, medidos en segundos, para los cuáles está definida la función inversa son:

$$(ec.) \ 2.5.26 \quad z_{jI} = t_j(x_{jI}) [s] \text{ (lím. inf.)} \quad y \quad z_{jS} = t_j(x_{jS}) [s] \text{ (lím. sup.)}$$

Luego, la función inversa de evacuación definida por tramos es la siguiente:

$$(ec.) \ 2.5.27 \quad p_j(z_j) = 0 \quad \text{para } 0 \leq z_j \leq z_{jI}$$

$$(ec.) \ 2.5.28 \quad 0 < p_j(z_j) \leq p_j(z_{jI}) \quad \text{para } z_{jI} < z_j < z_{jS}$$

$$(ec.) \ 2.5.29 \quad p_j(z_j) = \frac{a_{ej}}{\alpha} \times \left(1 - \frac{l_j \times w_{ej} + a_{ej}}{z \times \lambda \times w_{ej}} \right) \quad \text{para } z_{jI} < z_j \leq z_{jS}$$

2.5.5.3 MODELOS DE REDES ESTÁTICAS DE FLUJO PARA ANÁLISIS DINÁMICOS Y MICROSCÓPICOS DE EVACUACIÓN DE FORD & FULKERSON, DESCRITO POR R. L. FRANCIS Y L. CHALMET

Las magnitudes características de una red estática de flujo son: la ocupación (K), la densidad de ocupación (d_j), la capacidad de paso (c_{j-j}) y el tiempo de circulación (t_{j-j}).

- **CAPACIDAD DE PASO**

La capacidad de paso está definida como el flujo máximo de la siguiente forma:

(ec.) 2.5.30
$$c_{j-j} = f_{MAX} \times w_{ej}$$

donde

f_{MAX} = flujo específico máximo obtenido para una densidad de 1,88 [pers/m²].

w_{ej} = ancho efectivo[m].

- **TIEMPO DE CIRCULACIÓN**

El tiempo de circulación se expresa como:

(ec.) 2.5.31
$$t_{j-j} = \frac{l_{j-j}}{v_{j-j}}$$

donde

v_{j-j} = velocidad promedio de 0,7 [m/s] para $d = 1,88$ [pers/m²]

l_{j-j} = longitud de recorrido[m]

La representación correcta de cada elemento de evacuación se realiza como lo indica la figura 2.5.2.

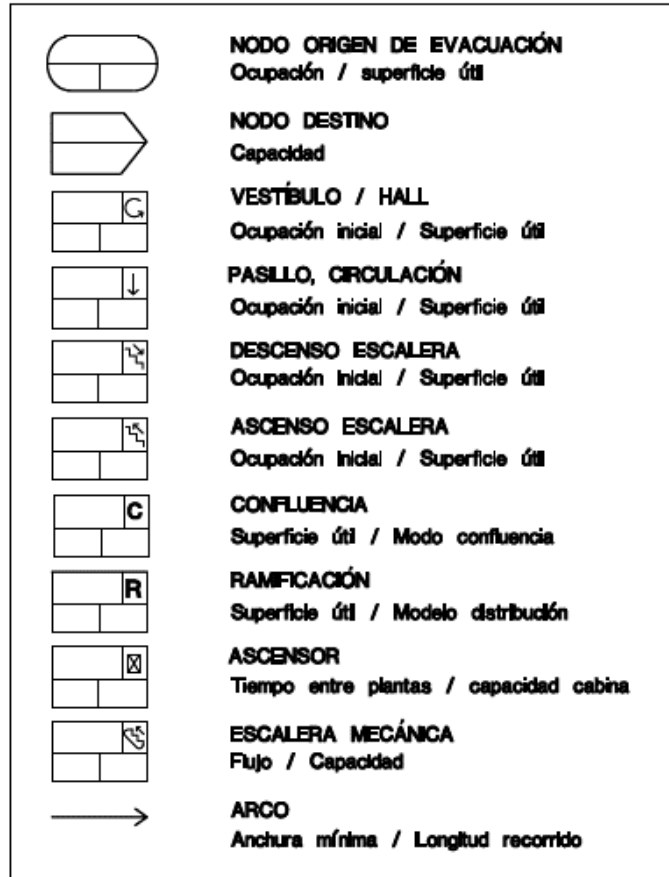


Figura 2.5.2.: “Representación gráfica de elementos de evacuación a través de redes de flujo.”

2.5.5.3.1 ANÁLISIS DINÁMICO DE UNA VÍA DE EVACUACIÓN

Se considera una vía de circulación simple, formada por un nodo origen O ocupado por k_o personas en disposición de abandonar el recinto, un nodo de circulación A con una capacidad c_A y un nodo destino DS con capacidad c_{DS} suficiente para albergar la totalidad de los ocupantes, dos arcos que unen el nodo origen con el de circulación y éste con el destino con capacidades de circulación c_{O-A} y c_{A-DS} respectivamente y tiempos de circulación τ $O-A$ y τ $A-DS$ variables. El recinto descrito puede observarse en la figura 2.5.3. y la correspondiente red estática en la figura 2.5.4.

El primer objetivo es el trazado de la red dinámica, y dadas las características del recinto se supone que en el nodo origen O , los ocupantes se hallan situados justamente en la puerta de salida, de la misma forma el nodo de circulación se supone al final del pasillo de forma que la capacidad c_A de dicho nodo A vendrá determinada por la superficie útil del pasillo y el nodo destino DS será un espacio exterior seguro con capacidad c_{DS} .

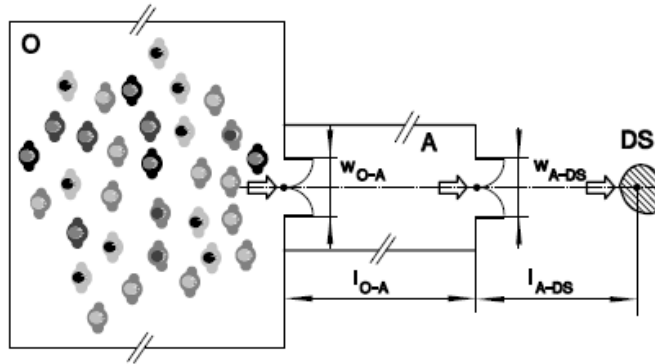


Figura 2.5.3.: “Análisis de una vía de evacuación.”

La capacidad de los arcos c_{O-A} y c_{A-DS} vendrá determinada por la anchura de paso de las puertas que comunican O-A y A-DS y los flujos de circulación respectivos y los tiempos de circulación τ_{O-A} y τ_{A-DS} por la longitud de los recorridos y las velocidades v_{O-A} y v_{A-DS} .

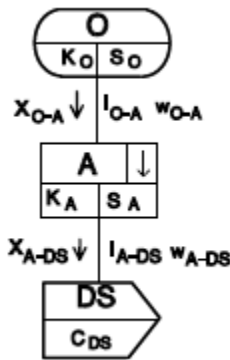


Figura 2.5.4.: “Análisis de una vía de evacuación.”

En esta situación puede observarse, como el hecho de haber situado el nodo A al final del pasillo, la ocupación de A queda perfectamente definida en cualquier instante, serían las personas que se halla en espera para abandonar el propio recinto A y las personas que se hallan circulando en el arco O-A. Puede observarse, que si se hubieran situado los nodos en el centro de las dependencias la situación resultaría mucho más ambigua. El siguiente paso de este proceso de análisis corresponde a la representación dinámica de la vía, se trata de un esquema como el presentado en la figura 2.5.5., cuyas variables corresponden a k_i como la magnitud de las ocupaciones y x_i como los flujos en los respectivos periodos i .

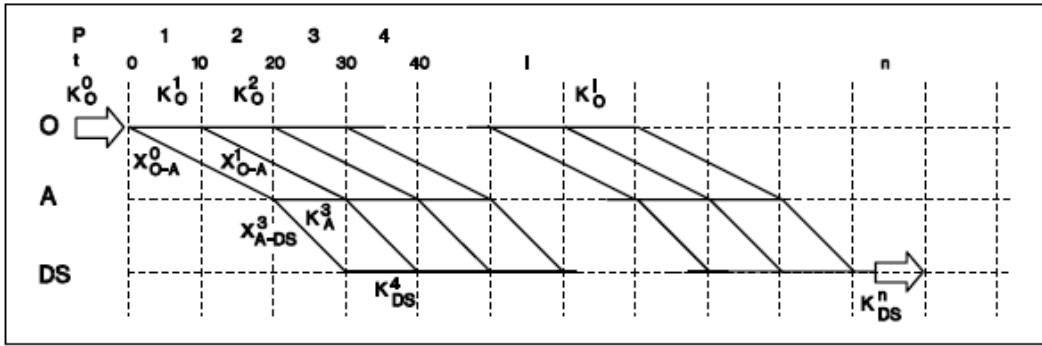


Figura 2.5.5.: “Red dinámica de una vía de circulación.”

Para analizar este proceso se efectúa un análisis microscópico de la evacuación de un pasillo, el cuál puede observarse en la figura 2.5.6. En este caso se fijan unas condiciones para la existencia de retenciones y además que resulte significativa en el proceso la capacidad del pasillo, las capacidades de paso de los arcos O-A y A-DS serán c_{O-A} y c_{A-DS} y para estudiar el efecto de la retención se supone que la capacidad de salida del pasillo hacia DS es inferior a la de entrada desde el origen O hasta A, o sea:

(ec.) 2.5.32
$$c_{O-A} > c_{A-DS}$$

La capacidad del nodo de circulación será c_A y el tiempo de circulación de los arcos desde el nodo origen O hasta el pasillo A será τ_{O-A} y el de circulación desde A hasta DS será τ_{A-DS} , los tiempos de circulación iniciales, para el lanzamiento del proceso, se consideran $\tau_{O-A}^0 = 2$ y $\tau_{O-A}^0 = 1$.

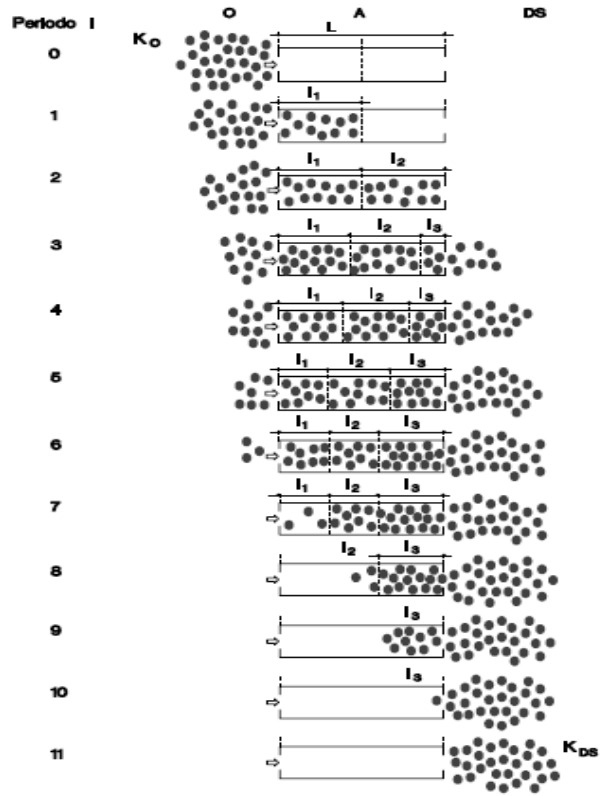


Figura 2.5.6.: “Análisis microscópico de una vía de circulación.”

3 ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS EN DISCOTECAS

3.1 INCENDIOS MÁS IMPORTANTES A NIVEL MUNDIAL

A grandes rasgos los 2 incendios que presentan mayor cantidad de víctimas son los documentados en Sudamérica, en la discoteca de Cromagnon en Argentina y en la discoteca Kiss en Brasil.

CROMAGNON – ARGENTINA

“Todo empezó cuando un grupo de chicos entraron bengalas al local (fuente de ignición), la cuál ocasionó un fuego consumiendo todo el local (carga combustible interior). El humo (agente pasivo de la combustión), que se expandió por todo el local, hizo irrespirable el ambiente (ausencia de medidas de protección activa del control del humo) y generó pánico en el público (efectos tóxicos de los gases de incendio), que empezó a correr con desesperación causando una estampida (posible aplastamiento de personas en las vías de evacuación). Aparentemente, el local sólo tenía un par de salidas abiertas desesperadamente, tuvieron que abrir por la fuerza las salidas de emergencia (medios de egreso vulnerables).”
Fuente: “http://www.quenoserepita.com.ar/que_paso_en_cromanon.”

De esta forma, se resume lo ocurrido durante el incendio en la discoteca siniestrada, cuya capacidad máxima era de 1030 personas, pero que el día de la emergencia albergó a cerca de 2800 personas, es decir, podemos asumir que si para la ocupación máxima se toleraba una densidad de ocupación de 2[pers./m²] en la situación de emergencia la densidad era de casi 5[pers./m²].(Ver ilustración 3.1.1.). Por lo tanto, la ocurrencia de bloqueos de salida y aplastamiento entre ocupantes era altamente probable. Las consecuencias fueron fatales con un resultado de 194 chicos muertos y más de 700 heridos. [81]



Ilustración 3.1.1.: “Vista general de la ocupación informada por el recinto, superior a la capacidad máxima de ocupación permitida.”

Las causas principales del desarrollo del incendio y de los problemas de evacuación se resumen a continuación:

- **ANGOSTAMIENTO DE LA VÍA PRINCIPAL DE EGRESO**

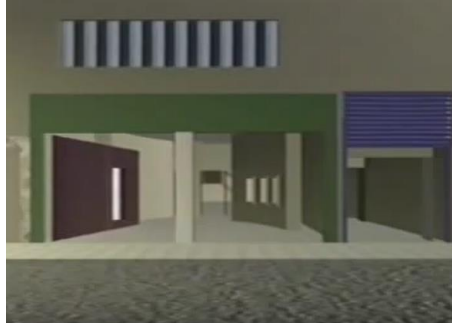


Ilustración 3.1.2.: “Vista desde el exterior del angostamiento de la vía principal de egreso.”

- **OBSTÁCULOS EN LAS VÍAS DE CIRCULACIÓN**



Ilustración 3.1.3.: “Vista desde la entrada a la sala principal de obstáculos para el egreso sin señalización adecuada.”

- **MEDIA SOMBRA EN EL TECHO DEL RECINTO PESE A SU ALTA CARGA COMBUSTIBLE**

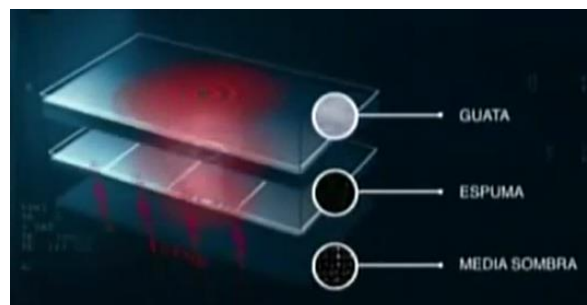


Ilustración 3.1.4.: “Detalle de la composición del cielo del recinto que inicio el incendio y la posterior propagación de humos tóxicos.”

- **RECINTO EN FORMA DE ATRIO CON VENTANAS SUPRIMIDAS EN EL ENTREPISO**



Ilustración 3.1.5.: “Vista desde el entrepiso de ventanas suprimidas.”

- **AUSENCIA DE SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE AIRE**



Ilustración 3.1.6.: “Vista superior desde el exterior del local en una situación ideal con sistemas de extracción de humo.”

KISS - BRASIL

El incendio en esta discoteca generó un total de 239 muertos y la mayoría de los decesos fue atribuible a la intoxicación por gas cianuro (HCN) [71]. Las causas principales del incendio y de los problemas de evacuación fueron:

- Uso de material pirotécnico.
- Revestimiento de techo y muro con materiales de rápida combustión (poliuretano).
- Sobreocupación (+200%).
- Sólo una vía de egreso, mal señalizada y obstaculizada. (Ver ilustración 3.1.7.)



Ilustración 3.1.7.: “Vista desde el interior del recinto hacia la única salida disponible.”

3.2 INCENDIOS EN CHILE

En nuestro país, no existe un sistema unificado de estadísticas de incendio que nos permita tener mayor certeza en los análisis del desarrollo de un fuego en un recinto determinado, como si lo hay en países como EEUU y una parte de Europa, y que nos oriente con respecto a información de variables tan importantes para la prevención de la seguridad como lo son el número de víctimas, las causas de muertes y lesiones, y también, las razones del inicio del incendio.

Según el director del departamento de investigación y análisis de incendios de la NFPA, Dr. John Hall: “Buenas estadísticas de incendios son esenciales para establecer buenas políticas en seguridad contra incendios.” Esta afirmación, nos hace cuestionar si como país estamos haciendo lo correcto con no tener estadística alguna sobre incendios y no documentar ningún tipo de información, aunque existan esfuerzos de llevar a cabo tal labor pero no de manera unificada por instituciones como el cuerpo de bomberos, Conaf y la Asociación de Aseguradores de Chile.

4 ANÁLISIS DE RECINTOS

4.1 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO

En este capítulo, se analiza el riesgo para los ocupantes de discotecas chilenas que posean deficiencias visibles de seguridad ante incendios mediante un análisis prescriptivo, por medio de modelos de evacuación y prestacional.

4.2 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Antes de iniciar el respectivo análisis, cabe destacar que los elementos de seguridad a evaluar son los siguientes:

- Medios de egreso.
- Ventilación.
- Iluminación.
- Señalética.
- Detección, alarma y notificación.
- Protección activa/pasiva.

Luego, el análisis de cada uno de los recintos cuenta con tres partes:

- Una prescriptiva, que evalúa cada elemento de seguridad de la discoteca analizada según la normativa nacional vigente como la OGUC más un conjunto de normas Nch. y D.S., y por la normativa internacional agrupada principalmente en las indicaciones de la NFPA y SFPE.
- La otra, por medio de modelos de evacuación, que usando herramientas matemáticas analizan una situación de emergencia para posteriormente entregar puntos críticos de retenciones y tiempos de evacuación mínimos.
- Y la última prestacional, que evalúa el comportamiento de cada discoteca en base a la comparación de tiempos requeridos y disponibles para la evacuación de acuerdo a las medidas de protección ante incendios instaladas.

4.2.1 TIPO PRESCRIPTIVO

A continuación está el esquema del procedimiento del análisis de tipo prescriptivo, en dónde están todas las normas nacionales e internacionales utilizadas para llevar a cabo el estudio de cada recinto.

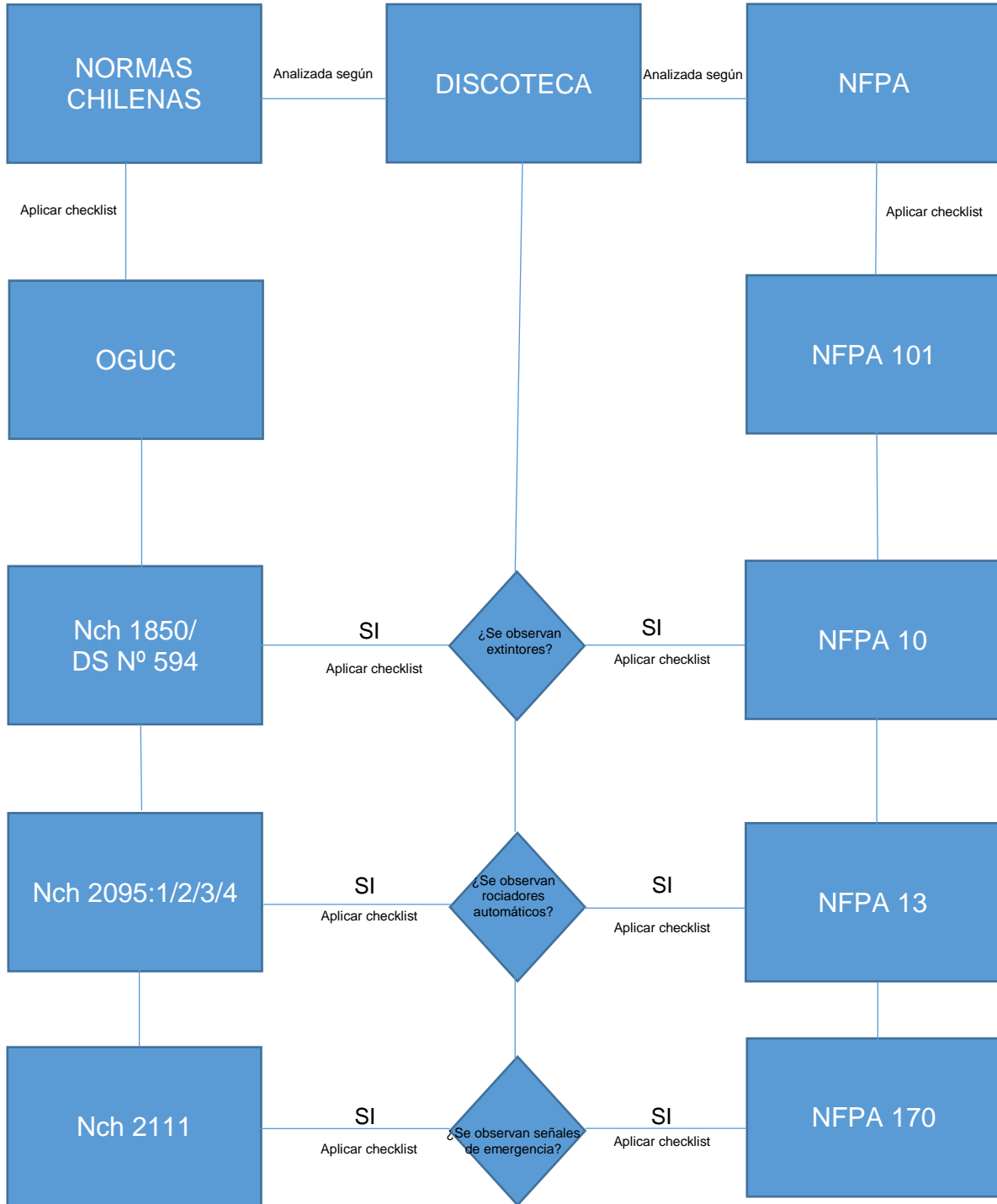


Figura 4.2.1.: “Esquema de análisis prescriptivo.”

4.2.1.1 CHEQUEO DE LOS MÍNIMOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD ANTE INCENDIOS ESTIPULADOS EN LA NORMATIVA NACIONAL VIGENTE

Se efectúa un chequeo de las instalaciones y de las condiciones de seguridad, de acuerdo a los requisitos dispuestos en la OGUC, normas Nch y decretos supremos (D.S.), ya sea si esto corresponde a una cuestión de condiciones generales de seguridad, si es parte de las condiciones de seguridad ante incendios o si se trata de condiciones de diseño de herramientas de protección activa o pasiva. A continuación, se presenta de forma detallada cada uno de los tópicos a tratar.

4.2.1.1.1 ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCION (OGUC): PARTE 1

CONDICIONES GENERALES DE SEGURIDAD

- **Carga de ocupación** (ver artículo 4.2.4; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Ancho mínimo de las vías de evacuación** (ver artículo 4.2.5; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Anchos mínimos de escaleras** (ver artículo 4.2.10; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Presencia de pasamanos en escaleras de evacuación** (ver artículo 4.2.11; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Ancho mínimo de escaleras que llegan a planta de evacuación** (ver artículo 4.2.12; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Distancia máxima desde llegada de una escalera de evacuación hasta una salida** (ver artículo 4.2.13; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Ancho libre de pasillos** (ver artículo 4.2.18; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Elementos de seguridad ubicados en muros de vías de evacuación** (ver artículo 4.2.19; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Relación entre el ancho de puertas y pasillos afluentes** (ver artículo 4.2.23; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Apertura de puertas en el sentido de la evacuación** (ver artículo 4.2.26; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Señalización de todas las vías de ocupación y sus accesos** (ver artículo 4.2.29; capítulo 3 de la tabla B.1 del Anexo B).

4.2.1.1.2 ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCION (OGUC): PARTE 2

CONDICIONES DE SEGURIDAD ANTE INCENDIOS.

- **Señalización de puertas de acceso y egreso** (ver artículo 4.3.7; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Recintos que no requieren protección contra el fuego** (ver artículo 4.3.26; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Accesibilidad por parte de bomberos a la red pública de agua** (ver artículo 4.3.28; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Características del acceso principal** (ver artículo 4.7.1; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Presencia de muros cortafuegos en el perímetro** (ver artículo 4.7.4; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Ancho mínimo de salidas de evacuación para recintos de más de 1 piso** (ver artículo 4.7.5; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Capacidad volumétrica del interior** (ver artículo 4.7.6; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Existencia de grifos** (ver artículo 4.7.9; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Existencia de claraboyas** (ver artículo 4.7.11; capítulo 4 del Anexo XX).
- **Funcionamiento de luz de emergencia** (ver artículo 4.7.12; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Ancho de pasillos** (ver artículo 4.7.14; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Funcionamiento de puertas de salida** (ver artículo 4.7.15; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Señalética de puertas de salida** (ver artículo 4.7.16; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Requisitos de escaleras de evacuación** (ver artículo 4.7.18; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Existencia de corrientes encontradas de tránsito** (ver artículo 4.7.20; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).
- **Existencia de sistemas de ventilación** (ver artículo 4.7.23; capítulo 4 de la tabla B.1 del Anexo B).

4.2.1.1.3 Nch 1850 + D.S.Nº594: EXTINTORES PORTÁTILES

Ver tablas B.4. y B.5. del Anexo B. [15]

4.2.1.1.4 Nch 2095: ROCIADORES AUTOMÁTICOS

Ver tabla C.3.1. del Anexo C. [48]

4.2.1.1.5 Nch 2111: SEÑALES DE EMERGENCIA

Ver tabla C.4.1. del Anexo C. [54]

4.2.1.2 CHEQUEO DE LOS REQUISITOS DE SEGURIDAD ANTE INCENDIOS ESTIPULADOS EN NFPA

Se realiza un chequeo de las instalaciones y condiciones de seguridad, ahora en función de lo dispuesto en la NFPA. Dependiendo del tipo de parámetro a evaluar se revisan las restricciones en NFPA 101, NFPA 10, NFPA 13 o NFPA 170 [54]. A continuación se muestra el detalle de cada una estas normas internacionales.

4.2.1.2.1 NFPA – 101: CÓDIGO DE SEGURIDAD

- **Ocupación de un sitio para reunión pública** (ver apartado 3.3.134.2 + 7.3.1. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Requisitos de un sitio definido como existentes para ocupaciones públicas** (ver apartado 12.1.1 de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Número mínimo de salidas** (ver apartado 7.4.1.1. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Proximidad de salidas de evacuación y separación entre las salidas** (ver FIG. B.1.1.1.; ver apartado 7.5.1.3. + 7.5.1.4. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Distancia máxima de recorrido común y total hasta las salidas** (ver tabla B.1.1.3.; FIG. B.1.1.2.; ver apartado 12.2.6 de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Capacidad de Egreso de entrada/salida principal y de puertas interiores** (ver tabla B.1.4.; ver apartado 7.2.1.2.3.+12.2.3.3.+ 12.2.5.1. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Variaciones del nivel de piso en puertas** (ver apartado 7.2.1.3. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Balanceo de puertas y salidas en el sentido del recorrido de egreso** (ver apartado 7.2.1.4.3. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Capacidad de egreso de pasillos y anchos libres mínimos** (ver tabla 12.2.3.2. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Criterio dimensional de escaleras existentes** (ver apartado 7.2.2.1. + A.7.2.2.2.1.; ver tabla B.1.1.6. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Presencia de pasamanos a ambos lados de escaleras y detalles del montaje** (ver Fig.B.1.3.; ver apartado 7.2.2.4.2. de la tabla C.1.1. del anexo C.1.1.)

- **Espacios utilizables de escaleras** (ver apartado 7.2.2.5.3. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Señalización de salidas de evacuación** (ver apartado 7.10.1.2. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Señalización de acceso a salidas de evacuación** (ver apartado 7.10.1.4. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Ubicación de señales de salidas en las proximidades al suelo y en puertas** (ver apartado 7.10.1.5. + A.7.10.3. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Requisitos de visibilidad para señales de medios de egreso** (ver apartado 7.10.1.7. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Tamaño y ubicación de señales direccionales, tipo chevron** (ver apartado 7.10.6.2. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Señalizaciones especiales: NO salida** (ver apartado 7.10.8. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Iluminación presente en todos los medios de egreso, entiéndase escaleras, pasillos, rampas** (ver apartado 7.8.1.1. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Iluminación continua** (ver apartado 7.8.1.2. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Ubicación de la iluminación de los medios de egreso** (ver apartado A.7.8.1.3 de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Fuentes de energía de la iluminación de medios de egreso** (ver apartado 7.8.2. + A.7.8.2.1. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Desempeño del sistema de iluminación de emergencia** (ver apartado 7.9.2.1. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Iluminación de emergencia de señales** (ver apartado A.7.10.4 de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Iluminación continua e intermitente de las señales** (ver apartado 7.10.5.2. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Nivel de iluminación de señales iluminadas exteriormente** (ver apartado 7.10.6.3. + A.7.10.6.3.; ver FIG. B.1.6. para cálculo de contraste de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Señales iluminadas interiormente-Tipo foto luminiscente** (ver apartado 7.10.7.2 + A.7.10.7.2. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Sistema de alarma y detección contra incendios** (ver apartado 9.6.2.+9.6.2.1.+12.3.4.1. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Iniciación manual de la alarma contra incendios** (ver apartado 9.6.2.2.2+9.6.2.2.3.+9.6.2.2.4. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Detección automática: Alarmas de detección** (ver apartado 9.6.2.10.1.+ 12.3.4.2.2. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Notificación a los ocupantes, tipo de señal activada pregrabada o manual** (ver apartado 9.6.3.8.+12.3.4.3. + 12.3.4.4. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)
- **Controles de emergencia** (ver apartado 9.6.5. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)

- **Sistema de extinción** (ver NFPA 10; NFPA 13; ver apartado 12.3.5. de la tabla C.1.1. del Anexo C.)

4.2.1.2.2 NFPA - 10: EXTINTORES PORTÁTILES

- **Clasificación del riesgo de ocupación** (ver apartado 1.4. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Requisitos generales** (ver apartado 1.5.1. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Ubicación óptima** (ver apartado 1.5.3. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Altura óptima de ubicación** (ver apartado 1.5.10. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Instrucciones de operación** (ver apartado 1.5.11. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Clasificación de la clase de fuego a extinguir** (ver apartado 3.3.4. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor** (ver apartado 5.2.1. y tabla B.2.2. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Cantidad mínima de extintores** (ver apartado 5.2.3. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida** (ver apartado 5.2.4. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor** (ver apartado 5.3.1. y tabla B.2.3. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Extintores de menor clasificación** (ver apartado 5.3.4. de la tabla C.2.1. del Anexo C)
- **Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida** (ver apartado 5.3.5. de la tabla C.2.1. del Anexo C)

4.2.1.2.3 NFPA – 13: ROCIADORES AUTOMÁTICOS

- **Verificación de la existencia de obstrucciones en elementos constructivos** (ver apartado 1.4.6. de la tabla C.3.1. del Anexo C).
- **Clasificación de ocupaciones** (ver apartado 1.4.7. de la tabla C.3.1. del Anexo C).
- **Limitaciones del área máxima de protección del sistema** (ver apartado 4.2. de la tabla C.3.1. del Anexo C).
- **Área de protección de cobertura por rociador** (ver apartado 4.5.2.1. de la tabla C.3.1. del Anexo C).

- **Área máxima de protección de cobertura por rociador** (ver apartado 4.5.2.2. de la tabla C.3.1. del Anexo C).
- **Distancia máxima entre rociadores** (ver apartado 4.6.3.1. de la tabla C.3.1. del Anexo C).
- **Distancia máxima a la pared** (ver apartado 4.6.3.2. de la tabla C.3.1. del Anexo C).
- **Distancia mínima a la pared** (ver apartado 4.6.3.3. de la tabla C.3.1. del Anexo C).
- **Distancia mínima entre rociadores** (ver apartado 4.6.3.4. de la tabla C.3.1. del Anexo C).

4.2.1.2.4 NFPA - 170: Señales de emergencia

- **Salida de emergencia** (ver apartado 3.2.1. de la tabla B.4.1. del Anexo C)
- **Ruta de salida de emergencia** (ver apartado 3.2.2. de la tabla B.4.1. del Anexo C)
- **NO es salida** (ver apartado 3.2.5. de la tabla B.4.1. del Anexo C)
- **Alarma iniciadoras activadas manualmente** (ver apartado 3.2.11. de la tabla B.4.1. del Anexo C)
- **Conexión al sistema de gabinetes-standpipe** (ver apartado 4.2.3. de la tabla B.4.1. del Anexo C)
- **Hidrantes** (ver apartado 4.2.5. de la tabla B.4.1. del Anexo C)
- **Mangueras contra incendios y gabinetes** (ver apartado 4.2.9. de la tabla B.4.1. del Anexo C)
- **Extintores** (ver apartado 4.2.10. de la tabla B.4.1. del Anexo C)
- **Flecha direccional** (ver apartado 4.2.11. de la tabla B.4.1. del Anexo C)
- **Flechas direccionales diagonales** (ver apartado 4.2.12. de la tabla B.4.1. del Anexo C)

4.2.2 MODELOS DE EVACUACION

Los recintos son estudiados de acuerdo a los modelos de tipo macroscópico y microscópico. Los modelos macroscópicos usados, son los formulados por JJFruins (Ver detalle en el apartado 2.5.5.1) y de Nelson-McLennan (Ver detalle en el apartado 2.5.5.2). Por su parte, el modelo microscópico utilizado, es el del tipo dinámico según el procedimiento de Ford & Fulkerson, descrito por R. L. Francis y L. Chalmet (Ver detalle en el apartado 2.5.5.3). Cabe destacar que el modelo microscópico sólo será utilizado para comparar los resultados del modelo macroscópico aplicado a uno de los recintos cuya geometría permita tal acción.

4.2.3 TIPO PRESTACIONAL

Un análisis prestacional de evacuación [66] consiste en estudiar el comportamiento del recinto con respecto a sus características actuales frente a una emergencia, como por ejemplo, un incendio.

Para ello, se calcula: el tiempo requerido (RSET) por los ocupantes para evacuar el lugar de manera segura a través de un modelo de simulación de movimiento que incluye características de los ocupantes y de la arquitectura del lugar, y el tiempo disponible para evacuar (ASET), que depende del análisis detallado de todos los posibles escenarios de incendio mediante el estudio de la evolución de la temperatura, del aumento de la altura de la capa de humo y de la concentración de gases de combustión. [65]

En resumen, bajo cualquier análisis de este tipo, se debe cumplir que [70]:

$$RSET < ASET$$

4.2.3.1 RSET (TIEMPO REQUERIDO PARA LA EVACUACIÓN)

El tiempo requerido para la evacuación se calcula como la suma del tiempo anterior al movimiento y el tiempo de evacuación propiamente tal. Un esquema de todos los tiempos que forman parte del RSET se pueden ver en la figura 4.2.2.

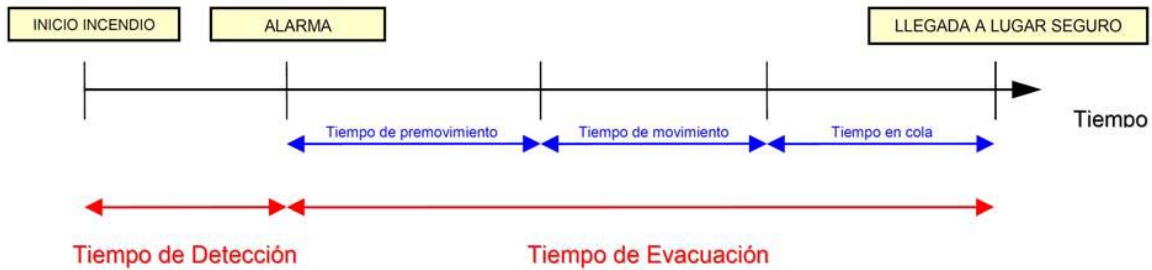


Figura 4.2.2.: “Diagrama del tiempo requerido de evacuación (RSET).”

4.2.3.1.1 TIEMPO ANTERIOR AL MOVIMIENTO

El tiempo anterior al movimiento, es la suma del tiempo necesario para la detección y alarma, y del premovimiento, entendido este último como el necesario para que los ocupantes tomen conciencia de la situación de emergencia ante un fuego incipiente y decidan iniciar la evacuación.

4.2.3.1.1.1 TIEMPO DE DETECCIÓN Y ALARMA

La detección de un fuego se puede concretar por distintas vías. Una de ellas consiste en la detección del incendio por terceros, es decir, que alguien se percate de alguna situación anormal (activación manual). La otra, es a través de un sistema de detección de humos o calor, que incorpora el retardo que ocurre entre que se inicia el fuego y los productos de combustión alcanzan tales detectores (activación automática). Uno de los métodos automáticos más ocupados consiste en estimar respuestas del detector óptico de humos.

4.2.3.1.1.2 TIEMPO DE PRE-MOVIMIENTO

Según SFPE (Sección 3 - Capítulo 12) se sugiere un tiempo de retardo para iniciar la evacuación para diferentes ocupaciones, dado que una persona frente a un incendio necesita información para interpretar y comprender la situación en la que está envuelto. (Ver Figura 4.2.3).

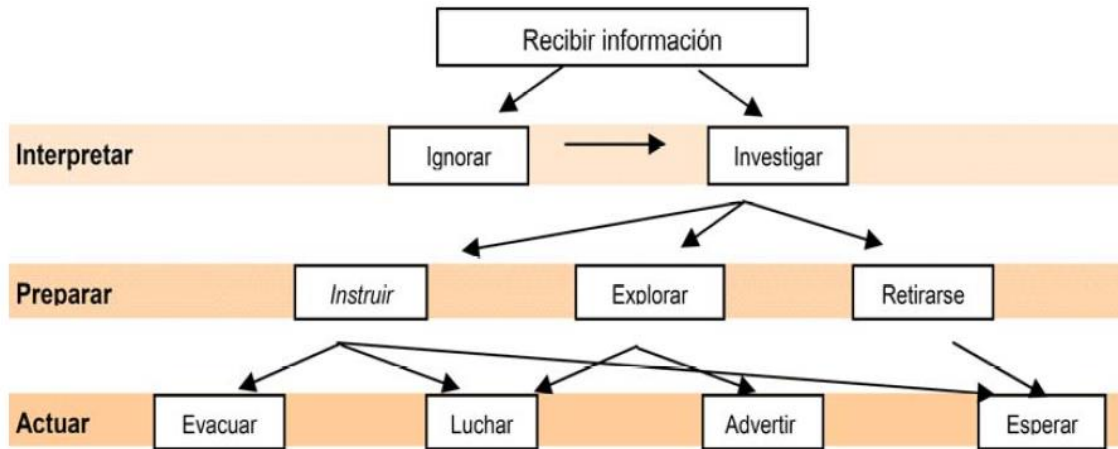


Figura 4.2.3.: “Diagrama de la toma de decisiones de los ocupantes de un recinto ante un incendio.”

Este momento de espera depende de factores como el tipo de sistema de alarma proporcionada, el tipo de ocupación y las características de los ocupantes.

Una alternativa para estimar este tiempo es utilizar la tabla 4.2.3.1., “Estimated Delay Time to Start Evacuation in Minutes” extraída de la SFPE Handbook, donde se establece el periodo estimado para el comienzo de la evacuación para tres categorías tipo: W1, W2 y W3.

Tabla 4.2.3.1.: “Estimación del tiempo de premovimiento a partir de las condiciones de los ocupantes del recinto.”

Table 3-13.1 Estimated Delay Time to Start Evacuation in Minutes

Occupancy Type	W1 (min)	W2 (min)	W3 (min)
Offices, commercial and industrial buildings, schools, colleges and universities (Occupants awake and familiar with the building, the alarm system, and evacuation procedure.)	< 1	3	> 4
Shops, museums, leisure-sport centers, and other assembly buildings (Occupants awake but may be unfamiliar with building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	3	> 6
Dormitories, residential mid-rise and high-rise (Occupants may be asleep but are predominantly familiar with the building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	4	> 5
Hotels and boarding houses (Occupants may be asleep and unfamiliar with the building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	4	> 6
Hospitals, nursing homes, and other institutional establishment (A significant number of occupants may require assistance.)	< 3	5	> 8

W1: live directives using a voice communication system from a control room with closed-circuit television facility, or live directives in conjunction with well-trained, uniformed staff that can be seen and heard by all occupants in the space

W2: nondirective voice messages (pre-recorded) and/or informative warning visual display with trained staff

W3: warning system using fire alarm signal and staff with no relevant training

Source: Adapted from *Fire Safety Engineering in Buildings. Part 1: Guide to the Application of Fire Safety Engineering Principles*, Table 21, British Standard Institution, DD240, London, 1997.

Tabla 4.2.3.2.: “Descripción de las 3 categorías W1, W2 y W3 de ocupantes en el cálculo del tiempo de premovimiento.”

W1	Ocupantes de pequeños recintos, el origen del incendio se ve claramente así como también el avance del humo y llamas.
W2	Ocupantes de recintos relativamente grandes, donde el origen del incendio es claramente visible.
W3	Ocupantes fuera de la habitación, quienes no se dan cuenta del origen del fuego y adoptan el tiempo dado por el aviso del sistema de alarma.

Otra opción para determinar el tiempo de premovimiento es usar la normativa (PD7974-6:2004), en ella se dan criterios sobre el cálculo de este tiempo para distintos tipos de edificios y que consideran el tiempo necesario para que las personas reconozcan la alarma e inicien la evacuación.

Los criterios se dividen en:

- **CATEGORÍA DEL EDIFICIO**

Ver tabla 4.2.3.3.

Tabla 4.2.3.3.: “Categoría del edificio según PD7974-6:2004.”

Category	Occupant alertness	Occupant familiarity	Occupant density	Enclosures/complexity	Examples
A	Awake	Familiar	Low	One or many	Office or industrial
B1	Awake	Unfamiliar	High	One or few	Shop,restaurant,circulation
B2	Awake	Unfamiliar	High	One with focal point	space Cinema,theatre
Ci	Asleep	Familiar	Low	Few	Dwelling
Cii	Managed occupancy				Serviced flats,halls of residence,etc.
Ciii	Asleep	Unfamiliar	Low	Many	Hotel,hostel
D	Medical care	Unfamiliar	Low	Many	Residential
E	Transportation	Unfamiliar	High	Many	Railway station/Airport

Source: PD 7974-6:2004 "Human factors: Life safety strategies –Occupant evacuation behaviour and condition"

- **NIVEL DE ALARMA**

Los niveles de alarma se clasifican en A1-A2 y A3.

A1: detección automática/ una detección lanza automáticamente el sistema de alarma.

A2: detección automática/ una detección inicia un periodo de alerta, una vez se produce confirmación de incendio se lanza el sistema de alarma.

A3: detección y alarma sólo en zonas locales o sin detección y alarma activada manualmente.

- **COMPLEJIDAD DEL EDIFICIO**

Los niveles de complejidad son B1-B2 y B3.

B1: recintos rectangulares/ planta sencilla con visibilidad amplia.

B2: varias plantas con diseño sencillo.

B3: edificio grande y complejo.

- **CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE EMERGENCIA**

Los niveles de sistema de gestión son M1-M2 y M3, el nivel decrece de M1 a M3.

M1: el nivel de gestión es alto, se cuenta con trabajadores del centro o servicio de seguridad (ocupantes habituales) que están adecuadamente entrenados, e incluso, para ciertos edificios.

M2: detección automática/ una detección inicia un periodo de alerta, una vez se produce confirmación de incendio se lanza el sistema de alarma.

M3: detección y alarma sólo en zonas locales o sin detección y alarma activada manualmente.

Luego, se debe calcular el tiempo de premovimiento en la tabla 4.2.3.4. según la indicación que $t_{prem} = \Delta t_{prem}(1percentil) + \Delta t_{prem}(99percentil)$.

Tabla 4.2.3.4.: “Estimación del tiempo de premovimiento a partir de las condiciones de los ocupantes del recinto.”

Table C.1 — Suggested pre-times for different design behavioural scenario categories		
Scenario category and modifier	First occupants $\Delta t_{pre}(1st\ occupant)$	Occupant distribution $\Delta t_{pre}(10th\ percentile)^a$
A: awake and familiar		
M1 B1 - B2 A1 - A2	0.5	1.0
M2 B1 - B2 A1 - A2	1	2
M3 B1 - B2 A1 - A2	>15	>15
For B3, add 0.5 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/PA if unfamiliar visitors likely to be present		
B: awake and unfamiliar		
M1 B1 A1 - A2	0.5	2
M2 B1 A1 - A2	1.0	3
M3 B1 A1 - A2	>15	>15
For B2 add 0.5 for wayfinding For B3 add 1.0 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/PA		
Ci: sleeping and familiar (e.g. dwellings - individual occupancy)		
M2 B1 A1	5	5
M3 B1 A3	10 ^b	>20
For other units in a block assume one hour		
Cii: managed occupancy (e.g. serviced apartments, hall of residence)		
M1 B2 A1 - A2	10	20
M2 B2 A1 - A2	15	25
M3 B2 A1 - A2	>20	>20
Ciii: sleeping and unfamiliar (e.g. hotel, boarding house)		
M1 B2 A1 - A2	15	15
M2 B2 A1 - A2	20	20
M3 B2 A1 - A2	>20	>20
For B3, add 1.0 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/PA		
D: medical care		
Awake and unfamiliar (e.g. day centre, clinic, surgery, dentist)		
M1 B1 A1 - A2	0.5	2
M2 B1 A1 - A2	1.0	3
M3 B1 A1 - A2	>15	>15
For B2 add 0.5 for wayfinding For B3 add 1.0 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/PA		
Sleeping and unfamiliar (e.g. hospital ward, nursing home, old peoples' home)		
M1 B2 A1 - A2	5 ^b	10 ^b
M2 B2 A1 - A2	10 ^b	20 ^b
M3 B2 A1 - A2	>10 ^b	>20 ^b
For B3 add 1.0 for wayfinding M1 would normally require voice alarm/PA		
E: transportation (e.g. railway, bus station or airport)		
Awake and unfamiliar		
M1 B3 A1 - A2	1.5	4
M2 B3 A1 - A2	2.0	5
M3 B3 A1 - A2	>15	>15
M1 and M2 would normally require voice alarm/PA		
NOTE: There is a lack of data on evacuation behaviour and the times required for key aspects of evacuation. Therefore the limitations of the database needs to be borne in mind when proposing or assessing designs incorporating engineered solutions in relation to human behaviour. In particular, the database needs to be improved by the provision of information such as evacuation time records, video records from real evacuation incidents (including fires) and data from monitored evacuations in a reasonably large set of each occupancy type, including sleeping accommodation. This could then provide a definitive database for design applications and the further development of predictive evacuation and behaviour models.		
^a Total pre-movement time = $\Delta t_{pre}(1st\ occupant) + \Delta t_{pre}(10th\ percentile)$. Figures with greater levels of uncertainty are italicised.		
^b These times depend upon the presence of sufficient staff to assist evacuation of handicapped occupants.		

Source: PD 7974-6:2004 "Human factors: Life safety strategies -Occupant evacuation, behaviour and condition"

4.2.3.1.2 TIEMPO DE MOVIMIENTO O EVACUACIÓN Y TIEMPO DE COLA

El tiempo de evacuación, es el que usan los ocupantes para abandonar el recinto a través de las vías de evacuación y llegar a un destino seguro [55].

Hay disponibles innumerables formas de calcular el tiempo de evacuación de personas [58]. Sin embargo, la mayoría coincide en ocupar cálculos manuales de modelos hidráulicos usando criterios de flujos de personas, velocidad, densidad y ancho efectivo de elementos de evacuación como puertas, pasillos, escaleras, etc. (Ver detalle en el apartado 4.2.2.)

En la presente memoria, se ha optado por el cálculo a través de modelos de simulación que analizan distintos escenarios desfavorables que incluyen desde el bloqueo de salidas producto del fuego hasta el análisis exhaustivo de velocidades de desplazamiento cercanas a cero o punto de estancamiento para geometrías complejas de distribución de espacios en un recinto, usando la base teórica expuesta en los modelos de evacuación detallados en el apartado 2.5.5.

4.2.3.1.2.1 MODELOS DE SIMULACIÓN DE MOVIMIENTO

Los modelos de simulación de movimiento se dividen en dos tipos dependiendo de cómo interpretamos la relación del individuo con el entorno estos son: Microscópicos y Macroscópicos. [27]

El modelo macroscópico considera a la multitud como un fluido uniforme en un espacio invariable y sin interacciones entre individuos. En cambio, el modelo microscópico analiza el comportamiento de cada individuo dentro del grupo, y por tanto, es posible obtener la evolución de sus acciones en un espacio temporal. Estos modelos puesto que usan como dato de entrada la arquitectura de los recintos, permiten observar la interacción entre las personas y el modelo. Además, dado que consideran al individuo por separado, es posible ingresar distintos perfiles de personas con propiedades individuales diferentes. Finalmente, obtenemos relaciones individuo-entorno e individuo-grupo.

4.2.3.1.2.1.1 DATOS DE ENTRADA DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE MOVIMIENTO

Las variables de entrada más importantes a incluir en un modelo de movimiento son: la representación geométrica del recinto a evaluar, la representación física, dinámica y comportamiento de los ocupantes. [8]

4.2.3.1.2.1.2 REPRESENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL RECINTO

Define las características físicas del recinto analizado a través de la modelización de dimensiones, vías de evacuación como escaleras, pasillos y salidas, y distribución de espacios. Se realiza a través de la importación de planos CAD 2D

del modelo, estos últimos son obtenidos del levantamiento de datos in-situ en el lugar estudiado.

4.2.3.1.2.1.3 REPRESENTACIÓN FÍSICA DE LOS OCUPANTES

Para representar a un individuo en el modelo, una de las opciones válidas es plantear una proyección en planta de una persona adulta formada por una elipse. Si observamos en la siguiente figura, el valor medio de los diámetros mayor y menor son 0,60 y 0,5 metros respectivamente. (Ver figura 4.2.4.)

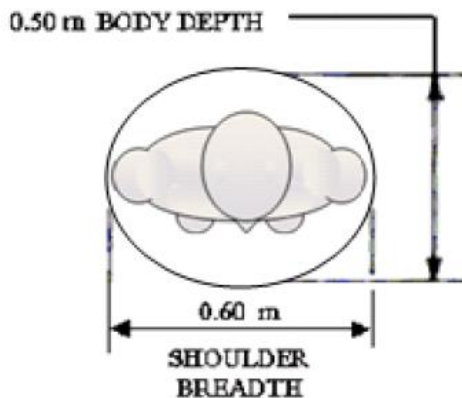


Figura 4.2.4.: “Proyección en planta de una persona adulta.”

De acuerdo a la modelación de la superficie humana sugerida por el punto anterior a través de dos elipses, los valores típicos se presentan en la tabla 4.2.3.5.

Tabla 4.2.3.5.: “Dimensiones de las personas para el cálculo de la superficie ocupada según las investigaciones de Predtechenskii y Milinskii.”

Edad y vestuario	Dimensiones elipse humana		Área de la proyección horizontal
	Eje mayor (m)	Eje menor (m)	
ADULTO			
Vestuario de verano	0,46	0,28	0,101
Vestuario primavera / otoño	0,48	0,30	0,113
Vestuario de invierno	0,50	0,32	0,126
JOVEN	0,38 - 0,43	0,22 - 0,27	0,066 - 0,091
NIÑO	0,30 - 0,34	0,17 - 0,21	0,040 - 0,056
OTROS			
Adulto con un niño en brazos	0,75	0,48	0,283
Adulto con equipaje en la mano	0,90 - 1,10	0,75	0,530 - 0,648
Adulto con mochila	0,50	0,80	0,314
Adulto con paquetes	0,75	0,40	0,236

Con respecto al área ocupada por cada persona, los datos de la tabla 4.2.3.5, son usados para calcular áreas medias de ocupación con su desviación estándar respectiva (Ver Tabla 4.2.3.6.), dependiendo si se trata del área de Dubois (A), de la proyección horizontal de la superficie de una persona de pie con vestuario de verano (B), de la misma proyección que en el caso anterior con ropa de abrigo (C) y de la proyección de una persona caminando (D).

Tabla 4.2.3.6.: “Dimensiones de las personas para el cálculo de la superficie ocupada según edad y sexo.”

		Edad							
		5 años	10-15 años			15-30 años			> 30 años
			hombre	mujer	global	hombre	mujer	global	
A	m	0,7050	1,3000	1,2900	1,2910	1,6830	1,8940	1,8250	1,8720
	σ	0,1710	0,1750	0,2030	0,2080	0,1150	0,3790	0,3340	0,2520
B	m	0,0696	0,1092	0,1126	0,1113	0,1383	0,1484	0,1458	0,1740
	σ	0,0078	0,0202	0,0174	0,0187	0,0172	0,0171	0,0172	0,0315
C	m		0,1453	0,1326	0,1386	0,1809	0,1892	0,1862	
	σ		0,0178	0,0191	0,0186	0,0213	0,0296	0,0272	
D	m		0,1262	0,1221	0,1238	0,1508	0,1645	0,1600	0,1918
	σ		0,0198	0,0170	0,0180	0,0163	0,0191	0,0193	0,0356

4.2.3.1.2.1.4 DINÁMICA DEL COMPORTAMIENTO DE PERSONAS

La dinámica de las personas con respecto a su comportamiento puede ser probabilística, determinista o una mezcla de ambas [61].

4.2.3.1.2.1.5 DINÁMICA DEL MOVIMIENTO DE PERSONAS

Al momento de definir la dinámica de un modelo de movimiento de personas, se usan los siguientes supuestos o condiciones de borde:

- Correlación de la velocidad y flujo de personas con la densidad de ocupación.
- Distancia interpersonal que necesita cada ocupante para su libre tránsito con el objeto de evitar ser obstáculo de otros y evitar un posible aplastamiento o imposibilidad de movimiento.

4.2.3.1.2.1.6 AFORO

La cantidad de ocupantes de los recintos estudiados se calcula usando la densidad de ocupación máxima obtenida del levantamiento de datos. Este valor, es superior al propuesto como capacidad máxima de ocupación entregada por la OGUC [60], que equivale a 2,0 [$pers/m^2$].

4.2.3.1.2.1.7 MAGNITUDES DE LOCOMOCION

Según la adaptación de Nelson y McLennan propuesta al modelo de JJFruins (Ver detalle en apartado 2.5.5.2.), la velocidad de circulación y el flujo específico de paso a través de las salidas dependen de la densidad de ocupación/circulación de las vías de egreso. A continuación, se explica el comportamiento de las variables de locomoción para cada tipo de circulación ya sea horizontal o descenso de escaleras.

- **CIRCULACIÓN HORIZONTAL:**
- **VELOCIDAD**

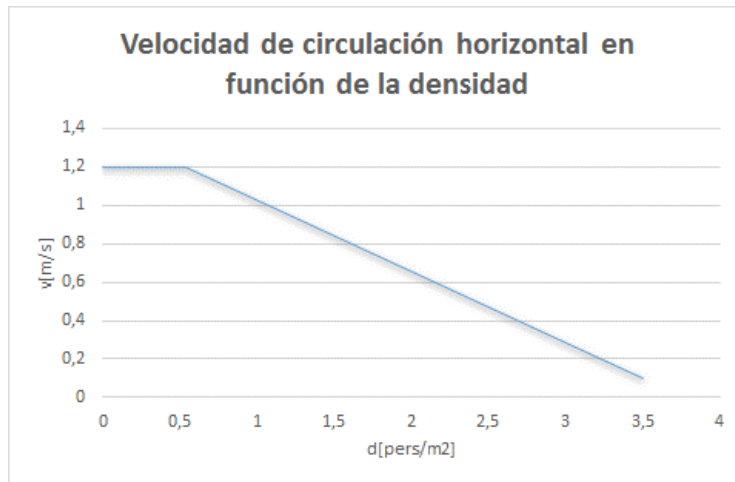


Gráfico 4.2.3.1.: “Velocidad de circulación horizontal en función de la densidad de circulación.”

- **FLUJO ESPECÍFICO**

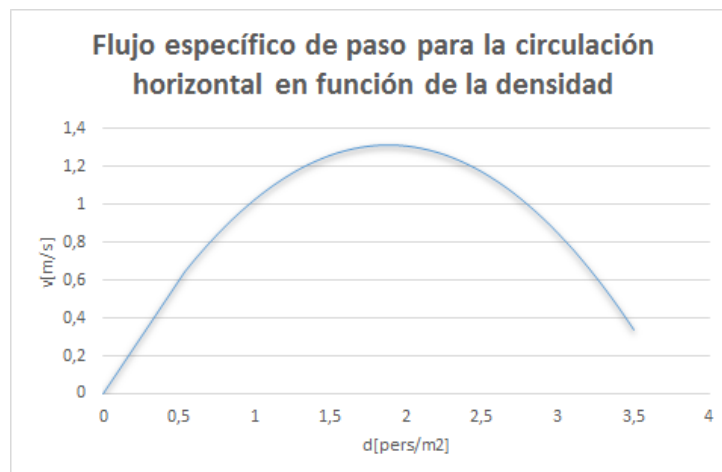


Gráfico 4.2.3.2.: “Flujo específico para la circulación horizontal en función de la densidad de circulación.”

- DESCENSO DE ESCALERAS
- VELOCIDAD

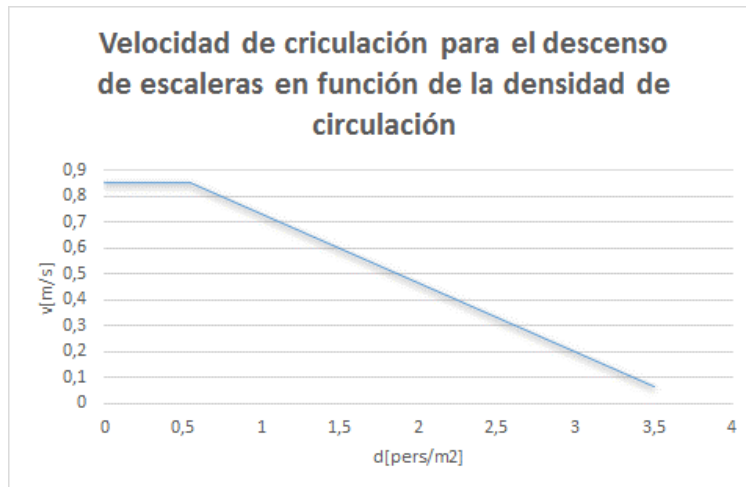


Gráfico 4.2.3.3.: “Velocidad de circulación para el descenso de escaleras en función de la densidad de circulación.”

- FLUJO ESPECÍFICO

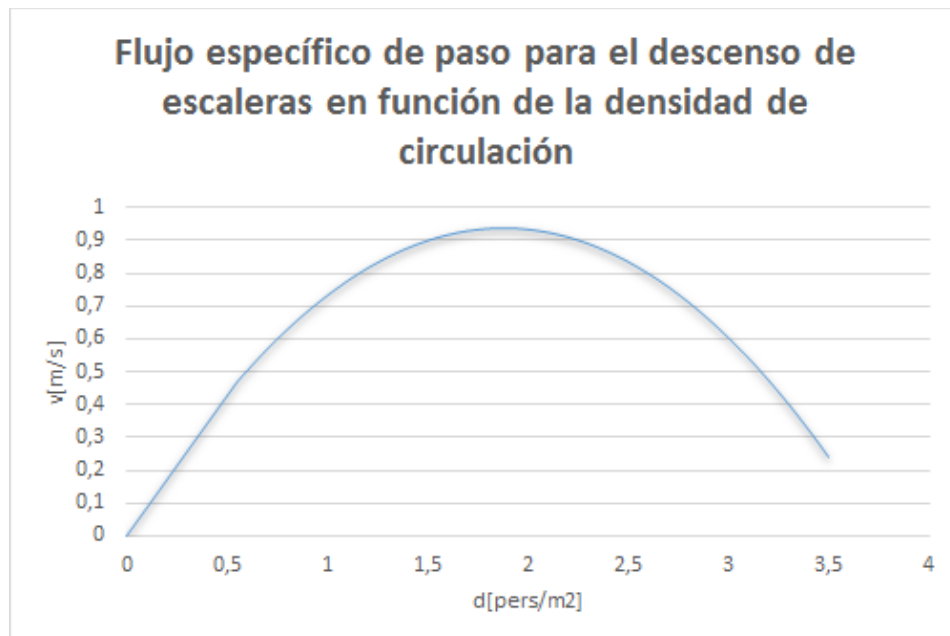


Gráfico 4.2.3.4.: “Flujo específico de paso para el descenso de escaleras en función de la densidad de circulación.”

4.2.3.1.2.1.8 PATHFINDER: PROGRAMA ESCOGIDO

El programa escogido en esta investigación para modelar la evacuación de personas desde el interior del recinto hasta las salidas es PATHFINDER debido a la complejidad de la geometría de los recintos analizados. [27] La plataforma establece un modelo de movimiento cuyo propósito es encontrar, a través de la simulación de cuellos de botella y colas, tiempos de evacuación y evolución de las variables de locomoción en el tiempo. La estructura del modelo es una red fina que dota a la simulación de mostrar visualmente la situación de cada uno de los ocupantes en función del tiempo. [18] Los ocupantes son vistos de manera individual y no poseen inteligencia y se mueven hacia las salidas siguiendo las restricciones de la SFPE. Ésta última, entrega reducciones de anchos de medios de egreso bajo el concepto de ancho efectivo, restringir la velocidad de desplazamiento basado en la densidad de ocupación/circulación y en la capacidad de egreso de puertas y escaleras. Posteriormente a la simulación es posible obtener datos de salida con resultados con respecto a:

- el número de personas que han usado una salida. (Asignación de ocupantes).
- el tiempo mínimo, máximo y medio de salida de las personas de un espacio (desde la primera hasta la última persona en abandonar el recinto).
- el tiempo que un área, hall o escalera tarda en ser evacuada.
- el tiempo total de evacuación.
- la densidad en determinadas zonas del recinto en función del tiempo.

Los supuestos referentes a la velocidad de desplazamiento y a las características físicas de los ocupantes se aplican al modelo de Pathfinder como lo indican las figuras 4.2.5. a 4.2.9.

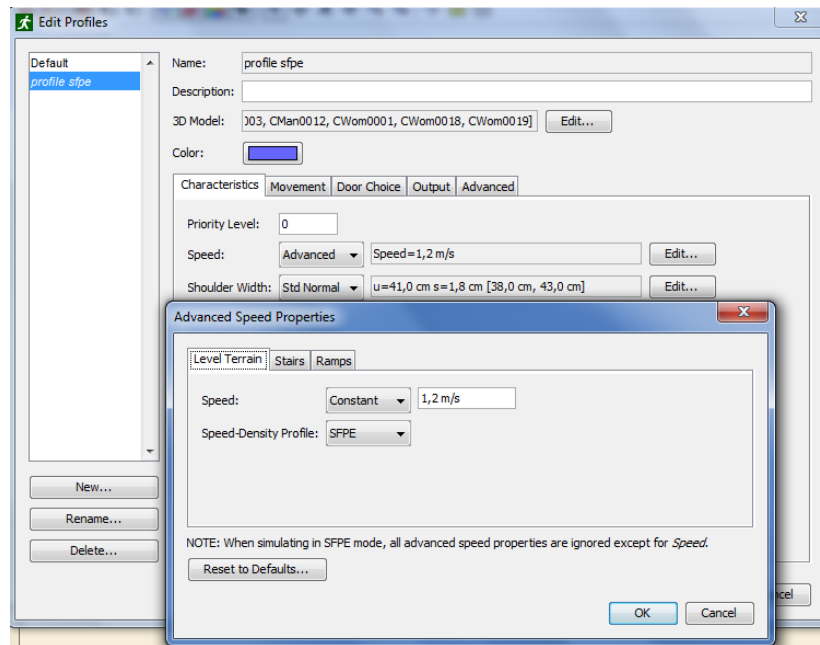


Figura 4.2.5.: “Perfil de las características físicas y de locomoción (velocidad) de una persona joven-adulta en Pathfinder.”

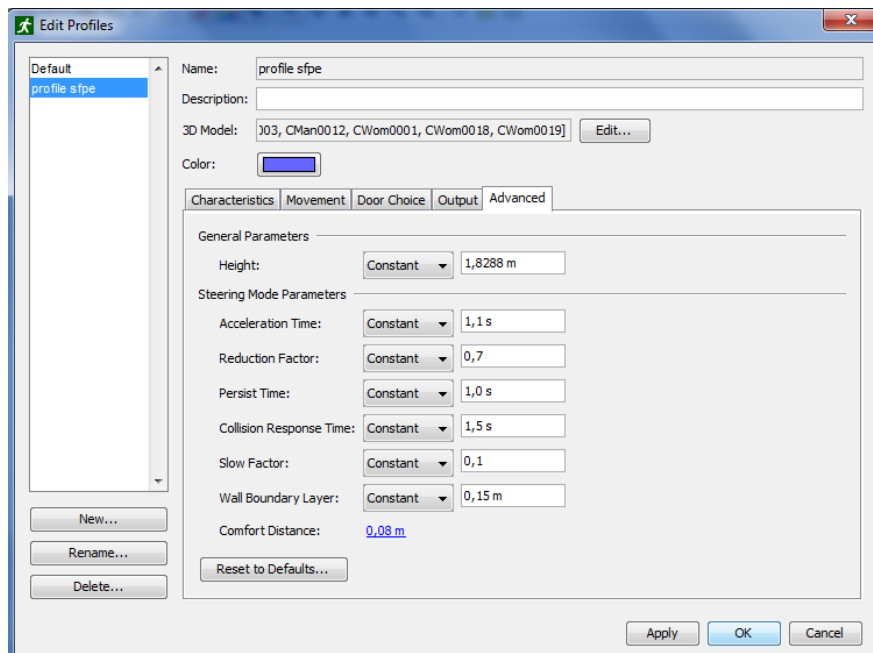


Figura 4.2.6.: “Perfil de las características avanzadas de locomoción de una persona joven-adulta en Pathfinder.”

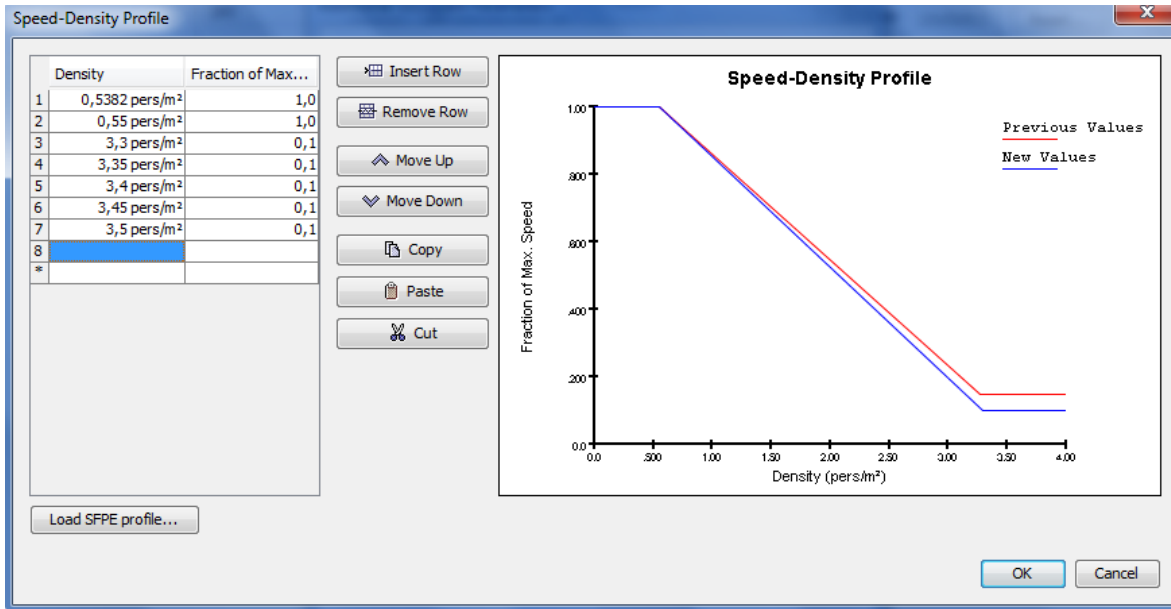


Figura 4.2.7.: “Perfil de velocidad de desplazamiento horizontal para personas joven-adulta según JJFruijn, adoptado por SFPE en Pathfinder.”

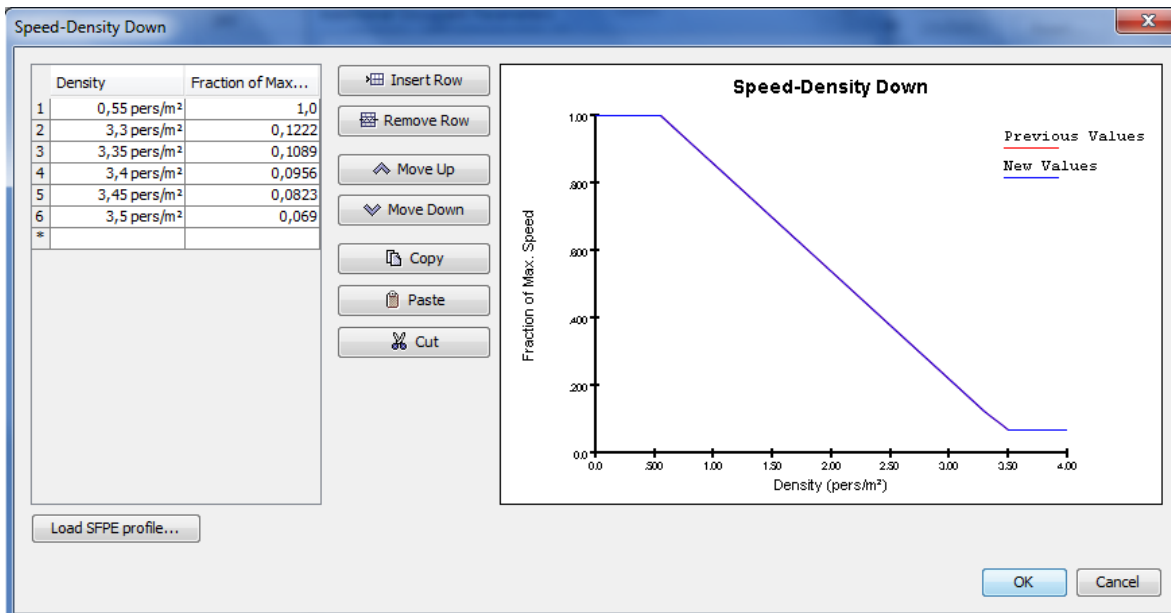


Figura 4.2.8.: “Perfil de velocidad de descenso de escaleras para personas joven-adulta según JJFruijn, adoptado por SFPE en Pathfinder.”

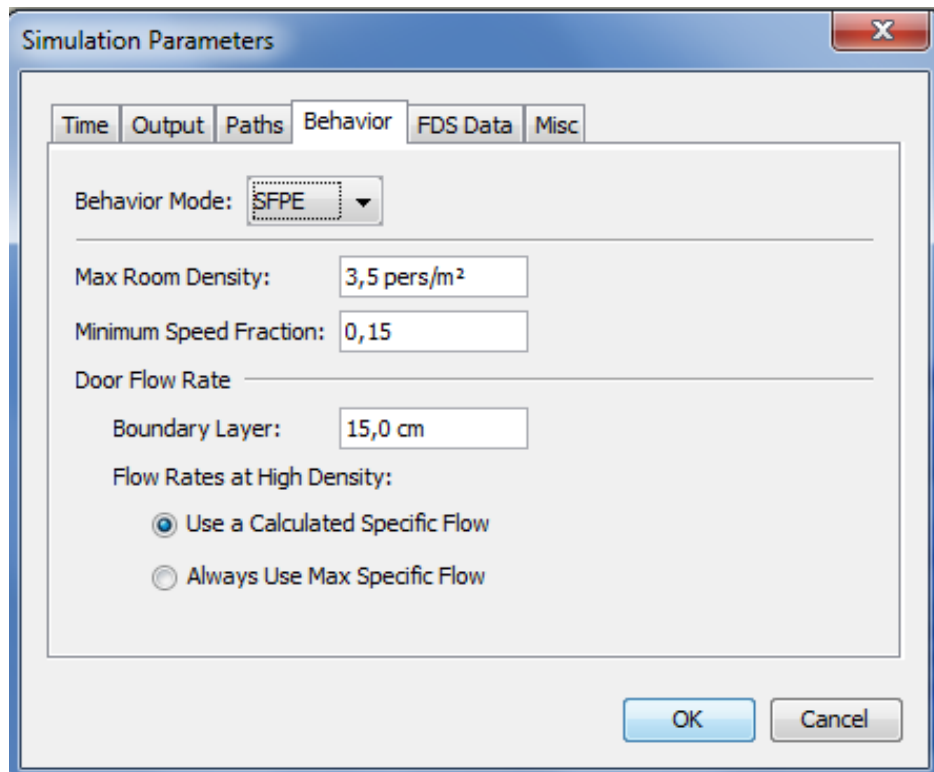


Figura 4.2.9.: “Flujo específico de paso para una alta densidad de personas joven-adulta según JJFrains, adoptado por SFPE en Pathfinder.”

4.2.3.1.3 HIPÓTESIS ASUMIDAS

Para iniciar el análisis del tiempo total de evacuación por medio de PATHFINDER, es necesario definir anteriormente las condiciones de diseño (arquitectónicas y prescriptivas) y las hipótesis bajo las cuáles se generan los resultados obtenidos.

PRE-MOVIMIENTO

- No se cuenta con ningún sistema de alarma que avise a todos los ocupantes ante el origen de un fuego incipiente.
- No se dispone de sistema alguno de gestión de emergencia.

MOVIMIENTO

- Se asume una evacuación simultánea del recinto ante el inicio de la emergencia independientemente de la ausencia o presencia de alarmas. El tiempo de premovimiento incluye el periodo que transcurre entre que se origina el fuego incipiente y que todos los ocupantes del lugar se dan cuenta de la situación de emergencia, luego de este tiempo, cada uno de los ocupantes toma la decisión de iniciar la evacuación hacia destino seguro.

- El movimiento de todos los ocupantes no se ve alterado por acciones individuales de los ocupantes ni tampoco se considera la posible interrupción en la evacuación provocada por caídas o accidentes en las vías de evacuación.
- El tiempo de movimiento puede estar influido directamente por las condiciones ambientales de los recorridos de evacuación en caso de incendio, tales como efecto del humo en la visibilidad, toxicidad, etc. Estos efectos no se tienen en cuenta en este estudio, dado que la velocidad de circulación disminuye a medida que aumenta la densidad de humo. El objetivo del análisis es obtener el tiempo de evacuación en condiciones adecuadas para todos los ocupantes en caso de incendio.

4.2.3.2 ASET (TIEMPO DISPONIBLE PARA LA EVACUACION)

El tiempo disponible para la evacuación (ASET), se obtiene del análisis por desempeño de las medidas de seguridad ante incendios observadas en los recintos investigados. El objetivo de este tipo de estudios es que, a través de escenarios distintos de incendio, se obtienen valores de parámetros que describen como evolucionan las condiciones de seguridad de los ocupantes mientras estos efectúan la evacuación. Entre estos, los más importantes son la altura de la capa de humo, la producción de gases tóxicos y la generación de calor convectivo.

4.2.3.2.1 ANÁLISIS A TRAVÉS DE ESCENARIOS DE INCENDIO

Un análisis de sistema de protección humana, basado en la opción del desempeño, utiliza los denominados escenarios de incendio de diseño. [26] *Cada escenario deberá ser desafiante pero realista con respecto a cada uno de los requerimientos que son: (Fuente: "NFPA 101-Aparatado 5.5.2 de la sección 5.5: Escenarios de incendio para el diseño.")*

- Ubicación inicial.
- Tasa temprana de crecimiento.
- Generación de humo.

Existen 8 tipos de escenarios de incendio de diseño, de los cuáles para este estudio sólo se incluyen los siguientes:

- **Escenario de Incendio 2 para el Diseño.** El escenario de incendio 2 para el diseño es un incendio de desarrollo ultra rápido en los medios primarios de egreso con las puertas interiores abiertas al iniciarse el incendio. Este escenario de incendio para el diseño deberá incluir las consecuencias debidas a una reducción en el número de los medios de egreso.(Ver apartado 5.5.2.2 de la NFPA 101 [51]).
- **Escenario de Incendio 6 para el Diseño.** El escenario de incendio 6 para el diseño es el incendio más severo resultante de la mayor característica de carga de combustible posible para el funcionamiento normal del edificio. Este

escenario de incendio para el diseño deberá incluir las consecuencias debidas a un incendio que se desarrolla rápidamente, en el cual están presentes los ocupantes. (Ver apartado 5.5.2.6 de la NFPA 101 [51]).

- **Escenario de Incendio 8 para el Diseño.** El escenario de incendio 8 para el diseño es un incendio que se origina en combustibles ordinarios en una habitación o área donde todos los sistemas de protección contra incendio tanto activa como pasiva resultan inefectivos. Este conjunto de escenarios de incendio para el diseño deberá incluir las consecuencias debidas a que todos los sistemas de protección contra incendio o aspectos de la protección contra incendio, considerados individualmente, sean poco confiables o no se encuentren disponibles. (Ver apartado 5.5.2.8 de la NFPA 101 [51]).

El escenario de incendio escogido para analizar cada recinto incluye una mezcla de todos los tópicos abordados en los escenarios enunciados anteriormente. En resumen, el escenario de incendio tipo para el diseño: *considera el incendio más severo resultante de la mayor característica de carga de combustible posible para el funcionamiento normal del recinto, de desarrollo ultra rápido que pudiera llegar a afectar a alguno de los medios de egreso, por tanto, deberá incluir las consecuencias debidas a una reducción en el número de los medios de egreso, y además, considera que todos los sistemas de protección contra incendio o aspectos de la protección contra incendio son poco confiables o no se encuentren disponibles.*

4.2.3.2.1.1 ESCENARIO DE INCENDIO TIPO PARA EL DISEÑO

Un escenario de incendio tipo para el diseño incluye: identificación de las cargas combustibles y de fuentes de ignición, parametrización del crecimiento y de las características del fuego, y análisis de los resultados de las condiciones mínimas de seguridad mediante un análisis computacional (Branzfire).

4.2.3.2.1.1.1 CARGAS COMBUSTIBLES

Describir en detalle las cargas combustibles de los recintos nos permite obtener valores de densidad de carga combustible (Dc), de calor total generado (Q) y de velocidad de liberación de calor (HRR) lo más cercanos a la realidad en el caso de la ocurrencia de un fuego en un lugar.

Según el apartado 2.2.2.1, la carga de fuego total se estima como la suma de la carga de fuego permanente más la carga de fuego variable.

Para el cálculo de la carga de fuego permanente, de acuerdo al uso del recinto y la utilización de elementos de decoración y mobiliario específico, mediante un estudio del calor de combustión de los materiales que los componen [38], se estima un valor total del calor de combustión generado por cada elemento, para luego apoyados en el peso y área útil de ocupación de cada mobiliario y/o decoración presente, determinar la densidad de carga combustible (Dc) que es utilizada generalmente para medir el riesgo de poder calorífico de un espacio determinado.

Por tanto, las magnitudes más importantes para el análisis del comportamiento de los materiales, ubicados en el interior de los recintos, ante el fuego son: la densidad de carga combustible (D_c), la cuál es obtenida a partir del calor total de combustión del elemento y de la densidad de masa por unidad de área.

Los elementos que serán el punto inicial del análisis del desarrollo de un fuego en cada uno de los recintos estudiados durante el desarrollo de esta memoria son la silla tipo Taburete y un sillón de poliuretano tipo, caracterizados en detalle en la tabla 4.2.3.7., dado que fueron los elementos más representativos observados durante la etapa del levantamiento de datos.

Tabla 4.2.3.7.: “Características de los especímenes utilizados para el análisis de fuego en cada uno de los recintos con respecto a calor de combustión, densidad de masa y densidad de carga combustible.”

Especimen	Descripción	Figura	Medidas	Peso total [kg]	Peso poliuretano [kg]	Peso de madera [kg]	Peso resto de los mats. No combustibles [kg]	Área [m ²]	Área útil [m ²]	Calor de combustión [MJ/kg](*)	Densidad de masa [kg/m ²]	Densidad de carga combustible [MJ/m ²]
1	Taburete modelo california, marrón cuero		Altura total = 100cm Ancho total = 37cm Profundidad total = 43cm max. Altura del asiento = 84cm min. Altura del asiento = 63cm Altura del respaldo = 18cm 7 cm de espesor cojín del asiento	6,7	1	3	2,7	0,16	0,5	12,7	13,4	170
2	Sofá de poliuretano		Altura total = 70cm Ancho total = 155cm Profundidad total = 72cm Altura del respaldo = 30cm 15 cm de espesor cojín del asiento y el respaldo	23	9	11	3	1,12	1,89	19,3	12,2	235

(*): Los valores de calor de combustión fueron obtenidos de acuerdo a la tabla A.1.1. del Anexo A, no se consideran para este cálculo los elementos no combustibles que forman parte de los especímenes. El valor de densidad de carga combustible no corresponde el valor general del recinto, sólo a un área acotada.

Luego de seleccionado el tipo elemento que está presente en el interior de cada uno de los recintos, se determina la zona en la cuál se ubican, es decir, el área útil total. De acuerdo a lo anterior, los valores de densidad de carga combustible pueden variar con respecto a los obtenidos en la tabla 4.2.3.7., dado que si incluimos un área útil mayor y fijamos la masa del combustible ya calculada, claramente la densidad de masa disminuye y la densidad de carga combustible también cambia.

Calculada el área útil total utilizada por los materiales combustibles, es posible conocer el calor total de combustión (Q) que generaría un potencial incendio.

Por otra parte, el valor de la carga combustible variable, obtenida de la tabla 2.2.2.1, es de 365 MJ/m², sin embargo, producto de su gran diferencia con la densidad de carga combustible fija (ver tabla 4.2.3.7.), no será considerada para efectos de este estudio.

Finalmente, la carga combustible total será igual sólo a la carga combustible fija.

4.2.3.2.1.1.1.2 FUENTES DE IGNICIÓN

Una vez determinadas las cargas combustibles, éstas necesitan una fuente de ignición [1] o de energía que les permita incrementar su temperatura superficial sobre el límite de inflamabilidad e iniciar un proceso de encendido autosostenible. (Ver criterio de ignición de Simns-Martin en el apartado 2.3.1.1.)

Por tanto, ubicar los lugares probables de mayor riesgo de ignición tipo espontánea (para más detalle sobre este tipo de ignición, ver apartado 2.2.3.1.3.) será fundamental para establecer desde que punto se propaga el fuego inicialmente.

Las tabla 2.2.3.2. y la tabla 2.2.3.3., nos entregan información sobre las causas y tipos de fuentes de ignición. En esta investigación, las fuentes de ignición consideradas son del tipo convectiva-radiativa agrupada en los casos de una colilla de cigarro no apagada, propia de este tipo de recintos, o una probable falla eléctrica producto del gran consumo de energía que se genera por la excesiva cantidad de conexiones eléctricas de sonido e iluminación.

4.2.3.2.1.1.1.3 CRECIMIENTO DEL FUEGO

El crecimiento del fuego depende de:

- **GEOMETRÍA DEL RECINTO**

En este punto, a partir de la geometría del recinto, es útil conocer las dimensiones de la envolvente (área total superficial), volumen del recinto y área de las aberturas como ventanas o puertas.

- **COEFICIENTE F**

Utilizando las dimensiones de las aberturas del recinto en estudio, en el caso de los incendios controlados por la ventilación, se calcula el factor de abertura F usando la ec. 2.2.5., dado que éste último determina tanto la evolución de la temperatura como la tasa de liberación de calor.

- **EVOLUCIÓN TIEMPO-TEMPERATURA**

Obtener las curvas estándar tiempo-temperatura, descritas en el apartado 2.2.5.2.

- **FLUJO DE CALOR**

El flujo de calor total que se genera en un incendio, se divide en un flujo de calor por convección y radiación. (Ver detalle de las curvas de evolución de cada uno de los flujos en el apartado 2.2.5.3.1 y 2.2.5.3.2). La importancia de obtener estas curvas es determinar el tiempo crítico de tolerancia de los ocupantes a ciertos flujos de calor.

- **ALTURA**

A partir de las dimensiones geométricas del recinto, obtener la altura del lugar es primordial para medir la evolución de la capa de humo tóxico en un modelo de incendio de dos zonas.(Ver detalle en apartado 2.3.2.2.).

- **MATERIAL DE LA ENVOLVENTE**

El material de la envolvente (Ver tabla I.2.1. del Anexo I), nos entrega orientación con respecto a la inercia térmica de las paredes del lugar, para posteriormente obtener nociones de cómo afecta esto al desarrollo del incendio. (Enfoque según McCaffrey, ver apartado 2.3.1.1.2.2.).

4.2.3.2.1.1.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO

- **VELOCIDAD DE CRECIMIENTO**

Conocido el tipo de uso del recinto, ver tabla 2.3.1.2, se obtiene la velocidad de crecimiento del incendio cuyo valor se encuentra en la tabla 2.3.1.1.

- **EVOLUCION DE HEAT RELEASE RATE DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

En base a los factores definidos en el apartado anterior, si el crecimiento del incendio está controlado por la ventilación (propio de incendios en recintos cerrados donde la cantidad de oxígeno es limitada), y que por tratarse de un recinto de ocupación pública, la tasa de velocidad del crecimiento del fuego es ultrarrápida.

- **PEAK HEAT RELEASE RATE EN UN INCENDIO CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN**

De acuerdo a la ec.2.3.11. se obtiene el peak de HRR controlado por la ventilación.

- **FLASHOVER**

La tasa de liberación de calor en el flashover, se determina según ec. 2.3.1.14.(Propuesto por McCaffrey).

- **CURVA DE DISEÑO DE HRR**

A partir de la carga combustible total obtenida a través del procedimiento detallado en la tabla 4.2.3.7., es posible establecer la siguiente relación con la tasa de liberación de calor HRR:

(ec.) 4.2.1 $Q_{total} = \int HRR = \int HRR_{cresc.} + \int HRR_{flash.} + \int HRR_{dec.}$

Donde

HRRi = tasa de liberación de calor en la etapa i [kW].

Q_{total} = Calor total generado[kJ].

Establecer los límites de las integrales de la tasa de crecimiento de todas las etapas de un incendio tipo es bastante complejo. Para simplificar el análisis, se asumirá que durante la etapa de crecimiento se consume 30% del material combustible, el flashover consume el 40 %, y el decaimiento el 30%.(ver figura 4.2.10). [13]

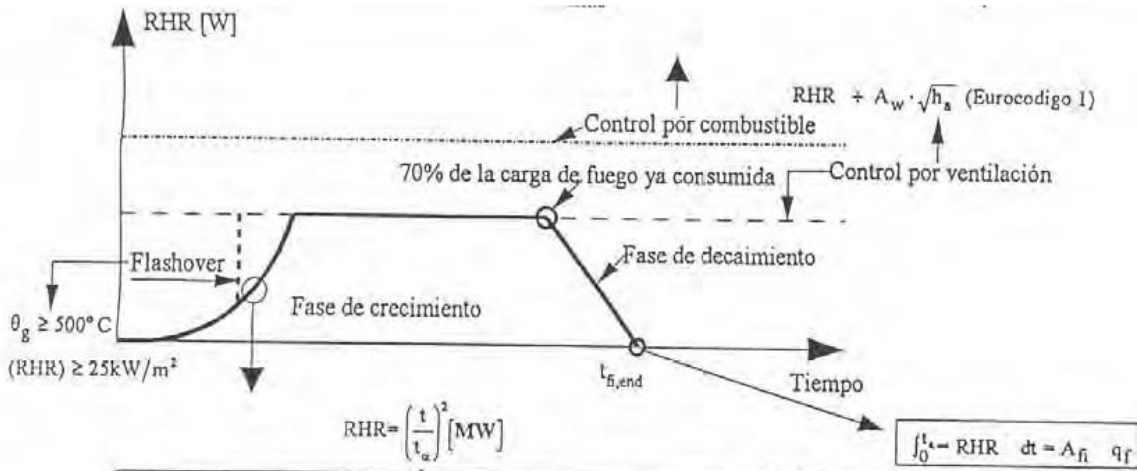


Figura 4.2.10.: “Etapas de un incendio tipo en un recinto cerrado.”

Por tanto, de acuerdo a la condición anterior, la ec 4.2.1. queda definida por etapa de la siguiente forma:

(ec.) 4.2.2 $\int HRR_{crescimiento}(t) = \frac{Q_{total}}{3}$

Donde

HRRi = tasa de liberación de calor en la etapa i [kW].

Q_{total} = Calor total generado[kJ].

(ec.) 4.2.3 $\int HRR_{flashover}(t) = \frac{2*Q_{total}}{5}$

Donde

HRRi = tasa de liberación de calor en la etapa i [kW].

Q_{total} = Calor total generado[kJ].

Por último, si incluimos las restricciones impuestas en el apartado 2.3.1.1.3 con respecto a la relación entre el peak Heat Release Rate controlado por la ventilación y el HRR en el flashover, se obtiene la curva de evolución de HRR para cada etapa

del desarrollo de un fuego en un recinto cerrado para cualquier escenario de incendio tipo.

4.2.3.2.1.1.1.5 BRANZFIRE: MODELACIÓN DE UN FUEGO

La modelación en Branzfire, consiste en un proceso de análisis de dinámica de incendios a través de un modelo de dos zonas. Este estudio, involucra tanto los datos de entrada del problema de generación de un fuego tipo como los resultados para las condiciones de vida de las personas involucradas.

DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada de la modelación consisten en la geometría del recinto, la tasa de liberación de calor resultante y variables como:

- Velocidad de crecimiento del fuego.
- α [kW/s²].
- Liberación máxima de calor [kW].
- Superficie máxima de incendio [m²].
- Superficie total del recinto [m²].
- Carga Total combustible [MJ].
- Densidad de carga combustible total [MJ/m²].
- Flujo de aire entrante [g/s].
- Mass Loss Rate por unidad de área [g/m²*s].
- Flujo total de calor por unidad de área [kW/m²].
- Pérdida de calor por reirradiación por unidad de área [kW/m²].
- Calor de gasificación [kJ/g].
- Mass Loss Rate [g/s].
- Radio estequiométrico (1/r).
- Radio equivalente (ϕ).
- Condiciones de ventilación.
- Tasa de producción de CO [kg/kg].
- Tasa de producción de CO₂ [kg/kg].
- Tasa de producción de HCN [kg/kg].
- Tasa de producción de Hollín [kg/kg].

GEOMETRÍA DE LOS RECINTOS

Con respecto a la geometría de los recintos, en el caso que no tengan una geometría cuadrada, se realiza una transformación a un recinto virtual manteniendo constante la altura y el volumen, y calculando valores de ancho y largo con tal de mantener el volumen del espacio interior sin variaciones.

HRR (TASA DE LIBERACIÓN DE CALOR)

La tasa de liberación de calor de diseño para cada uno de los escenarios propuestos, debe incluir tanto al peak de liberación de calor controlado por la ventilación como la tasa de liberación máxima en el flashover, aunque para el análisis, sólo es útil la etapa previa al flashover.

TASA DE PRODUCCIÓN DE GASES

Finalmente, todas las variables detalladas anteriormente, son calculadas de acuerdo al apartado 2.2.6.1.2. "Gases de incendio", en donde se enuncian todos los supuestos utilizados para el cálculo. Cabe destacar que las tasas de producción de cada uno de los gases se calcularon de la siguiente forma:

- **HCN**

Se calcula de acuerdo al apartado 2.2.6.1.2.2.2.1.

- **CO₂ Y HOLLÍN**

Se calcula de acuerdo al apartado 2.2.6.1.2.2.2.4.

- **CO**

Dado que en este tipo de recintos las condiciones de ventilación para los incendios son escasas, la producción de CO es igual a la tasa máxima, puesto que suele inundar ambientes en condiciones de ausencia de oxígeno a través de la combustión incompleta. Esto último se realiza pese a la existencia de ec.2.2.24. y 2.2.25. para el cálculo de CO en función del radio equivalente ϕ .

RESULTADOS: CONDICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE LAS PERSONAS

El objetivo del análisis de dinámica del fuego, en cada uno de los recintos, se resume en encontrar valores límites de las condiciones mínimas de seguridad para los ocupantes.

Los criterios de condiciones de mínima seguridad para los ocupantes de los recintos se detallan a continuación:

- Altura de capa de huma mayor a 2m.
- Temperatura de la capa de humo menor a 80°C.
- Flujo de calor inferior a 2,5 kW/m².
- FED (Fracción de dosis efectiva) menor a 0,1.
- Visibilidad mínima de señales de emergencia a una distancia de 15 m y a 2 metros sobre el suelo.

4.2.3.2.1.1.1.6 HIPOTÉISIS ASUMIDAS

Las hipótesis asumidas, para el análisis de escenarios de incendio a través de una modelación de la dinámica del fuego, son las siguientes:

- Cada escenario de incendio considera un área acotada de carga combustible, que por simplicidad, arde al mismo tiempo a medida que aumenta la tasa de liberación de calor.
- Se asume una altura de llama constante desde el inicio hasta el final del incendio, pese a que en la realidad no ocurra tal situación.
- No se utilizan medios de protección activa contra el fuego que puedan limitar el crecimiento del fuego inicial ni tampoco la propagación del humo y llama dentro del recinto.
- Cada escenario es independiente uno de otro, con características propias y acotadas, por ende, para un mismo piso si se tienen dos escenarios distantes entre sí, los efectos generados por el fuego y humo no se suman. Y en el caso de recintos con más de una planta y que no tengan forma de atrio, los escenarios de incendio se analizan por separado.
- Las áreas de aberturas del recinto, es decir, lugar por donde respira la llama, consisten en puertas y ventanas, y en el caso de los recintos con más de una planta, se incluye la sección transversal del arranque de las escaleras presentes.

4.3 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE LOS RECINTOS A ANALIZAR

El registro de locales nocturnos ubicados en la región metropolitana nos entrega un total de aproximadamente 30. (Ver detalle en tabla 4.2.3.1).

Tabla 4.2.3.1.: “Lista de locales nocturnos en Santiago.”

	Nombre	Comuna	Capacidad [pers.]
1	Pandemonium	La florida	700
2	Bar 89	La florida	500
3	Costa varua	La florida	300
4	Santo y Demonio	La florida	200
5	Campus central	Recoleta	300
6	Club Matta	Santiago	1000
7	Kamikaze	Las Condes	300
8	Sala Gente	Las Condes	300
9	Subteraneo	Providencia	200
10	Alto Barcelona	Providencia	300
11	Ex Fabrica	Recoleta	1000
12	Caleido	Nuñoa	200
13	Glam	La Cisterna	300
14	Costanera Club	Maipu	200
15	Sala Murano	Las Condes	200
16	Club La Dehesa	Lo Barnechea	250
17	Club La Feria	Providencia	250
18	Las Urracas	Vitacura	150
19	Club Eve	Vitacura	200
20	Club Florida	La Florida	150
21	Club Fuga	San Miguel	200
22	Club Plaza	Providencia	200
23	Bar W	Maipu	200
24	Onaciu	Providencia	200
25	El tunel	Providencia	250
26	Mamba	Providencia	200
27	El Clan	Providencia	250
28	Grammy	Santiago	200
29	Klub Mangosta	Santiago	250

Si bien el número de recintos estudiados, 3, representan a solo un 10% del total, si nos centramos en la capacidad de estos, y lo comparamos con el objetivo de la investigación que centra su análisis en recintos con alto índice de ocupación, solo estos 3 locales agrupan a casi un 30% del total de personas que frecuentan este tipo de locales en una noche de fin de semana en Santiago. Por ende, la elección es la óptima para llevar a cabo el análisis. Además, está basada en los siguientes criterios:

- Cambio de uso del recinto desde habitacional a entretenimiento u ocio.
- Capacidad de ocupación mayor a 500 personas.
- Visible falta de medidas de protección ante incendios.

De acuerdo, a lo anterior los lugares seleccionados son:

- Discoteca 1: PANDEMONIUM
- Discoteca 2: EXFABRICA
- Discoteca 3: CLUB MATTA

4.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS RECINTOS

4.4.1 DISCOTECA 1: PANDEMONIUM⁽²⁾

4.4.1.1 UBICACIÓN

La discoteca Pandemonium está localizada en el sector suroriente de Santiago dentro de lo que se denomina el sector de terrazas del Mall Plaza Vespucio.

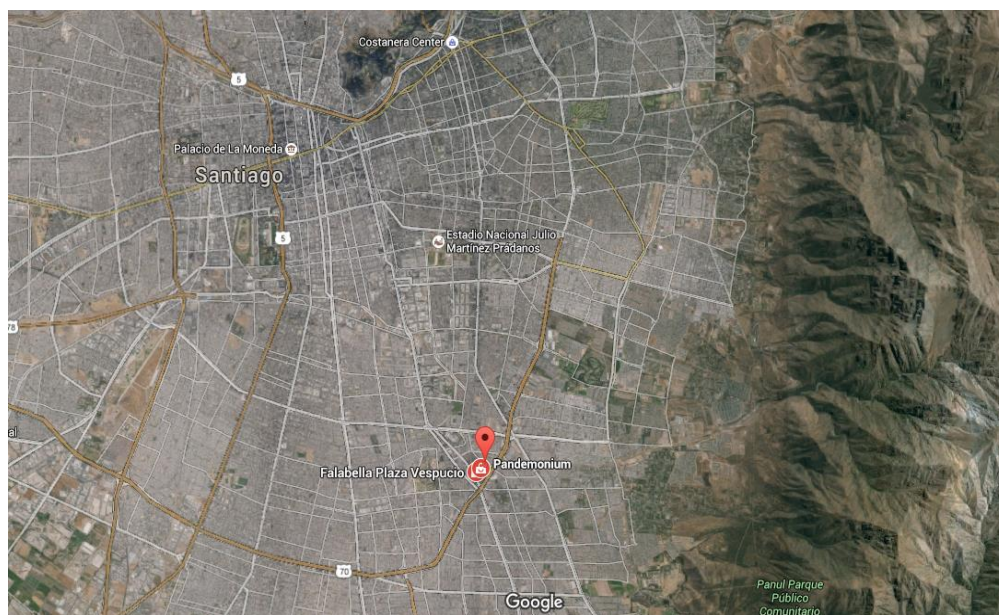


Ilustración 4.4.1.: “Mapa de la ubicación de discoteca 1.”

4.4.1.2 ANTECEDENTES

El recinto está ubicado en el segundo piso del sector denominado Terrazas (cota +5.00 m) y posee un único acceso principal que consiste en una escalera mecánica más una escalera normal las cuáles conectan al lugar con la cota 0.

² Ver apoyo visual en el apartado D.1. del Anexo D.



Ilustración 4.4.2.: “Vista general de la discoteca 1, fachada principal.”

La planta principal de cota +5.00 m posee tres accesos a los cuáles se ingresa desde una terraza de un ancho aproximado de 3,5 m.

En su interior, el lugar tiene cierta similitud con un atrio. Posee un piso principal de altura de 5 m con una abertura en el medio y 2 pisos laterales de altura de 2,5 m cada uno que lo cubren de forma parcial.

La altura media entre las plantas es de 2.50 m, sin embargo, esto no es extensivo a toda la planta principal, dado que en la parte central de la planta se tienen alturas superiores correspondientes a la altura del local que es de 5.00 m (cota +10.00).

Los recorridos de evacuación hasta un lugar seguro no superan los 60 m y el área total interior es de 400 m^2 aproximadamente.

Para efectos del análisis sólo se considera el sector del recinto acotado y no la parte que se encuentra en el exterior al aire libre, dado que para efectos del trabajo, buscamos situaciones en las cuáles el humo se acumule por un tiempo determinado.

4.4.1.3 MEDIOS DE EGRESO Y SALIDAS

La entrada al recinto se efectúa por una terraza, a la que se accede a través de una escalera mecánica más una escalera normal una al lado de la otra. La terraza, de cota +5,00, conecta a los ocupantes con los tres accesos del recinto y permiten la entrada de personas a la pista central. (Ver Figura 4.4.1.).

La planta de la pista central (cota +5,00) es mayormente abierta en el centro (posee una forma similar a los atrios) a excepción de las zonas laterales que constituyen la parte superior de cota +7,50, a la que se accede a través de 2 escaleras (de ancho de 1,25 m aproximadamente) ubicadas en ambos extremos de la pista central.

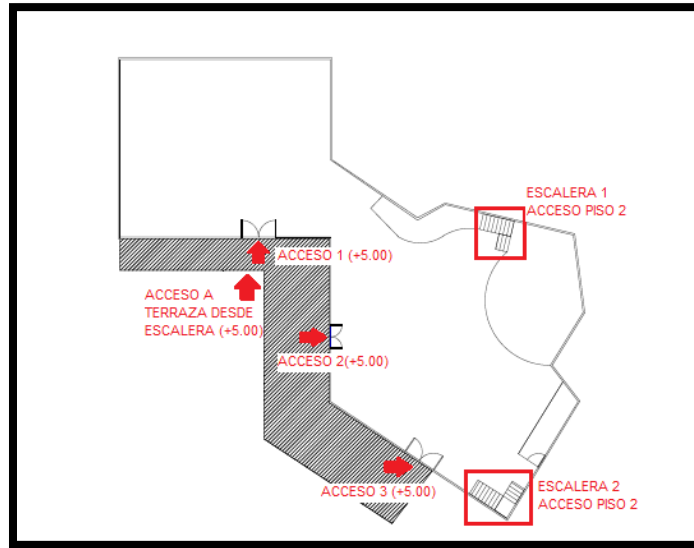


Figura 4.4.1.: “Vista en planta de accesos y escaleras del piso principal (cota +5.00) de la discoteca 1.”

La planta del segundo piso (cota +7.50) está dividida en dos zonas que no están comunicadas entre sí y en la que hay presencia de mobiliario como sillas y mesas, y de electrodomésticos como televisores. (Ver Figura 4.4.2.).

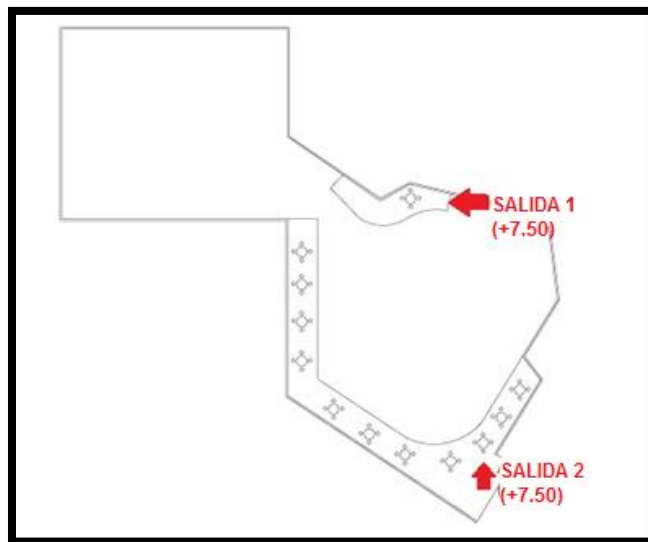


Figura 4.4.2.: “Vista en planta de accesos/salidas de segundo piso (cota +7.50) de la discoteca 1.”

Por otro lado, una información útil de saber para calcular la capacidad de los medios de egreso, es el ancho efectivo de estos últimos. En la siguiente tabla es posible ver el detalle del ancho de todos los medios de egreso disponibles:

Tabla 4.4.1.1.: “Ancho mínimo y efectivo de los medios de egreso del recinto 1.”

Medio de Egreso	Ancho mínimo [m]	Ancho efectivo [m]
Escalera acceso (E01)	2,80	2,32
Terraza exterior	3,10	2,70
Salida 01 (S01)	2,25	1,95
Salida 02 (S02)	1,55	1,25
Salida 03 (S03)	2,25	1,95
Escalera 1 (E1)	1,24	0,76
Escalera 2 (E2)	1,24	0,76
Salida 1 (S1)	1,24	0,84
Salida 2 (S2)	1,96	1,56

Nota: Salidas 1 y 2, corresponden a los sectores antes del arranque de las escaleras 1 y 2.

4.4.1.4 USOS Y SUPERFICIES

El recinto posee dos plantas, la primera de cota +5.00 y la segunda de cota +7.50. La primera se divide en dos partes: la exterior o terraza y la interior que es dónde se concentra el total de ocupantes. En la parte interior podemos distinguir la pista principal, el hall, el escenario y las barras.

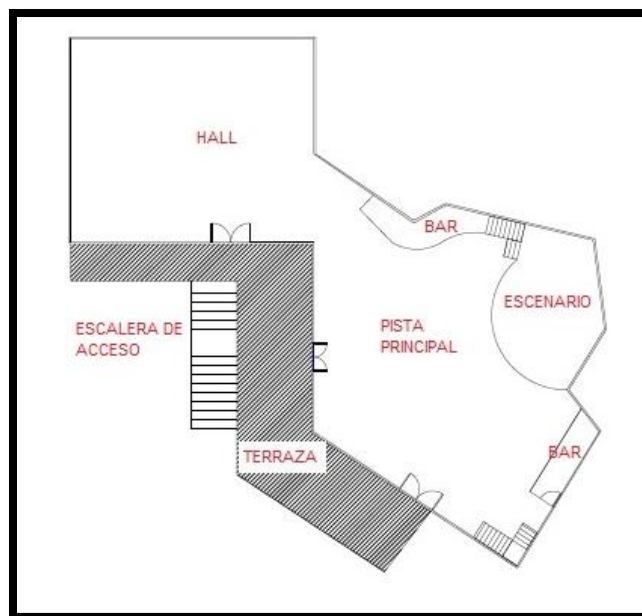


Figura 4.4.3.: “Partes de la primera planta (cota +5.00) de la discoteca 1.”

A continuación se muestra un detalle de cada una de las áreas de las partes de la primera planta, datos que son usados en el apartado siguiente para el cálculo del número de ocupantes.

Tabla 4.4.1.2.: “Superficies de partes de la primera planta (cota +5.00)” de la discoteca 1.”

Superficie total [m2]	499,27
Superficie terraza exterior [m2]	101,84
Superficie total interior [m2]	397,43
Superficie escenario [m2]	41,89
Superficie barras [m2]	18,21
Superficie hall [m2]	148,96
Superficie escaleras [m2]	6,80
Superficie útil primer piso [m2]	181,57

Además, la planta superior de cota +7.50 se divide en dos partes incomunicadas entre sí que igualmente concentran una parte menor del total de los ocupantes.

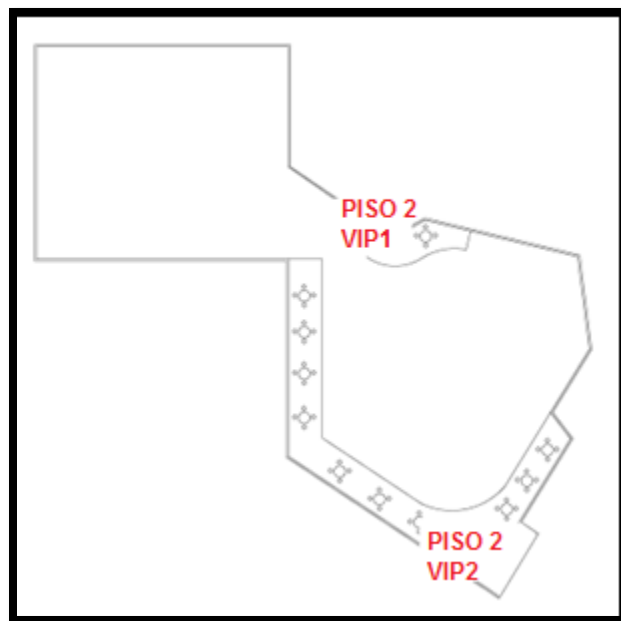


Figura 4.4.4.: “Partes de la segunda planta (cota +7.50).”

A continuación se muestra un detalle de las áreas de las zonas de la segunda planta, datos que son usados en el apartado siguiente para el cálculo de ocupantes.

Tabla 4.4.1.3.: “Superficies de partes de la segunda planta (cota +7.50) de la discoteca 1.”

Superficie total vip 1 [m2]	10,48
Superficie mobiliario [m2]	0,48
Superficie útil vip 1 [m2]	10,00
Superficie total vip 2 [m2]	58,24
Superficie mobiliario [m2]	40,24
Superficie útil vip 2 [m2]	18,00
Superficie útil (vip 1 + vip 2) [m2]	28,00

4.4.1.5 RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

Los recorridos de evacuación de los ocupantes están descritos por el camino desde el punto más alejado del interior del recinto, con respecto a las salidas disponibles, hasta el punto establecido como lugar seguro, que según NFPA 101 [51] está a 50 cm de las salidas de cualquier recinto. En este caso, tal lugar seguro está ubicado a 50 cm del final de la escalera principal de acceso.

En la figura 4.4.5, 4.4.6 y 4.4.7, se muestran los esquemas de todas las posibles opciones de caminos de evacuación en el recinto en función de las salidas disponibles.

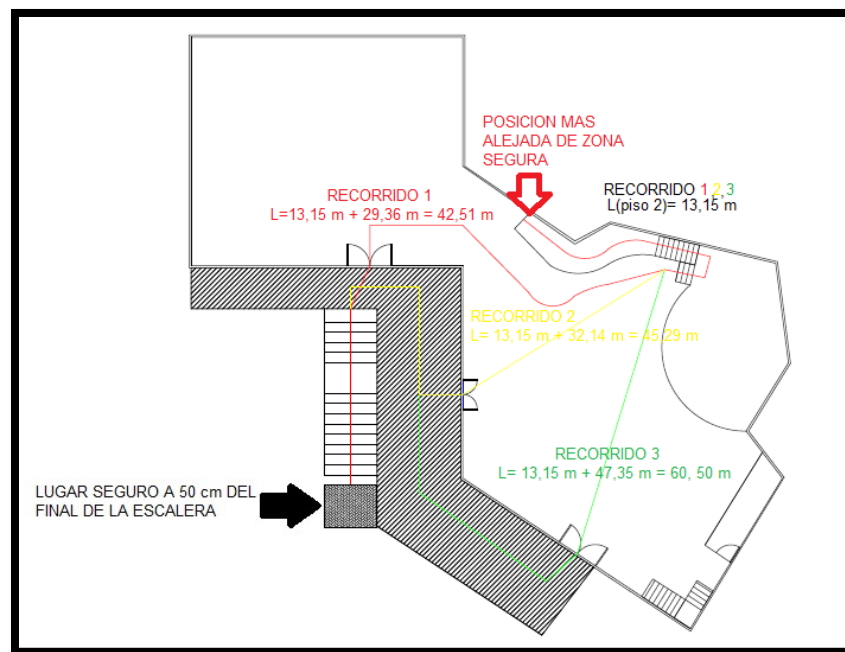


Figura 4.4.5.: “Esquema de recorrido total de evacuación - piso 1 y 2. (opcion1) de la discoteca 1.”

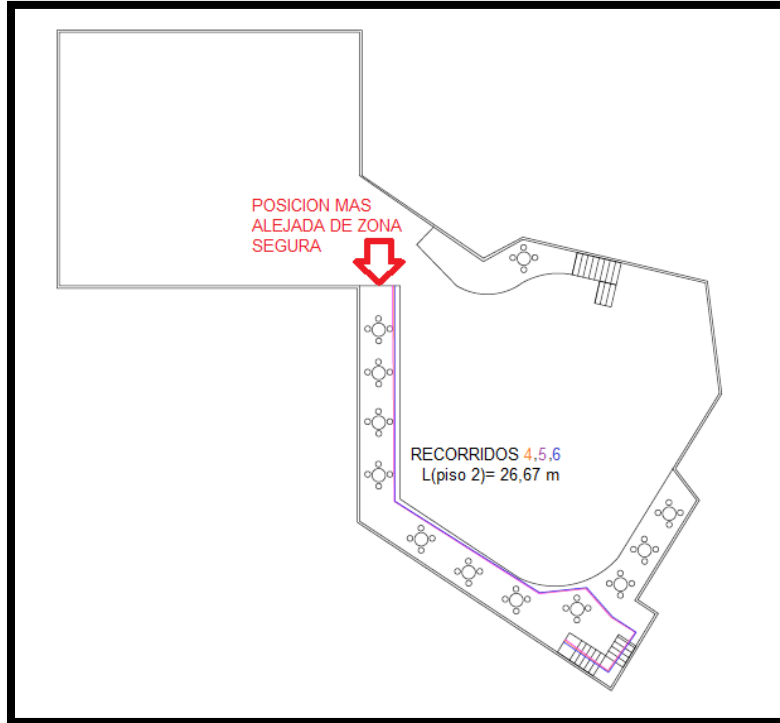


Figura 4.4.6.: “Esquema de recorrido total de evacuación-piso 2. (opcion2) del discoteca 1.”

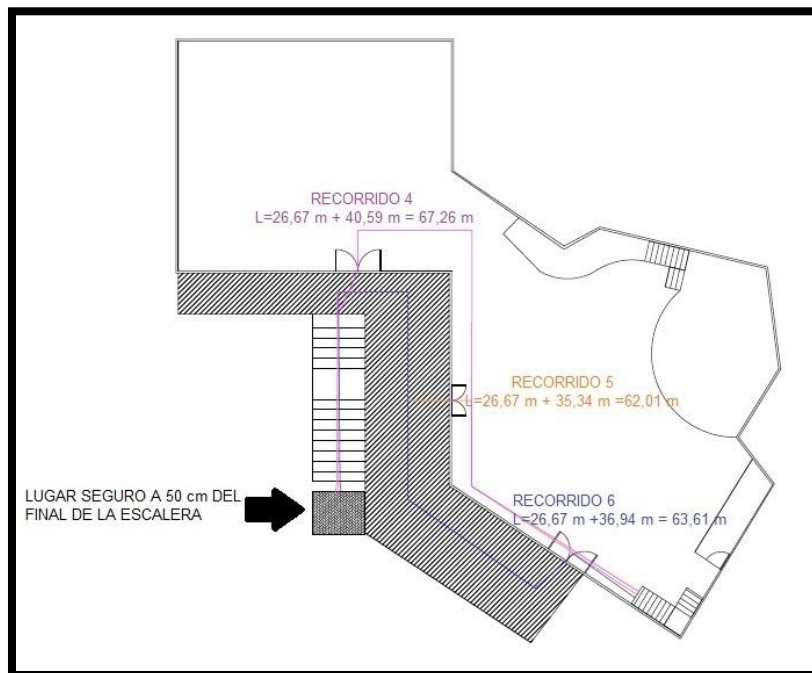


Figura 4.4.7.: “Esquema de recorrido total de evacuación – piso 1 (opcion2), continuación de la discoteca 1.”

Finalmente, para establecer cuáles son los recorridos de mayor riesgo, es decir, de mayor largo, se muestran en la siguiente tabla las distancias de todos los recorridos posibles para su posterior análisis, 6 en total.

Tabla 4.4.1.4.: “Recorridos parciales del segundo piso y Recorridos Totales de Evacuación de la discoteca 1.”

	Recorrido de evacuacion piso 2 [m]	Recorrido de evacuacion total [m]
Recorrido 1	13,15	42,51
Recorrido 2	13,15	45,29
Recorrido 3	13,15	60,50
Recorrido 4	26,67	67,26
Recorrido 5	26,67	62,01
Recorrido 6	26,67	63,61

(*). Los recorridos marcados con rojo corresponden a los que están en el límite o superan la recomendación de la OGUC y NFPA 101 que es de un máximo de 60 m.

4.4.1.6 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ⁽³⁾

Para el cálculo de la capacidad del lugar, es necesario obtener la superficie útil total del recinto y el factor de ocupación en base al tipo de uso. La superficie útil total es de 210 m² (ver detalle en tablas 4.4.1.2. y 4.4.1.3.) y el factor de ocupación, si el uso del lugar es de entretenimiento, aproximadamente es 0,5 [m²/persona](Ver tabla B.2.del Anexo B y tabla C.1.2. del anexo C).

Finalmente la capacidad total de ocupantes, calculada como (*Superficie util total del recinto/factor de carga de ocupacion*), es de 420 personas.

4.4.1.7 ASIGNACIÓN DE OCUPANTES

La capacidad del recinto es de unas 420 personas, si asumimos un aumento de más del 10% de ocupantes que frecuentan el lugar, la ocupación supuesta será de 475 personas de los cuales 400 están en la pista principal y 75 en la segunda planta.

A continuación, se muestra en detalle la asignación de los ocupantes dependiendo del lugar que ocupan y hacia donde sería la dirección del flujo en caso de una evacuación.

³ Según OGUC y NFPA 101 la superficie útil de un recinto se calcula descontando del área total, el área de espacios comunes y exteriores como terrazas, hall, pasillos, etc. Además, esta última, es la que se ocupa para el cálculo de ocupantes en función del factor de carga de ocupantes disponible en la tabla B.2.del Anexo B y tabla C.1.2. del anexo C.

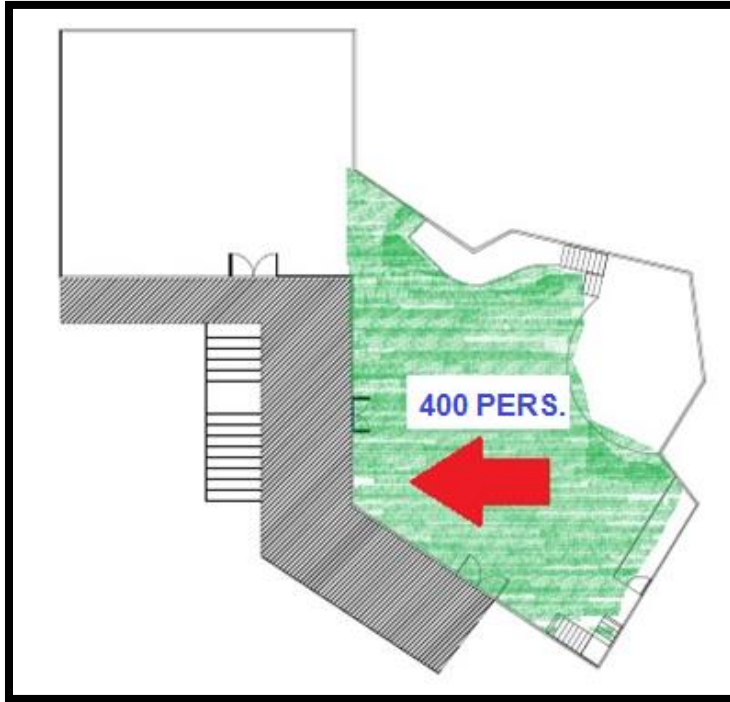


Figura 4.4.8.: "Asignación de ocupantes primera planta (cota +5.00) de la discoteca 1."

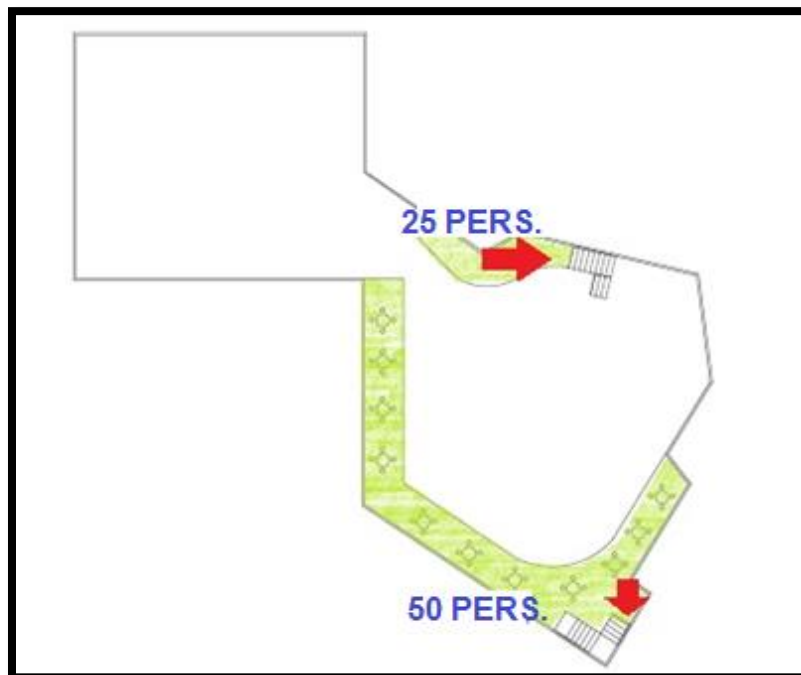


Figura 4.4.9.: "Asignación de ocupantes segunda planta (cota +7.50) de la discoteca 1."

4.4.2 DISCOTECA 2: EX – FÁBRICA (4)

4.4.2.1 UBICACIÓN

La discoteca Ex - Fabrica está localizada en el sector norte de Santiago, específicamente en la comuna de Independencia en el sector llamado de Patronato, calle Asunción.

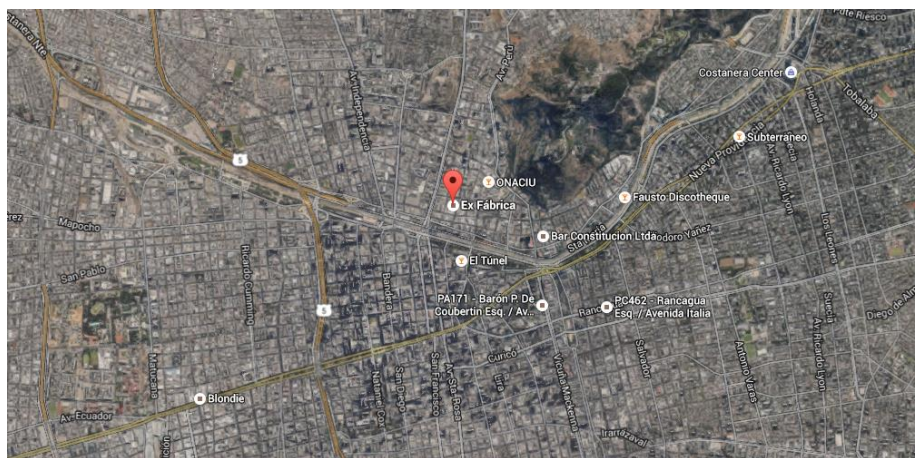


Ilustración 4.4.3.: “Mapa de la ubicación de discoteca 2.”

4.4.2.2 ANTECEDENTES

El recinto de dos pisos, posee un único acceso principal (cota +0.00) ubicado en la calle Asunción a través del cuál se accede al interior.



Ilustración 4.4.4.: “Vista general de la discoteca 2, fachada principal.”

⁴ Ver apoyo visual en el apartado D.2. del Anexo D.

La altura media entrepisos es de 3,5 m.

Los recorridos de evacuación hasta un lugar seguro no superan los 60 m, y el área total interior, primer y segundo piso es de 665 m² aproximadamente.

Para efectos del análisis, sólo se considera el sector del recinto acotado al primer y segundo piso dado que es dónde regularmente se realizan los eventos y se observa un alto flujo de ocupantes.

4.4.2.3 MEDIOS DE EGRESO Y SALIDAS

La entrada al recinto se efectúa por el único acceso principal (cota +0,00) existente de ancho total 5,40 m (dividido en 2 puertas de ancho 2,70 m). Luego, un pasillo de largo 5,60 m conecta a los ocupantes con el pasillo central del primer piso (Ver Figura 4.10.). Cabe destacar que este pasillo divide el ingreso y salida de ocupantes puesto que está dividido por un muro que posee una puerta denominada acceso intermedio de ancho 2,00 m, la cuál es abierta en caso que uno de los accesos principales presente dificultades de egreso.

La planta del primer piso (cota +0,00) posee un flujo constante de ocupantes que acceden al piso superior (cota +3,50 m) a través de 2 escaleras (de ancho de 1,40 m aproximado, ubicadas a ambos extremos de la planta de evacuación. (El pasillo de entrada/salida junto con los accesos dividen al flujo).

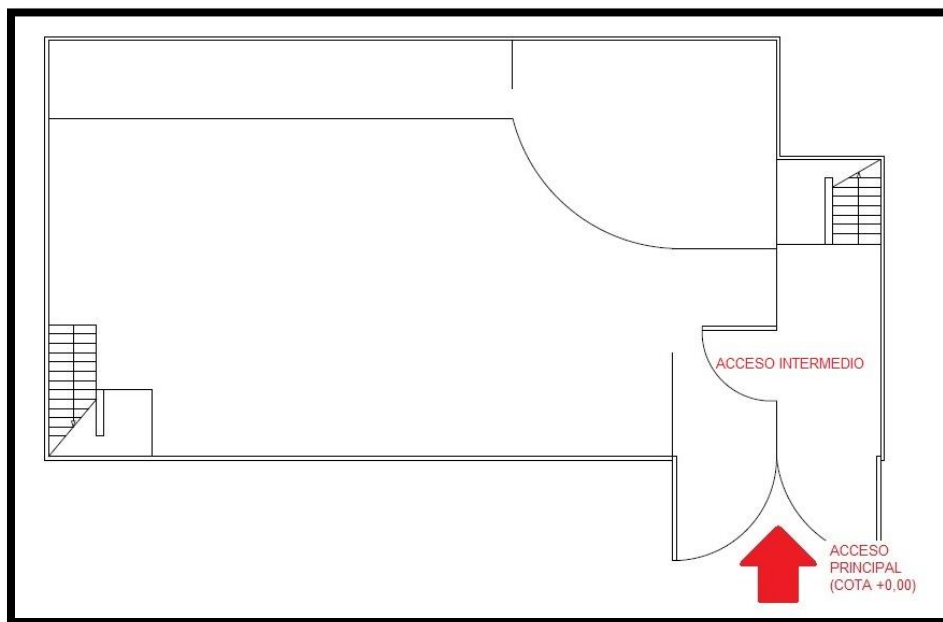


Figura 4.4.10.: “Vista en planta de accesos y escaleras del piso principal (cota +0.00) de la discoteca 2.”

La planta del segundo piso (cota +3,50) está dividida en dos zonas comunicadas entre sí (pista central 1 y 2) a través de un pasillo de ancho 4,50 m al cuál se accede desde una de las escaleras del piso 1. (Ver Figura 4.4.11.).

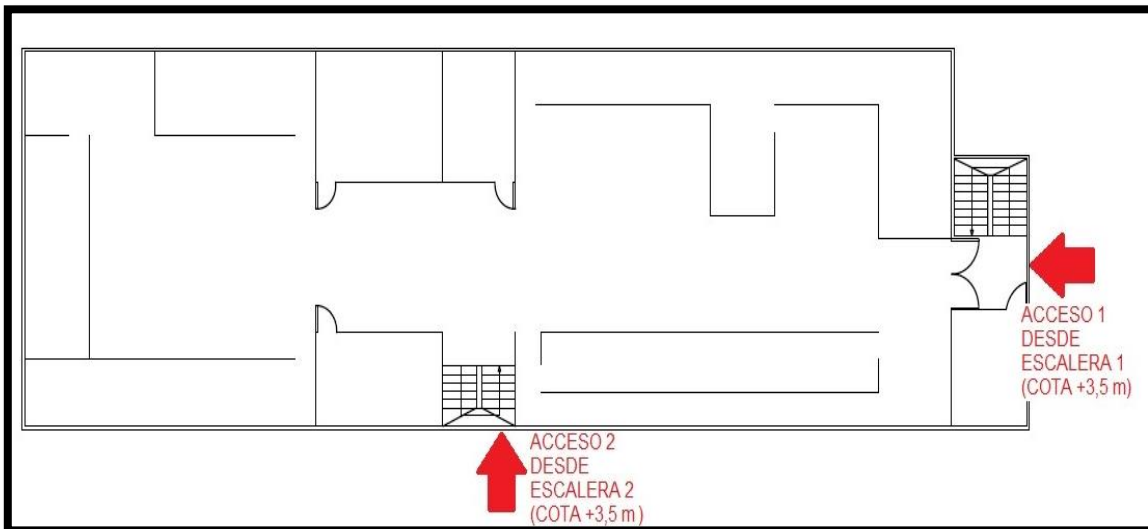


Figura 4.4.11.: “Vista en planta de accesos a segundo piso (cota +3.50) de la discoteca 2.”

Por otro lado, una información útil, para calcular la capacidad de los medios de egreso es el ancho efectivo. En la siguiente tabla, es posible ver el detalle del ancho de todos los medios de egreso disponibles:

Tabla 4.4.2.1.: “Ancho mínimo y efectivo de los medios de egreso de la discoteca 2.”

Medio de Egreso	Ancho mínimo [m]	Ancho efectivo [m]
Acceso principal	5,80	5,20
Salida 01	2,90	2,60
Salida 02	2,90	2,60
Acceso intermedio	2,00	1,70
Escalera 1 (E1)	1,64	1,16
Escalera 2 (E2)	1,64	1,16
Acceso 1/Salida 1	2,35	1,95
Acceso 2/Salida 2	3,00	2,60
Pasillo entrada	5,80	5,00
Pasillo de entrada 1	2,90	2,50
Pasillo de entrada 2	2,90	2,50

4.4.2.4 USOS Y SUPERFICIES

El recinto posee dos plantas, la primera de cota +0.00 y la segunda de cota +3.50. La primera se divide en escenario, pasillo central y bar y su función principal es ser un medio de paso para los ocupantes que se dirigen al piso superior, sin embargo,

al ser también una zona de venta de alcoholes, este sector puede tener una alta probabilidad de flujos opuestos que dificulten de alguna medida el desplazamiento hacia las salidas.

El sector marcado como lugar sin acceso que forma parte del pasillo central del primer piso es usado para almacenamiento de mobiliario cuando en la primera planta no se realizan eventos. El mobiliario indicado es usado generalmente cuando el recinto funciona como dos ambientes, primer y segundo piso. (Ver Figura 4.4.12.).

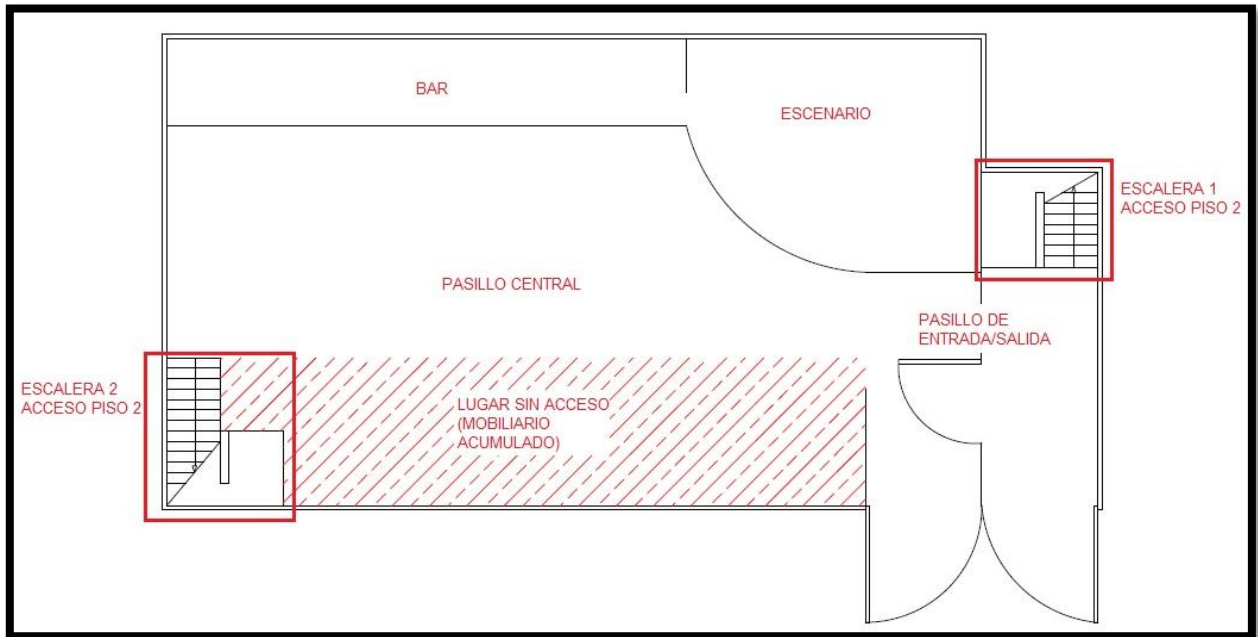


Figura 4.4.12.: “Partes de la primera planta (cota +0.00) de la discoteca 2.”

A continuación, se muestra un detalle de cada una de las áreas de las partes de la primera planta, datos que son usados en el apartado siguiente para el cálculo del número de ocupantes.

Tabla 4.4.2.2.: “Superficies de partes de la primera planta (cota +0.00) de la discoteca 2.”

Superficie total [m2]	249,46
Superficie pasillos de acceso [m2]	31,64
Superficie escenario [m2]	41,89
Superficie barras [m2]	27,09
Superficie pasillo central [m2]	82,77
Superficie escaleras [m2]	13,84
Superficie sin acceso [m2]	52,23
Superficie útil [m2]	82,77

La planta superior de cota +3.50, se divide en dos partes comunicadas entre sí a través de un pasillo central, en dónde se encuentran diferentes espacios como vip, baños, escenario, pista central 1 y 2, barra, lugares sin acceso usados para almacenamiento de productos, etc. (Ver Figura 4.4.13.).

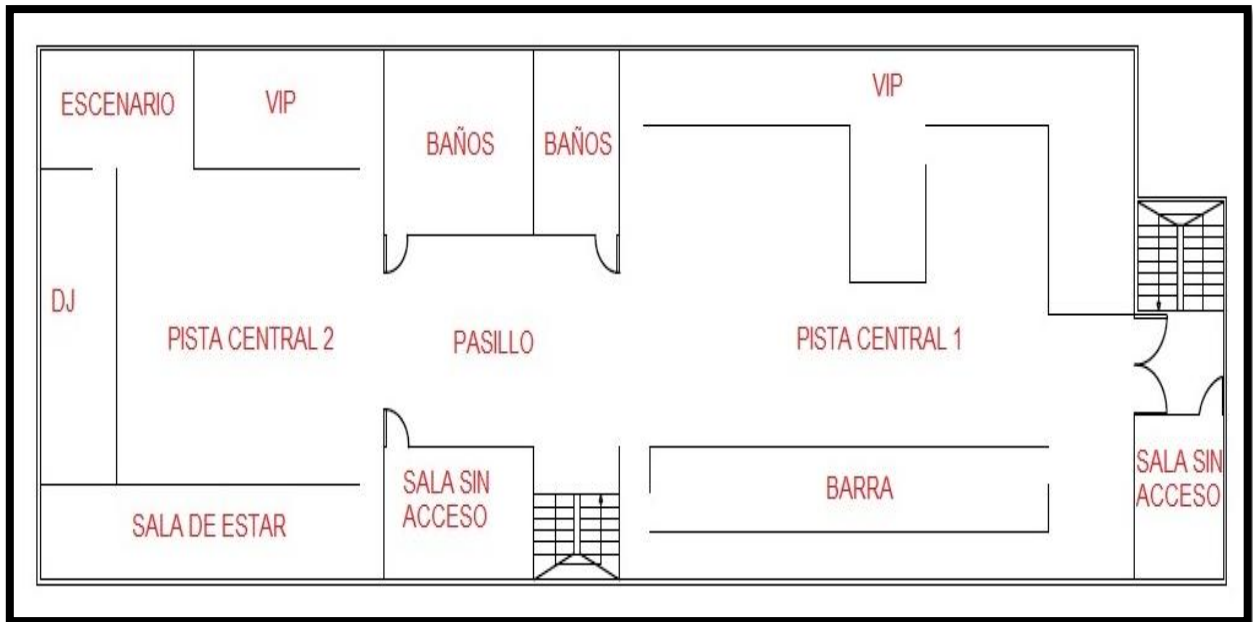


Figura 4.4.13.: “Partes de la segunda planta (cota +3.50) de la discoteca 2.”

A continuación se muestra un detalle de las áreas de las zonas de la segunda planta, datos que son usados en el apartado siguiente para el cálculo del número de ocupantes.

Tabla 4.4.2.3.: “Superficies de partes de la segunda planta (cota +7.50) de la discoteca 2.”

Superficie total [m2]	422,81
Superficie bar [m2]	38,90
Superficie dj [m2]	16,75
Superficie sala de estar [m2]	22,40
Superficie escenario [m2]	12,50
Superficie sin acceso [m2]	23,87
Superficie escaleras [m2]	11,48
Superficie baño [m2]	30,03
Superficie pasillo [m2]	33,11
Superficie sector vip [m2]	46,33
Superficie pista central 1 [m2]	164,76
Superficie pista central 2 [m2]	70,46
Superficie util total[m2]	290,73

4.4.2.5 RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

Los recorridos de evacuación de los ocupantes están descritos por el camino desde el punto más alejado del interior del recinto, representados por las planta del segundo piso, con respecto a las salidas disponibles, hasta el punto establecido como lugar seguro, que según la NFPA 101 [51], está a 50 cm de las salidas de cualquier recinto, en este caso, tal lugar seguro está ubicado a 50 cm de las salidas principales del primer piso.

En las figuras 4.4.14 y 4.4.15 se muestran los esquemas de todas las posibles opciones de caminos de evacuación en el recinto en función de las salidas disponibles.

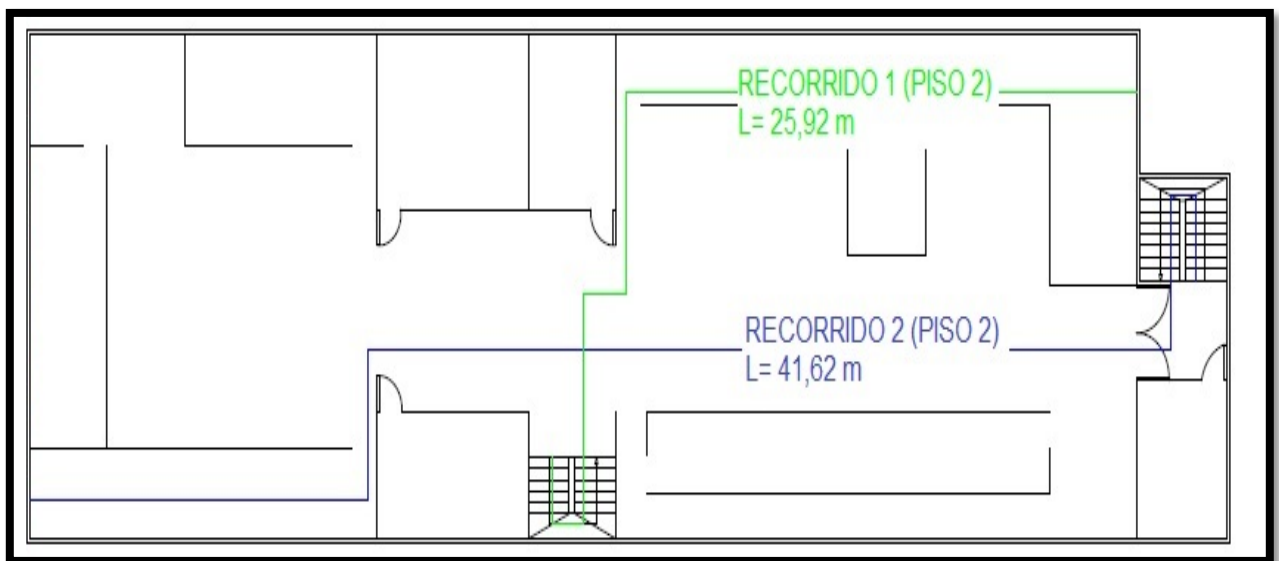


Figura 4.4.14.: “Esquema de recorrido de evacuación - piso 2. (opcion1 y 2) de la discoteca 2.”

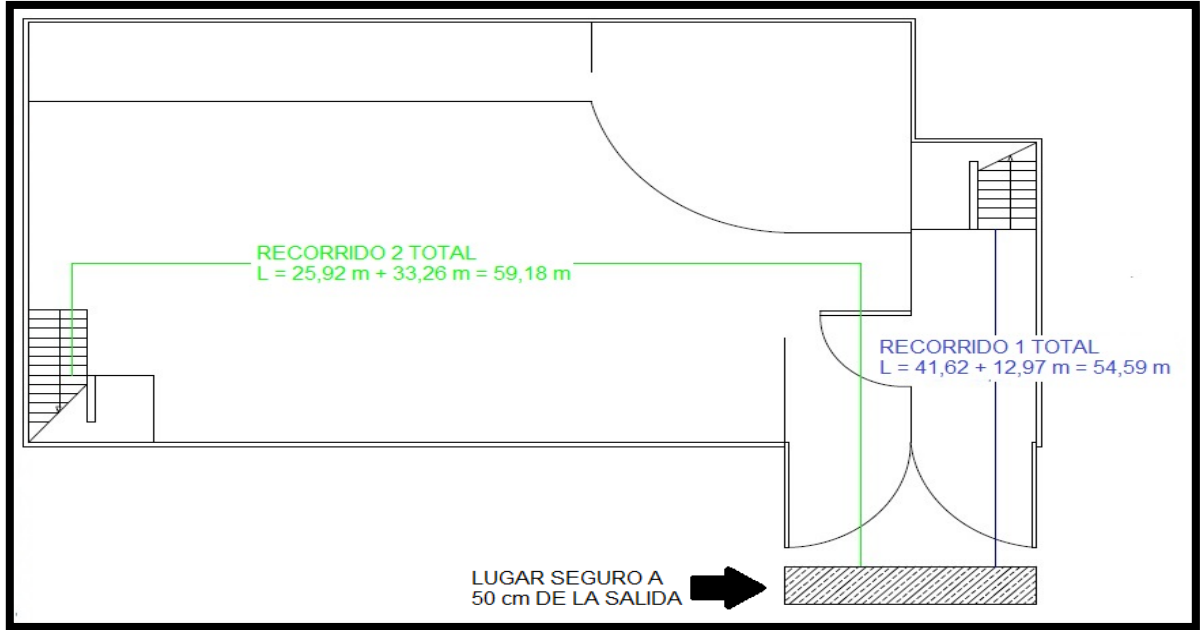


Figura 4.4.15.: “Esquema de recorrido de evacuación - piso 1. (Opción 1 y 2) de la discoteca 2.”

Finalmente, para establecer cuáles son los recorridos de mayor riesgo, es decir, de mayor largo, se muestran en la tabla 4.4.2.4. las distancias de todos los recorridos posibles para su posterior análisis que son 2 en total.

Tabla 4.4.2.4.: “Recorridos parciales del segundo piso y Recorridos Totales de Evacuación de la discoteca 2.”

	Recorrido de evacuación piso 2 [m]	Recorrido de evacuación total [m]
Recorrido 1	41,62	54,59
Recorrido 2	25,92	59,18

4.4.2.6 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ⁽⁵⁾

Para el cálculo de la capacidad del lugar es necesario obtener la superficie útil total del recinto y el factor de ocupación en base al tipo de uso. La superficie útil total es de 374 m² (ver detalle en tablas 4.4.2.2. y 4.4.2.3.) y el factor de ocupación, si el

⁵ Según OGUC y NFPA 101 la superficie útil de un recinto se calcula descontando del área total, el área de espacios comunes y exteriores como terrazas, hall, pasillos, etc. Además, esta última, es la que se ocupa para el cálculo de ocupantes en función del factor de carga de ocupantes disponible en la tabla B.2.del Anexo B y tabla C.1.2. del anexo C.

uso del lugar es de entretenimiento, aproximadamente es $0,5 [m^2/persona]$ (ver tabla B.2.del Anexo B y tabla C.1.2. del anexo C).

La superficie útil para el recinto está conformada por pasillo central en la primera planta y por los sectores de pista central 1 y 2, y sala de estar en la segunda planta. Finalmente la cantidad total de ocupantes, calculada como (*Superficie util total del recinto/factor de carga de ocupacion*), es de 749 personas.

4.4.2.7 ASIGNACIÓN DE OCUPANTES

El total de ocupantes del recinto es de 800 personas, de acuerdo a información recopilada de los eventos que realiza, de los cuales 600 están en la planta del segundo piso y 200 en la primera planta.

A continuación se muestra en detalle la asignación de los ocupantes dependiendo del lugar que ocupan y hacia donde sería la dirección del flujo en caso de una evacuación. (Ver Figuras 4.4.16. y 4.4.17.).

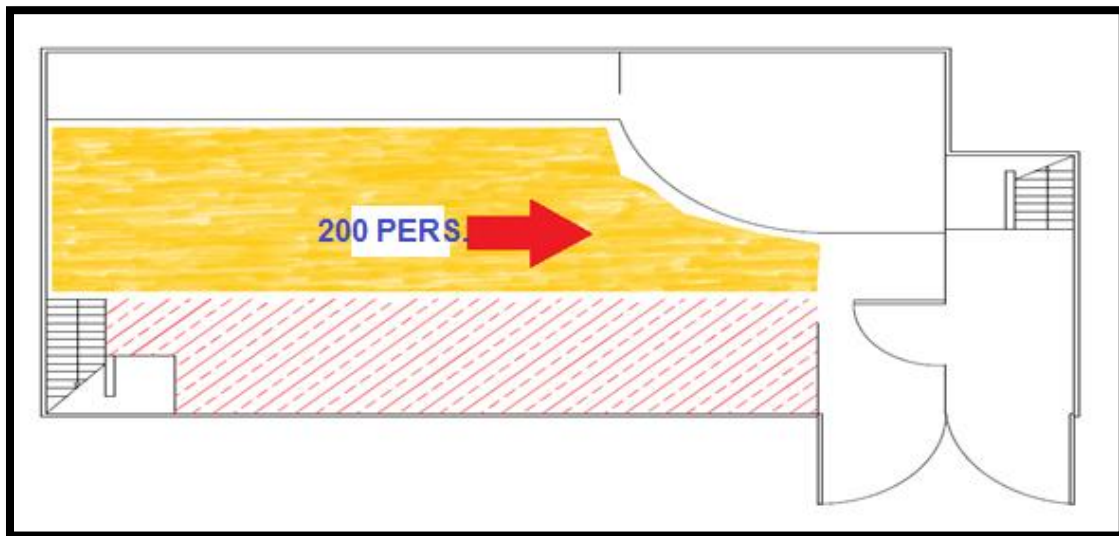


Figura 4.4.16.: “Asignación de ocupantes primera planta (cota +5.00) de la discoteca 2.”



Figura 4.4.17.: “Asignación de ocupantes segunda planta (cota +7.50) de la discoteca 2.”

4.4.3 DISCOTECA 3: CLUB MATTA (6)

4.4.3.1 UBICACIÓN

La discoteca Club Matta está localizada en el sector de Santiago centro, comuna de Santiago, en la esquina de Santa Rosa con Avenida Matta.

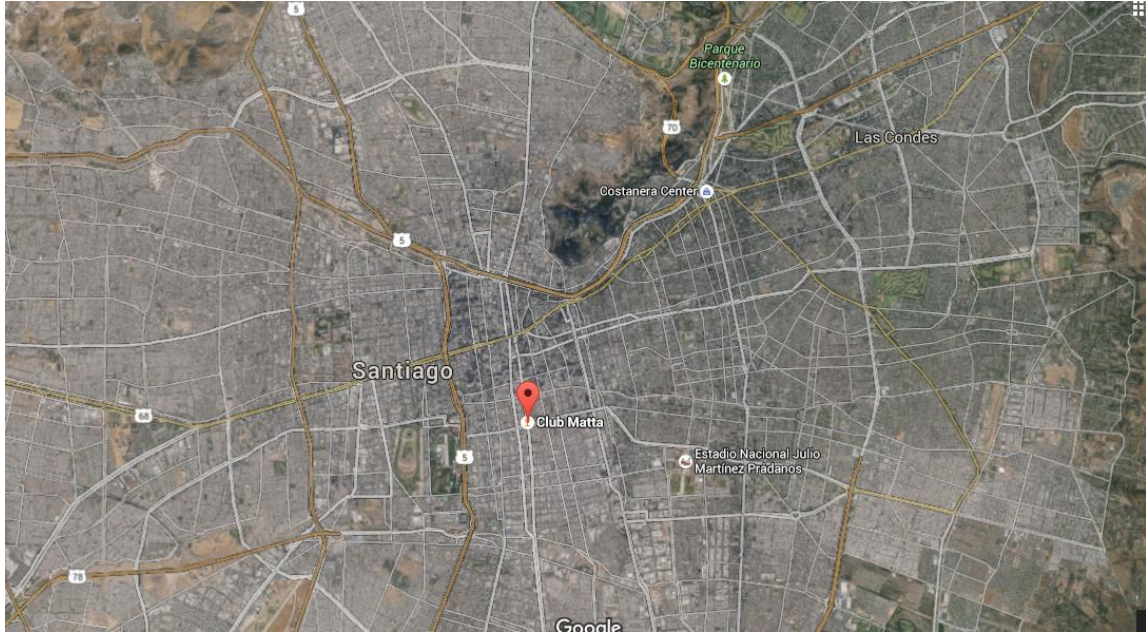


Ilustración 4.4.5.: “Mapa de la ubicación de discoteca 3.”

4.4.3.2 ANTECEDENTES

La planta principal de cota +0,00 m posee dos accesos, a los cuáles se ingresa desde avenida Matta o desde avenida Santa Rosa.

La altura media de la planta principal y del resto del recinto es de 4,80 m.

Los recorridos de evacuación, hasta un lugar seguro, no superan los 60 m y el área total interior es de 550 m² aproximadamente.

Para efectos del análisis sólo se considera el sector del recinto acotado pese a que se encuentre rodeado de locales que tienen otros usos y se desconozca el riesgo de combustibilidad [20] de los materiales que almacenen en el interior y en el caso de un incendio, el fuego generado se pueda propagar hacia la discoteca si los muros cortafuegos no están contruidos correctamente según la disposición de la OGUC [73].

⁶ Ver apoyo visual en el apartado D.3. del Anexo D.



Ilustración 4.4.6.: “Vista general del recinto del discoteca 3, fachada principal.”

4.4.3.3 MEDIOS DE EGRESO Y SALIDAS

La entrada al recinto de efectúa por dos accesos (de cota +0,00), el primero y principal (por avenida Matta) de ancho 2,10 m, conecta a los ocupantes con la pista central a través de un pasillo de largo 6,30 m; y el segundo (ingreso lateral por av. Santa Rosa) de ancho 1,40 m, también conecta con la pista central a través de otro pasillo de largo 7,70 m. (Ver Figura 4.4.18.).

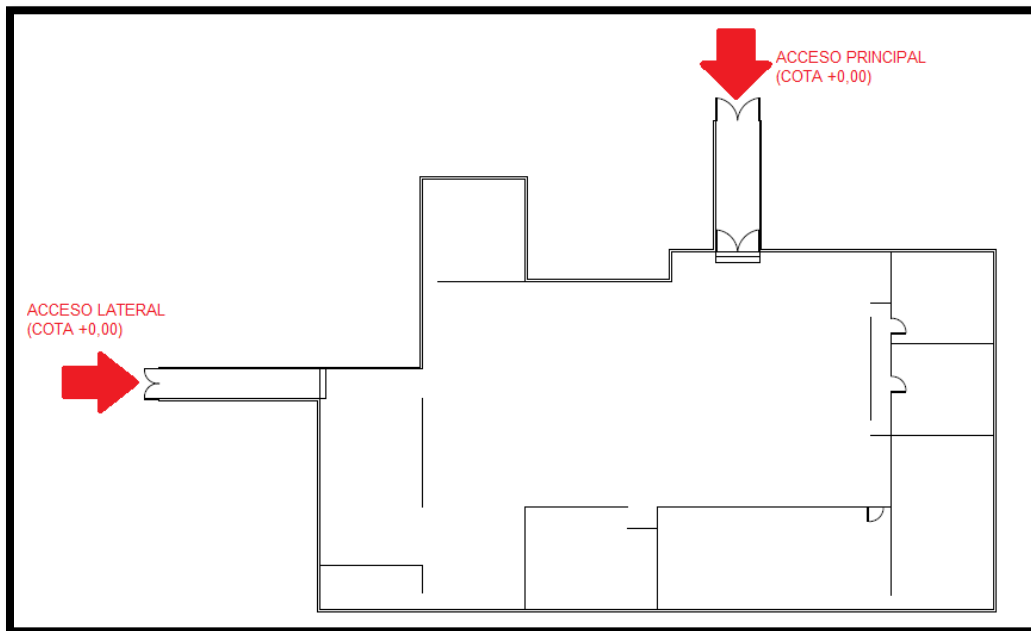


Figura 4.4.18.: “Vista en planta de accesos, principal y lateral (cota +0.00) de la discoteca 3.”

Por otro lado, una información útil, para calcular la capacidad de los medios de egreso es el ancho efectivo. En la siguiente tabla, es posible ver el detalle del ancho de todos los medios de egreso disponibles:

Tabla 4.4.3.1.: “Ancho efectivo de los medios de egreso de la discoteca 3.”

Medio de Egreso	Ancho mínimo [m]	Ancho efectivo [m]
Acceso principal (S1)	2,35	2,05
Pasillo 1 (A-DS1)	2,35	1,95
Acceso principal interior	2,35	2,05
Acceso lateral (S2)	1,65	1,35
Pasillo 2 (B-DS2)	1,65	1,25

4.4.3.4 USOS Y SUPERFICIES

El recinto posee una única planta de cota +0,00. Esta se encuentra sectorizada en partes como pasillos, pista central, guardarropía, baños, bar, vip, etc. (Ver Figura 4.4.19.).

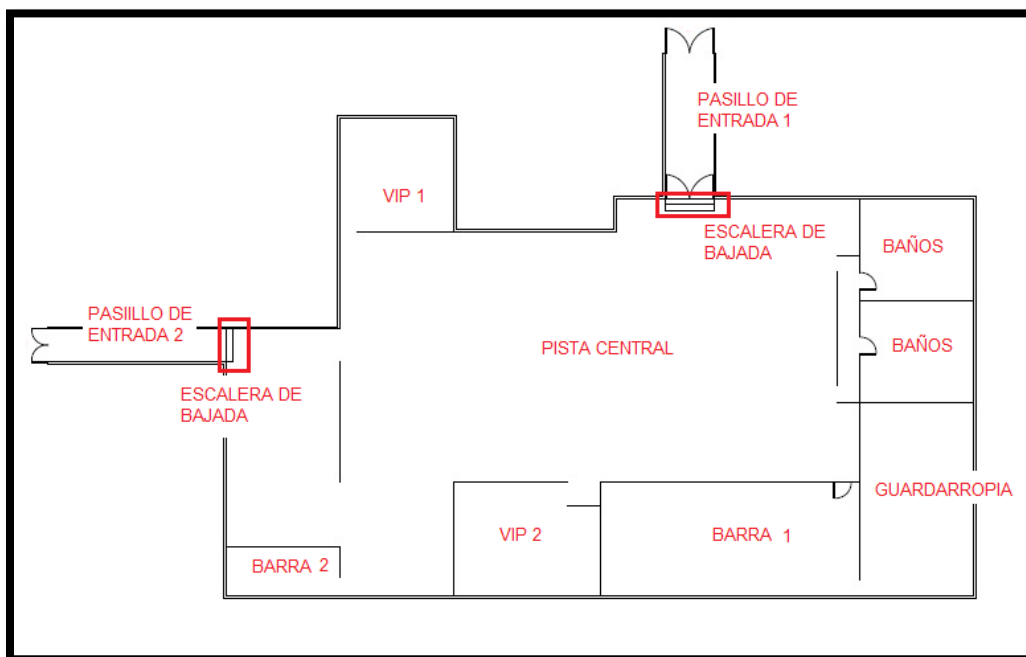


Figura 4.4.19.: “Partes de la primera planta (cota +0.00) de la discoteca 3.”

A continuación se muestra un detalle de cada una de las áreas de las partes de la primera planta, datos que son usados en el apartado siguiente para el cálculo del número de ocupantes.

Tabla 4.4.3.2.: “Superficies de partes de la primera planta (cota +5.00) de la discoteca 3.”

Superficie total [m2]	554,54
Superficie guardarropia [m2]	40,92
Superficie barras [m2]	65,15
Superficie baños [m2]	49,18
Superficie pasillos [m2]	23,57
Superficie útil [m2]	375,29

4.4.3.5 RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

Los recorridos de evacuación de los ocupantes están descritos por el camino desde el punto más alejado del interior del recinto, con respecto a las salidas disponibles, hasta el punto establecido como lugar seguro, que según la NFPA 101 [51], está a 50 cm de las salidas de cualquier recinto. En este caso, tal lugar seguro está ubicado a 50 cm tanto de la salida principal como lateral del lugar.

En la siguiente figura, se muestra un esquema de todas las posibles opciones de caminos de evacuación en el recinto en función de las salidas disponibles:

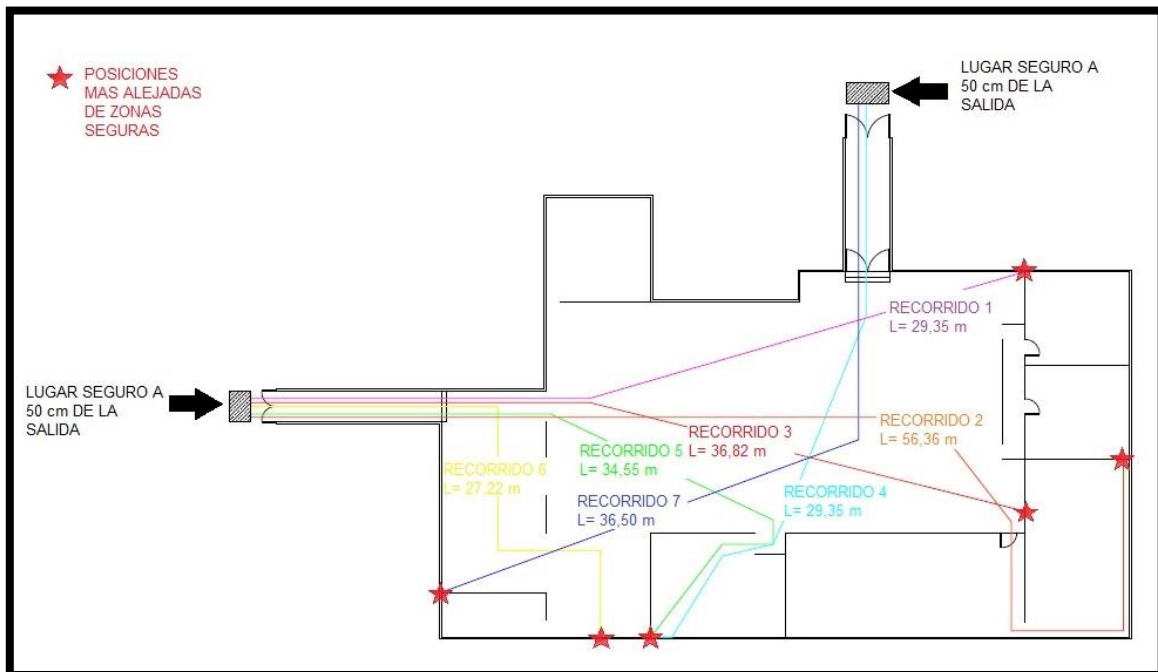


Figura 4.4.20.: “Esquema de recorrido total de evacuación - piso 1 y 2. (opcion1) de la discoteca 3.”

Finalmente, para establecer cuáles son los recorridos de mayor riesgo, es decir, de mayor largo, se muestran en la tabla 4.4.3.3. las distancias de los principales recorridos encontrados de acuerdo a este criterio, 7 en total, dado que los posibles son una gran cantidad.

Tabla 4.4.3.3.: “Recorridos parciales del segundo piso y Recorridos Totales de Evacuación de la discoteca 3.”

	Recorrido de evacuacion total [m]
Recorrido 1	37,04
Recorrido 2	56,36
Recorrido 3	36,82
Recorrido 4	29,35
Recorrido 5	34,55
Recorrido 6	27,22
Recorrido 7	36,50

4.4.3.6 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD (7)

Para el cálculo de la capacidad del lugar, es necesario obtener la superficie útil total del recinto y el factor de ocupación en base al tipo uso. La superficie útil total es de $375,3 \text{ m}^2$ (ver detalle en tabla 4.4.3.2.), y el factor de ocupación, si el uso del lugar es de entretenimiento, aproximadamente es $0,5 \text{ [m}^2/\text{persona]}$ (ver tabla B.2.del Anexo B y tabla C.1.2. del anexo C).

Finalmente la cantidad total de ocupantes, calculada como (*Superficie util total del recinto/factor de carga de ocupacion*), es de 750 personas.

4.4.3.7 ASIGNACIÓN DE OCUPANTES

El total de ocupantes del recinto es de 1000 personas, de acuerdo a información recopilada de los eventos que realiza, quienes están distribuidos uniformemente sólo en la superficie útil del recinto excluyendo lugares donde el factor de carga de ocupación es distinto a 0.5, entendiéndose como tal baños, guardarropía, pasillo, etc. A continuación, se muestra en detalle la asignación de los ocupantes dependiendo del

⁷ Según OGUC y NFPA 101, la superficie útil de un recinto se calcula descontando del área total, el área de espacios comunes y exteriores como terrazas, hall, pasillos, etc. Además, esta última, es la que se ocupa para el cálculo de ocupantes en función del factor de carga de ocupantes disponible en la tabla B.2.del Anexo B y tabla C.1.2. del anexo C.

lugar que ocupan y hacia dónde sería la dirección del flujo en caso de una evacuación.

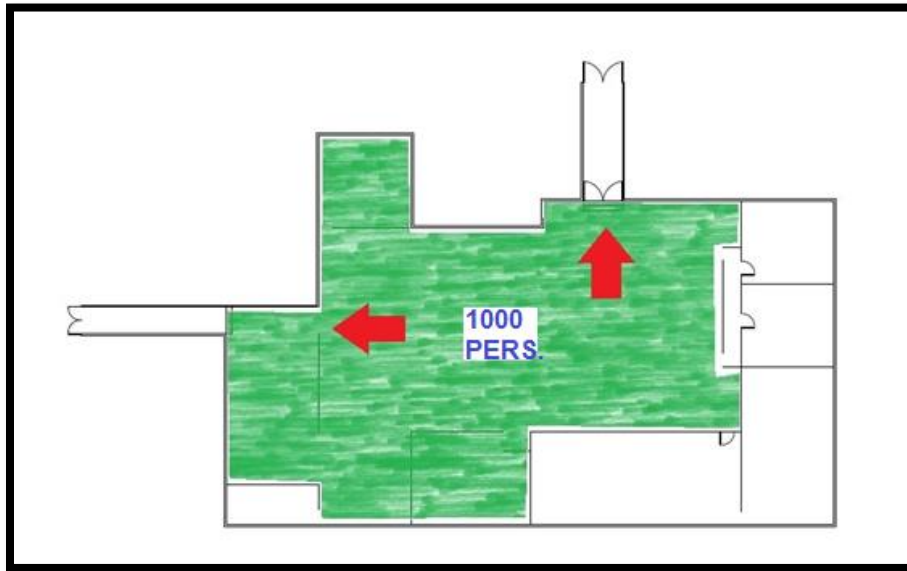


Figura 4.4.21.: “Asignación de ocupantes primera planta (cota +5.00) de la discoteca 3.”

4.5 ANÁLISIS PRESCRIPTIVO

4.5.1 NOTAS TÉCNICAS DE LOS RECINTOS ESTUDIADOS

4.5.1.1 DISCOTECA 1: PANDEMONIUM

4.5.1.1.1 SEGÚN OGUC

4.5.1.1.1.1 FORTALEZAS

MEDIOS DE EGRESO

- ✓ No se observan lugares con posibles puntos de corrientes encontradas de flujo de ocupantes en la dirección de las salidas.
- ✓ Los 3 accesos principales (cota +5,00 m) cumplen con tener la capacidad suficiente para evacuar al total de los ocupantes, 475 personas, al igual que la terraza exterior.
- ✓ El recinto, ubicado en un segundo piso, cuenta con una escalera de acceso principal de ancho 2,8 m (adecuado para una ocupación máxima de 475 personas).
- ✓ El máximo recorrido común que se observa en el segundo piso del recinto, de cota +7,50 m, (planta distinta a la pista central), es de 27 m, valor que no supera al tope recomendado de 40 m.
- ✓ Las dos escaleras interiores y la escalera principal de acceso cuentan con pasamanos.
- ✓ La terraza, que conecta a la llegada de la escalera principal con los accesos, posee un ancho de 3,10 m. Su función es similar a la de un pasillo, con la diferencia que es abierto al exterior, por tanto, la acumulación de humo en ésta no es posible).
- ✓ La suma de los anchos de las salidas (o accesos), da un valor de 6,0 m, que está sobre el mínimo de 3,8 m para 475 personas.
- ✓ Las puertas de acceso se abren en el sentido de la evacuación.
- ✓ La llegada de la escalera principal de acceso es a un espacio exterior, de ancho mayor a 9 m, garantiza que no se genere la acumulación de personas, al final, que pueda dificultar la evacuación de personas que hayan iniciado su evacuación desde la planta principal en un tiempo posterior a la mayoría de los ocupantes.

PROTECCION ACTIVA/PASIVA

- ✓ La capacidad volumétrica del interior del lugar supera a la recomendación natural de ventilación de 1425 m³.
- ✓ Ubicación de un grifo, a una distancia inferior de 50 m medidos desde la llegada de la escalera de acceso a la cota +0,00 m.

4.5.1.1.1.2FALENCIAS

GENERAL

- ✗ La ocupación máxima de 475 personas supera el límite de capacidad de 420 ocupantes que garantiza el factor de ocupación de 0,50 [m²/persona].
- ✗ El recinto posee almacenamiento y venta de alcohol (material combustible) en el segundo piso del lugar.

MEDIOS DE EGRESO

- ✗ Las escaleras interiores, dos en total, de ancho 1,24 m c/u, que llegan al piso principal de evacuación, tienen anchos menores al recomendado de 1,80 m.
- ✗ El ancho del pasillo de 3,8 m, es insuficiente para ser una vía de comunicación útil entre salidas del recinto y escalera principal de acceso.
- ✗ El recorrido de evacuación en la planta principal de evacuación supera al permitido que es de 40 m.
- ✗ Solo existe una escalera principal de evacuación desde la planta principal del recinto (cota superior) hasta la cota +0,00 m.
- ✗ Las puertas no cuentan con un sistema de suspensión que las permita abrir en caso de atascamiento.

SEÑALIZACION

- ✗ Solo 2 de las 3 salidas del recinto cuentan con señales fotoluminiscentes que no son visibles para un flujo perpendicular a estas.

PROTECCION ACTIVA/PASIVA

- ✗ No se observa la instalación de claraboyas en el techo con el objeto de evacuar el humo en caso de incendio.
- ✗ No cuenta con sistemas de protección al fuego pese a tener una ocupación máxima cercana a las 500 personas.
- ✗ No se observa la presencia de un grifo, que se haya encargado a la municipalidad por parte de la administración del recinto.
- ✗ No hay presencia de muros cortafuegos.

ILUMINACIÓN

- ✗ No existe un sistema aislado de energía, que se accione en caso de emergencia, para mantener las vías de egreso iluminadas.

4.5.1.1.2 SEGÚN NFPA

4.5.1.1.2.1 NFPA 101: CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA

4.5.1.1.2.1.1 FORTALEZAS

MEDIOS DE EGRESO

- ✓ El lugar cuenta con 3 salidas para evacuar a total de los ocupantes en caso de una emergencia.
- ✓ Separación entre salidas de un valor cercano a 10 m, que es lo recomendado en base al criterio de *diagonal/2*.
- ✓ Anchos de salida (dos de 2,25 m y uno de 1,55 m) superiores al mínimo de 81 cm.
- ✓ El nivel del suelo en las salidas se mantiene constante tanto antes como después de las puertas.
- ✓ Anchos de escaleras de 1,24 c/u están sobre el mínimo de 1,12 m.
- ✓ Las puertas de egreso/acceso se abren en el sentido de la evacuación (hacia afuera).
- ✓ Las dos escaleras cuentan con pasamanos a ambos lados.
- ✓ No existe almacenamiento ya sea de materiales o productos combustibles en los espacios inferiores libres bajo las escaleras.

4.5.1.1.2.1.2 FALENCIAS

GENERAL

- ✗ La ocupación máxima de 475 personas, supera el límite de capacidad de 323 ocupantes, que garantiza el factor de ocupación de 0,65 [m²/persona].

MEDIOS DE EGRESO

- ✗ Recorrido común de evacuación en el segundo piso, debiera ser a lo más de 6,1 m cuando no hay presencia de rociadores automáticos.

SEÑALIZACIÓN

- ✗ Se observan señales, insuficientes en cantidad y ubicación, sólo de forma frontal a las salidas. Debieran existir también para el flujo que avanza de forma perpendicular a las salidas.
- ✗ Ausencia de señales indicadoras de salida en al menos 2 salidas.
- ✗ Falta de señales direccionales equidistantes en el interior del recinto, en la dirección de las salidas.
- ✗ Falta de señales foto luminiscentes en las salidas (solo es observable una y todas las salidas debieran estar equipadas con estas).

ILUMINACIÓN

- ✗ Debiera existir un sistema de iluminación continua para los medios de egreso cuando el resto de las luces están en OFF.
- ✗ Inexistencia de un sistema alternativo de electricidad en caso de emergencia.

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ El recinto cuenta con una capacidad tal que es necesario la instalación de un sistema de alarmas ya sea manual, a través de cajas de pánico, o automática, por medio de detectores de humo o calor.
- ✗ No se observan protocolos de emergencia con relación a la gestión de evacuación (instrucciones).
- ✗ Ausencia de rociadores automáticos pese a tener el local una alta capacidad de evacuación.

4.5.1.1.2.2NFPA 10

4.5.1.1.2.2.1 FORTALEZAS

SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA

- ✓ Se observa un riesgo leve de fuego (Clase A) en el recinto, al contar en su interior con materiales limitados en cantidad, ya sea mobiliario o elementos de decoración de origen plástico.
- ✓ Los extintores del recinto son del tipo polvo químico multipropósito A-B-C.
- ✓ La ubicación de los extintores, de peso 9,1 kg es de una altura menor a 1,53 m.
- ✓ Las instrucciones de uso están en el frente de los extintores.
- ✓ El área cubierta por los 3 extintores observados en el lugar, que tienen un potencial extintor total de 6A (2A c/u), que corresponde a 6 veces 280 m², supera tanto el área por piso como el área total de 400 m².
- ✓ La distancia de recorrido a c/u de los extintores no supera los 20 m.

4.5.1.1.2.2.2 FALENCIAS

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ La ubicación de los 3 extintores no es óptima dado que están alejados de los medios de egreso.
- ✗ Uno de los sectores del segundo piso no tiene extintor. (Incomunicado del sector que si tiene extintor).
- ✗ Si el riesgo del recinto lo relacionamos de alguna manera con los tipos de extintores instalados, el criterio para extintores con potencial de extinción tipo

B, disminuye la separación a 15,25 m, lo que es superado, dado que se observa una distancia de 20 m entre extintores en la planta principal.

4.5.1.1.2.3NFPA 170

4.5.1.1.2.3.1 FORTALEZAS

SEÑALIZACIÓN

- ✓ Señales foto luminiscentes de fondo blanco más letras o flechas verdes ubicadas en el sentido frontal de solo dos salidas.

4.5.1.1.2.3.2 FALENCIAS

SEÑALIZACIÓN

- ✗ No todas las salidas cuentan con las señales de salida.
- ✗ No hay señales direccionales que orienten al flujo en lugares no tan cercanos a las salidas.
- ✗ Ausencia de señales indicadoras de la red húmeda ubicada en la terraza exterior.
- ✗ No presencia de señales indicadoras a los equipos de emergencia.
- ✗ Extintores sin señales de emergencia que indiquen su ubicación a distancia.

4.5.1.1.2.4NFPA 13

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ Ausencia de rociadores automáticos.

4.5.1.2 DISCOTECA 2: EXFABRICA

4.5.1.2.1 SEGÚN OGUC

4.5.1.2.1.1 FORTALEZAS

MEDIOS DE EGRESO

- ✓ Los accesos principales de, 2,9 m cada uno, cumplen la condición de tener un ancho adecuado para evacuar a un total de 800 personas hacia el exterior.
- ✓ Las 2 escaleras, ubicadas a ambos extremos de la planta principal tienen un ancho de 1,64 m, suficiente para evacuar 550 personas desde el segundo piso hacia la planta principal.
- ✓ Los recorridos posibles de mayor riesgo o largo son inferiores a los 40 m en la misma planta (segundo piso). En la misma planta de evacuación, también todos los recorridos posibles no exceden los 40 m.
- ✓ Las escaleras están ubicadas distantes entre sí.
- ✓ Las 2 escaleras poseen pasamanos a ambos lados.
- ✓ Todas las puertas de acceso abren en el sentido de la evacuación.

PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✓ No se observan elementos en las rutas de evacuación que interfieran a los ocupantes.
- ✓ La capacidad volumétrica del lugar de 2327 m³ es adecuada para las condiciones mínimas de ventilación para una ocupación máxima de 800 personas que demandan 3m³ por cada una.
- ✓ Para una capacidad de 800 personas, no es necesaria la instalación de un grifo.
- ✓ Los muros perimetrales del recinto son de hormigón armado, este material no permite la propagación de un incendio hacia localidades vecinas.

SEÑALIZACIÓN

- ✓ El recinto cuenta con señales foto luminiscentes direccionales o de emergencia tanto en las puertas (dinteles) como en pasillos (techo de la primera y segunda planta).

4.5.1.2.1.2 FALENCIAS

GENERAL

- ✗ La ocupación máxima de 800 personas, supera el límite de capacidad de 736 ocupantes, que garantiza el factor de ocupación de 0,50 [m²/persona].
- ✗ El recinto posee almacenamiento y venta de alcohol (material combustible) en el segundo piso del lugar.

MEDIOS DE EGRESO

- ✗ Alta probabilidad de corrientes encontradas en el pasillo que une ambas pistas centrales en el segundo piso, si una de las dos escaleras es bloqueada para su uso.
- ✗ Las escaleras que llegan al piso principal deberían tener un ancho de 1,80 m, poseen un ancho de 1,64 m.
- ✗ El ancho observado de los pasillos de acceso suman 5,8 m en total, valor inferior al recomendado de 6,40 m.(1m por cada 125 personas).
- ✗ Las puertas de acceso no cuentan con un sistema de suspensión.
- ✗ El recorrido a la entrada principal no debe superar los 50 m cuando el local da a un callejón que está a 50 m de una calle.

PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ No se observa la presencia de un grifo, que se haya encargado a la municipalidad por parte de la administración del recinto dado que la distancia de recorrido hasta el grifo más próximo es de 126,59 m.

ILUMINACIÓN

- ✗ No existe un sistema aislado de energía que se accione en caso de emergencia para mantener las vías de egreso iluminadas.

4.5.1.2.2 SEGÚN NFPA

4.5.1.2.2.1 NFPA 101: CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA

4.5.1.2.2.1.1 FORTALEZAS

MEDIOS DE EGRESO

- ✓ Las 3 puertas existentes, la de acceso principal, de acceso intermedio y de acceso a pista central 1, se abren en el sentido de la evacuación.
- ✓ El ancho de entrada/salida principal de 2,90 m cada puerta, poseen una capacidad de circulación de 0,73 *cm/persona*, mayor al recomendado de un valor de 0,5 *cm/persona*.
- ✓ El ancho de las escaleras de acceso al segundo piso (2), poseen un ancho de 1,64 m cada una, superando el ancho propuesto de 1,12 m.
- ✓ Las escaleras tienen pasamanos a ambos lados.

SEÑALIZACIÓN

- ✓ Presencia de señales de evacuación en todas las salidas de primer y segundo piso, además de lugares como acceso a las salidas, entiéndase por esto como pasillos.
- ✓ Las señales de emergencia son visibles desde cualquier punto de la planta del 1 y 2 piso a una distancia menor a 30 m.
- ✓ El recinto cuenta con un conjunto de señales foto luminiscentes que facilitan la entrega de información de evacuación a los ocupantes de las vías de egreso.
- ✓ El camino de recorrido común observado en el segundo piso, en el pasillo que une la pista central 1 y 2 en dirección al arranque de la escalera 2, es de una magnitud de 5,5 m, y es inferior al máximo permitido de 6,3 m.

4.5.1.2.2.1.2 FALENCIAS

GENERAL

- ✗ La ocupación máxima de 800 personas, supera el límite de capacidad de 578 ocupantes, que garantiza el factor de ocupación de 0,65 [m²/persona].

MEDIOS DE EGRESO

- ✗ Las salidas principales del recinto son 2 en total, para una ocupación total mayor a 500 personas se exigen 3 como mínimo.
- ✗ El recorrido total de evacuación para el caso más distante de las salidas de evacuación tanto del primer como segundo piso, da un valor de casi 60 m, lo que supera al propuesto que es de 45 m.
- ✗ La escalera 2 de acceso al piso 2, posee mobiliario en su espacio entrepiso debajo de esta.

SEÑALIZACIÓN

- ✗ La discoteca no cuenta con señales direccionales en los pasillos.

ILUMINACIÓN

- ✗ Las escaleras no poseen iluminación adecuada para el uso de las personas.
- ✗ No se observa un sistema independiente de iluminación para escaleras cuando el resto de luces está en OFF.
- ✗ No existe una fuente alternativa de iluminación de escaleras dado que estas están conectadas a la misma fuente de energía que los demás elementos que no son de evacuación.
- ✗ No hay un sistema de iluminación de emergencia que mantenga con luz los medios de egreso en caso de algún corte de luz del sistema central en caso de fuego.

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ El recinto cuenta con una capacidad tal, que es necesario la instalación de un sistema de alarmas ya sea manual, a través de cajas de pánico, o automática, por medio de detectores de humo o calor.
- ✗ No se observan protocolos de emergencia con relación a la gestión de evacuación (instrucciones).
- ✗ Ausencia de rociadores automáticos pese a tener el local una alta capacidad de ocupación.

4.5.1.2.2.NFPA 10

4.5.1.2.2.1 FORTALEZAS

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✓ Se observa un riesgo leve de fuego en el recinto al contar en su interior con materiales limitados, ya sea mobiliario o elementos de decoración, de origen plástico.
- ✓ Los extintores del recinto, 2 en total, son del tipo polvo químico multipropósito A-B-C dada la naturaleza de los materiales que forman parte del interior del lugar.
- ✓ La ubicación de los extintores, de peso menor a 9,1 kg, es óptima al estar a una altura menor a 1,53 m.
- ✓ Las instrucciones de uso están en el frente de los extintores.
- ✓ El área cubierta por los extintores registrados del tipo 4A es de un valor de 1120 m² por piso, y se observan áreas menores de 242 m² para el primer piso y 422 m² para el segundo piso.
- ✓ El extintor del piso 1 está ubicado en una zona visible para la mayoría de los ocupantes de la planta.
- ✓ El extintor del piso 2 posee una distancia de recorrido para cualquier ocupante de aproximadamente 23 m y coincide con lo recomendado.
- ✓ El área cubierta por los 2 extintores observados en el lugar, que tienen un potencial extintor total de 4A (2A c/u), que corresponde a 4 veces 280 m², supera tanto el área por piso como el área total de 422 m².
- ✓ La distancia de recorrido a c/u de los extintores es de 24 m. (sobre 2 metros del límite se considera aceptable).

4.5.1.2.2.2 FALENCIAS

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ El extintor del piso 2 no está ubicado en una zona de fácil visibilidad para los ocupantes pese a estar en un camino de recorrido de evacuación.

- ✘ La distancia máxima de recorrido a un extintor es sobrepasada en el segundo piso por un valor cercano a los 25 m.
- ✘ Si el riesgo del recinto lo relacionamos de alguna manera con los tipos de extintores instalados, el criterio para extintores con potencial de extinción tipo B, disminuye la separación a 15,25 m, lo que es superado, tanto en el primer piso como en el segundo piso.

4.5.1.2.2.3NFPA 170

4.5.1.2.2.3.1 FORTALEZAS

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✓ Cambio del uso de señales de salidas de emergencia por señales foto luminiscentes, fondo verde más palabras en blanco (SALIDA).
- ✓ Señales foto luminiscentes, fondo blanco más letras o flechas verdes, ubicadas en el sentido frontal y perpendicular a la evacuación, ya sea en dinteles de puertas o en el cielo de los dos pisos.

4.5.1.2.2.3.2 FALENCIAS

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✘ Ausencia de señales de salida de emergencia y de flechas direccionales que orienten a bomberos hacia lugares donde se encuentren elementos para atacar el fuego.
- ✘ Deberían todos los extintores tener la señalética adecuada en su parte superior, ninguno de los 2 cumple tal requerimiento.

4.5.1.2.2.4NFPA 13

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✘ Ausencia de rociadores automáticos.

4.5.1.3 DISCOTECA 3: CLUB MATTA

4.5.1.3.1 SEGÚN OGUC

4.5.1.3.1.1 FORTALEZAS

MEDIOS DE EGRESO

- ✓ No se observan posibles puntos de corrientes encontradas de flujo de personas en el arranque de los pasillos.
- ✓ Los 2 accesos principales, de ancho total de 4,0 m, tienen un ancho adecuado para evacuar a la ocupación máxima de 1000 personas hacia el exterior.
- ✓ Las 2 puertas de los accesos principal y lateral abren en el sentido del flujo de evacuación.

SEÑALIZACIÓN

- ✓ Los dos accesos principales cuentan con la señalética adecuada ubicada en los dinteles de las puertas, y en el caso de los pasillos, a un costado del arranque de estos.

PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✓ No se observan elementos que interfieran la salida de los ocupantes.
- ✓ La capacidad volumétrica del recinto (2666 m³) es suficiente para mantener condiciones adecuadas para los ocupantes sin la necesidad de la instalación de ventilación mecánica.
- ✓ No es necesaria la instalación de grifos de manera particular debido a tener una capacidad inferior a las 1000 personas.
- ✓ Existencia de un grifo en las proximidades del recinto a una distancia inferior de 50 m medidos desde la salida lateral.
- ✓ Construcción de muros cortafuegos como una extensión de los muros perimetrales del lugar.

4.5.1.3.1.2 FALENCIAS

GENERAL

- ✗ La ocupación máxima de 1000 personas, supera el límite de capacidad de 750 ocupantes, que garantiza el factor de ocupación de 0,50 [m²/persona].

MEDIOS DE EGRESO

- ✗ La distancia de recorrido máxima debiera ser de 40 m dado que no se observa ningún tipo de instalación de rociadores automáticos, en este caso, se observa un caso de una longitud de más de 55 m.
- ✗ Los dos pasillos de salida de ancho 2,35 m y 1,65 m, son insuficientes de acuerdo a la recomendación de un ancho mínimo de 2,5 m para c/u para lograr evacuar a un total de 1000 ocupantes.
- ✗ En el caso de pasillos que desembocan en salidas principales, el ancho mínimo es de 3 m, el pasillo solo tiene 2,35 m de ancho.
- ✗ Las puertas de acceso si bien se abren en el sentido de la evacuación, no cuentan con un sistema de suspensión adecuado para emergencias.

SEÑALIZACIÓN

- ✗ Deficiencia en algunas señales direccionales debido principalmente a que no poseen iluminación propia (no son del tipo luminiscente), y ante falta de luz no son visibles para los ocupantes.

PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ No se observa la instalación de claraboyas en el techo.
- ✗ El recinto no cuenta con sistemas de ventilación de emergencia ni de sistemas de protección contra el fuego pese a tener una capacidad superior a las 500 personas.

ILUMINACIÓN

- ✗ No existe un sistema aislado de energía que se accione en caso de emergencia para mantener las vías de egreso iluminadas.

4.5.1.3.2 SEGÚN NFPA

4.5.1.3.2.1 NFPA 101: CODIGO DE SEGURIDAD HUMANA

4.5.1.3.2.1.1 FORTALEZAS

MEDIOS DE EGRESO

- ✓ La separación entre salidas, principal y lateral, es de un valor de 30,55 m, y cumplen con la condición de separación mínima de 20,79 m (equivalentes a *diagonal/2*).
- ✓ Las puertas, 3 en total (acceso principal, lateral e interior) se abren en la dirección de la evacuación.

SEÑALIZACIÓN

- ✓ Presencia de señales de emergencia en salidas y en acceso a las salidas de evacuación que son visibles a distancias menores a 30 m.

ILUMINACIÓN

- ✓ Los pasillos existentes, que conducen a las salidas, cuentan con la iluminación adecuada cuando el resto de las luces están activadas.
- ✓ Las señales foto luminiscentes ubicadas en las salidas, tienen suficiente luminosidad para ser visible por todos los ocupantes desde cualquier punto de la pista central.

4.5.1.3.2.1.2 FALENCIAS

GENERAL

- ✗ La ocupación máxima de 800 personas, supera el límite de capacidad de 577 ocupantes, que garantiza el factor de ocupación de 0,65 [$m^2/persona$].

MEDIOS DE EGRESO

- ✗ El recinto debiera tener como mínimo 3 salidas en base a la ocupación total que es mayor de 1000 personas. Solo tiene 2 salidas.
- ✗ El recorrido común, entendido como la línea diagonal que une a la intersección de la línea media de cada salida con cualquier esquina de la pista central, tiene un valor máximo de 9,45 m, que supera al recomendado de 6,1 m.
- ✗ El recorrido total de evacuación de mayor largo es de 56,4 m, este valor es mayor al requerido que es de 45 m en ausencia de rociadores automáticos.
- ✗ Hay variaciones en el nivel del piso de la salida interior y en el arranque del pasillo lateral.
- ✗ Factor de capacidad insuficiente de un valor de 0,3 [$cm / persona$] para el pasillo lateral, y de un valor de 0,47 [$cm / persona$] para el pasillo principal. Ambos pasillos debieran tener una capacidad mínima de 0,5 [$cm / persona$].

SEÑALIZACIÓN

- ✗ Señales de evacuación ubicadas en accesos a salidas como en muros y columnas, no poseen la visibilidad adecuada.
- ✗ Ausencia de señales direccionales óptimas.

ILUMINACIÓN

- ✗ Debiera existir un sistema de iluminación continua para los medios de egreso al momento cuando el resto de las luces están en OFF.

- ✗ Inexistencia de un sistema alternativo de electricidad en caso de emergencia.

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ El recinto cuenta con una capacidad cercana a las 1000 personas, tal que es necesario la instalación de un sistema de alarmas ya sea manual, a través de cajas de pánico, o automática, por medio de detectores de humo o calor.
- ✗ No se observan protocolos de emergencia con relación a la gestión de evacuación (instrucciones).
- ✗ Ausencia de rociadores automáticos pese a tener el local una alta capacidad de evacuación.

4.5.1.3.2.NFPA 10

4.5.1.3.2.2.1 FORTALEZAS

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✓ Se observa un riesgo leve de fuego en el recinto al contar este último en su interior con elementos combustibles limitados en cantidad, ya sea mobiliario ubicado en el sector vip o materiales de decoración de origen plástico ubicados en el techo.
- ✓ Los extintores del recinto, 2 en total, del tipo polvo químico multipropósito A-B-C, dada la naturaleza de los materiales que forman parte del interior del lugar.
- ✓ La ubicación de los extintores, de peso menor a 9,1 kg es óptima, al estar a una altura menor a 1,53 m.
- ✓ Las instrucciones de uso están en el frente de los extintores.
- ✓ La distancia entre extintores es de 27 m, sin embargo, el recorrido máximo de alcance es de 17 m, siendo este, inferior al recomendado como límite de 22,7 m.
- ✓ El área cubierta por los extintores registrados del tipo 4A es de un valor de 1120 m² por piso, y se observa un área de 555 m².
- ✓ Si el riesgo del recinto lo relacionamos de alguna manera con los tipos de extintores instalados, el criterio para extintores con potencial de extinción tipo B, disminuye la separación a 15,25 m, lo que es superado solo por casi 2 metros. Por tanto, de acuerdo al criterio lo consideramos que cumple.

4.5.1.3.2.2.2 FALENCIAS

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ Los extintores debieran estar en lugares visibles para todos los ocupantes preferentemente en los medios de egreso, como pasillo o salidas sin ningún obstáculo que impida su visión, y no en sitios que dificulte su alcance en caso de emergencia.

4.5.1.3.2.3NFPA 170

4.5.1.3.2.3.1 FORTALEZAS

SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA

- ✓ Señales foto luminiscentes, fondo blanco más letras o flechas verdes, ubicadas en la parte superior de salidas o entrada a pasillos.

4.5.1.3.2.3.2 FALENCIAS

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ Ausencia de señales de salida de emergencia y de flechas direccionales que orienten a bomberos hacia lugares donde se encuentren elementos para atacar el fuego.
- ✗ Solo 1 de los 2 extintores tiene la señal adecuada en su parte superior. Deberían todos los extintores tener la señalética adecuada.

4.5.1.3.2.4NFPA 13

SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✗ Ausencia de rociadores automáticos.

4.5.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS: SÍNTESIS GENERAL DE LAS FALENCIAS DE LAS DISCOTECAS

Las falencias de las discotecas analizadas están resumidas en función del elemento de evacuación: General, Medios de egreso, señalización, iluminación y sistema de protección activa/pasiva.

4.5.2.1 GENERAL

- ✗ La ocupación máxima sobrepasa a la capacidad total de los lugares en todos los lugares analizados.

4.5.2.2 MEDIOS DE EGRESO

- ✗ Número insuficiente de medios de egreso, para una ocupación relativamente alta de personas (superior a las 500 personas).
- ✗ Recorridos comunes de evacuación superior a los 6,1 m.
- ✗ Recorridos totales de evacuación mayor a los 45 m.
- ✗ Pasillos de acceso/egreso con capacidad de circulación inferior a la recomendada de 0,5 cm/persona.
- ✗ Anchos de escaleras que llegan al piso principal de evacuación son de un ancho menor a los 1,80 m recomendados para estos casos.

4.5.2.3 SEÑALIZACIÓN

- ✗ Señales de evacuación ubicadas en dinteles de puertas no poseen la visibilidad adecuada.
- ✗ Ausencia de señales de emergencia, indicadores de obstáculos de evacuación y de elementos de evacuación como peldaños en escaleras.
- ✗ Falta de señales direccionales.
- ✗ Extintores sin señalética adecuada en caso de ausencia de luz, propio de este tipo de recintos.
- ✗ Falla en los requisitos de señales fotoluminiscentes, que necesitan una fuentes de luz cuando no están siendo usados con el objeto que almacenen la energía necesaria, para que en caso de una emergencia estén con la carga suficiente.

4.5.2.4 ILUMINACIÓN

- ✗ Inexistencia de iluminación alternativa de los medios de egreso en caso de alguna falla del sistema general de iluminación.
- ✗ Escaleras de evacuación sin iluminación adecuada, incluso con el sistema general funcionando.

4.5.2.5 VENTILACIÓN

- ✘ Ausencia de claraboyas en el caso de locales de un sólo piso, y de sistemas de extracción de humo para los que tienen más de 1 piso, a excepción de los lugares construidos en forma de atrio.

4.5.2.6 SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

- ✘ Ausencia de sistemas de alarmas (como cajas manuales) y de detección automática de incendio (fuego o humo).
- ✘ Ausencia de un sistema de alarma visual o audible.
- ✘ Extintores ubicados en lugares de poca visibilidad para el total de los ocupantes.
- ✘ Inexistencia de rociadores automáticos.

4.6 ANÁLISIS SEGÚN MODELOS DE EVACUACIÓN

4.6.1 DISCOTECA 1

4.6.1.1 CONDICIONES GEOMÉTRICAS Y MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN

El análisis de evacuación del recinto está dividido por pisos, es decir, primero se analiza el segundo piso como un proceso de evacuación independiente como punto de partida, del cuál se obtienen tiempos máximos de evacuación, posibles puntos de estancamiento y flujos máximos de llegada al piso 1, para posteriormente, al analizar la evacuación del piso 1, ambos procesos puedan acoplarse.

4.6.1.1.1 SEGUNDO PISO

El estudio que involucra al segundo piso incluye a la zona de ocupación, que según lo observado, son la zona vip 1 y 2 (Ver Figura 4.6.1), y además, considera que la totalidad de la carga combustible del recinto está localizada en cualquier lugar que puede constituir un hipotético sector de incendio a excepción de las escaleras y del sector cercano al arranque de las escaleras 1 y 2.



Figura 4.6.1.: “Planta de piso 2 de discoteca 1 para el análisis de evacuación propuesto.”

Con respecto a la ocupación, la población del segundo piso del lugar durante pequeños períodos de tiempo realiza contacto con el primer piso, por tanto, surgimiento de corrientes encontradas en escaleras no son observadas. Además, la presencia de mobiliario en el sector del vip 2 genera una reducción del área útil para el cálculo del número de personas y aumenta el riesgo de incendio puesto que, al están contruidos con materiales combustibles de alto poder calorífico.


Según lo anterior, la capacidad del segundo piso, de 56 personas, depende del área útil del sector vip 1 y 2 y del factor de capacidad entregado según la OGUC [60]. Ahora, en base a los datos recopilados del lugar, el segundo piso tiene una ocupación total máxima de 75 personas. La información tanto de la ocupación como de la capacidad se encuentra detallada en la tabla 4.6.1.1.

Tabla 4.6.1.1.: “Datos de discoteca 1 con respecto a área total y útil, capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación			
	Total [m2]	Útil [m2]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]
Segundo piso										
vip 1	10,48	10	D	2	0,5	20	D	25	2,50	0,40
vip2	58,24	18	D	2	0,5	36	D	50	2,78	0,36
Capacidad total de evacuación						56	Ocupación total	75		

Las densidades respectivas tanto de capacidad $d = 2,0[\text{pers}/\text{m}^2]$ como de ocupación $d_{vip1} = 2,5[\text{pers}/\text{m}^2]$ y $d_{vip2} = 2,78[\text{pers}/\text{m}^2]$, están agrupadas en el nivel de servicio D según las tablas A.2.1. de JJ Fruins del Anexo A.

A continuación se muestran las características principales de ocupaciones tipo D.



D Espera con posible contacto entre ocupantes, circulación restringida, sólo es posible el movimiento en grupo.
Espera en la cola poco confortable.

- Módulo: 0,28 – 0,65 m²/ Pers.
- Densidad: 3,56 – 1,54 Pers./ m²
- Separación 0,61 – 0,91 m

Figura 4.6.2.: “Características principales, modulo, densidad y separación entre ocupantes para nivel de servicio D”

Los recorridos de evacuación hacia las salidas S1 y S2 (ver Figura 4.6.1.), que en la realidad son los arranques de las escaleras 1 y 2, se consideran en su totalidad horizontales. Ambas salidas (o arranques de escaleras desde el segundo piso) se asumen que están correctamente señalizadas y cuentan con iluminación de emergencia.

Las zonas de circulación E1 y E2 (escaleras) se hallan perfectamente definidas, cada una de ellas posee una superficie a_j , que en este caso, es la proyección horizontal del área de las escaleras.

El segundo piso del lugar cuenta con 2 salidas S1 y S2 de ancho mínimo w_j [m], y por simplicidad, no se considera recorrido de evacuación.

Las magnitudes de locomoción y de geometría del recinto que definen el problema se hallan en la tabla siguiente:

Tabla 4.6.1.2.: “Magnitudes de locomoción y condiciones geométricas de las escaleras de la discoteca 1.”

SALIDA	Ancho, w_j		Superficie (proyeccion horizontal)		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m*s]	Flujo de Salida [pers/s]
	mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]			
E1	1,24	0,76	3,77	2,86	0,34	0,838	0,637
E2	1,24	0,76	3,74	2,84	0,26	0,724	0,550
Total (E1+E2)	2,48	1,52	7,51	5,70			1,187

Los ocupantes se caracterizan por ser personas jóvenes entre 18 y 30 años con movilidad normal y capaces de reaccionar ante cualquier señal de emergencia y elegir la ruta de evacuación adecuada según su noción de la condición de las salidas disponibles. La ocupación habitual del segundo piso es de 75 personas que se encuentran distribuidas mayormente en el área útil del segundo piso del recinto, formada por los sectores del vip 1 y 2.

La distribución de ocupantes, antes del inicio de la evacuación, se supone uniforme y además, no hay demoras en el sentido que las personas inmediatamente se colocan en cercanías de las vías de evacuación ante cualquier emergencia que se detecte.

A continuación se muestra el detalle del cálculo de todas las variables de locomoción involucradas en la evacuación del segundo piso del recinto.

4.6.1.1.1 SEGUNDO PISO-SINGULARIDADES

ANGOSTAMIENTO CONCEPTUAL (SALIDA 1-ESCALERA 1)

El flujo de personas provenientes de sector vip 1, de densidad de ocupación igual $2,5$ [pers/m²], que evacúan el segundo piso por la escalera 1 en dirección a la pista central del primer piso (ver Figura 4.6.3.), experimentan un angostamiento sólo conceptual, dado que, si bien poseen el mismo ancho real, el ancho efectivo de la escalera es menor en comparación con el arranque o S1 (ver tabla con 4.6.1.3.)

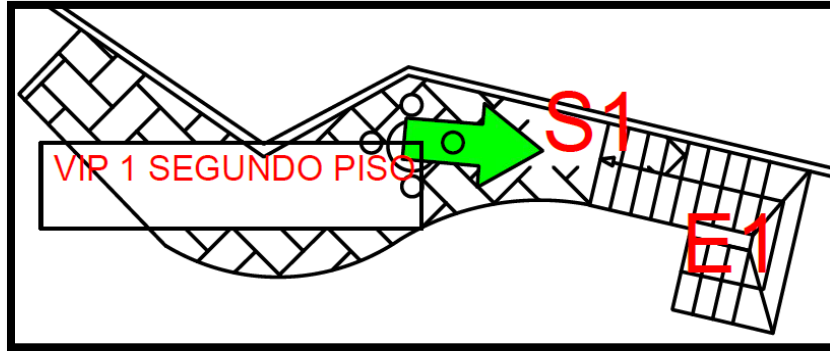


Figura 4.6.3.: “Planta de angostamiento salida 1 y arranque escalera 1, del segundo piso del recinto 1”

Para abordar este problema usamos: la (ec. 4.6.1.):

(ec.) 4.6.1
$$\sum F_{entran} = \sum F_{salen}$$

La (ec. 4.6.1.) significa que el flujo de entrada debe ser igual al flujo de salida. Sin embargo, se debe agregar la restricción de la capacidad de evacuación de la escalera E1 que es menor que la capacidad del flujo de entrada.

Por ende:

(ec.) 4.6.2
$$\sum F_{entran} \leq f_{ej} \times w_{ej} = f(\text{escalera}) \times w_e$$

A partir de las ecuaciones de Nelson y McLennan, (ec. 2.5.11.) a (ec. 2.5.14.), es posible obtener una velocidad determinada y un flujo máximo de descenso de escaleras con constantes de valores $\lambda = 1.0$ y $\alpha = 0,266$ (ver tabla 2.5.5.2).

Tabla 4.6.1.3.: “Resumen de Magnitudes de locomoción y condiciones geométricas de las salidas del segundo piso de la discoteca 1.”

SALIDA	Ancho, wj		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m²s]	Flujo de Salida [pers/s]	Retención [pers/s]
	minimo [m]	efectivo [m]				
S1	1,2	0,80	0,47	1,172	0,938	0,301
E1	1,24	0,76	0,34	0,838	0,637	
S2	1,96	1,56	0,36	1,013	1,580	1,030
E2	1,24	0,76	0,26	0,724	0,550	
Total (E1+E2)	2,48	1,52			1,187	1,331

ANGOSTAMIENTO (SALIDA 2-ESCALERA 2)

El flujo de personas provenientes de sector vip 2, de densidad de ocupación igual a $2,78[\text{pers}/\text{m}^2]$, que evacuan el segundo piso por la escalera 2 en dirección a la pista central del primer piso (ver Figura 4.6.4.), experimentan un angostamiento debido a

las diferencias entre el ancho efectivo de la escalera E2 y los alrededores del arranque S2.

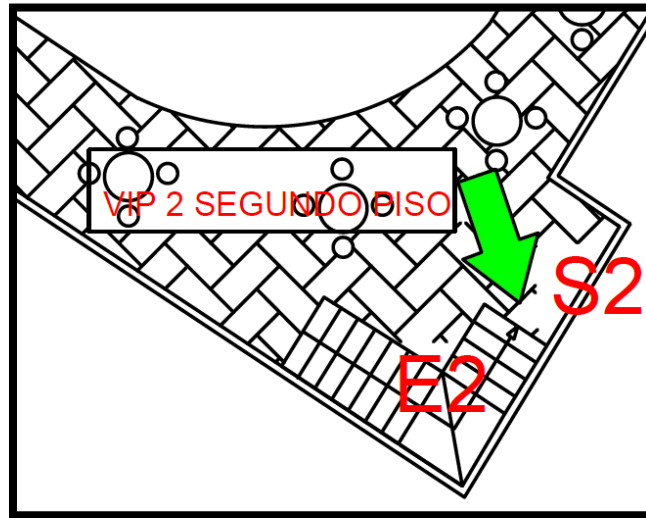


Figura 4.6.4.: “Planta de angostamiento salida 2 y arranque escalera 2, del segundo piso del recinto 1”

Para abordar este problema usamos la siguiente expresión:

(ec.) 4.6.3
$$\sum F_{entran} = \sum F_{salen}$$

La (ec. 4.6.3.) significa que el flujo de entrada debe ser igual al flujo de salida. Sin embargo, se debe agregar la restricción de la capacidad de evacuación de la escalera E2 que es menor que la capacidad del flujo de entrada.

Según lo anterior:

(ec.) 4.6.4
$$\sum F_{entran} \leq f_{ej} \times w_{ej} = f(\text{escalera}) \times w_e$$

A partir de las ecuaciones de Nelson y McLennan, (ec. 2.5.11.) a (ec. 2.5.14.), es posible obtener una velocidad determinada y un flujo máximo de descenso de escaleras con constantes de valores $\lambda = 1.0$ y $\alpha = 0,266$ (ver tabla 2.5.5.2).

En conclusión, podemos observar en los resultados de tabla 4.6.1.3. que el flujo de entrada es mayor que la capacidad de las escaleras (descenso), y por tanto, se demuestra la aparición de retenciones.

4.6.1.1.2 PRIMER PISO

El estudio que involucra al primer piso considera la zona de ocupación en la que están la totalidad de las personas. Este lugar es la pista central (área útil del primer piso).

Además se considera que la totalidad de la carga combustible del recinto está localizada en cualquier zona que puede constituir un hipotético sector de incendio, a excepción de la terraza exterior y de las escaleras (Ver figura 4.6.5.).

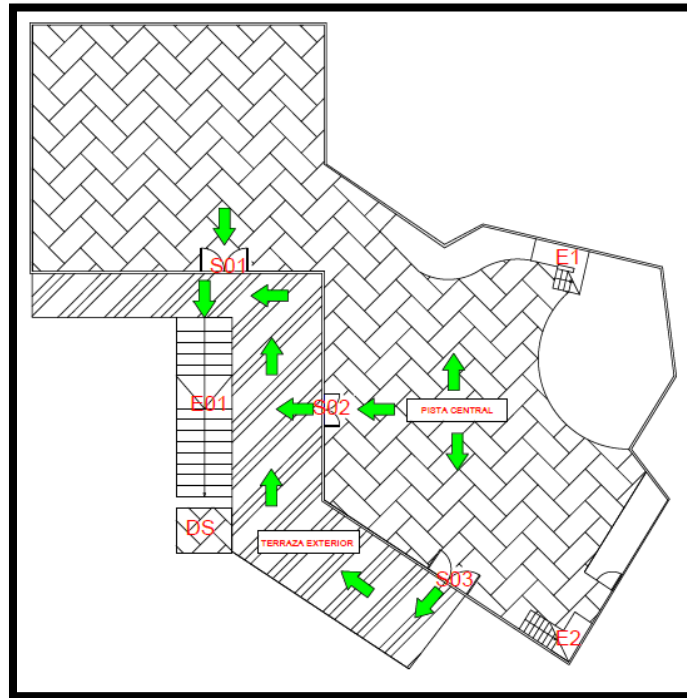


Figura 4.6.5.: “Planta de piso 1 de discoteca 1 para el análisis de evacuación propuesto.”

Con respecto a la capacidad del primer piso que es de 364 personas considera solamente a la pista central y depende del área útil del lugar y del factor de capacidad entregado según la OGUC [60]. Ahora, según datos recopilados del recinto, el primer piso tiene una ocupación total máxima de 400 personas. La información con respecto a ocupación y capacidad máxima se encuentra detallada en la tabla 4.6.1.4.

Tabla 4.6.1.4.: “Datos del recinto 1 con respecto a área total y útil, además de capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación			
	Total [m2]	Útil [m2]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]
Primer piso										
Pista central	397,43	181,57	D	2	0,5	364	D	400	2,20	0,45
Capacidad total de evacuación						364	Ocupación total	400		

Las densidades respectivas tanto de capacidad $d = 2,0[\text{pers}/\text{m}^2]$ como de ocupación $d = 2,2[\text{pers}/\text{m}^2]$ están agrupadas en el nivel de servicio D según la tabla A.2.1 de JJ Fruins del Anexo A.

A continuación, se muestran las características principales de ocupaciones tipo D.

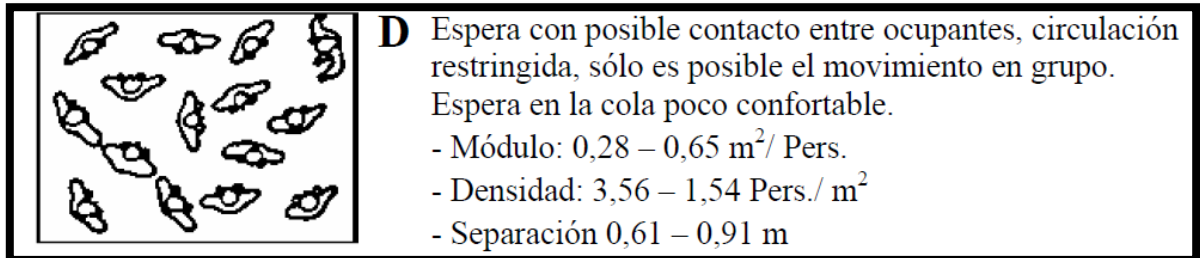


Figura 4.6.6.: “Características principales, modulo, densidad y separación entre ocupantes para nivel de servicio D.”

Los recorridos de evacuación hacia las salidas S01, S02 y S03, incluyendo el que se realiza a través de la terraza exterior, se consideran en su totalidad horizontales. Todas las salidas se asumen correctamente señalizadas y cuentan con iluminación de emergencia. A continuación se muestra en detalle las características de cada una de las salidas del piso 1:

Tabla 4.6.1.5.: “Magnitudes de locomoción y condiciones geométricas de las salidas del primer piso del recinto.”

SALIDA	Ancho, wj		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m ² s]	Flujo de Salida [pers/s]
	mínimo [m]	efectivo [m]			
S01	2,25	1,95	0,58	1,278	2,492
S02	1,55	1,25	0,58	1,278	1,598
S03	2,25	1,95	0,58	1,278	2,492
Total (S01+S02+S03)	6,05	5,15		3,834	6,582

Por otro lado, la zona de circulación, constituida por la terraza exterior, se encuentra perfectamente definida y posee una superficie efectiva a_{ej} . Además, el primer piso del lugar cuenta con 3 salidas de ancho mínimo w_j [m], y se considera el máximo recorrido de evacuación como 21,18 m desde la salida 03 hasta el arranque de la escalera 01 (Ver Tabla 4.6.1.6.).

Tabla 4.6.1.6.: “Parámetros geométricos de recorridos de evacuación del recinto.”

Recorridos de salidas de evacuación	Distancia máxima, lj [m]	Ancho, wj		Superficie	
		mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]
Terraza exterior	21,18	3,3	2,9	101,84	61,42
Total		3,3	2,9	101,84	61,422

Dada la geometría de cómo se conectan las salidas con la terraza exterior, no es posible realizar análisis previos de si se constituye algún tipo de angostamiento, reflejado en una disminución de la velocidad de desplazamiento en algún punto del recorrido de evacuación producto del flujo total, equivalente a la suma de los flujos de cada una de las salidas 01, 02 y 03.

Finalmente, los recorridos de evacuación, a través de la terraza exterior, terminan en el arranque de la escalera de acceso (E01), cuyas características geométricas se detallan en la tabla 4.6.1.7.

Tabla 4.6.1.7.: “Magnitudes de locomoción y parámetros geométricos de la escalera de acceso 01.”

SALIDA	Distancia recorrido, l _j [m]	Ancho, w _j		Superficie (proyección horizontal)		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m*s]	Flujo de Salida [pers/s]
		mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]			
E01	8,14	2,79	2,31	20,77	18,693	0,34	0,837	1,933
Total	8,14	2,79	2,31	20,77	18,693			1,933

Los ocupantes se caracterizan por ser personas jóvenes entre 18 y 30 años con movilidad normal y capaces de reaccionar ante cualquier señal de emergencia y elegir la ruta de evacuación adecuada según su noción de la condición de las salidas disponibles. La ocupación habitual del primer piso es de 400 personas que se encuentran distribuidas mayormente en el área útil del primer piso del recinto formada por la pista central.

La distribución de ocupantes, antes del inicio de la evacuación, se supone uniforme, y además, no hay demoras, en el sentido que las personas inmediatamente se colocan en cercanías de las vías de evacuación ante cualquier emergencia que se detecte.

4.6.1.2 ANÁLISIS SEGÚN MODELO DE JJ FRUINS

El procedimiento que nos permite estudiar el problema de evacuación por piso según el modelo de JJ Fruins, que incluye recorridos y flujos de paso constantes, se inicia determinando para cada salida j la función de evacuación $t_j(x_j)$ respectiva.

4.6.1.2.1 SEGUNDO PISO

4.6.1.2.1.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

Para el cálculo de la función de evacuación del segundo piso, sin recorrido de evacuación, se calcula el flujo en cada salida según:

(ec.) 4.6.5
$$F_j = f_{ej} * w_{ej} = v_j * d_j * w_{ej} \text{ [pers./s]}$$

Luego, el tiempo t_j , función de evacuación, cuando se considera solamente el tiempo de paso y sin recorrido de evacuación es:

$$(ec.) 4.6.6 \quad t_j(x_j) = \frac{x_j}{F_j} [s]$$

Aplicando la (ec.4.6.5.) a cada una de las salidas disponibles del segundo piso constituidas por las escaleras 1 y 2, la función de evacuación para cada una es:

- **PARA ESCALERA 1 (DESDE VIP 1)**

$$(ec.) 4.6.7 \quad t_1(x_1) = \frac{x_1}{0,637} [s]$$

- **PARA ESCALERA 2 (DESDE VIP 2)**

$$(ec.) 4.6.8 \quad t_2(x_2) = \frac{x_2}{0,550} [s]$$

4.6.1.2.1.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

A partir de la función de evacuación t_j , calculada según (ec.4.6.7.) y (ec.4.6.8.), se obtiene la función inversa de evacuación $p_j(z)$ de cada escalera.

- **PARA ESCALERA 1 (DESDE VIP 1)**

$$(ec.) 4.6.9 \quad p_1(z) = 0,637 \times z [pers.] \quad \text{para } z > 0 [s]$$

- **PARA ESCALERA 2 (DESDE VIP 2)**

$$(ec.) 4.6.10 \quad p_2(z) = 0,550 \times z [pers.] \quad \text{para } z > 0 [s]$$

La (ec.4.6.9.) y (ec.4.6.10.) entregan las funciones inversas de salida del flujo de ocupantes desde los sectores vip del segundo piso hacia la pista central del primer piso, sin embargo, éstas poseen diferencias evidentes con las funciones inversas de entrada de ocupantes que se genera en los arranques de las escaleras 1 y 2. La situación antes descrita, trae inevitablemente el surgimiento de retenciones en estos puntos. A continuación se muestra el detalle de esta situación.

- **SALIDA-ARRANQUE 1**

(ec.) 4.6.11 $p_1(z) = 0,938 \times z$ [pers.] para $z > 0$ [s]

- **SALIDA-ARRANQUE 2**

(ec.) 4.6.12 $p_2(z) = 1,580 \times z$ [pers.] para $z > 0$ [s]

Si comparamos las funciones inversas de evacuación de los arranques o salidas y las escaleras respectivas, se define la retención existente como:

(ec.) 4.6.13 $R_i(z) = p_i(z)_{salida\ i} - p_i(z)_{escalera\ i}$ [pers.]

Según sea el caso, las retenciones son:

- **SALIDA-ARRANQUE 1(S1) - ESCALERA 1**

(ec.) 4.6.14 $R_1(z) = 0,301 \times z$ [pers.] para $z > 0$ [s]

- **SALIDA-ARRANQUE 2(S2)- ESCALERA 2**

(ec.) 4.6.15 $R_2(z) = 1,03 \times z$ [pers.] para $z > 0$ [s]

Gráficamente, las retenciones se expresan de la siguiente forma:

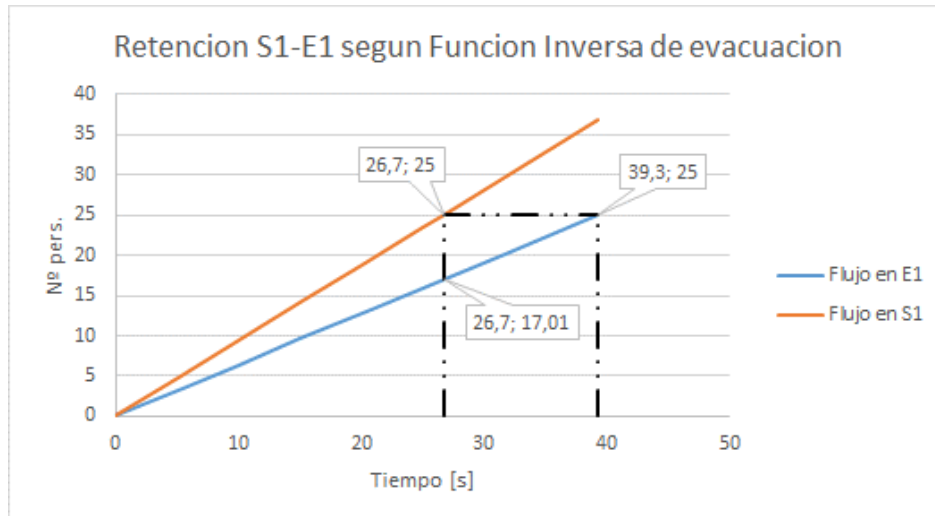


Gráfico 4.6.1.1.: “Retención de ocupantes para salida 1-escalera 1 del segundo piso de la discoteca 1.”

De acuerdo al gráfico 4.6.1.1, para un flujo de 25 personas provenientes del sector vip 1 del segundo piso, la duración de la retención es de aproximadamente de 12,6 segundos para 8 personas en el caso más crítico.

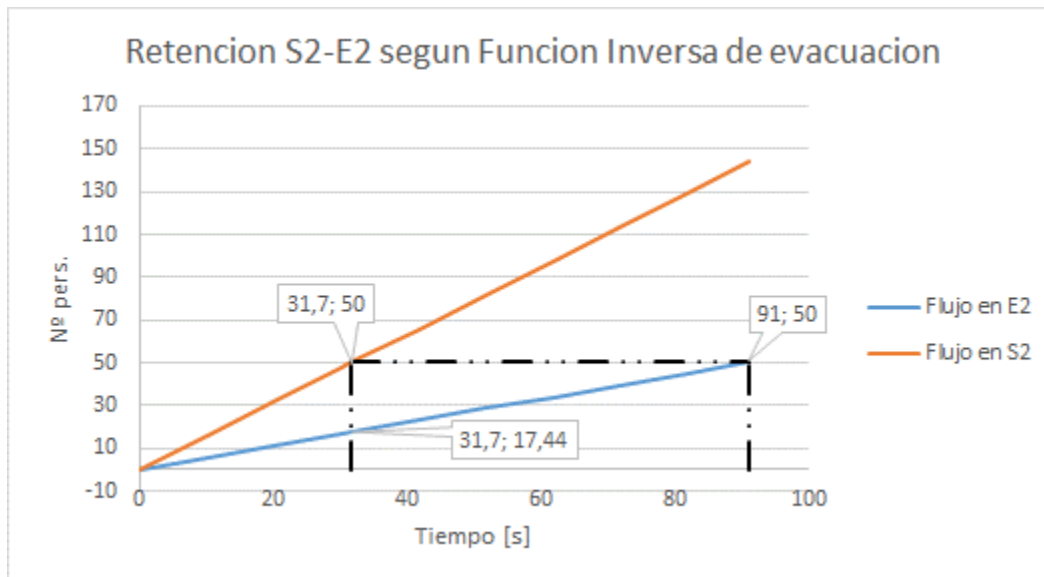


Gráfico 4.6.1.2.: “Retención de ocupantes para salida 2-escalera 2 del segundo piso de la discoteca 1.”

De acuerdo al gráfico 4.6.1.2., para un flujo de 50 personas provenientes del sector vip 2 del segundo piso, la duración de la retención es de aproximadamente de 59 segundos y de 33 personas en el peor escenario.

Finalmente, considerando sólo las secciones que controlan el flujo representadas por las escaleras 1 y 2, el acoplamiento de sus funciones inversas de evacuación da como resultado la función inversa total de evacuación definida por tramos de la siguiente forma:

(ec.) 4.6.16
$$p_T(z) = 1,187 \times z[\text{pers.}] \quad \text{para } z \geq 0 [s]$$

A continuación es posible ver gráficamente la función inversa total de evacuación de las salidas del piso 2 de la discoteca 1, así como también, la solución, de manera aproximada, del problema de optimización de la evacuación.

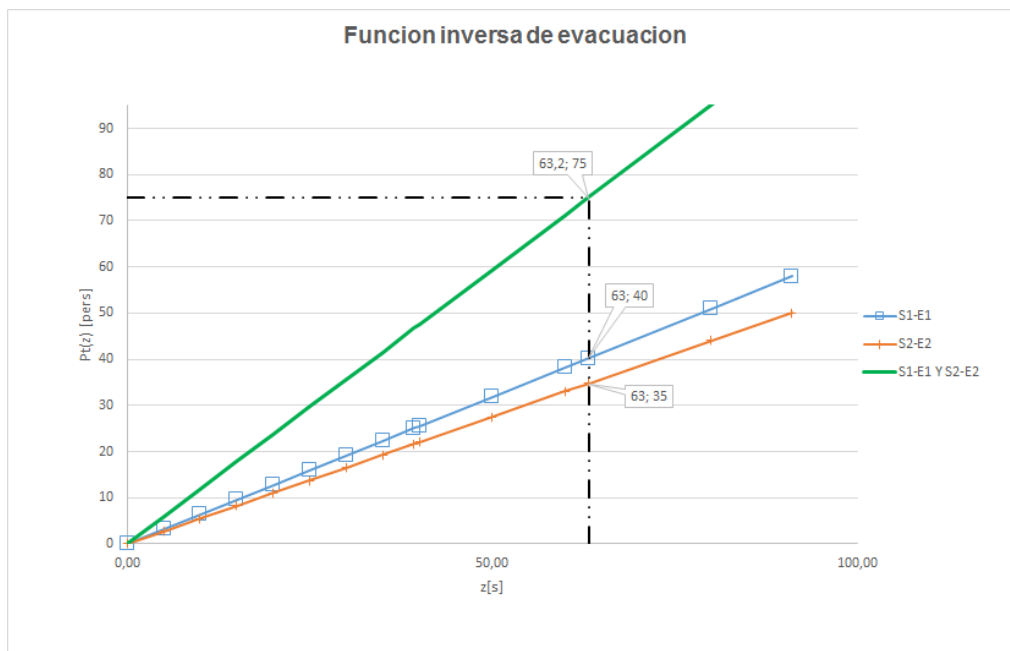


Gráfico 4.6.1.3.: “Función Inversa de Evacuación y solución óptima para el segundo piso de la discoteca 1.”

4.6.1.2.1.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de optimización de la evacuación del segundo piso del recinto 1 se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.1.8.: “Datos de salida de la optimización de la evacuación del segundo piso de la discoteca 1.”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	S1-E1	40	53,33%	63,2
	S2-E2	35	46,67%	
TOTAL		75	100,00%	

Podemos observar que para evacuar el segundo piso del recinto, para una ocupación de 75 personas, es necesario un tiempo $z^* \approx 63,2$ [s], y la cantidad respectiva de ocupantes que se asignan a cada salida es de $x_1 = 40$ para la escalera 1 y $x_2 = 35$ para la escalera 2, es decir, la escalera 1 evacuaría al 53% del total de ocupantes del piso 2 y la escalera 2 al 47% restante.

Sin embargo, en la realidad, no es posible la optimización de la evacuación del segundo piso puesto que los sectores vip 1 y vip 2 no están comunicados físicamente, por ende, es imposible realizar el ejercicio de optimizar la asignación de ocupantes a cada salida.

Finalmente, el tiempo de evacuación del segundo piso sólo depende del tiempo que demore en evacuar la última persona del sector con mayor cantidad de ocupantes.

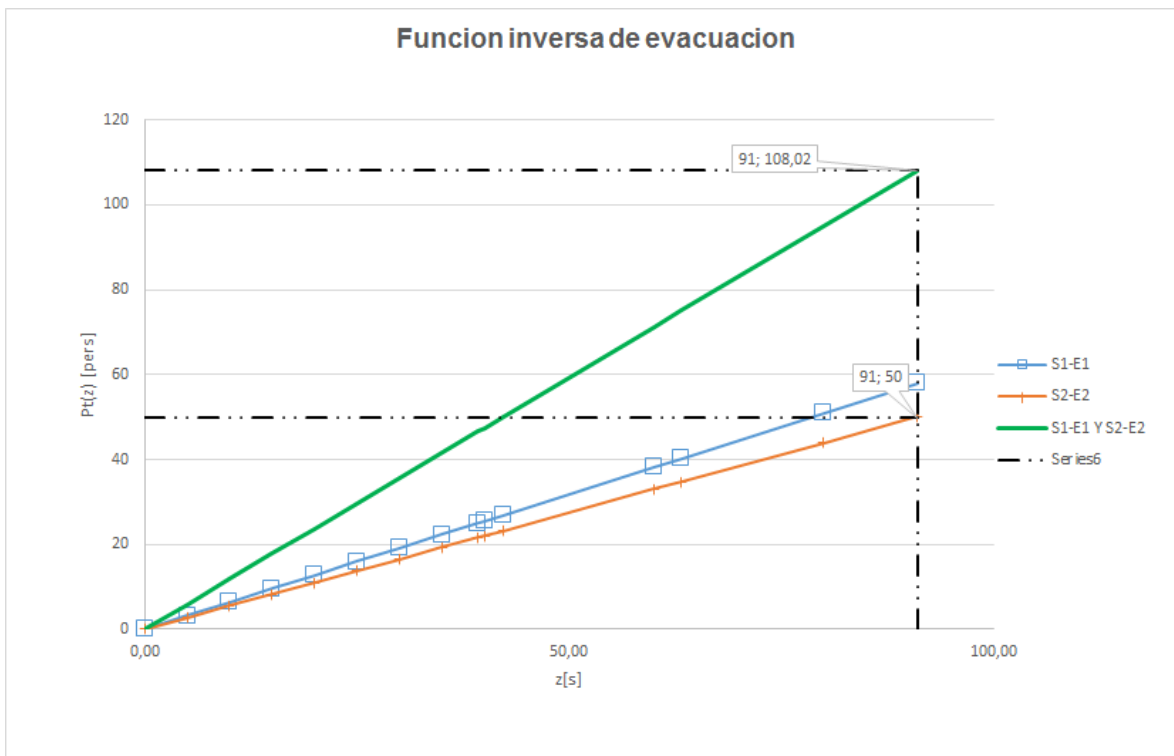


Gráfico 4.6.1.4.: “Función Inversa de Evacuación sin solución óptima para el segundo piso de la discoteca 1.”

En el gráfico 4.6.1.4. claramente se observa una pérdida de eficiencia, reflejado en el aumento del tiempo de evacuación en 30 segundos.

Para evacuar el segundo piso del recinto, para una ocupación de 75 personas, según este criterio de “no optimización” es necesario un tiempo $z^* \approx 91$ [s] y la cantidad respectiva de ocupantes que se asignan a cada salida es de $x_1 = 25$ para la escalera 1 y $x_2 = 50$ para la escalera 2 (ver tabla 4.6.1.8.), es decir, la escalera 1 evacua al 33% del total de ocupantes del piso 2 y la escalera 2 al 67% restante.

En consecuencia, si los sectores del segundo piso estuvieran comunicados adecuadamente, se podría evacuar a una cantidad superior de ocupantes equivalentes a 108 personas (casi un 25 % más) que no es menor en el caso que la ocupación máxima fuera superada en alguna situación particular.(Ver tabla 4.6.1.9.)

Tabla 4.6.1.9.: “Datos de salida de la discoteca 1 para la evacuación del segundo piso “sin optimización””

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	S1-E1	25	33,33%	91
	S2-E2	50	66,67%	
TOTAL		75	100,00%	

4.6.1.2.2 PRIMER PISO

4.6.1.2.2.1 SALIDAS 01-02-03

4.6.1.2.2.1.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

Para el cálculo de la función de evacuación del primer piso, sin recorrido de evacuación, se calcula el flujo en cada salida según:

$$(ec.) 4.6.17 \quad F_j = f_{ej} * w_{ej} = v_j * d_j * w_{ej} [pers./s]$$

Luego, el tiempo t_j , función de evacuación, cuando se considera solamente el tiempo de paso y sin recorrido de evacuación es:

$$(ec.) 4.6.18 \quad t_j(x_j) = \frac{x_j}{F_j} [s]$$

Aplicando la ec.4.6.18. a cada una de las salidas disponibles, las funciones de evacuación quedan expresadas de la siguiente forma:

- **SALIDA 01**

(ec.) 4.6.19 $t_1(x_1) = \frac{x_1}{2,492} [s]$

- **SALIDA 02**

(ec.) 4.6.20 $t_2(x_2) = \frac{x_2}{1,598} [s]$

- **SALIDA 03**

(ec.) 4.6.21 $t_3(x_3) = \frac{x_3}{2,492} [s]$

4.6.1.2.2.1.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

A partir de la función de evacuación t_j , calculada según (ec. 4.6.19.) a (ec. 4.6.21.), se obtiene la función inversa de evacuación $p_j(z)$ de cada salida.

- **SALIDA 01**

(ec.) 4.6.22 $p_1(z) = 2,492 \times z$ para $z > 0 [s]$

- **SALIDA 02**

(ec.) 4.6.23 $p_2(z) = 1,598 \times z$ para $z > 0 [s]$

- **SALIDA 03**

(ec.) 4.6.24 $p_3(z) = 2,492 \times z$ para $z > 0 [s]$

Las expresiones anteriores, representan las funciones de salida del flujo de ocupantes desde la pista central hacia el exterior, sin embargo, la capacidad de evacuación de la terraza exterior, lugar donde llegan todas salidas, es inferior a la suma de los flujos de cada una de las salidas, generando inevitablemente diferencias de flujo de entrada y salida, y por tanto, surgimiento de retenciones. Además, la terraza está conectada con la escalera de acceso (E01), que desemboca en una cota inferior y que podría generar otra retención adicional. A continuación, se muestra el detalle de esta situación:

Las (ec. 4.6.22.) a (ec. 4.6.24.) entregan las funciones inversas de salida del flujo de ocupantes desde la pista central hacia la terraza exterior, sin embargo, la capacidad de evacuación de ésta es inferior a la suma de los flujos de cada una de las salidas, por ende, las diferencias evidentes entre las funciones inversas de entrada de ocupantes de las salidas y la función inversa de salida de la terraza exterior, inevitablemente el surgimiento de retenciones, sumado a que la terraza está conectada con la escalera de acceso (E01) que desemboca en una cota inferior y que podría generar otra retención adicional si su capacidad de evacuación es menor que la de la terraza. A continuación, se muestra el detalle de esta situación:

- **SALIDAS 01+02+03**

(ec.) 4.6.25
$$p_T(z) = 6,582 \times z \text{ [pers.]} \quad \text{para } z > 0 \text{ [s]}$$

- **TERRAZA EXTERIOR (PARA UNA DENSIDAD DE CIRCULACIÓN DE 2,5[pers/m²])**

(ec.) 4.6.26
$$p_{\text{terrazza}}(z) = 3,4 \times z \text{ [pers.]} \quad \text{para } z > 0 \text{ [s]}$$

- **ESCALERA ACCESO (EO1) (PARA UNA DENSIDAD DE CIRCULACIÓN DE 2,5[pers/m²])**

(ec.) 4.6.27
$$p_{E01}(z) = 1,92 \times z \text{ [pers.]} \quad \text{para } z > 0 \text{ [s]}$$

Si acoplamos las funciones inversas de evacuación de las salidas del recinto, de la terraza exterior y de la escalera acceso, definimos la retención en [pers/s] como:

(ec.) 4.6.28
$$R_i(z) = p_i(z)_{\text{salida } i} - p_i(z)_{\text{entrada } i}$$

Según sea el caso en cuestión, el detalle de las retenciones durante el desarrollo de la evacuación se presenta a continuación:

- **SALIDA (01, 02, 03) – TERRAZA**

(ec.) 4.6.29 $R1(z) = 3,182 \times z$ [pers/s] para $z > 0$ [s]

- **TERRAZA- ESCALERA 01**

(ec.) 4.6.30 $R2(z) = 1,48 \times z$ [pers/s] para $z > 0$ [s]

- **SALIDA (01, 02, 03) – ESCALERA 01**

(ec.) 4.6.31 $R3(z) = 3,428 \times z$ [pers/s] para $z > 0$ [s]

Gráficamente las retenciones se expresan de la siguiente forma:

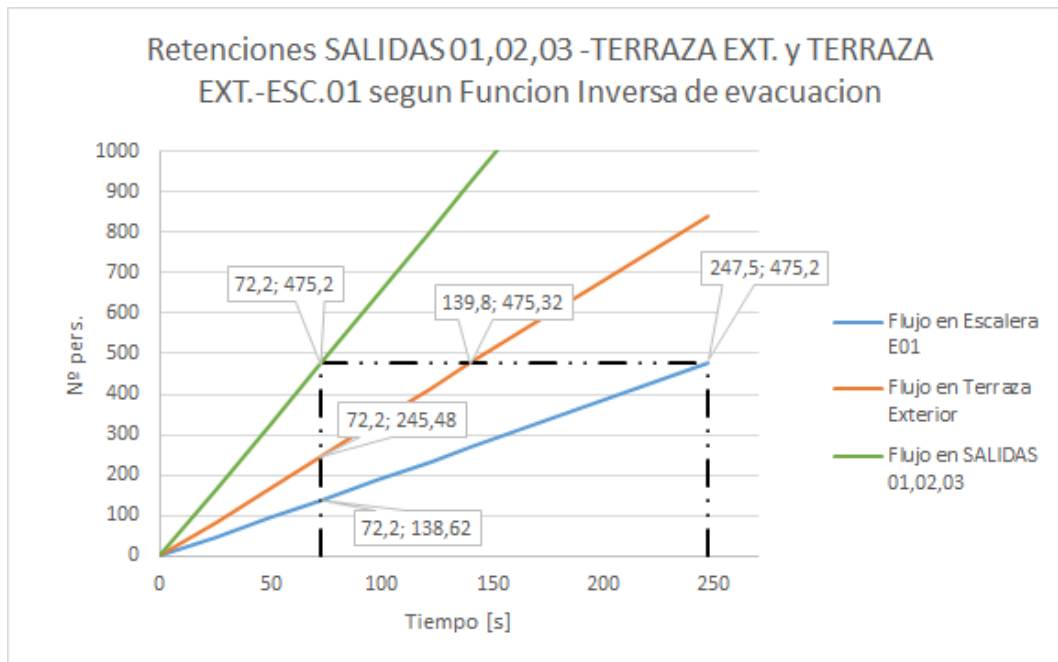


Gráfico 4.6.1.5.: “Retención de ocupantes para salida 01, 02 y 03 con terraza exterior, y de terraza exterior con escalera de acceso (E01) de la discoteca 1.”

De acuerdo al gráfico 4.6.1.5, para un flujo de 475 personas, provenientes del interior del recinto, la duración total de la retención es de 175 segundos, ya sea en los alrededores de la terraza o en el interior del recinto.

Si hacemos el desglose de este tiempo de retención, 67,6 segundos se mantienen las personas en el interior del recinto y 107,7 segundos en la terraza exterior. Lo anterior, es importante tenerlo en cuenta, dado que no es lo mismo para las personas esperar al aire libre o dentro del recinto más aún si estamos en una situación de emergencia con presencia de una capa de humo que aumenta su espesor.

El acoplamiento de las funciones inversas de evacuación para cada salida, da como resultado la función inversa total de evacuación que definida por tramos, se representa de la siguiente forma:

(ec.) 4.6.32 $p_T(z) = 6,582 \times z$ [pers.] *para* $z \geq 0$ [s]

A continuación, es posible ver gráficamente la función inversa de evacuación de la planta principal del recinto 1 (salidas 01+02+03), así como también, la solución del problema de evacuación de manera aproximada.

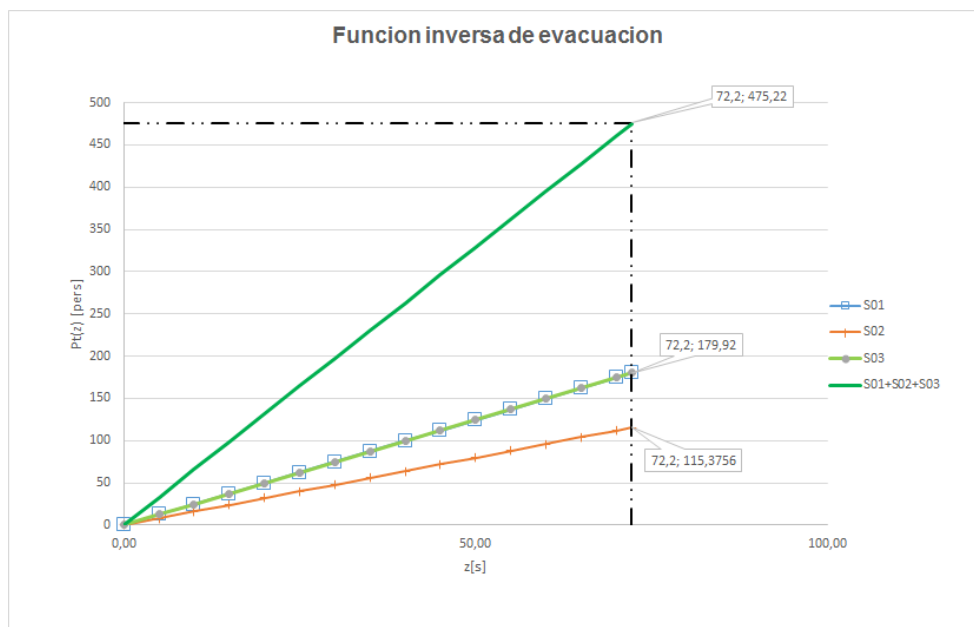


Gráfico 4.6.1.6.: “Función Inversa de Evacuación y solución óptima de la planta principal de la discoteca 1.”

4.6.1.2.2.1.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de optimización de la evacuación de la planta principal, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.1.10.: “Datos de salida de la planta principal de discoteca 1 para el problema de evacuación”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	S01	180	37,89%	72,2
	S02	115	24,21%	
	S03	180	37,89%	
TOTAL		475	100,00%	

Podemos observar que para evacuar el recinto desde las salidas hasta el arranque de la escalera acceso, para una ocupación de 475 personas es necesario un tiempo $z^* \approx 72,2$ [s] y la cantidad de ocupantes que se asignan a cada salida es de $x_1 = 180$ para la salida 01, $x_2 = 115$ para la salida 02 y $x_3 = 180$ para la salida 03, es decir, la salida 01 evacua al 38% del total de ocupantes, la salida 02 al 24% y la salida 03 al 38% restante.

Al análisis ya realizado, debemos agregar la influencia de la capacidad de evacuación de la escalera de acceso.

4.6.1.2.2.2 ESCALERA DE ACCESO (E01)

El cálculo del tiempo que se demora el flujo de personas en atravesar el arranque de la escalera de acceso y llegar a destino seguro (DS) en el nivel de cota +0,00 m, se detalla a continuación.

Tabla 4.6.1.11.: “Datos de entrada para el análisis de evacuación de la escalera 01 de la discoteca 1.”

SALIDA	Distancia recorrido, l _j [m]	Ancho, w _j		Superficie (proyeccion horizontal)		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m*s]	Flujo de Salida [pers/s]
		mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]			
E01	8,14	2,79	2,31	20,77	18,693	0,34	0,837	1,933
Total	8,14	2,79	2,31	20,77	18,693			1,933

4.6.1.2.2.2.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

Para el cálculo de la función de evacuación, se calcula el tiempo de recorrido usando los datos disponibles en la tabla 4.6.1.11:

- **ESCALERA DE ACCESO 01**

(ec.) 4.6.33
$$t_{11} = \left(\frac{8,14}{0,34}\right) = 23,94 [s]$$

Dado que el flujo en el arranque de la escalera E01 es $F_{E01} = 1,933 [pers./s]$, el tiempo de paso está dado por:

(ec.) 4.6.34
$$t_{21}(x_1) = \frac{x_1}{1,933} [s]$$

Finalmente el tiempo t_j o función de evacuación queda expresado de la siguiente forma como la suma del tiempo de recorrido y el tiempo de paso:

(ec.) 4.6.35
$$t_1(x_1) = 23,94 + \frac{x_1}{1,933} [s]$$

4.6.1.2.2.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

A partir de la función de evacuación t_j es posible obtener la función inversa de evacuación $p_j(z)$ dado por:

- **ESCALERA DE ACCESO 01**

(ec.) 4.6.36
$$p_{E01}(z) = 1,933 \times z [pers.] \quad \text{para } z > 23,94 [s]$$

La expresión anterior representa la función de salida del flujo de ocupantes desde el arranque de la escalera acceso hasta el nivel inferior del lugar.

Dado que sólo existe una salida (escalera acceso 01), la función inversa total de evacuación queda definida por tramos de la siguiente forma:

(ec.) 4.6.37
$$p(z) = 0 [pers.] \quad \text{para } 23,94 [s] \geq z$$

(ec.) 4.6.38
$$p(z) = 1,933 \times z - 46,27 [pers.] \quad \text{para } 23,94 [s] < z$$

A continuación, es posible ver gráficamente la función inversa de evacuación de la escalera que evacua a las personas desde la terraza exterior.

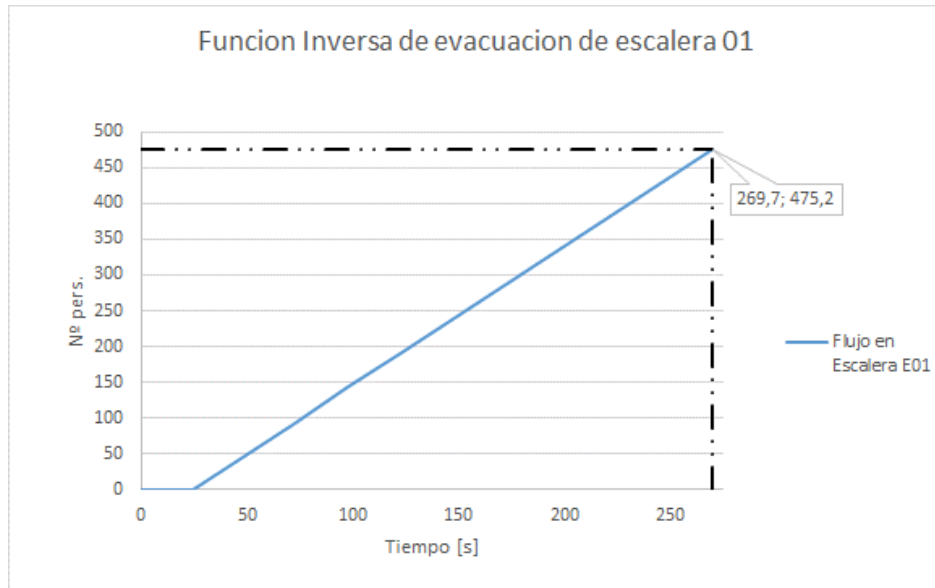


Gráfico 4.6.1.7.: “Función Inversa de evacuación de escalera de acceso (E01) de la discoteca 1.”

4.6.1.2.2.2.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de evacuación para la escalera de acceso se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.1.12.: “Datos de salida de la escalera de acceso de la discoteca 1 para el problema de evacuación”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	E01	475	100,00%	269,7
TOTAL		475	100,00%	

Podemos observar que para evacuar a todos los ocupantes desde la terraza exterior a través de la escalera de acceso 01 es necesario emplear un tiempo de 270 segundos.

Luego, si se consideran los procesos de evacuación desde el interior del recinto hasta la terraza exterior y desde la terraza exterior hasta destino seguro como independientes y sin traslape, se suman los tiempos calculados para cada tramo de recorrido de evacuación (ver tabla 4.6.1.10 y tabla 4.6.1.12), da un valor de 342 segundos para los 475 ocupantes, diferenciando que los 72,2 segundos iniciales corresponde al tiempo en el cuál todos los ocupantes están fuera del recinto situados en la terraza exterior y libres del efecto de probables humos tóxicos en caso de incendio.

4.6.1.3 ANÁLISIS SEGÚN MODELO ADAPTADO DE NELSON Y MCLENNAN

Según el modelo de movimiento de personas de Nelson y McLennan, la evolución de la velocidad de circulación y de los flujos de circulación en el tiempo, son utilizados para obtener expresiones con respecto a la función de evacuación y a la función inversa de evacuación.

4.6.1.3.1 SEGUNDO PISO

4.6.1.3.1.1 FUNCIÓN DE EVACUACION

Para el cálculo de las funciones de evacuación de las salidas del segundo piso, es necesario saber de antemano las dimensiones geométricas de estas, para así, estimar las densidades de circulación respectivas (ver tabla 4.6.1.13.).

Tabla 4.6.1.13.: “Dimensiones geométricas de las vías de evacuación para el segundo piso de la discoteca 1”

SALIDA	Ancho, wj		Superficie (proyeccion horizontal)		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m*s]	Flujo de Salida [pers/s]
	mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m2]	Útil [m2]			
E1	1,24	0,76	3,77	2,86	0,34	0,838	0,637
E2	1,24	0,76	3,74	2,84	0,26	0,724	0,550
Total (E1+E2)	2,48	1,52	7,51	5,70			1,187

Luego, los límites para los cuáles está establecida la función de evacuación son:

Tabla 4.6.1.14.: “Límites donde está definida la función de evacuación para las escaleras 1 y 2 de la discoteca 1”

Salidas	Límites	
E1	X1I	1,03
	X1S	10,02
E2	X2I	1,02
	X2S	9,95

En consecuencia, las funciones de evacuación de la escalera 1 y 2 son:

- **ESCALERA 1**

Se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la escalera 1 sin recorrido de evacuación:

(ec.) 4.6.39
$$t_1(x_1) = \frac{2,86}{1,1996 \cdot 0,76} = 3,137[s] \quad \text{para } 1,03[\text{pers}] \geq x_1$$

(ec.)4.6.40 $t_1(x_1) = \frac{8,18}{(2,17-0,202 \times x_1)} [s]$ para $1,03[pers] \leq x_1 \leq 10,02[pers]$

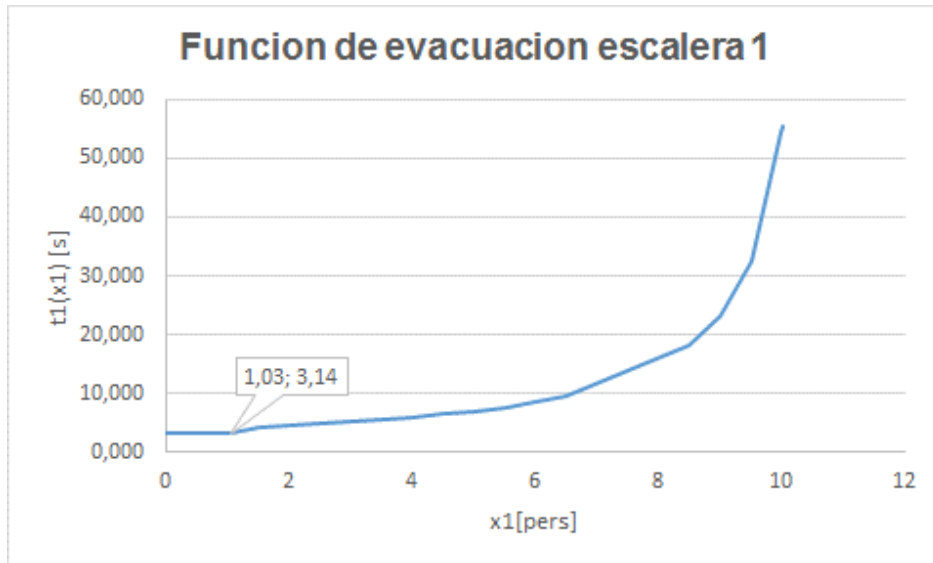


Gráfico 4.6.1.8.: "Función de evacuación de la escalera 1 del recinto 1."

- **ESCALERA 2**

Se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la escalera 2 sin recorrido de evacuación:

(ec.) 4.6.41 $t_2(x_2) = \frac{2,84}{1,1996+0,76} = 3,115[s]$ para $1,02[pers] \geq x_2$

(ec.) 4.6.42 $t_2(x_2) = \frac{8,06}{(2,15-0,202 \times x_2)} [s]$ para $1,02[pers] \leq x_2 \leq 9,94[pers]$

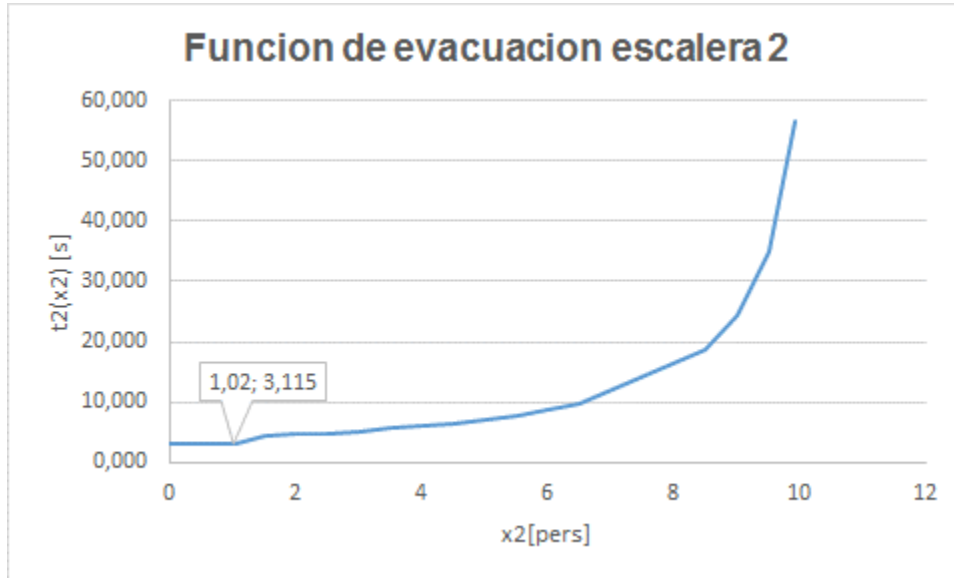


Gráfico 4.6.1.9.: “Función de evacuación de la escalera 2 del recinto 1.”

4.6.1.3.1.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

Los límites para los cuáles está definida la función inversa de evacuación, son:

Tabla 4.6.1.15.: “Límites donde está definida la función inversa de evacuación para las escaleras 1 y 2 de la discoteca 1”

Salidas	Límites	
E1	Z1I	4,169
	Z1S	54,53
E2	Z2I	4,146
	Z2S	56,712

Luego, las funciones inversas de evacuación de la escalera 1 y 2 son:

- **ESCALERA 1**

Se define la función inversa de evacuación de la escalera 1:

(ec.) 4.6.43 $p_1(z_1) = 0$ [pers.] para $0 \leq z_1 < 4,169$ [s]

(ec.) 4.6.44 $0 < p_1(z_1) \leq p_1(4,169) = 1,03$ [pers.] para $4,169[s] = z_1$

(ec.) 4.6.45 $p_1(z_1) = 10,752 - \frac{40,495}{z_1}$ [pers.] para $4,169[s] < z_1 \leq 54,53[s]$

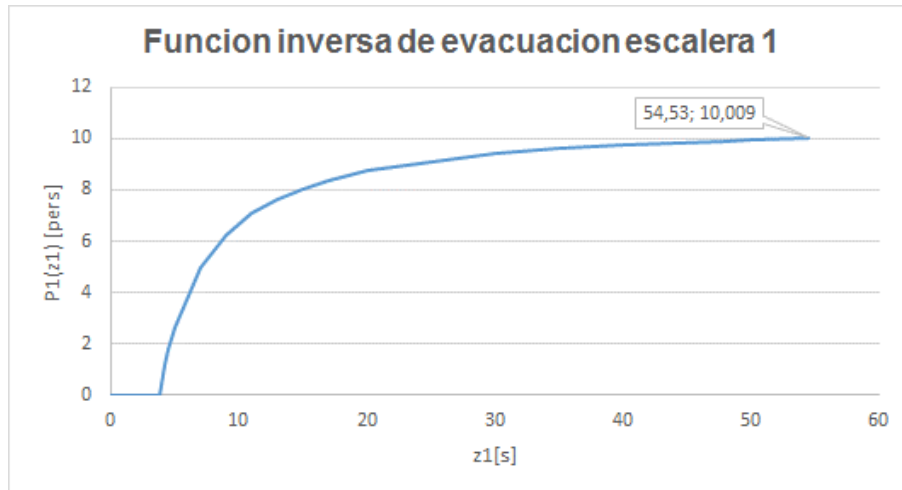


Gráfico 4.6.1.10.: “Función Inversa de evacuación de la escalera 1 de la discoteca 1.”

- **ESCALERA 2**

Se define la función inversa de evacuación de la escalera 2:

(ec.) 4.6.46 $p_2(z_2) = 0$ [pers.] *para* $0 \leq z_2 < 4,146[s]$

(ec.) 4.6.47 $0 < p_2(z_2) \leq p_2(4,146) = 1,02$ [pers.] *para* $4,146[s] = z_2$

(ec.) 4.6.48 $p_2(z_2) = 10,677 - \frac{39,387}{z_2}$ [pers.] *para* $4,146[s] < z_2 \leq 56,712[s]$

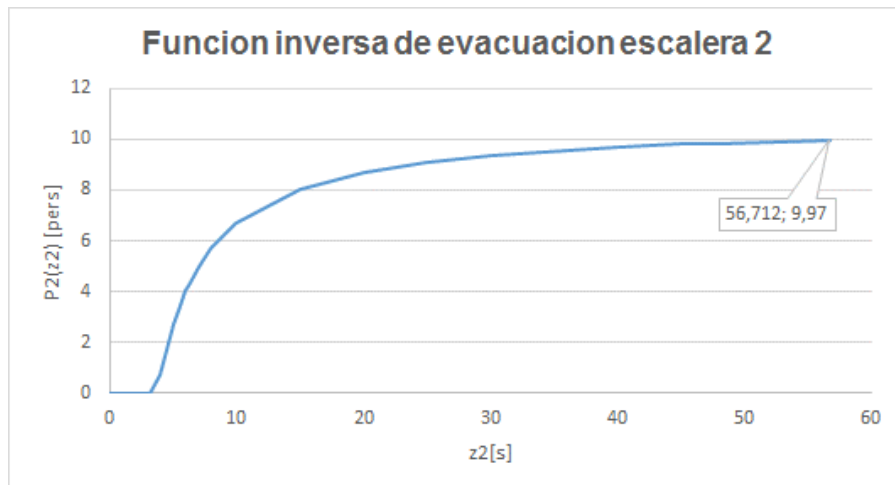


Gráfico 4.6.1.11.: “Función Inversa de evacuación de la escalera 2 de la discoteca 1.”

- **ESCALERA 1 y ESCALERA 2**

Se define la función inversa de evacuación de la escalera 1 y 2:

(ec.) 4.6.49 $p_T(z) = 0$ [pers.] para $0 \leq z < 4,146[s]$

(ec.) 4.6.50 $0 < p_T(z) \leq p_T(4,146) = 1,03$ [pers.] para $4,146[s] = z$

(ec.) 4.6.51 $p_T(z) = 10,752 - \frac{40,495}{z}$ [pers.] para $4,146[s] < z \leq 4,169[s]$

(ec.) 4.6.52 $1,038 \leq p_T(z) \leq 1,107$ [pers.] para $4,169[s] = z$

(ec.) 4.6.53 $p_T(z) = 21,429 - \frac{80,392}{z}$ [pers.] para $4,169[s] < z \leq 54,53[s]$

(ec.) 4.6.54 $p_T(z) = 10,677 - \frac{39,387}{z}$ [pers.] para $54,53[s] < z \leq 56,712[s]$

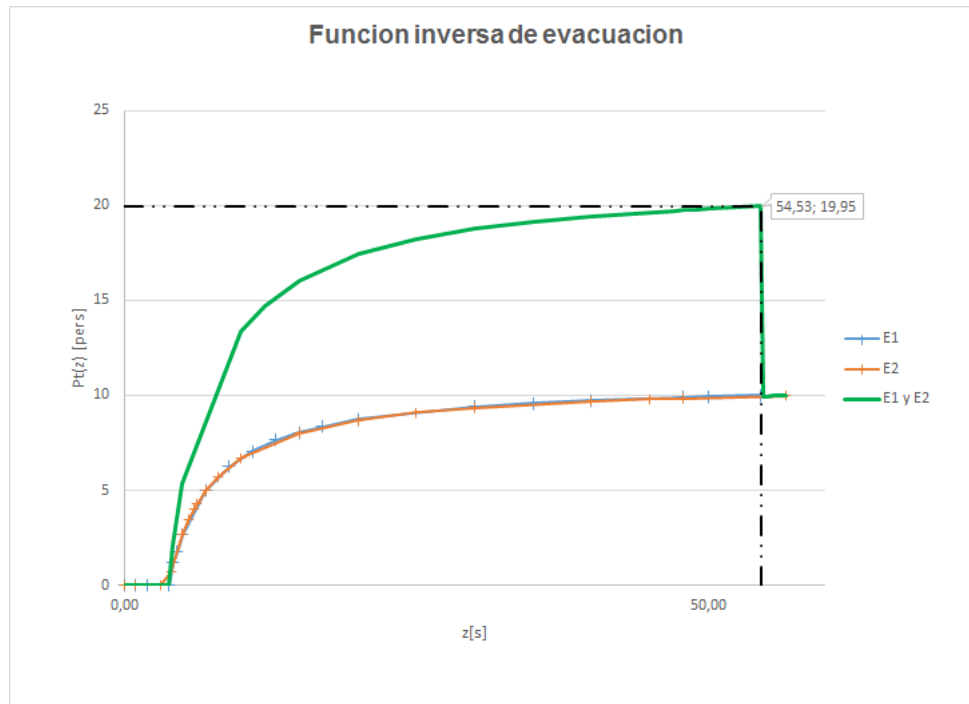


Gráfico 4.6.1.12.: "Función Inversa de evacuación total del segundo piso de la discoteca 1."

4.6.1.3.1.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de la función inversa de evacuación se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.1.16.: “Datos de salida de la discoteca 1 para el problema de evacuación del segundo piso.”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	E1	10	40,00%	54,53
	E2	9,95	19,90%	
TOTAL		19,95	26,60%	

Podemos observar que bajo las restricciones impuestas por el modelo, sólo es posible evacuar una ocupación de 20 personas sin que se genere ningún punto de velocidad de circulación cercano a 0, es decir, nula existencia de puntos de estancamiento. Bajo esta condición, el tiempo necesario es de $z^* \approx 55 [s]$ y la cantidad de ocupantes respectiva que se asignan a cada salida es $x_1 = 10$ para la salida 1 y $x_2 = 10$ para la salida 2.

4.6.1.3.2 PRIMER PISO

4.6.1.3.2.1 TERRAZA EXTERIOR Y SALIDAS 01-02-03

4.6.1.3.2.1.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

El cálculo de las funciones de evacuación de las salidas del primer piso utiliza las dimensiones geométricas detalladas en la tabla 4.6.1.17.

Para simplificar el análisis, uno de los supuestos será asumir que los anchos efectivos de las salidas 01, 02 y 03 se suman para tener un flujo único en dirección a la terraza exterior. Otra hipótesis es considerar que el recorrido de evacuación del problema considera al recorrido de mayor largo recorrido desde la salida 03 hasta el arranque de la escalera de acceso (E01).

Tabla 4.6.1.17.: “Dimensiones geométricas de las vías de evacuación para de la discoteca 1.”

Recorridos de salidas de evacuación	Distancia máxima, l _j [m]	Ancho, w _j		Superficie		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m ² s]	Flujo de Salida [pers/s]
		mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]			
Terraza exterior	21,18	3,3	2,9	101,84	61,42	0,58	3,834	6,582
Total		3,3	2,9	101,84	61,422			6,582

Los límites para los cuáles está establecida la función de evacuación son:

Tabla 4.6.1.18.: “Límites donde está definida la función de evacuación para terraza exterior de la discoteca 1.”

Salidas	Límites	
Terraza exterior	X1I	22,00
	X1S	214,97

Luego, se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la salida 01 como:

$$(ec.)4.6.55 \quad t_1(x1) = \frac{2}{1,1996} \times l1 = \frac{2}{1,1996} \times 21,18 = 35,311 \text{ [s]} \quad \text{para } 22[\text{pers}] \geq x1$$

$$(ec.)4.6.56 \quad t_1(x1) = \frac{7544,83}{(249,36 - 1,079 \times x1)} \text{ [s]} \quad \text{para } 22[\text{pers}] < x1 \leq 214,97[\text{pers}]$$

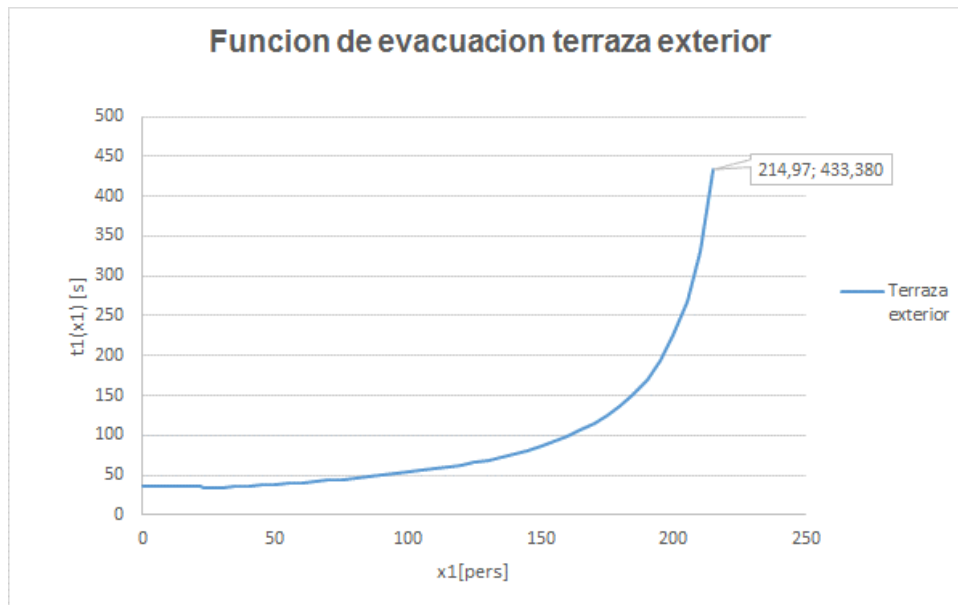


Gráfico 4.6.1.13.: “Función de evacuación de la terraza exterior de la discoteca 1.”

4.6.1.3.2.1.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

Los límites para los cuáles está establecida la función inversa de evacuación son:

Tabla 4.6.1.19.: “Límites dónde está definida la función inversa de evacuación para la terraza exterior de la discoteca 1.”

Salidas	Límites	
Terraza exterior	Z1I	35,311
	Z1S	433,38

Se define la función inversa de evacuación de la salida 01:

(ec.) 4.6.57 $p_1(z_1) = 0$ [pers.] para $0 \leq z_1 < 35,311$ [s]

(ec.) 4.6.58 $0 < p_1(z_1) \leq p_1(35,311) = 22$ [pers.] para $35,311[s] = z_1$

(ec.) 4.6.59 $p_1(z_1) = 230,9 - \frac{6986,21}{z_1}$ [pers.] para $35,311[s] < z_1 \leq 433,38[s]$

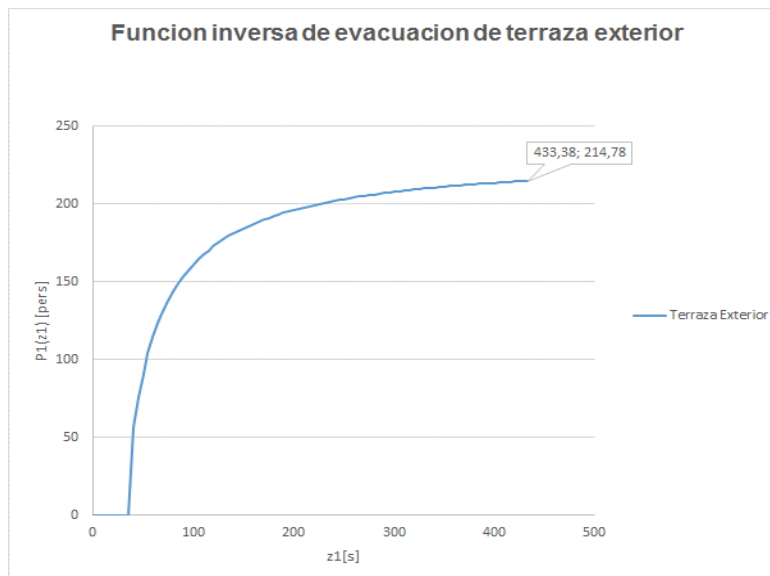


Gráfico 4.6.1.14.: “Función Inversa de evacuación de la terraza exterior de la discoteca 1.”

4.6.1.3.2.1.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de evacuación de la terraza exterior, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.1.20.: “Datos de salida de la discoteca 1 para el problema de evacuación”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	Terraza exterior	215	45,26%	433,38
	TOTAL	215	45,26%	

Podemos observar que bajo las restricciones impuestas por el modelo, sólo es posible evacuar una ocupación de 215 personas sin que se genere ningún punto de velocidad de circulación cercano a 0, es decir, nula existencia de puntos de estancamiento. Bajo esta condición, el tiempo de evacuación es de $z^* \approx 433,38$ [s].

Al análisis ya realizado, debemos agregar la influencia de la capacidad de evacuación de la escalera de acceso.

4.6.1.3.2.2 ESCALERA ACCESO

4.6.1.3.2.2.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

El cálculo del tiempo que se demora el flujo en atravesar el arranque de la escalera de acceso y llegar hasta su llegada a la cota inferior se detalla en la tabla 4.6.1.21.

Tabla 4.6.1.21.: “Datos de entrada para el análisis de evacuación de la escalera 01”

SALIDA	Distancia recorrido, l [m]	Ancho, w [m]		Superficie (proyeccion horizontal) [m ²]		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m*s]	Flujo de Salida [pers/s]
		mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]			
E01	8,14	2,79	2,31	20,77	18,693	0,34	0,837	1,933
Total	8,14	2,79	2,31	20,77	18,693			1,933

Los límites para los cuales está definida la función de evacuación son:

Tabla 4.6.1.22.: “Límites donde está definida la función de evacuación para la escalera de acceso de la discoteca 1.”

Salidas	Límites	
ESCALERA ACCESO (E01)	X1I	6,70
	X1S	65,43

Se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la escalera 01 como:

$$(ec.) 4.6.60 \quad t_1(x1) = \frac{2}{0,867} \times l1 = \frac{2}{0,867} \times 8,14 = 18,77 \text{ [s]} \quad \text{para } 6,7[\text{pers}] \geq x1$$

$$(ec.) 4.6.61 \quad t_1(x1) = \frac{304,322}{(18,693 - 0,266 \times x1)} \text{ [s]} \quad \text{para } 6,7[\text{pers}] < x1 \leq 65,43[\text{pers}]$$

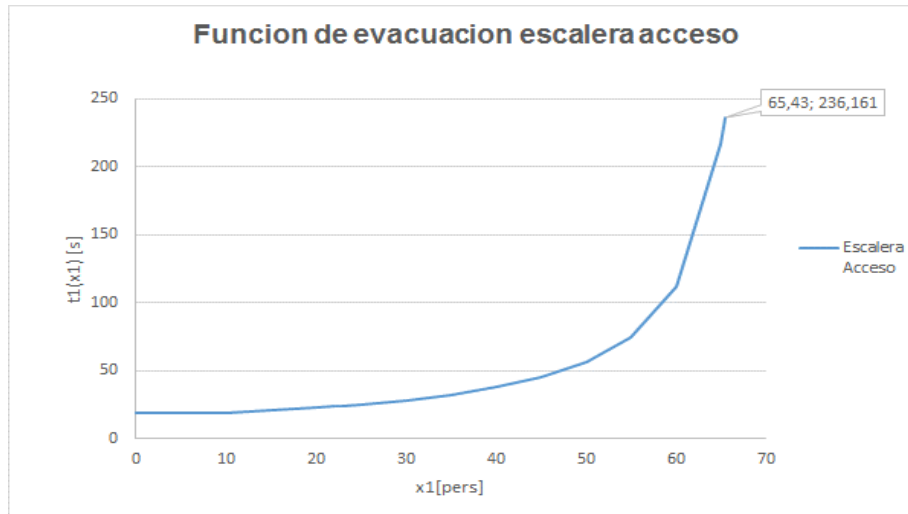


Gráfico 4.6.1.15.: “Función de evacuación de la escalera de acceso de la discoteca 1.”

4.6.1.3.2.2.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

Los límites para los cuales está definida la función inversa de evacuación son:

Tabla 4.6.1.23.: “Límites donde está definida la función inversa de evacuación para la escalera acceso de la discoteca 1.”

Salidas	Límites	
Escalera acceso	Z1I	18,77
	Z1S	236,161

Se define la función inversa de evacuación de la salida 01:

(ec.) 4.6.62 $p_1(z_1) = 0$ [pers.] para $0 \leq z_1 < 18,77$ [s]

(ec.) 4.6.63 $0 < p_1(z_1) \leq p_1(18,77) = 6,7$ [pers.] para $18,77[s] = z_1$

(ec.) 4.6.64 $p_1(z_1) = 70,274 - \frac{1137,35}{z_1}$ [pers.] para $18,77[s] < z_1 \leq 236,161[s]$

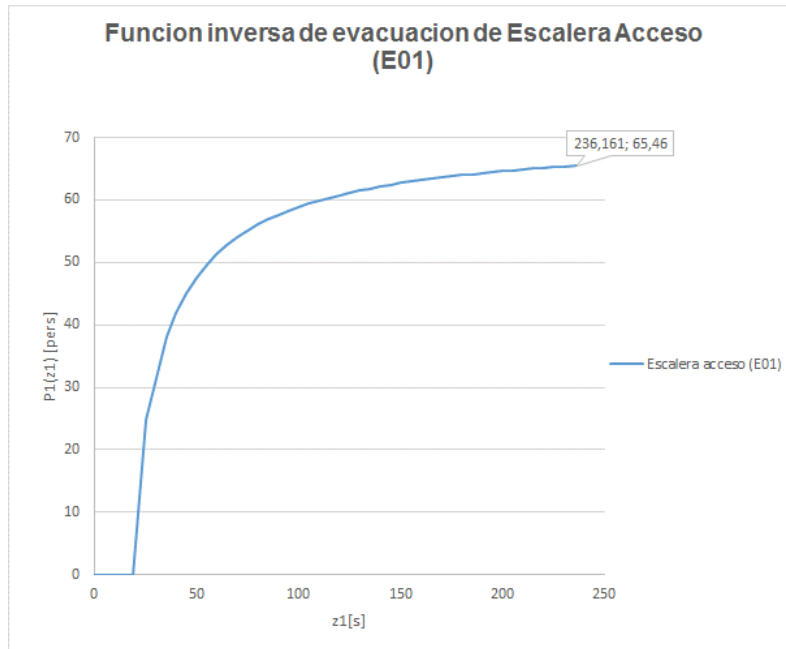


Gráfico 4.6.1.16.: “Función Inversa de evacuación de la escalera acceso de la discoteca 1.”

4.6.1.3.2.2.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de evacuación de la escalera acceso, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.1.24.: “Datos de salida de la escalera de acceso de la discoteca 1 para el problema de evacuación.”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	E01	65	13,68%	236,161
TOTAL		65	13,68%	

Podemos observar que bajo las restricciones impuestas por el modelo, sólo es posible evacuar una ocupación de 65 personas sin que se genere ningún punto de velocidad de circulación cercano a 0, es decir, nula existencia de puntos de estancamiento. Bajo esta condición el tiempo necesario es de $z^* \approx 236$ [s].

Finalmente, en este caso es imposible sumar los tiempos de la evacuación de la terraza exterior y de la escalera de acceso dado que la capacidad de evacuación de la escalera de acceso es inferior a la de la terraza exterior, y esto se ve reflejado en la baja cantidad de ocupantes que deben atravesar el elemento de evacuación para que no se genere ningún punto de estancamiento y que la función inversa total de evacuación esté definida.

4.6.2 DISCOTECA 2

4.6.2.1 CONDICIONES GEOMÉTRICAS Y MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN

El análisis de evacuación del recinto está dividido por pisos, primero se analiza el segundo piso como un proceso de evacuación independiente como punto de partida del cuál se obtienen tiempos máximos de evacuación, posibles puntos de estancamiento y flujos máximos de llegada al piso 1, para posteriormente al analizar la evacuación del piso 1, ambos procesos puedan acoplarse de la mejor manera.

4.6.2.1.1 SEGUNDO PISO

El análisis de la evacuación del segundo piso involucra la zona de ocupación en la cuál está la totalidad de las personas, estos lugares son la pista central 1 y pista central 2, que corresponden al área útil del segundo piso, y al pasillo que une a ambas, que pese a ser una zona de circulación, la gran cantidad de personas que ocupan este lugar se considera también para el cálculo de la ocupación.

Se considera que la totalidad de la carga combustible del recinto está localizada en cualquier zona que puede constituir un hipotético sector de incendio a excepción de pasillos y escaleras.

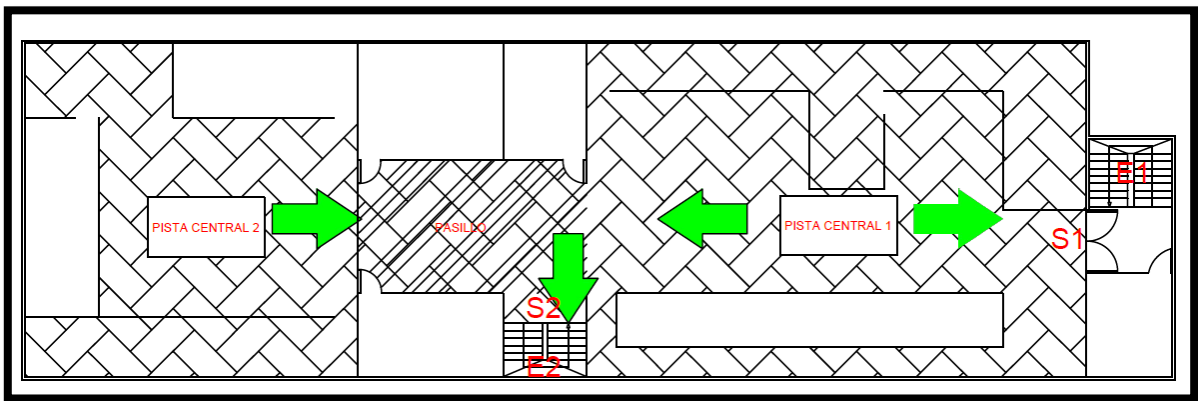


Figura 4.6.7.: “Planta del segundo piso de discoteca 2 para el análisis de evacuación propuesto.”

Con respecto a la ocupación, la población flotante del lugar está agrupada en la pista central 1 y 2 y en el pasillo central como ya fue indicado anteriormente. El área útil del pasillo del segundo piso se incluye para el cálculo de capacidad u ocupación máxima del lugar.

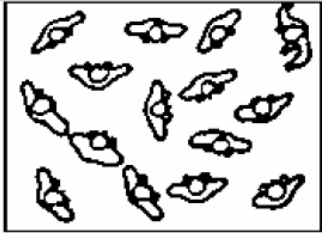
Según lo anterior, la capacidad del segundo piso es de 583 personas. Ahora según datos recopilados del recinto, el segundo piso tiene una ocupación total máxima de 600 personas. La información con respecto de ocupación y capacidad máxima se encuentra detallada en la tabla 4.6.2.1.

Tabla 4.6.2.1.: “Datos del segundo piso de la discoteca 2 con respecto a área total y útil, además de capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación			
	Total [m ²]	Útil [m ²]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m ²]	Modulo [m ² /pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m ²]	Modulo [m ² /pers]
Pista central 1	188,16	164,76	D	2	0,5	330	D	350	2,12	0,47
Pista central 2	125,44	92,86	D	2	0,5	186	D	200	2,15	0,46
Pasillo	43,83	33,11	D	2	0,5	67	D	50	1,51	0,66
Capacidad total de evacuación						583	Ocupación total	600		

Las densidades respectivas de la capacidad $d = 2,0[\text{pers}/\text{m}^2]$ y ocupación $d_{pista\ central\ 1} = 2,12[\text{pers}/\text{m}^2]$ y $d_{pista\ central\ 2} = 2,15[\text{pers}/\text{m}^2]$ están agrupadas en el nivel de servicio D según las tablas A.2.1. de JJ Fruins del Anexo A.

A continuación se muestran las características principales de ocupaciones tipo D.



D Espera con posible contacto entre ocupantes, circulación restringida, sólo es posible el movimiento en grupo.
Espera en la cola poco comfortable.

- Módulo: 0,28 – 0,65 m²/ Pers.
- Densidad: 3,56 – 1,54 Pers./ m²
- Separación 0,61 – 0,91 m

Figura 4.6.8.: “Características principales, módulo, densidad y separación entre ocupantes para nivel de servicio D”

Los recorridos de evacuación hacia las salidas S1 y S2 se consideran en su totalidad horizontales y correctamente señalizadas y cuentan con iluminación de emergencia.

Las zonas de circulación se hallan perfectamente definidas, cada una de ellas posee una superficie a_j . El segundo piso del lugar, cuenta con 2 salidas de ancho mínimo w_j [m], y no se considera recorrido de evacuación para el análisis.

Las magnitudes de locomoción y de geometría del recinto que definen el problema de evacuación del segundo piso están en la tabla siguiente:

Tabla 4.6.2.2.: “Magnitudes de locomoción y condiciones geométricas del segundo piso de la discoteca 2.”

SALIDA	Ancho, w_j		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m ² s]	Flujo de Salida [pers/s]
	mínimo [m]	efectivo [m]			
S1	2,1	1,95	0,61	1,290	2,516
E1	1,4	1,16	0,50	0,939	1,089
S2	2,8	2,6	no definida	4,626	12,028
E2	1,4	1,16	0,83	1,768	2,051
Total (E1+E2)	2,8	2,32			3,140

Para las características de los ocupantes se asume que son personas jóvenes entre 18 y 30 años, con movilidad normal y capaz de reaccionar ante cualquier señal de emergencia y elegir la ruta de evacuación adecuada según su noción de la condición de las salidas disponibles. La ocupación habitual del segundo piso es de 600 personas que se encuentran distribuidas mayormente en el área útil del recinto que constituyen la pista central 1 y pista central 2, incluido los sectores de alrededores, como el vip o la sala de estar.

La distribución de ocupantes antes del inicio de la evacuación se supone uniforme y además, no hay demoras, en el sentido que las personas inmediatamente se colocan en cercanías de las vías de evacuación ante cualquier emergencia que se detecte.

A continuación, se muestra el detalle del cálculo de todas las variables de locomoción involucradas en la evacuación del segundo piso del recinto.

4.6.2.1.1 SEGUNDO PISO-SINGULARIDADES

ANGOSTAMIENTO (SALIDA 1-ESCALERA 1)

El flujo de personas provenientes de la pista central 1, de densidad de ocupación igual $2,12[\text{pers}/\text{m}^2]$, que evacuan el segundo piso por la salida 1 en dirección a la escalera 1, experimentan un angostamiento con respecto a los anchos de los medios de egreso usados. (Ver Figura 4.6.9.)

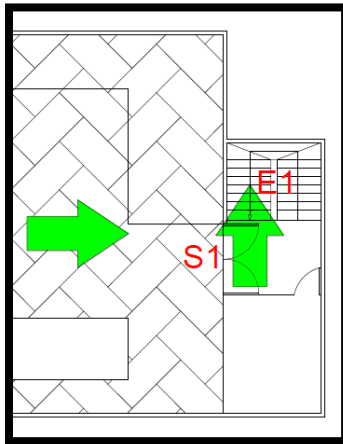


Figura 4.6.9.: “Planta de angostamiento salida 1 y arranque escalera 1, del segundo piso del recinto 2.”

Para abordar este problema usamos la siguiente expresión:

(ec.) 4.6.65
$$\sum F_{entran} = \sum F_{salen}$$

La (ec. 4.6.65.) indica que el flujo de entrada debe ser igual al flujo de salida. Sin embargo, se debe agregar la restricción de la capacidad de evacuación de la escalera E1 que es menor que la capacidad del flujo de entrada de S1.

Según lo anterior:

(ec.) 4.6.66 $\Sigma F_{entran} = \leq f_{ej} \times w_{ej} = f_{max}(escalera) \times w_e$

A partir de las ecuaciones de Nelson y McLennan, (ec.2.5.11.) a (ec.2.5.14.), es posible obtener una velocidad determinada y un flujo máximo de descenso de escaleras con constantes de valores $\lambda = 1.0$ y $\alpha = 0,266$ (ver tabla 2.5.5.2).

Tabla 4.6.2.3.: “Resumen de Magnitudes de locomoción y condiciones geométricas del segundo piso de la discoteca 2.”

SALIDA	Ancho, wj		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m*s]	Flujo de Salida [pers/s]	Retencion [pers/s]
	minimo [m]	efectivo [m]				
S1	2,25	1,95	0,61	1,290	2,516	1,426
E1	1,64	1,16	0,50	0,939	1,089	
S2	3	2,6	no definida	4,626	12,028	
E2	1,64	1,16	0,50	0,939	1,089	10,938
Total (E1+E2)	3,28	2,32			2,178	12,365

El resumen de los valores obtenidos que se observan en la tabla 4.6.2.3., el flujo de entrada es mayor que la capacidad de la escalera E1 (descenso), y por tanto, la aparición de retenciones es altamente probable.

CONFLUENCIA SIMPLE (PASILLO-PISTA CENTRAL 1 Y 2) Y ANGOSTAMIENTO (SALIDA 2 Y ESCALERA 2)

El flujo proveniente, en parte desde la pista central 1 de densidad de ocupación igual a $2,12[pers/m^2]$, y en totalidad desde la pista central 2 de densidad $2,15[pers/m^2]$, se acumula en el pasillo central del segundo piso que conduce a la escalera 2.

La situación antes descrita da lugar a 2 problemas de evacuación. El primero, de confluencia entre el flujo de la pista central 1 y 2 que se unen para evacuar a través de S2, y el segundo, producto del angostamiento entre S2 y la escalera 2, ésta última posee un ancho menor, y por tanto, una capacidad de evacuación más baja (Ver figura 4.6.10.).

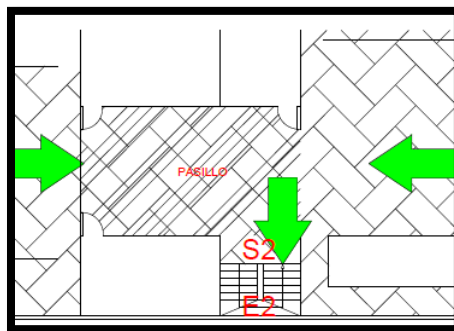


Figura 4.6.10.: “Planta de confluencia simple en pasillo y salida 2 y del angostamiento entre salida 2 y arranque de escalera 2 del segundo piso de la discoteca 2.”

Para una confluencia simple se utiliza la siguiente expresión:

$$(ec.) \ 4.6.67 \quad f_{S2} = \frac{w_e(\text{pasillo}) \times (f_{\text{pista central 1}} + f_{\text{pista central 2}})}{w_e(S2)}$$

Con la condición que $f_{S2} \leq f_{max} \approx 1,2 \text{ [pers/m} \cdot \text{s}^2]$ para flujos horizontales

Además, $f_{S2} = \text{funcion}(f_{max}(\text{escalera 2}))$, por lo anterior, es necesario también comparar f_{S2} obtenido en la (ec. 4.6.67.) con el flujo específico de la escalera 2 producto del probable surgimiento de retenciones.

En un angostamiento de medios de egreso, la condición de borde está impuesta por la capacidad de evacuación de la escalera 2 puesto que controla al flujo al presentar el ancho efectivo menor de la confluencia.

Luego, con el valor de $f_{max}(\text{escalera 2})$ fijo, el resto de las variables de locomoción como flujo total y velocidad se calculan de acuerdo al modelo de Nelson y McLennan, ver (ec. 2.5.12) y (ec. 2.5.14) con constantes $\lambda=1.0$ y $\alpha=0,266$ (ver tabla 2.5.5.2).

El resumen de los valores obtenidos está en la tabla 4.6.2.3. Si la analizamos detenidamente, se concluye que el flujo de entrada es mayor que la capacidad de la escalera (descenso), y por tanto, la aparición de retenciones está comprobada.

4.6.2.1.2 PRIMER PISO

El estudio que involucra al primer piso considera la zona de ocupación en la cuál está la totalidad de las personas constituida por el pasillo central (área útil del primer piso), que pese a ser una zona de circulación de acuerdo a lo observado, su ocupación permanente es muy alta para ser considerada sólo como una vía de evacuación.

Por otro lado, la zona de circulación está compuesta sólo por los pasillos de entrada, de los cuáles, uno conecta con el pasillo central del primer piso y el otro con la bajada al primer piso de la escalera 1.

Además, se considera que la totalidad de la carga combustible del recinto está localizada en cualquier zona que pueda constituir un hipotético sector de incendio a excepción del pasillo central del primer piso, pasillos de entrada (S01 y S02) y las escaleras (Ver figura 4.6.11).

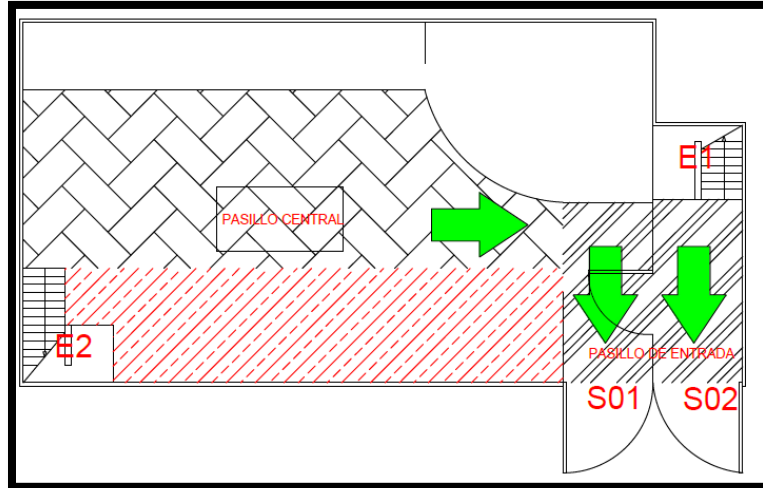


Figura 4.6.11.: “Planta del primer piso de la discoteca 2 para el análisis de evacuación propuesto”

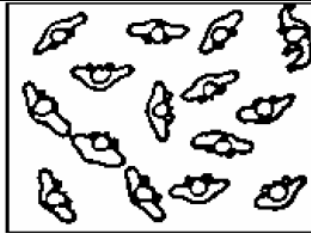
La capacidad del primer piso, que depende sólo del área útil del primer piso y del factor de capacidad entregado según OGUC [60], es de 166 personas. Ahora, según datos recopilados del recinto, el primer piso tiene una ocupación total máxima de 200 personas. La información con respecto tanto a ocupación y capacidad se encuentra detallada en la tabla 4.6.2.4.

Tabla 4.6.2.4.: “Datos del primer piso de la discoteca 2 con respecto a área total y útil, además de capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación			
	Total [m ²]	Útil [m ²]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m ²]	Modulo [m ² /pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m ²]	Modulo [m ² /pers]
Primer piso										
Pasillo central	188,16	82,77	D	2	0,5	166	D	200	2,42	0,41
Capacidad total de evacuación						166	Ocupación total	200		

Las densidades respectivas de capacidad $d = 2,0[\text{pers}/\text{m}^2]$ y de ocupación $d_{\text{pasillo central}} = 2,42[\text{pers}/\text{m}^2]$, están agrupadas en el nivel de servicio D según las tablas A.2.1 de JJ Fruins del Anexo A.

A continuación se muestran las características principales de ocupaciones tipo D.



D Espera con posible contacto entre ocupantes, circulación restringida, sólo es posible el movimiento en grupo.
Espera en la cola poco comfortable.

- Módulo: 0,28 – 0,65 m²/ Pers.
- Densidad: 3,56 – 1,54 Pers./ m²
- Separación 0,61 – 0,91 m

Figura 4.6.12.: “Características principales, modulo, densidad y separación entre ocupantes para nivel de servicio D”

Los recorridos de evacuación hacia las salidas S01 y S02, se consideran en su totalidad horizontales y las salidas están correctamente señalizadas y cuentan con iluminación de emergencia.

Las zonas de circulación se hallan perfectamente definidas y cada una de ellas, posee una superficie a_j . El primer piso del lugar cuenta con 2 salidas de ancho mínimo w_j [m] y se considera a ambas con el mismo recorrido de evacuación de 5,70 m.

Las magnitudes de locomoción y de geometría del primer piso del recinto que definen el problema de evacuación se hallan en la tabla siguiente:

Tabla 4.6.2.5.: “Magnitudes de locomoción y condiciones geométricas del primer piso de la discoteca 2.”

Recorridos de salidas de evacuación	Distancia, l_j [m]	Ancho, w_j		Superficie		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m ² s]	Flujo de Salida [pers/s]	Tiempo de recorrido[s]
		mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]				
Pasillo de entrada (1)-S01	5,70	2,9	2,5	16,53	14,25	0,90	1,200	3,000	6,333
Pasillo de entrada (2)-S02	5,70	2,9	2,5	16,53	14,25	1,20	0,436	1,090	4,752
Total		5,8	5	33,06	28,5			4,090	

Los ocupantes se caracterizan por ser personas jóvenes entre 18 y 30 años con movilidad normal y capaces de reaccionar ante cualquier señal de emergencia y elegir la ruta de evacuación adecuada según su noción de la condición de las salidas disponibles.

La distribución de ocupantes, antes del inicio de la evacuación, se supone uniforme y además, no hay demoras en el sentido que las personas inmediatamente se colocan en cercanías de las vías de evacuación ante cualquier emergencia que se detecte.

A continuación, se muestra el detalle del cálculo de todas las variables de locomoción involucradas en la evacuación del primer piso del recinto.

Tabla 4.6.2.6.: “Resumen de Magnitudes de locomoción y condiciones geométricas del primer piso de la discoteca 2.”

Recorridos de salidas de evacuación	Distancia, l_j [m]	Ancho, w_j		Superficie		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m ² s]	Flujo de Salida [pers/s]	Tiempo de recorrido[s]
		mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]				
Pasillo de entrada (1)-S01	5,70	2,9	2,5	16,53	14,25	0,90	1,200	3,000	6,333
Pasillo de entrada (2)-S02	5,70	2,9	2,5	16,53	14,25	1,20	0,436	1,090	4,752
Total		5,8	5	33,06	28,5			4,090	

4.6.2.2 ANÁLISIS SEGÚN MODELO DE JJ FRUINS

El procedimiento que nos permite estudiar el problema de evacuación, según el modelo de JJ Fruins, que incluye recorridos o no, y flujos de paso constantes, se inicia determinando para cada salida j la función de evacuación $t_j(x_j)$ respectiva.

4.6.2.2.1 SEGUNDO PISO

4.6.2.2.1.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

La función de evacuación de las escaleras es:

- ESCALERA 1

(ec.) 4.6.68
$$t_1(x_1) = \frac{x_1}{1,089} \text{ [s]}$$

- ESCALERA 2

(ec.) 4.6.69
$$t_2(x_2) = \frac{x_2}{1,089} \text{ [s]}$$

4.6.2.2.1.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

A partir de la función de evacuación t_j , calculada según (ec. 4.6.68.) a (ec. 4.6.69.), se obtiene la función inversa de evacuación $p_j(z)$ de cada escalera.

- ESCALERA 1

(ec.) 4.6.70
$$p_1(z) = 1,089 \times z \text{ [pers.]} \quad \text{para } z > 0 \text{ [s]}$$

- ESCALERA 2

(ec.) 4.6.71
$$p_2(z) = 1,089 \times z \text{ [pers.]} \quad \text{para } z > 0 \text{ [s]}$$

La (ec. 4.6.70.) y (ec. 4.6.71.) entregan las funciones inversas de salida del flujo de ocupantes desde la pista central 1 y 2 a través de las escaleras disponible hacia la planta del primer piso, sin embargo, éstas poseen diferencias evidentes con las funciones inversas de entrada de ocupantes que se genera en los arranques de las

escaleras 1 y 2. La situación antes descrita, trae inevitablemente el surgimiento de retenciones en estos puntos. A continuación se muestra el detalle de esta situación.

- **SALIDA 1**

(ec.) 4.6.72 $p_1(z) = 2,516 \times z$ [pers.] para $z > 0$ [s]

- **SALIDA 2**

(ec.) 4.6.73 $p_2(z) = 12,028 \times z$ [pers.] para $z > 0$ [s]

Si acoplamos las funciones inversas de evacuación de las salidas y escaleras respectivas, definimos la retención como:

(ec.) 4.6.74 $R_i(z) = p_i(z)_{salida\ i} - p_i(z)_{escalera\ i}$ [pers./s]

Según sea el caso, las retenciones son:

- **SALIDA 1- ESCALERA 1**

(ec.) 4.6.75 $R_1(z) = 1,426 \times z$ [pers./s] para $z > 0$ [s]

- **SALIDA 2- ESCALERA 2**

(ec.) 4.6.76 $R_2(z) = 10,938 \times z$ [pers./s] para $z > 0$ [s]

Gráficamente las retenciones se expresan de la siguiente forma:

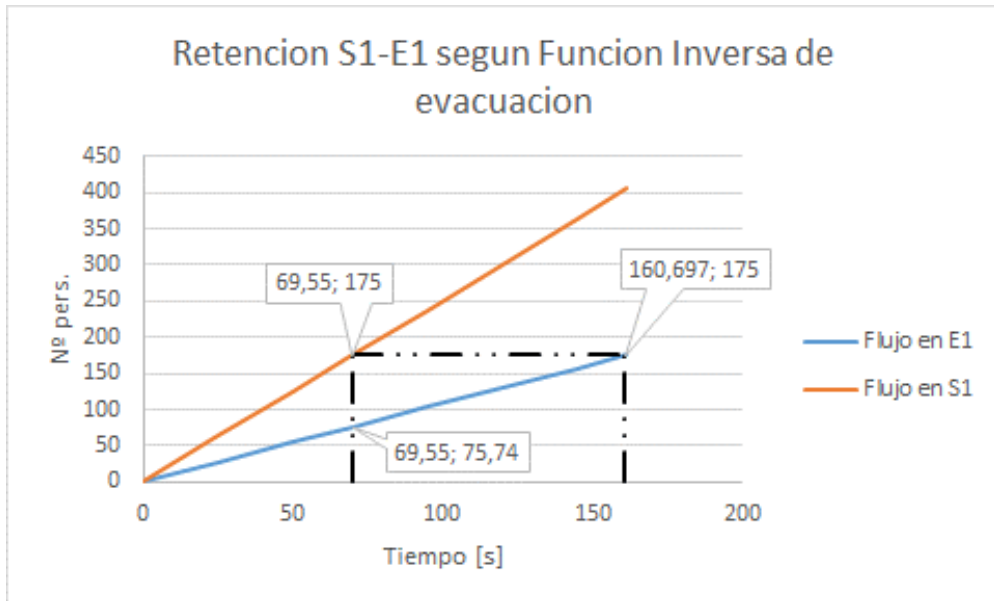


Gráfico 4.6.2.1.: “Retención de ocupantes para salida 1-escalera 1 del segundo piso de la discoteca 2.”

De acuerdo al gráfico 4.6.2.1, para un flujo de 175 personas (se considera que los 350 ocupantes de la pista central 1 se dividen 50-50 a cada una de las salidas disponibles) provenientes de la pista central 1, la duración de la retención es de aproximadamente de 100 segundos para 100 personas.

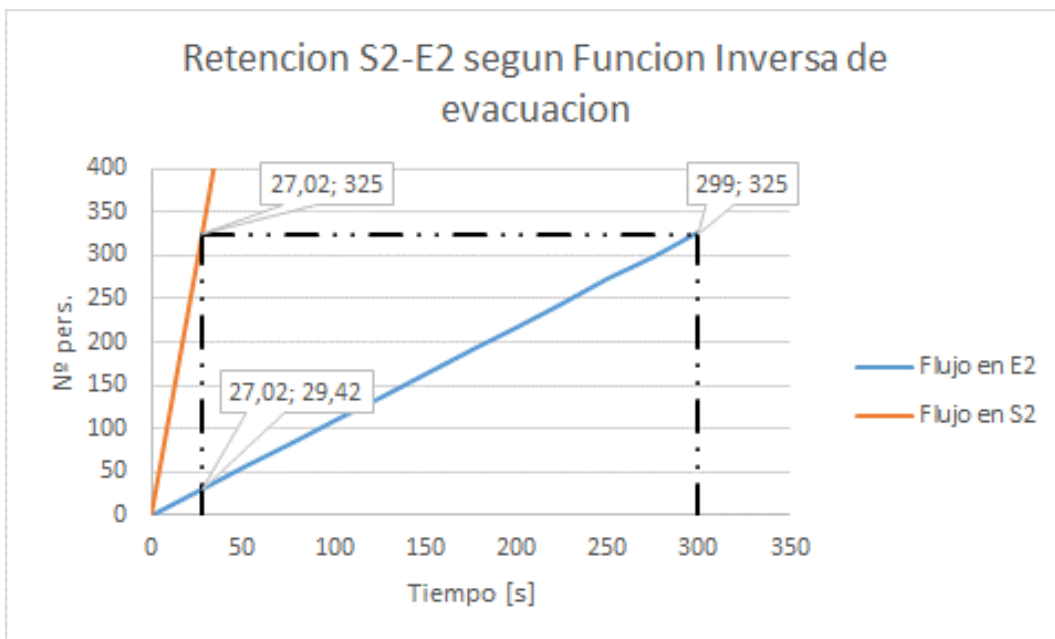


Gráfico 4.6.2.2.: “Retención de ocupantes para salida 2-escalera 2 del segundo piso de la discoteca 2.”

En el gráfico 4.6.2.2, para un flujo de 325 personas (ocupación del pasillo y pista central 2, y 50% de pista central 1) la duración de la retención es de aproximadamente de 272 segundos para 295 personas.

Considerando lo obtenido del análisis de las retenciones y del acoplamiento de las funciones inversas de evacuación de cada escalera que controla al flujo, da como resultado la función inversa total de evacuación que definida por tramos es de la siguiente forma:

(ec.) 4.6.77
$$p_T(z) = 2,178 \times z \quad \text{para } z \geq 0 \text{ [s]}$$

A continuación, es posible ver gráficamente la función inversa total de evacuación del recinto, así como también, la solución del problema de evacuación de manera aproximada.

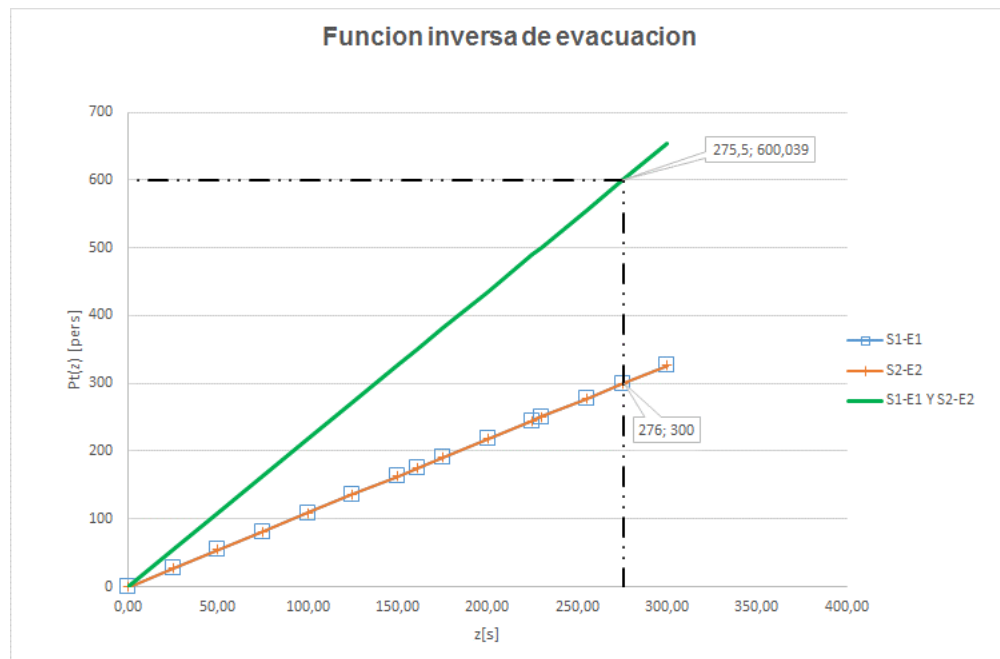


Gráfico 4.6.2.3.: “Función Inversa de Evacuación y solución óptima de la evacuación del segundo piso de la discoteca 2.”

4.6.2.2.1.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de la evacuación del segundo piso del recinto se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.2.7.: “Datos de salida del segundo piso de la discoteca 2 para el problema de evacuación.”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	S1-E1	300	50,00%	275,5
	S2-E2	300	50,00%	
TOTAL		600	100,00%	

Se observa en la tabla 4.6.2.7., que para evacuar el segundo piso del recinto a una ocupación de 600 personas es necesario un tiempo $z^* \approx 276$ [s] y la cantidad de ocupantes que se asignan a cada salida es de $x_1 = 300$ para la escalera 1 y $x_2 = 300$ para la escalera 2, es decir, la escalera 1 evacua al 86% de la pista central 1, mientras que la escalera 2 evacua al 100% de la pista central 2 y al 14% de la pista central 1.

4.6.2.2.2 PRIMER PISO

4.6.2.2.2.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

Para el cálculo de la función de evacuación t_j de cada salida del primer piso, en primer lugar se calcula el tiempo de recorrido según:

$$(ec.) \ 4.6.78 \quad t_{1j} = \frac{l_j}{v_j} + t_{o^*} \quad \text{si } t_{1j} = t_{12}$$

$$(ec.) \ 4.6.79 \quad t_{1j} = \frac{l_j}{v_j} \quad \text{si } t_{1j} \neq t_{12}$$

donde

t_{o^*} = tiempo de recorrido a través de escalera 1 sólo para $t_{12} = 9,2$ [s].

Entonces:

$$(ec.) \ 4.6.80 \quad t_{11} = \left(\frac{5,70}{0,90}\right) = 6,333 = 15 \text{ [s]} \quad \text{para salida S01}$$

$$(ec.) \ 4.6.81 \quad t_{12} = \left(\frac{5,70}{1,20}\right) = 4,752 + 9,2 = 13,9 \text{ [s]} \quad \text{para salida S02}$$

Luego, como el flujo en cada salida se calcula según:

$$(ec.) \ 4.6.82 \quad F_j = f_{ej} * w_{ej} = v_j * d_j * w_{ej} \text{ [pers./s]}$$

Da como resultado: $F_{01} = 3,00$ [pers./s] y $F_{02} = 4,752$ [pers./s].

Finalmente el tiempo t_j o función de evacuación de cada una de las salidas disponibles son:

- **SALIDA 01**

(ec.) 4.6.83
$$t_1(x_1) = 6,333 + \frac{x_1}{3,00} [s]$$

- **SALIDA 02**

(ec.) 4.6.84
$$t_2(x_2) = 13,9 + \frac{x_2}{4,752} [s]$$

4.6.2.2.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

A partir de la función de evacuación t_j , calculada según (ec. 4.6.83.) a (ec. 4.6.84.), se obtiene la función inversa de evacuación $p_j(z)$ de cada salida.

- **SALIDA 01**

(ec.) 4.6.85
$$p_1(z) = 3,00 \times z \quad \text{para } z > 6,333 [s]$$

- **SALIDA 02**

(ec.) 4.6.86
$$p_2(z) = 4,752 \times z \quad \text{para } z > 13,9 [s]$$

Las (ec. 4.6.85.) y (ec. 4.6.86.) entregan las funciones inversas de salida del flujo de ocupantes desde el pasillo central para la salida 01 y para los ocupantes provenientes del segundo piso a través de la salida 02.

El acoplamiento de las funciones inversas de evacuación para cada salida, da como resultado la función inversa total de evacuación que está definida por tramos de la siguiente forma:

(ec.) 4.6.87
$$p(z) = 0 [pers.] \quad \text{para } 6,333 [s] \geq z$$

(ec.) 4.6.88
$$p(z) = 3,00 \times z - 18,99 [pers.] \quad \text{para } 6,333 [s] < z \leq 13,9 [s]$$

(ec.) 4.6.89 $p(z) = 7,752 \times z - 85,052$ [pers.]

para $z > 13,9$ [s]

A continuación, es posible ver gráficamente la función inversa de evacuación del recinto, así como también, la solución del problema de manera aproximada.

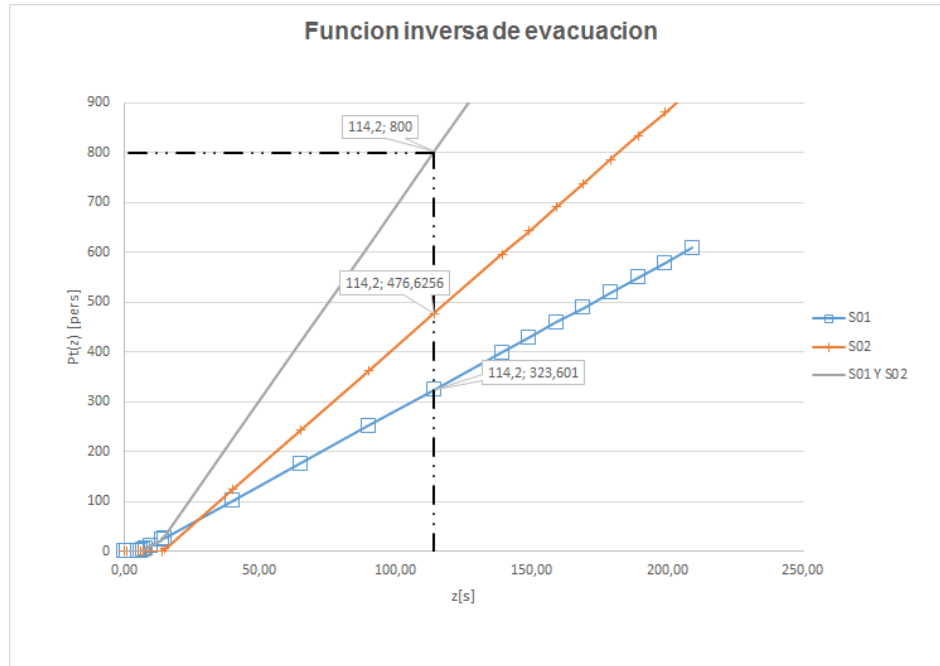


Gráfico 4.6.2.4.: “Función Inversa de Evacuación y solución óptima para la evacuación de la planta principal de la discoteca 2.”

4.6.2.2.3 .RESULTADOS

SITUACION ÓPTIMA

Los resultados del análisis de la evacuación ideal de la planta principal del recinto se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.2.8.: “Datos de salida del primer piso de la discoteca 2 para el problema de evacuación”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	S01	323	40,38%	114,2
	S02	477	59,63%	
TOTAL		800	100,00%	

Podemos observar que para evacuar el primer piso del recinto para una ocupación de 800 personas (realizando una simplificación para el análisis y considerando que todas las personas están en el primer piso), es necesario un tiempo $z^* \approx 114$ [s] y

la cantidad de ocupantes que se asignan a cada salida es de $x_1 = 323$ para la salida 01 y $x_2 = 477$ para la salida 02, es decir, la salida 01 evacua al 41% mientras que la salida 02 evacua al 59% de los ocupantes.

Sin embargo, la situación anterior descrita representa la situación óptima, en dónde se obtiene un menor tiempo de evacuación para la primera planta que la situación real, sin embargo, el problema está controlado por la condición de borde que nos entrega la evacuación del segundo piso dado que asigna un número fijo de ocupantes a cada escalera, magnitud que no puede variar producto que las rutas de evacuación no pueden intercambiarse para un mismo ocupante si éste ya tomó su decisión de cuál ruta utilizar en el segundo piso (escalera 1 y escalera 2).

Las rutas de evacuación disponibles son las siguientes:

- $S_1 - E_1 - S_02$
- $S_2 - E_2 - S_01$

Por lo tanto, los ocupantes que ocupan la salida S01 corresponden a los que bajan desde E2(escalera 2) y que se unen a los que ocupan el pasillo central del piso 1, lo que da un total son 500 personas.

En cambio, la salida S02 incluye el flujo de ocupantes que proviene de escalera E1 y que no considera a ningún ocupante del primer piso.

SITUACIÓN CONSIDERANDO CONDICIÓN DE BORDE DE LA EVACUACIÓN DEL SEGUNDO PISO

Los resultados del análisis condicionado por la evacuación del segundo piso se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.2.9.: “Datos de salida de la planta principal de la discoteca 2 para el problema de evacuación.”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	S01	500	62,50%	173,2
	S02	300	37,50%	
TOTAL		800	100,00%	

Podemos observar que para evacuar el primer piso del recinto para una ocupación de 800 personas, es necesario un tiempo $z^* \approx 172$ [s], 60 segundos más que en la situación óptima (aumenta el tiempo de evacuación en un 35%), y la cantidad de ocupantes que se asignan a cada salida es de $x_1 = 500$ para la salida 01 y $x_2 = 300$ para la salida 02, es decir, la salida 01 evacua al 62,5%, mientras que la salida 02 evacua al 37,5% de los ocupantes. Podemos observar que hay cambios en la asignación de ocupantes a cada salida dependiendo si la situación analizada es ideal o real.

A continuación, se muestra la asignación real a cada salida considerando las condiciones de borde del segundo piso.

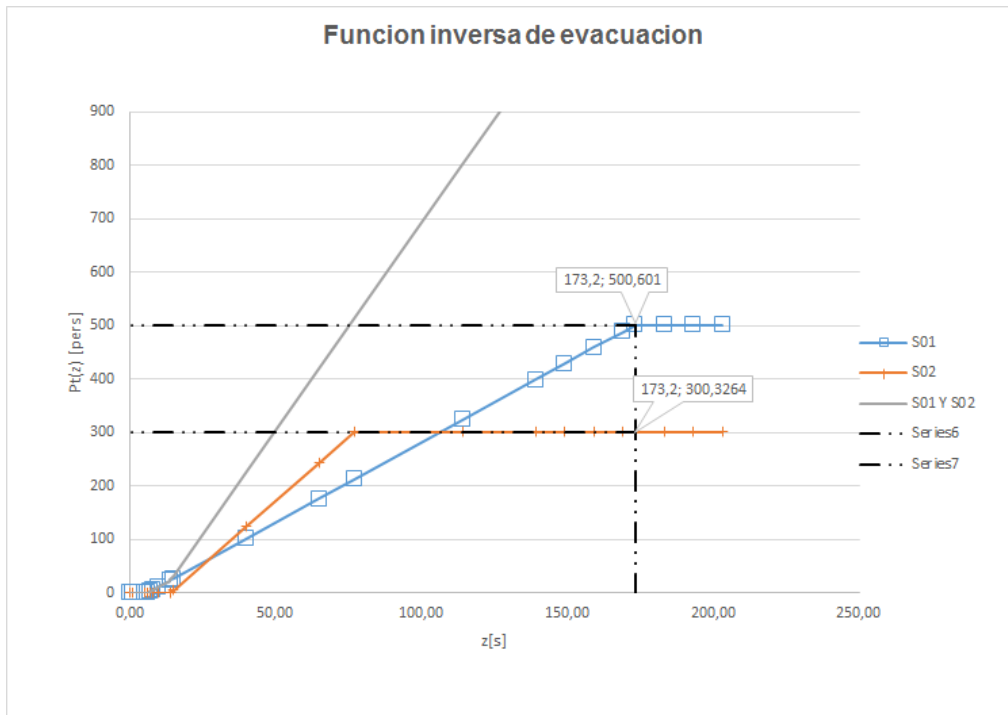


Gráfico 4.6.2.5.: “Función Inversa de Evacuación y solución considerando condición de borde del segundo piso para la discoteca 2”

4.6.2.3 ANÁLISIS SEGÚN MODELO ADAPTADO DE NELSON Y MCLENNAN

Según el modelo del movimiento de personas de Nelson y McLennan, la evolución de la velocidad de circulación y de los flujos de circulación en el tiempo son utilizados para obtener expresiones con respecto a la función de evacuación y a la función inversa de evacuación.

4.6.2.3.1 SEGUNDO PISO

4.6.2.3.1.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

Para el cálculo de las funciones de evacuación de las salidas del segundo piso, es necesario saber de antemano las dimensiones geométricas de estas para estimar las densidades de circulación respectivas (ver Tabla 4.6.2.10.).

Tabla 4.6.2.10.: “Dimensiones geométricas de las vías de evacuación del segundo piso de la discoteca 2.”

SALIDA	Ancho, wj		Superficie (proyeccion horizontal)	
	mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m2]	Útil [m2]
E1	1,64	1,16	6,44	5,796
E2	1,64	1,16	7,315	6,584
Total (E1+E2)	3,28	2,32	13,76	12,38

Los límites para los cuáles está definida la función de evacuación son:

Tabla 4.6.2.11.: “Límites de la función de evacuación para las salidas 1 y 2 de la discoteca 2”

E1	X1I	2,08
	X1S	20,29
E2	X2I	2,36
	X2S	23,04

Las funciones de evacuación de la escalera 1 y 2 se calculan a continuación:

- **ESCALERA 1**

Se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la escalera 1 sin recorrido de evacuación como:

$$(ec.) \ 4.6.90 \quad t_1(x_1) = \frac{5,796}{1,1996 \cdot 1,16} = 4,165 \ [s] \quad \text{para } 2,08[pers] \geq x_1$$

$$(ec.) \ 4.6.91 \quad t_1(x_1) = \frac{33,593}{(6,723 - 0,308 \cdot x_1)} \ [s] \quad \text{para } 2,08[pers] \leq x_1 \leq 20,29[pers]$$

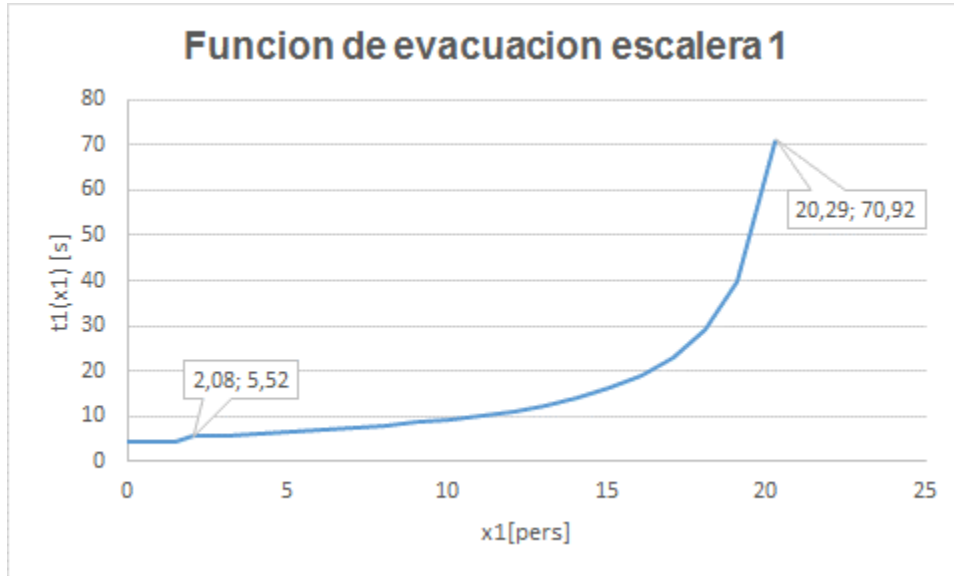


Gráfico 4.6.2.6.: “Función de evacuación de la escalera 1 del segundo piso de la discoteca 2.”

- **ESCALERA 2**

Se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la escalera 2 sin recorrido de evacuación como:

(ec.) 4.6.92
$$t_2(x_2) = \frac{6,528}{1,1996 \cdot 1,16} = 4,691[s] \quad \text{para } 2,36[\text{pers}] \geq x_2$$

(ec.) 4.6.93
$$t_2(x_2) = \frac{42,614}{(7,572 - 0,308 \cdot x_2)} [s] \quad \text{para } 2,36[\text{pers}] \leq x_2 \leq 23,04[\text{pers}]$$

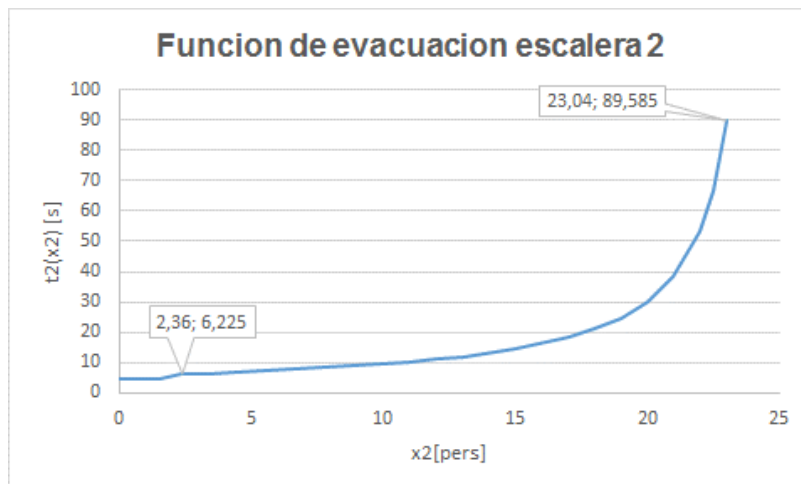


Gráfico 4.6.2.7.: “Función de evacuación de la escalera 2 del segundo piso de la discoteca 2.”

4.6.2.3.1.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

Los límites para los cuáles está definida la función inversa de evacuación son:

Tabla 4.6.2.12.: “Límites de la función inversa de evacuación para las salidas 1 y 2 de la discoteca 2.”

Salidas	Límites	
E1	Z1I	5,521
	Z1S	70,735
E2	Z2I	6,225
	Z2S	89,716

Las funciones inversas de evacuación para la escalera 1 y 2 son:

- **ESCALERA 1**

Se define la función inversa de evacuación de la escalera 1 como:

(ec.) 4.6.94 $p_1(z_1) = 0$ [pers.] para $0 \leq z_1 < 5,521$ [s]

(ec.) 4.6.95 $0 < p_1(z_1) \leq p_1(5,521) = 2,36$ [pers.] para $5,521[s] = z_1$

(ec.) 4.6.96 $p_1(z_1) = 21,789 - \frac{108,872}{z_1}$ [pers.] para $5,521[s] < z_1 \leq 70,735[s]$

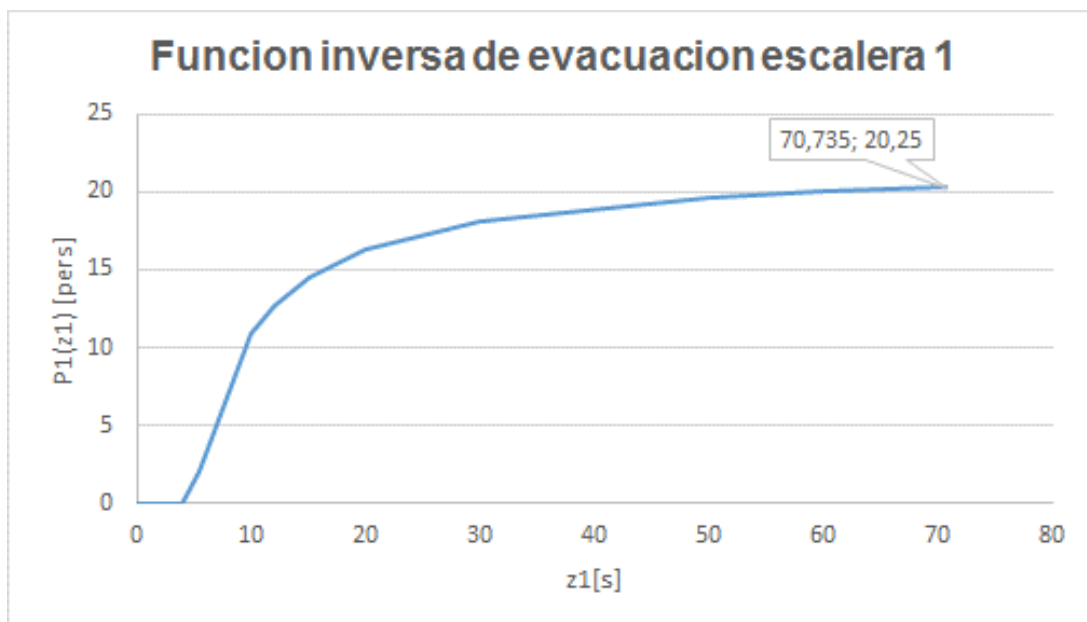


Gráfico 4.6.2.8.: “Función Inversa de evacuación de la escalera 1 del segundo piso de la discoteca 2.”

- **ESCALERA 2**

Se define la función inversa de evacuación de la escalera 2 como:

(ec.) 4.6.97 $p_2(z_2) = 0$ [pers.] para $0 \leq z_2 < 6,225[s]$

(ec.) 4.6.98 $0 < p_2(z_2) \leq p_2(6,225) = 2,36$ [pers.] para $6,225[s] = z_2$

(ec.) 4.6.99 $p_2(z_2) = 24,77 - \frac{140,488}{z_2}$ [pers.] para $6,225[s] < z_2 \leq 89,716[s]$

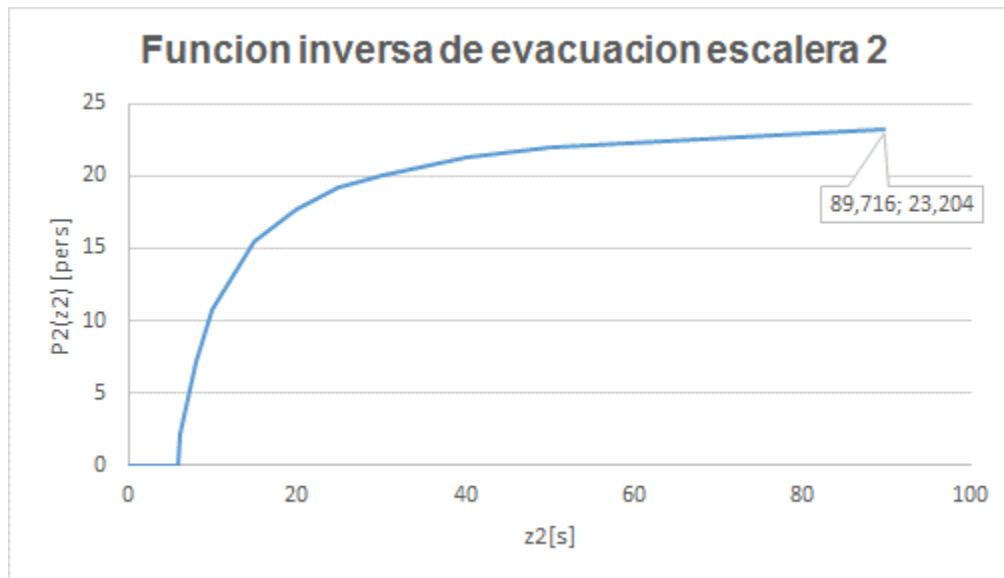


Gráfico 4.6.2.9.: “Función Inversa de evacuación de la escalera 2 del segundo piso de la discoteca 2.”

- **FUNCIÓN INVERSA TOTAL DE ESCALERA 1 y 2**

Se define la función inversa de evacuación de la escalera 1 y 2 como:

(ec.) 4.6.100 $p_T(z) = 0$ [pers.] para $0 \leq z < 5,521[s]$

(ec.) 4.6.101 $0 < p_T(z) \leq p_T(5,521) = 2,36$ [pers.] para $5,521[s] = z$

(ec.) 4.6.102 $p_T(z) = 21,789 - \frac{108,872}{z}$ [pers.] para $5,521[s] < z \leq 6,225[s]$

(ec.) 4.6.103 $2,20 \leq p_T(z) \leq 4,30$ [pers.] para $6,225[s] = z$

(ec.) 4.6.104 $p_T(z) = 46,559 - \frac{249,36}{z}$ [pers.] para $6,225[s] < z \leq 70,735[s]$

(ec.) 4.6.105 $p_T(z) = 24,77 - \frac{140,488}{z}$ [pers.] para $70,735[s] < z \leq 89,716[s]$

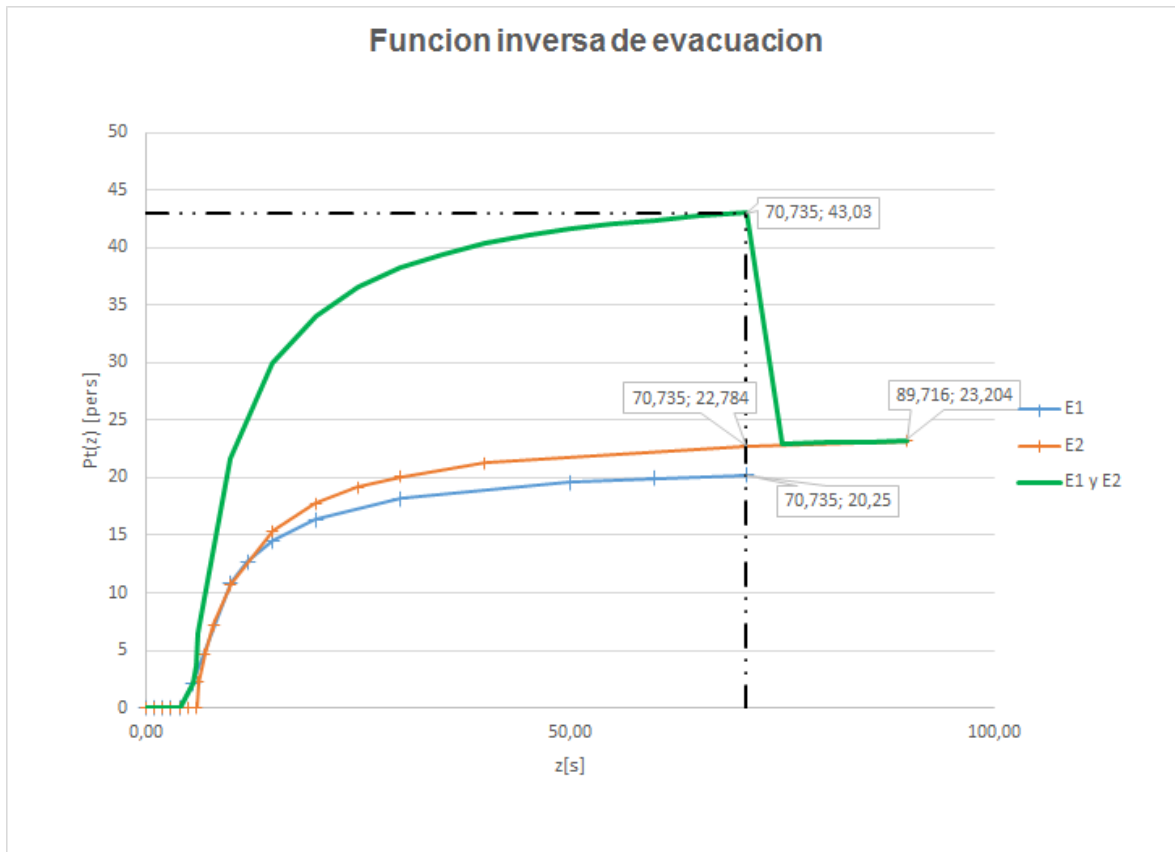


Gráfico 4.6.2.10.: “Función Inversa de evacuación total del segundo piso de la discoteca 2”

4.6.2.3.1.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de evacuación del segundo piso del recinto se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.2.13.: “Datos de salida del segundo piso de la discoteca 2 para el problema de evacuación.”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	S1-E1	20	3,33%	70,74
	S2-E2	23	3,83%	
TOTAL		43	7,17%	

Podemos observar que bajo las restricciones impuestas por el modelo sólo es posible evacuar una ocupación de 43 personas sin que se genere ningún punto de velocidad de circulación cercano a 0, es decir, nula existencia de puntos de estancamiento. Bajo esta condición, el tiempo necesario es de $z^* \approx 71$ [s] y la

cantidad de ocupantes que se asignan a cada salida, $x_1 = 20$ para la salida 1 y $x_2 = 23$ para la salida 2.

4.6.2.3.2 PRIMER PISO

4.6.2.3.2.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

Para el cálculo de las funciones de evacuación de las salidas del primer piso, es necesario saber de antemano las dimensiones geométricas de estas para estimar las densidades de circulación respectivas (ver Tabla 4.6.2.14).

Tabla 4.6.2.14.: “Dimensiones geométricas de las vías de evacuación para el segundo piso de la discoteca 2”

Recorridos de salidas de evacuación	Distancia, l_j [m]	Ancho, w_j		Superficie	
		mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]
Pasillo de entrada (1)-S01	5,70	2,9	2,5	16,53	14,25
Pasillo de entrada (2)-S02	5,70	2,9	2,5	16,53	14,25
Total		5,8	5	33,06	28,5

Los límites, para los cuales está definida la función de evacuación son:

Tabla 4.6.2.15.: “Límites de la función de evacuación para las salidas 1 y 2 de la discoteca 2”

Salidas	Límites	
S01	X1I	5,10
	X1S	49,88
S02	X2I	5,10
	X2S	49,88

Las funciones de evacuación de las salidas 01 y 02, se calculan a continuación:

- **SALIDA 01**

Se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la salida 01 como:

(ec.) 4.6.106 $t_1(x_1) = \frac{2}{1,1996} \times l_1 = \frac{2}{1,1996} \times 5,70 = 9,50 \text{ [s]}$ para $5,1[\text{pers}] \geq x_1$

(ec.) 4.6.107 $t_1(x_1) = \frac{406,125}{(49,875 - 0,931 \times x_1)} \text{ [s]}$ para $5,1[\text{pers}] < x_1 \leq 49,88[\text{pers}]$

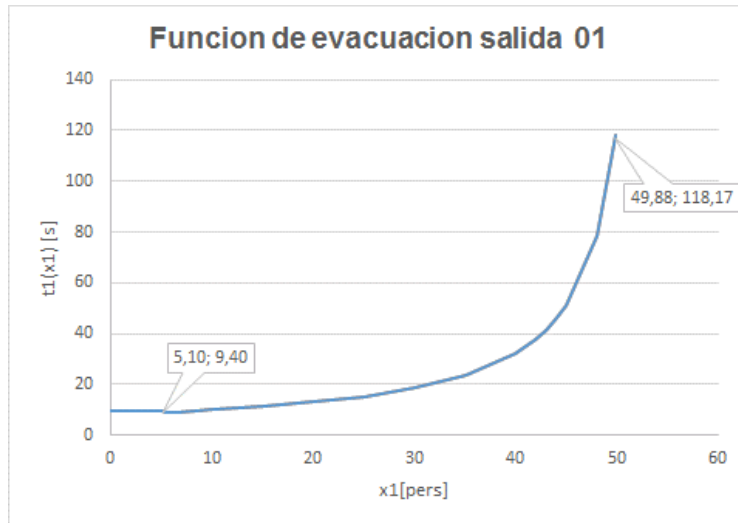


Gráfico 4.6.2.11.: “Función de evacuación de la salida 01 del primer piso de la discoteca 2.”

- **SALIDA 02**

Se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la escalera 2 sin recorrido de evacuación como:

(ec.) 4.6.108 $t_2(x_2) = \frac{2}{1,1996} \times l_1 = \frac{2}{1,1996} \times 5,70 = 9,50 \text{ [s]}$ para $5,1[\text{pers}] \geq x_2$

(ec.) 4.6.109 $t_2(x_2) = \frac{406,125}{(49,875 - 0,931 \times x_2)}$ para $5,1[\text{pers}] < x_2 \leq 49,88[\text{pers}]$

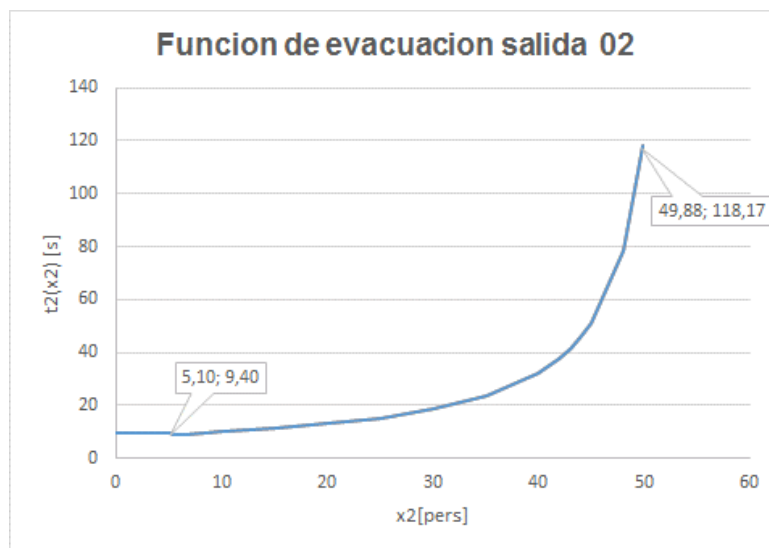


Gráfico 4.6.2.12.: “Función de evacuación de la salida 02 del primer piso de la discoteca 2.”

4.6.2.3.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

Los límites, para los cuáles está definida la función inversa de evacuación, son:

Tabla 4.6.2.16.: “Límites de la función inversa de evacuación para las salidas 01 y 02 del primer piso de la discoteca 2.”

Salidas	Limites	
O1	Z1I	9,4
	Z1S	118,72
O2	Z2I	9,4
	Z2S	118,72

Las funciones inversas de evacuación de las salidas 01 y 02 son:

- **SALIDA 01**

Se define la función inversa de evacuación de la salida 01 como:

(ec.) 4.6.110 $p_1(z_1) = 0$ [pers.] para $0 \leq z_1 < 9,4$ [s]

(ec.) 4.6.111 $0 < p_1(z_1) \leq p_1(9,4) = 5,1$ [pers.] para $9,4[s] = z_1$

(ec.) 4.6.112 $p_1(z_1) = 53,57 - \frac{436,224}{z_1}$ [pers.] para $9,4[s] < z_1 \leq 118,72[s]$

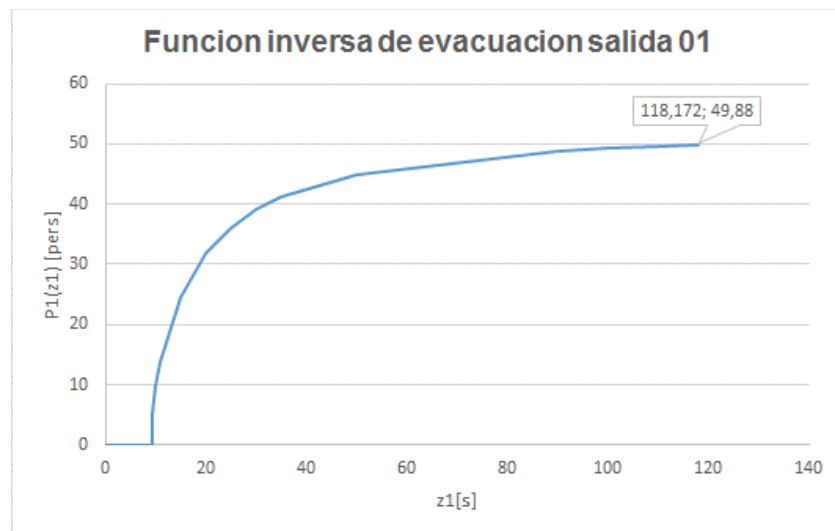


Gráfico 4.6.2.13.: “Función Inversa de evacuación de salida 01 del primer piso de la discoteca 2.”

- **SALIDA 02**

Se define la función inversa de evacuación de la salida 02 como:

(ec.) 4.6.113 $p_2(z_2) = 0$ [pers.] para $0 \leq z_2 < 9,4$ [s]

(ec.) 4.6.114 $0 < p_2(z_2) \leq p_2(9,4) = 5,1$ [pers.] para $9,4[s] = z_2$

(ec.) 4.6.115 $p_2(z_2) = 53,57 - \frac{436,224}{z_2}$ [pers.] para $9,4[s] < z_2 \leq 118,72[s]$

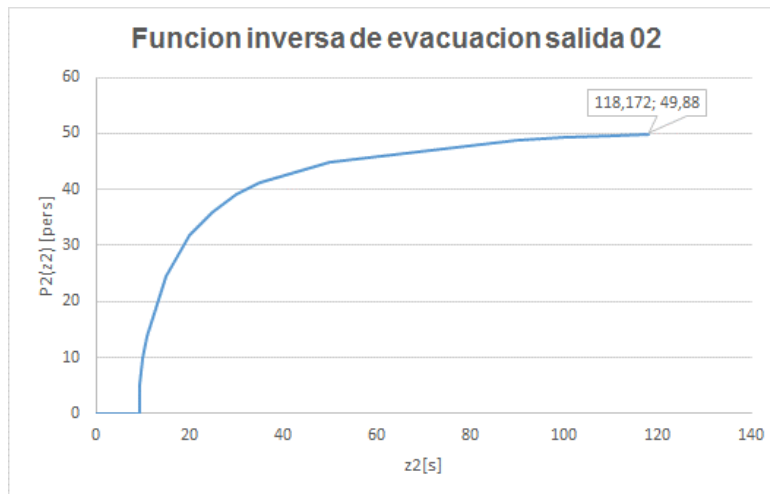


Gráfico 4.6.2.14.: “Función Inversa de evacuación de la salida 02 del primer piso de la discoteca 2.”

- **FUNCIÓN INVERSA TOTAL DE EVACUACIÓN DE SALIDAS 01 y 02**

Se define la función inversa de evacuación de las salidas 01 y 02:

(ec.) 4.6.116 $p_T(z) = 0$ [pers.] para $0 \leq z < 9,4[s]$

(ec.) 4.6.117 $0 < p_T(z) \leq p_T(9,4) = 5,1$ [pers.] para $5,521[s] = z$

(ec.) 4.6.118 $p_T(z) = 107,14 - \frac{872,448}{z}$ [pers.] para $9,4[s] < z \leq 118,72[s]$

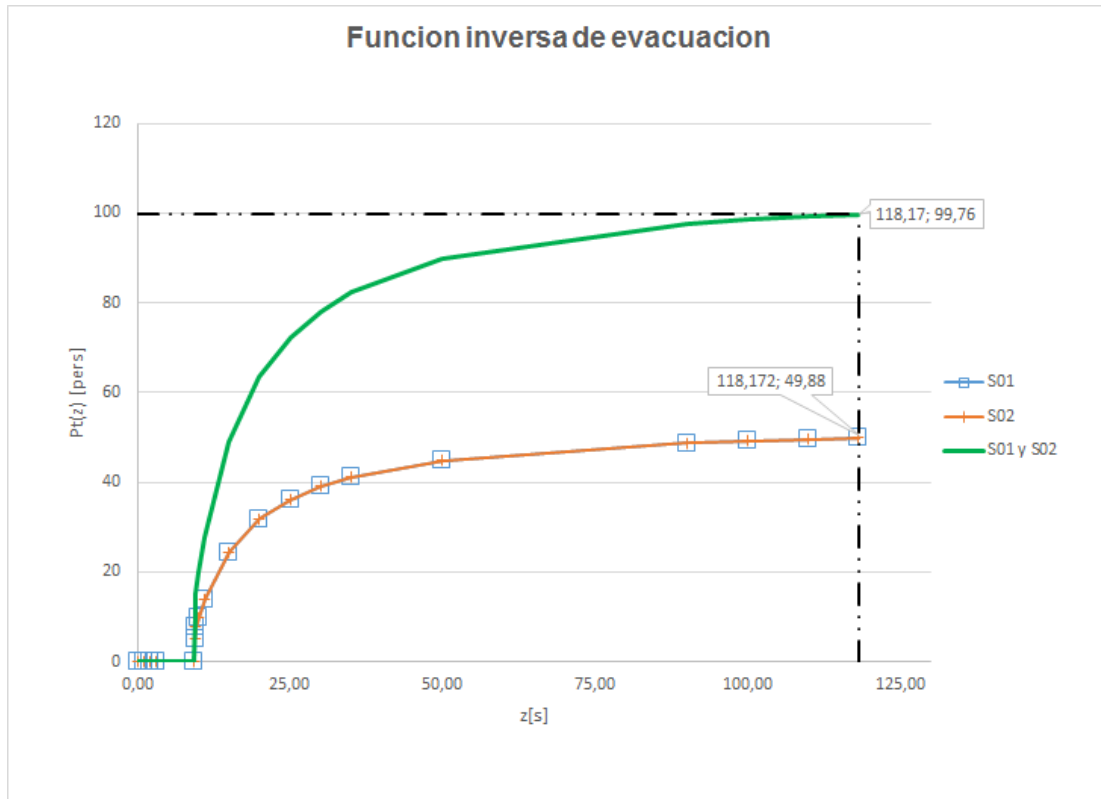


Gráfico 4.6.2.15.: “Función Inversa de evacuación total del primer piso de la discoteca 2.”

4.6.2.3.2.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de la evacuación de la planta principal del recinto se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.2.17.: “Datos de salida del análisis de la planta principal de la discoteca 2 para el problema de evacuación.”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	S01	50	8,33%	118,77
	S02	50	8,33%	
TOTAL		100	16,67%	

Podemos observar que bajo las restricciones impuestas por el modelo, solo es posible evacuar una ocupación de 100 personas sin que se genere ningún punto de velocidad de circulación cercano a 0, es decir, nula existencia de puntos de estancamiento. Bajo esta condición el tiempo necesario es de $z^* \approx 118,77$ [s] y la cantidad de ocupantes que se asignan a cada salida es $x_1 = 50$ para la salida 1 y $x_2 = 50$ para la salida 2.

En este caso, no se incluye la superposición de los tiempos de evacuación del segundo piso del recinto, dado que ya fueron incluidos en el análisis. Además, este análisis es estático puesto que sólo modela una situación en la cuál entra un flujo

determinado que cumple las condiciones que definen la función inversa de evacuación. Cuando la velocidad del flujo está cerca de 0, la evacuación no puede efectuarse, y por tanto, se cae el modelo. Aquí está la principal razón por la cuál se opta por el uso de modelaciones computacionales que simplifiquen éstas particularidades.

4.6.3 DISCOTECA 3

4.6.3.1 CONDICIONES GEOMÉTRICAS Y MAGNITUDES DE LOCOMOCIÓN

El análisis de evacuación del recinto involucra la zona de ocupación dónde están la totalidad de las personas correspondiente a la pista central y a una zona de circulación por la que los ocupantes efectúan las salidas a través de pasillos independientes entre sí. Se considera que la totalidad de la carga combustible del recinto está localizada en cualquier zona que pueda constituir un hipotético sector de incendio a excepción de los pasillos.

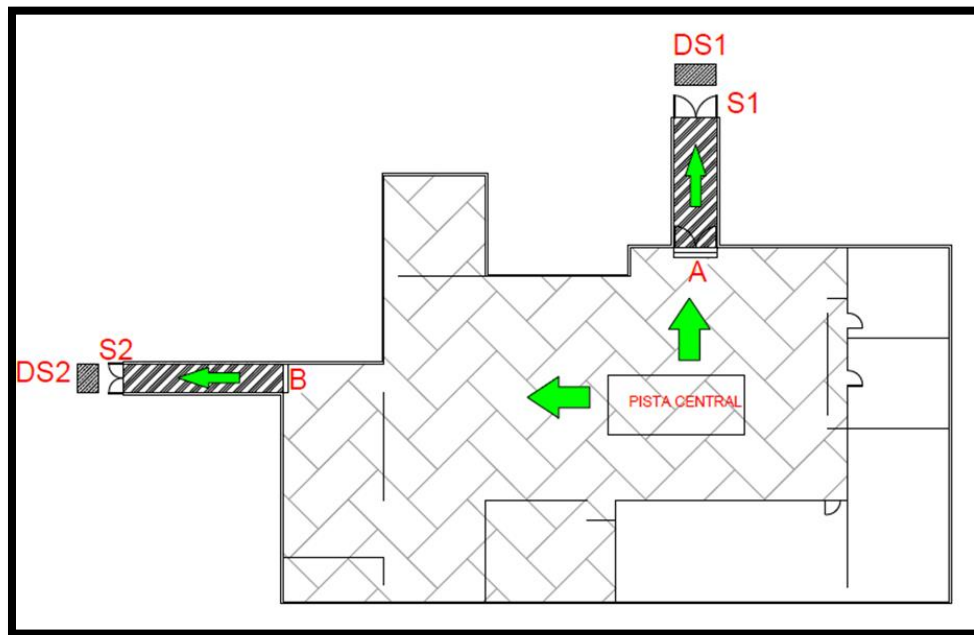


Figura 4.6.13.: “Planta de discoteca 3 para el análisis de evacuación propuesto.”

Con respecto a la ocupación, la población flotante del lugar está agrupada en la pista central y los sectores vip, y según la capacidad del recinto que depende sólo del área útil del lugar y del factor de capacidad entregado por la OGUC [60], es de 750 personas. Ahora, según datos recopilados del recinto, éste tiene una ocupación total máxima de 1000 personas.


La información con respecto a ocupación y capacidad se encuentra detallada en la tabla 4.6.3.1.

Tabla 4.6.3.1.: “Datos de la discoteca 3 con respecto a área total y útil, además de capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación			
	Total [m2]	Útil [m2]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]
Pista central	554,54	375,29	D	2	0,5	751	D	1000	2,66	0,38
Capacidad total de evacuación						751	Ocupación total	1000		

Las densidades respectivas de capacidad $d = 2,0[\text{pers}/\text{m}^2]$ y de ocupación $d = 2,66[\text{pers}/\text{m}^2]$ están agrupadas en el nivel de servicio D según las tablas A.2.1. de JJ Fruins del Anexo A.

A continuación se muestran las características principales de ocupaciones tipo D.



D Espera con posible contacto entre ocupantes, circulación restringida, sólo es posible el movimiento en grupo. Espera en la cola poco confortable.

- Módulo: 0,28 – 0,65 m²/ Pers.
- Densidad: 3,56 – 1,54 Pers./ m²
- Separación 0,61 – 0,91 m

Figura 4.6.14.: “Características principales, modulo, densidad y separación entre ocupantes para nivel de servicio D.”

Los recorridos de evacuación hacia las salidas S1 y S2 se consideran en su totalidad horizontales para simplificar el análisis, aunque existe un tramo pequeño de un escalón en el arranque de ambos pasillos de evacuación. Además, ambas salidas se consideran correctamente señalizadas y cuentan con iluminación de emergencia.

Las zonas de circulación se hallan perfectamente definidas, cada una de ellas, posee una superficie a_j y el recinto cuenta con 2 salidas de ancho mínimo w_j [m]. Desde el origen de evacuación hasta un lugar seguro denominado DS_j se debe efectuar un recorrido de l_j metros.

Las magnitudes de locomoción y de geometría del recinto que definen el problema están en la tabla siguiente:

Tabla 4.6.3.2.: “Magnitudes de locomoción y condiciones geométricas de la discoteca 3.”

Recorrido	Distancia, l_j [m]	Ancho, w_j		Superficie		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m*s]	Flujo de Salida [pers/s]
		minimo [m]	efectivo [m]	Total [m ²]	Útil [m ²]			
A-DS1	6,30	2,35	1,95	13,23	12,29	0,98	1,529	2,981
B-DS2	7,70	1,65	1,25	10,78	9,63	0,83	1,768	2,210
Total		4	3,2	24,01	21,91			5,191

Los ocupantes se caracterizan por ser personas jóvenes entre 18 y 30 años con movilidad normal y capaces de reaccionar ante cualquier señal de emergencia y elegir la ruta de evacuación adecuada según su noción de la condición de las salidas disponibles.

La distribución de ocupantes, antes del inicio de la evacuación, se supone uniforme y además, no hay demoras en el sentido que las personas inmediatamente se colocan en cercanías de las vías de evacuación ante cualquier emergencia que se detecte. La ocupación máxima es de 1000 personas que se encuentran distribuidas

mayormente en el área útil del recinto que constituyen la pista central y los sectores vip tal como se ha señalado anteriormente.

De acuerdo a un análisis previo de la situación, se consideran densidades máximas de ocupación de $1,56[\text{pers}/\text{m}^2]$ y $2,13[\text{pers}/\text{m}^2]$ para cada uno de los pasillos, para posteriormente obtener el cálculo de velocidad y flujo específico de todas las vías de circulación.

El área considerada para el cálculo de la densidad de circulación es el área efectiva, entendida como el largo de recorrido por el ancho efectivo, y no considera el ancho mínimo. Esto es importante destacar, dado que las vías de circulación son regiones de paso y no de ocupación, es decir, son atravesadas por un flujo de personas con velocidad distinta de cero en caso de no haber retenciones y que forman una capa límite de desplazamiento que en ningún momento incluye a la frontera de paredes en pasillos y dinteles en puertas con el objeto de mantener una velocidad mayor a cero.

A continuación se muestra una tabla resumen con todas las variables de locomoción que fueron calculadas y analizadas para la evacuación del recinto.

Tabla 4.6.3.3.: “Tabla resumen con los cálculos de todas las magnitudes de locomoción que participan en el análisis de evacuación de discoteca 3.”

Recorrido	Distancia, l _j [m]	Ancho, w _j		Superficie		Velocidad [m/s]	Flujo Especifico [pers/m²s]	Flujo de Salida [pers/s]	Tiempo de recorrido[s]
		mínimo [m]	efectivo [m]	Total [m²]	Útil [m²]				
A-DS1	6,30	2,35	1,95	13,23	12,29	0,98	1,529	2,981	6,429
B-DS2	7,70	1,65	1,25	10,78	9,63	0,83	1,768	2,210	9,277
Total		4	3,2	24,01	21,91			5,191	

4.6.3.2 ANÁLISIS SEGÚN MODELO DE JJ FRUINS

El procedimiento que nos permite estudiar el problema de evacuación, según el modelo de JJ Fruins, que incluye recorridos y flujos de paso constantes, se inicia determinando para cada salida j, la función de evacuación $t_j(x_j)$ respectiva.

4.6.3.2.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

Para el cálculo de la función de evacuación $t_j(x_j)$, en primer lugar se calcula el tiempo de recorrido como:

$$(ec.) \ 4.6.119 \quad t_{11} = \left(\frac{6,30}{0,98}\right) = 6,428 \ [s] \quad \text{para salida 1}$$

$$(ec.) \ 4.6.120 \quad t_{12} = \left(\frac{7,70}{0,83}\right) = 9,277 \ [s] \quad \text{para salida 2}$$

Luego, el flujo en cada salida según:

(ec.) 4.6.121 $F_j = f_{ej} * w_{ej} = v_j * d_j * w_{ej} \text{ [pers./s]}$

es: $F_1 = 2,981 \text{ [pers./s]}$ y $F_2 = 2,111 \text{ [pers./s]}$.

Finalmente, el tiempo t_j o función de evacuación de una de las salidas disponibles, son:

- **SALIDA 1**

(ec.) 4.6.122 $t_1(x_1) = 6,428 + \frac{x_1}{2,981} \text{ [s]}$

- **SALIDA 2**

(ec.) 4.6.123 $t_2(x_2) = 9,277 + \frac{x_2}{2,121} \text{ [s]}$

4.6.3.2.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN

A partir de la función de evacuación t_j , calculada según (ec.4.6.122.) a (ec.4.6.123.), se obtiene la función inversa de evacuación $p_j(z)$ de cada salida.

- **SALIDA 1**

(ec.) 4.6.124 $p_1(z) = 2,981 \times z \text{ [pers.]}$ para $z > 6,428 \text{ [s]}$

- **SALIDA 2**

(ec.) 4.6.125 $p_2(z) = 2,121 \times z \text{ [pers.]}$ para $z > 9,277 \text{ [s]}$

El acoplamiento de las funciones inversas de evacuación para cada salida, da como resultado la función inversa total de evacuación que definida por tramos y se representa de la siguiente forma:

(ec.) 4.6.126 $p(z) = 0$ [pers.] para $6,428 [s] \geq z$

(ec.) 4.6.127 $p(z) = 2,981 \times z - 19,161$ [pers.] para $6,428 [s] < z \leq 9,277 [s]$

(ec.) 4.6.128 $p(z) = 5,102 \times z - 38,838$ [pers.] para $z > 9,277 [s]$

A continuación es posible ver gráficamente la función inversa de evacuación del recinto, así como también, la solución del problema de evacuación de manera aproximada.

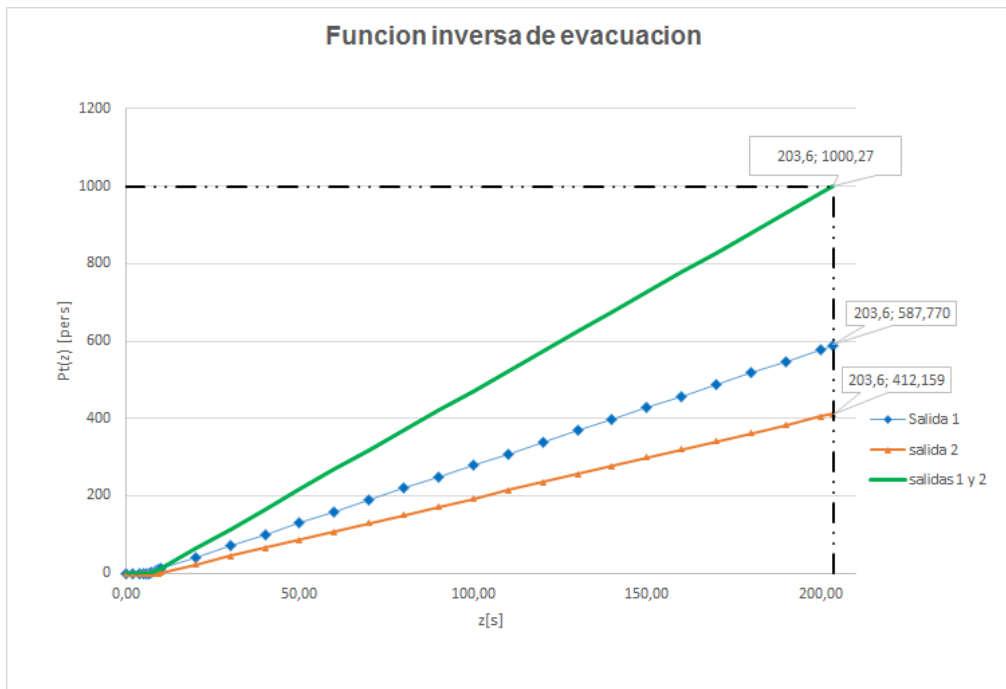


Gráfico 4.6.3.1.: “Función Inversa de Evacuación y solución óptima de la planta principal de la discoteca 3.”

4.6.3.2.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de la planta principal del recinto se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.3.4.: “Datos de salida de la discoteca 3 para el problema de evacuación.”

Asignación	Salida	Personas	%	Evacuación [s]
	1	587	58,70%	203,6
	2	413	41,30%	

Podemos observar que para evacuar una ocupación de 1000 personas es necesario un tiempo $z^* \approx 204$ [s] y la cantidad de ocupantes correspondiente que se asignan a cada salida es $x_1 = 578$ para la salida 1 y $x_2 = 413$ para la salida 2, es decir, la salida 1 es la más demandada (57,8% de uso por parte de los ocupantes).

4.6.3.3 SEGÚN MODELO ADAPTADO DE NELSON Y MCLENNAN

Según el modelo del movimiento de personas de Nelson y McLennan la evolución de la velocidad de circulación y de los flujos de circulación en el tiempo son utilizados para obtener expresiones con respecto a la función de evacuación y a la función inversa de evacuación.

4.6.3.3.1 FUNCIÓN DE EVACUACIÓN

Los límites para los cuáles está establecida la función de evacuación son:

Tabla 4.6.3.5.: “Límites de la función de evacuación para las salidas 1 y 2 de la discoteca 3.”

Salidas	Límites	
1	X1I	6,61
	X1S	43,05
2	X2I	4,97
	X2S	32,34

Las funciones de evacuación de las salidas 1 y 2 son las siguientes:

- **SALIDA1**

Se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la salida 1 como:

(ec.) 4.6.129 $t_1(x_1) = \frac{2}{1,1996} \times l1 = \frac{2}{1,1996} \times 6,30 = 10,503$ [s] para $6,61[\text{pers}] \geq x_1$

(ec.) 4.6.130 $t_1(x_1) = \frac{302}{(33,51 - 0,726 \times x_1)}$ [s] para $6,61[\text{pers.}] \leq x_1 \leq 43,05[\text{pers.}]$

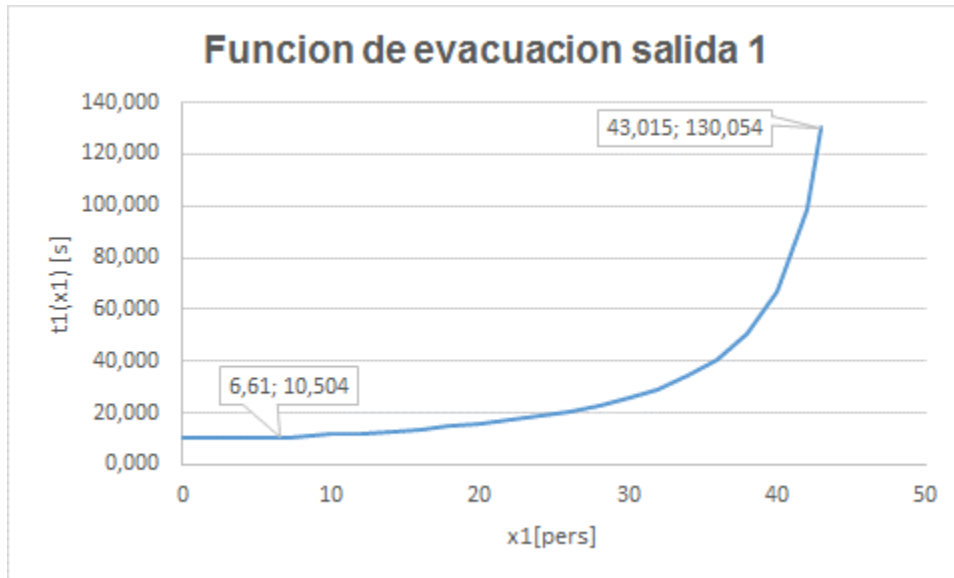


Gráfico 4.6.3.2.: “Función de evacuación de la salida 1 de la discoteca 3.”

- **SALIDA 2**

Se define el tiempo de evacuación o función de evacuación de la salida 2 como:

(ec.) 4.6.131 $t_2(x_2) = \frac{2}{1,1996} \times l_2 = \frac{2}{1,1996} \times 7,70 = 12,837[s]$ para $4,97[pers] \geq x_2$

(ec.) 4.6.132 $t_2(x_2) = \frac{170,75}{(15,523 - 0,447 \times x_2)}$ para $4,97[pers.] \leq x_2 \leq 32,34[pers.]$

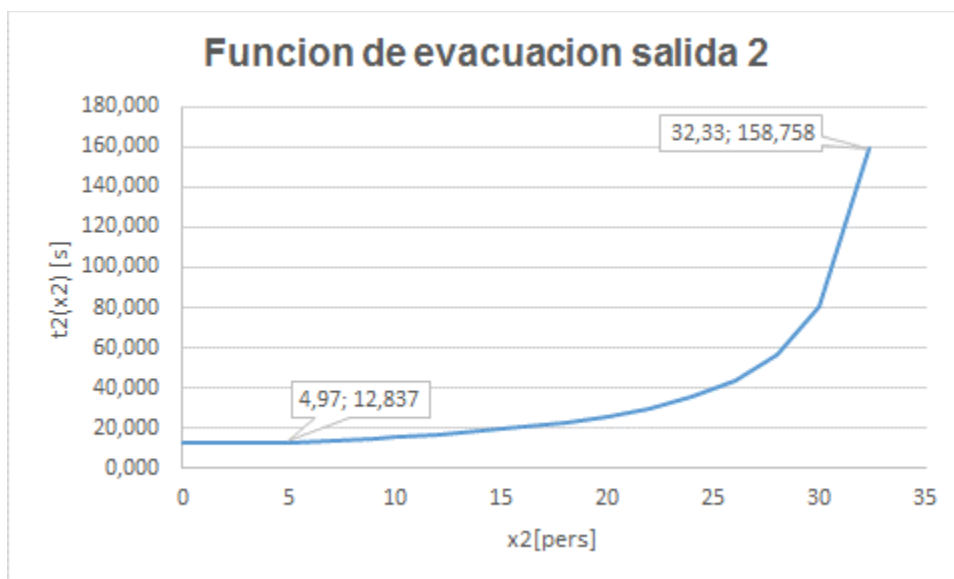


Gráfico 4.6.3.3.: “Función de evacuación de la salida 2 de la discoteca 3.”

4.6.3.3.2 FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACION

Los límites para los cuáles está establecida la función inversa de evacuación son:

Tabla 4.6.3.6.: “Límites de la función inversa de evacuación para las salidas 1 y 2 de la discoteca 3.”

Salidas	Limites	
1	Z1I	10,5
	Z1S	130,054
2	Z2I	12,838
	Z2S	158,794

Las funciones inversas de evacuación de las salidas 1 y 2 son:

- **SALIDA 1**

Se define la función inversa de evacuación de la salida 1 como:

(ec.) 4.6.133 $p_1(z_1) = 0$ [pers.] para $0 [s] \leq z_1 \leq 10,5 [s]$

(ec.) 4.6.134 $0 < p_1(z_1) \leq p_1(10,5) = 6,61$ [pers.] para $10,5[s] = z_1$

(ec.) 4.6.135 $p_1(z_1) = 46,203 - \frac{415,996}{z_1}$ [pers.] para $10,5[s] < z_1 \leq 130,054[s]$

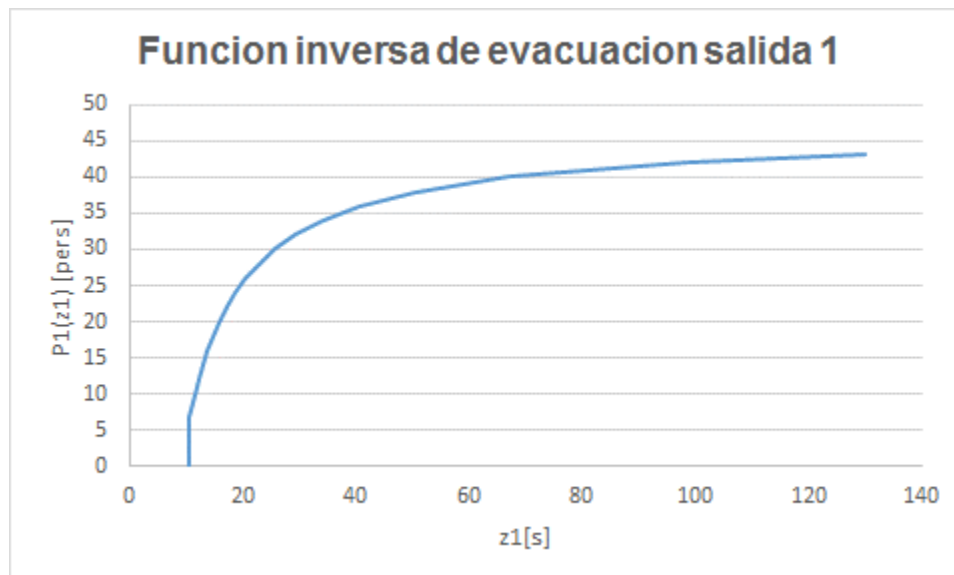


Gráfico 4.6.3.4.: “Función Inversa de evacuación de la salida 1 de la discoteca 3.”

- **SALIDA 2**

Se define la función inversa de evacuación de la salida 2 como:

(ec.) 4.6.136 $p_2(z_2) = 0$ [pers.] para $0 \leq z_2 \leq 12,838[s]$

(ec.) 4.6.137 $0 < p_2(z_2) \leq p_2(12,838) = 4,37$ [pers.] para $12,838[s] = z_2$

(ec.) 4.6.138 $p_2(z_2) = 34,737 - \frac{382,104}{z_2}$ [pers.] para $12,838[s] < z_2 \leq 158,794[s]$

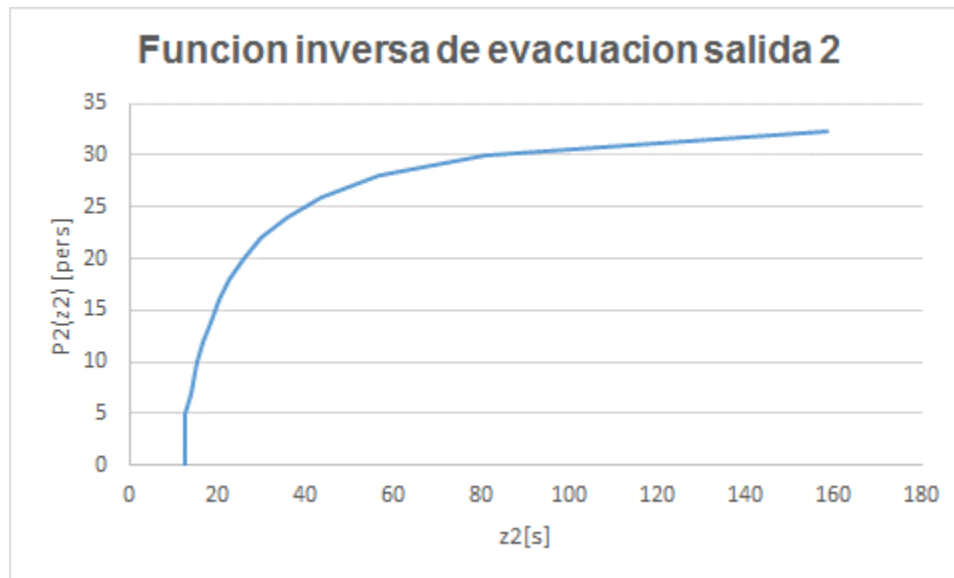


Gráfico 4.6.3.5.: "Función Inversa de evacuación de la salida 2 de la discoteca 3."

- **FUNCIÓN INVERSA TOTAL DE EVACUACIÓN DE LA SALIDA 1 y 2**

Se define la función inversa de evacuación de la salida 1 y 2 como:

(ec.) 4.6.139 $p_T(z) = 0$ [pers.] para $0 \leq z < 10,5[s]$

(ec.) 4.6.140 $0 < p_T(z) \leq p_T(10,5) = 6,61$ [pers.] para $10,5[s] = z$

(ec.) 4.6.141 $p_T(z) = 46,203 - \frac{415,996}{z}$ [pers.] para $10,5[s] < z \leq 12,838[s]$

(ec.) 4.6.142 $4,97 \leq p_T(z) \leq 13,799$ [pers.] para $12,838[s] = z$

(ec.) 4.6.143 $p_T(z) = 80,94 - \frac{798,01}{z}$ [pers.] para $12,838[s] < z \leq 130,054[s]$

(ec.) 4.6.144 $p_T(z) = 34,737 - \frac{382,104}{z}$ [pers.] para $130,054[s] < z \leq 158,794[s]$

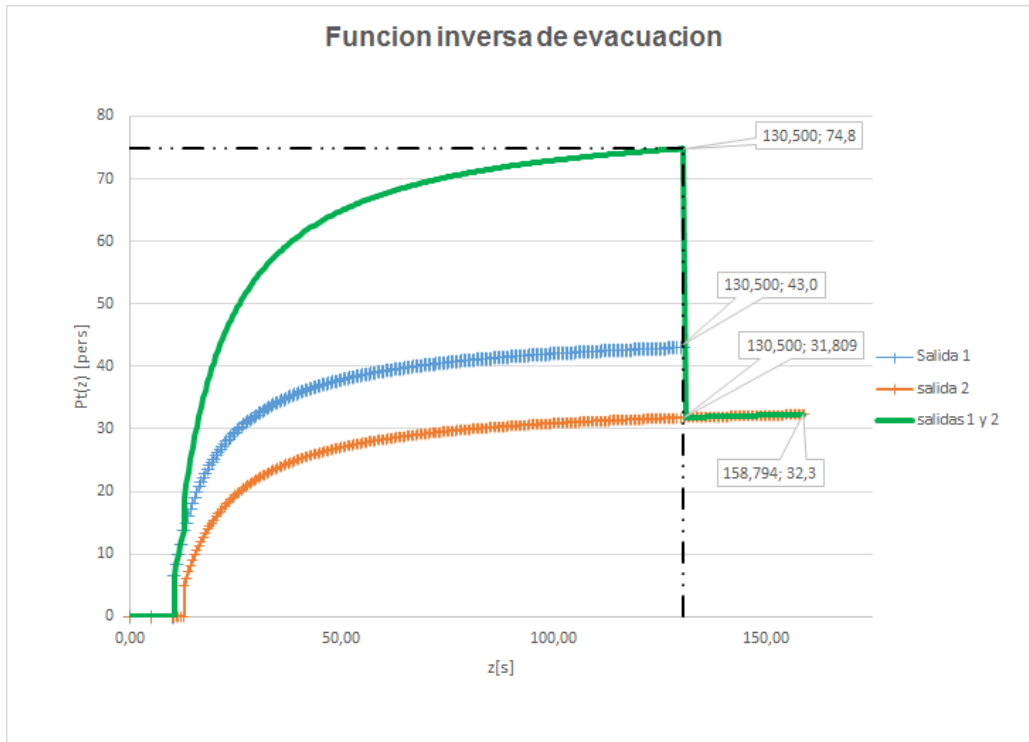


Gráfico 4.6.3.6.: “Función Inversa de evacuación total de la discoteca 3.”

4.6.3.3.3 RESULTADOS

Los resultados del análisis de la planta principal de la discoteca 3 se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.6.3.7.: “Datos de salida de la discoteca 3 para el problema de evacuación.”

Asignacion	Salida	Personas	%	Evacuacion [s]
	1	43	4,30%	130,5
	2	32	3,20%	
TOTAL		75	7,50%	

Podemos observar que bajo las restricciones impuestas por el modelo sólo es posible evacuar una ocupación de 75 personas sin que se genere ningún punto de velocidad de circulación cercano a 0, es decir, nula existencia de puntos de estancamiento. Bajo esta condición, el tiempo necesario es de $z^* \approx 130,5$ [s] y la cantidad de ocupantes respectiva que se asignan a cada salida es $x_1 = 43$ para la salida 1 y $x_2 = 32$ para la salida 2, es decir, la salida 1 sigue siendo la más demandada.

Por lo anterior, el surgimiento de retenciones en los arranques de los pasillos 1 y 2 es bastante probable y afecta a casi la totalidad de la evacuación debido principalmente a que la capacidad total de los pasillos es insuficiente para la gran demanda de personas.

4.6.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS A TRAVÉS DE MODELOS DE EVACUACIÓN

Luego de analizados los recintos a través de los modelos teóricos de evacuación es posible verificar con mayor certeza los lugares críticos dónde la ocurrencia de retenciones genera condiciones de espera críticas para los ocupantes ante una estampida ante casos de pánico, especialmente en angostamientos de medios de egreso con una diferencia de ancho sustancial.

Sin embargo, los modelos de evacuación utilizados son directos al aplicarlos solamente a arquitecturas sencillas, puesto que para casos más complejos, como por ejemplo de interrelación de pasillos o varias salidas afluentes, se recomienda el uso programas de modelación de evacuación.

Por otro parte, es importante entender que el flujo máximo de evacuación de un recinto, es decir, el tiempo de evacuación mínimo, está controlado por los elementos de evacuación que presentan los menores anchos efectivos. Por ende, identificarlos, es el primer paso para realizar un estudio de evacuación acabado.

Además, pese a lo conservador de la separación entre los ocupantes y los elementos de evacuación, el ancho efectivo asociado a esta situación es el que realmente utilizan las personas en un proceso de evacuación normal.

4.6.4.1 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS MODELOS DE JJ FRUINS Y NELSON- McLENNAN

Con respecto a los modelos de JJ Fruins y Nelson-McLennan, éstos tienen la particularidad de que al ser del tipo macroscópico, las magnitudes de circulación calculadas para una ocupación máxima determinada son extensivas para todos los ocupantes, y no diferencia que las condiciones de evacuación del último ocupante no son las mismas que la primera persona que evacua ni que la persona que está al medio de todo el flujo.

Cabe destacar que dentro de un mismo problema de evacuación, pueden ocurrir, no al mismo tiempo, momentos en los cuáles se tienen densidades mínimas que permiten la libre circulación, densidades que permiten el máximo flujo y por tanto el mínimo tiempo de evacuación, y densidades máximas dónde las velocidades de

circulación son mínimas y la probabilidad de ocurrencia de retenciones dentro de las vías de evacuación es bastante alta.

El tiempo de evacuación sí depende de la densidad de circulación (Modelo de Nelson-McLennan), por ende, asumir condiciones iniciales de circulación según el modelo de JJ Fruins no es lo más adecuado debido que, a medida que el proceso de evacuación transcurre, las personas se desplazan desde zonas de ocupación hacia vías de circulación que entregan las condiciones de borde para cerrar el problema. Este enfoque consiste en abordar el problema desde las salidas y vías de evacuación, con sus capacidades de egreso respectivas, hacia los lugares de ocupación, es decir, asume condiciones mínimas de evacuación confortable para calcular las magnitudes de locomoción que experimentarían una determinada cantidad de personas próximas a una salida o a un arranque de una vía de evacuación.

Finalmente, el modelo de Nelson y McLennan, si bien es el más conservador, sus supuestos consideran correctamente que flujos y velocidades de circulación dependen de un máximo y mínimo de densidad de circulación y cuyo caso más crítico se presenta para una densidad cercana a los $3,50 [pers/m^2]$. Por tanto, es posible mediante una simple formulación matemática calcular anchos efectivos para el diseño de vías de evacuación que supuestamente mejorarían las condiciones de seguridad de la evacuación de un recinto disminuyendo los efectos negativos derivados de problemas como retenciones o aplastamiento de personas.

La conclusión más importante de este modelo, pese a entregar valores conservadores para el cálculo de tiempos de evacuación (ver tabla 4.6.4.1.) en comparación con el modelo de JJ Fruins, es que permite realizar una formulación teórica de los acoplamientos de miniprocesos interdependientes de evacuación con restricciones en los medios de egreso que forman parte del proceso global de evacuación de un recinto para una masa crítica de ocupantes.

Tabla 4.6.4.1.: “Datos de salida de la discoteca 3 para el problema de evacuación según los modelos macroscópicos de JJFruins y Nelson-McLennan.”

Según Modelo	Tipo de análisis	Circulación		Total de ocupantes [pers.]	Tiempo [s]
		A-DS1 [pers.]	B-DS2 [pers.]		
JJ Fruins	Macroscópico	587	413	1000	204
Nelson y McLennan		43	32	75	131

Según lo descrito en el párrafo anterior, cada miniproceso de evacuación i tiene un periodo de ocurrencia determinado T y se interrelaciona con el miniproceso de evacuación anterior $i - 1$ considerando que las condiciones de evacuación del último ocupante del miniproceso i son las mismas que las del primer ocupante del miniproceso $i - 1$. La transición entre un miniproceso y el siguiente constituye lo que se denomina un pulso de evacuación (Ver gráfico 4.6.4.1.) y es la parte más crítica del proceso de global de evacuación, dado que representa la retención que

podría derivar en un atascamiento si cualquier condición de los elementos de evacuación actuantes es alterada. (Estado Metaestable).

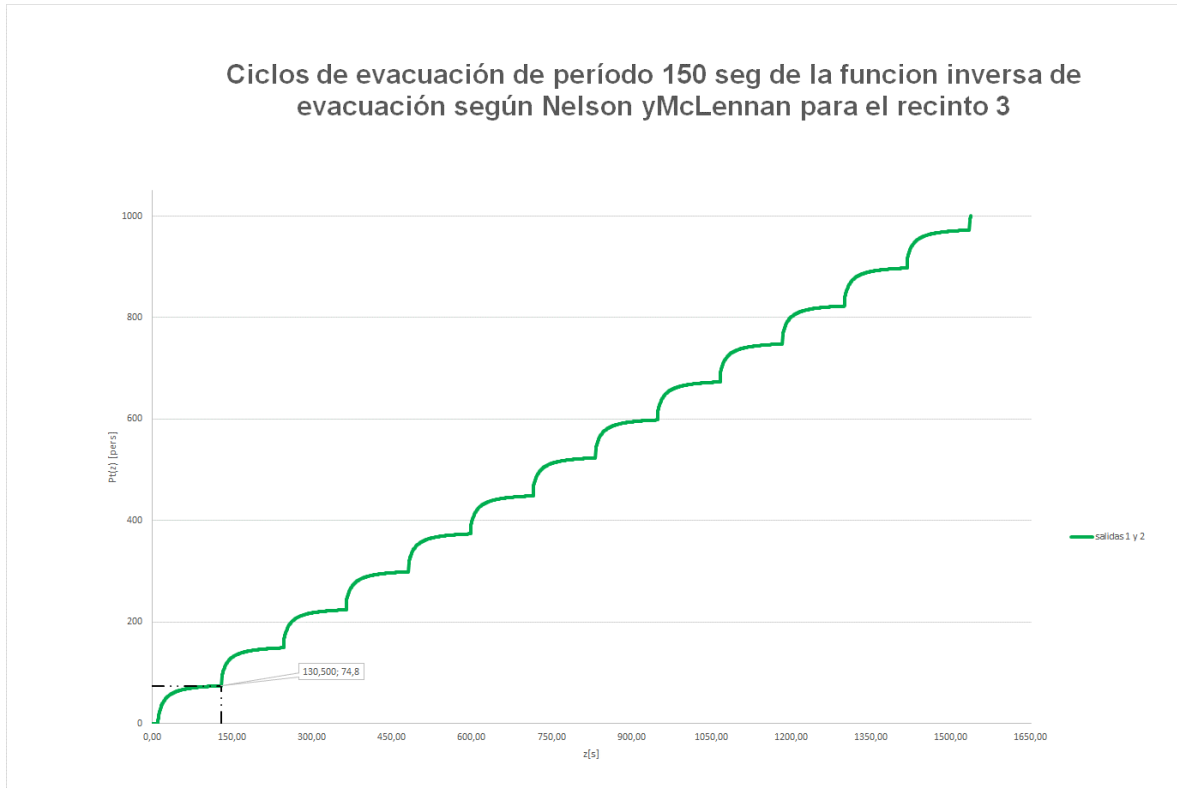


Gráfico 4.6.4.1.: “Ciclos de evacuación de la función inversa de evacuación para el recinto 3 según Nelson y McLennan.”

4.6.4.2 DIFERENCIAS ENTRE MODELOS MACROSCÓPICOS Y MODELOS DINÁMICOS DE REDES DE FLUJO O MICROSCÓPICOS

Para evaluar las diferencias entre los modelos de evacuación macroscópicos y microscópicos se escoge como ejemplo el problema de evacuación de la discoteca 3 dada la simplicidad de la geometría de sus medios de egreso.

En primer lugar, un análisis microscópico requiere que las condiciones de borde del problema sean ordenadas o esquematizadas a través de redes de flujo (Ver Fig.4.6.15.).

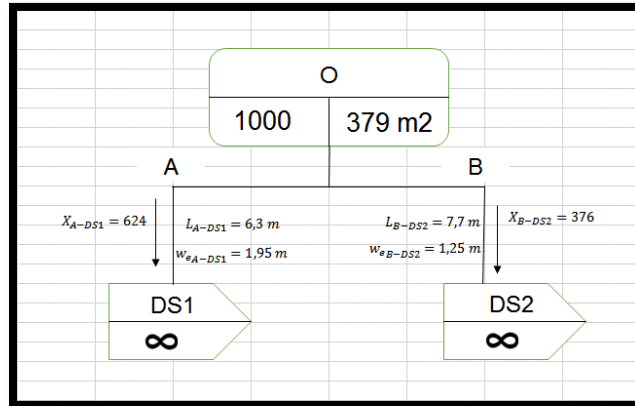


Figura 4.6.15.: “Red de flujo de evacuación de los ocupantes del recinto 3.”

Para los recorridos A-DS1 y B-DS2 las magnitudes de locomoción como velocidad y flujo máximo horizontal (capacidad de salida) se resumen en la tabla 4.6.4.2.

Tabla 4.6.4.2.: “Resumen de magnitudes de locomoción para la evacuación del recinto 3 en una situación con flujo máximo de evacuación.”

Tipo de circulación	Densidad máxima de circulación [pers./m ²]	Velocidad de circulación promedio [m/s]	Flujo específico [pers/m * s]		Tiempo de circulación [s]	Capac. [pers/s]
A-DS1	1,88	0,7	1,316	9		2,57
B-DS2	1,88	0,7	1,316	11		1,65

Luego, para simplificar el análisis por medio de redes de flujo dinámicas, se modifican mínimamente las magnitudes de locomoción obtenidas anteriormente sin modificar en gran manera las condiciones iniciales del problema de evacuación (ver tabla 4.6.4.3.).

Tabla 4.6.4.3.: “Resumen de magnitudes de locomoción modificadas para el análisis dinámico de evacuación del recinto 3 en una situación con flujo máximo.”

Tipo de circulación	Tiempo de circulación [s]	Capacidad [pers/s]
A-DS1	10	3
B-DS2	10	2

Finalmente la red dinámica de la evacuación del recinto estudiado (ver figura 4.6.16.), da como resultado un tiempo de evacuación de 245 segundos (un poco más de 4 minutos). La asignación de cada salida se detalla en la tabla 4.6.4.4.

Tabla 4.6.4.4.: “Tabla de resultados del análisis dinámico de evacuación para el recinto 3.”

Asignación	Circulación	Personas	%	Evacuación [s]
	1	624	62,40%	245
	2	376	37,60%	
TOTAL		1000	100,00%	

El análisis dinámico de evacuación, entrega también información de la evolución en el tiempo de variables como función de evacuación, retenciones en los accesos a las salidas, ocupación de las vías de circulación y densidad de circulación.

Los resultados obtenidos para las variables antes mencionadas están agrupados en los gráficos que se presentan a continuación.

- **FUNCIÓN DE EVACUACIÓN**

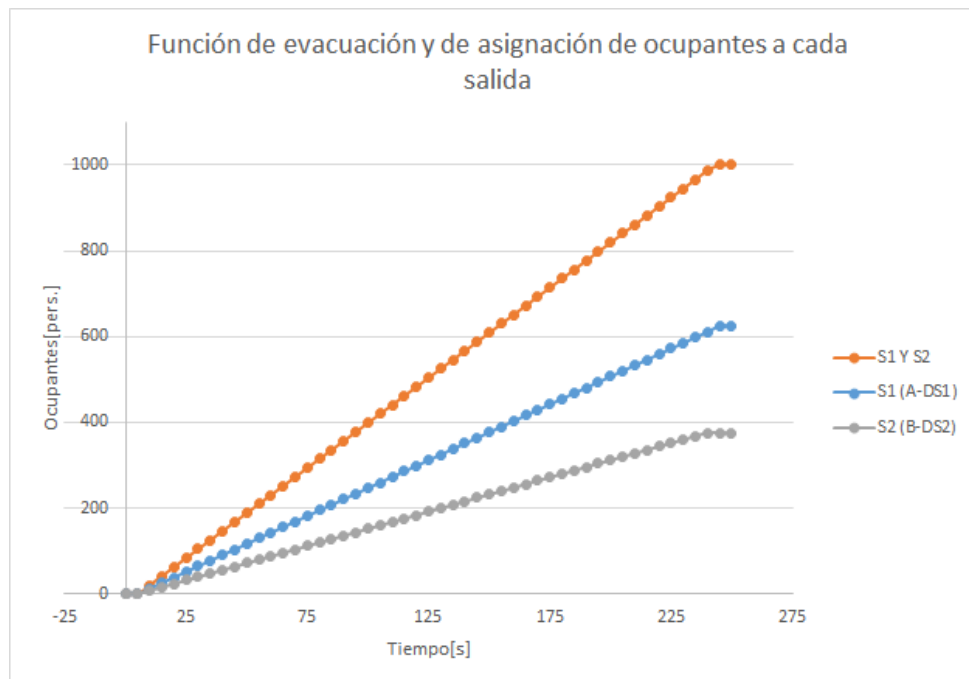


Gráfico 4.6.4.2.: “Función de evacuación y asignación de ocupantes para la evacuación del recinto 3 según análisis dinámico de redes de flujo.”

- **RETENCIONES**

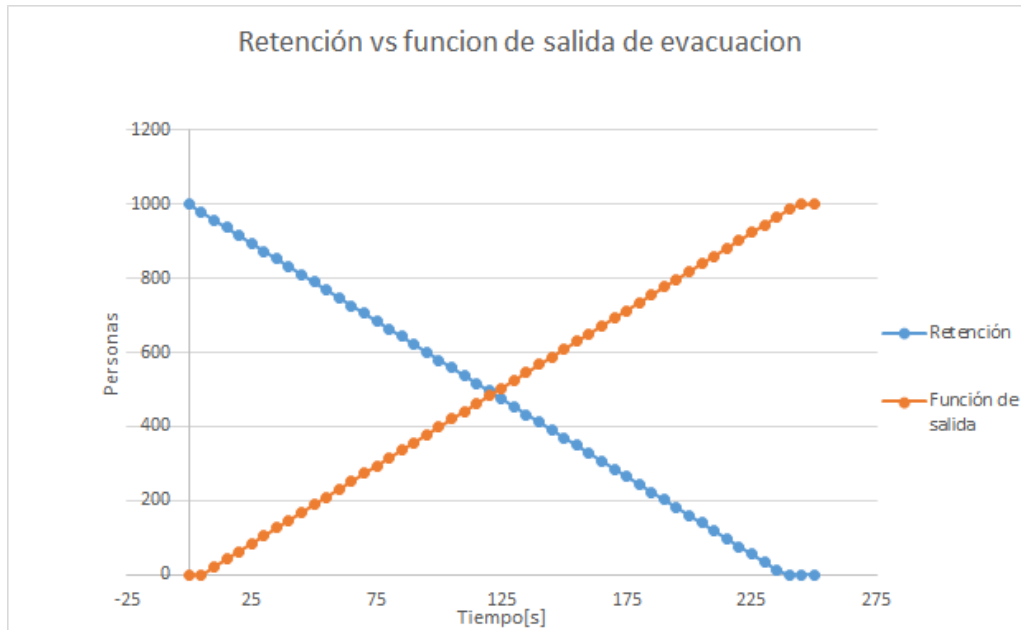


Gráfico 4.6.4.3.: “Retención de ocupantes en las salidas para la evacuación del recinto 3 según análisis dinámico de redes de flujo.”

- **OCUPACIÓN DE VÍAS DE CIRCULACIÓN**

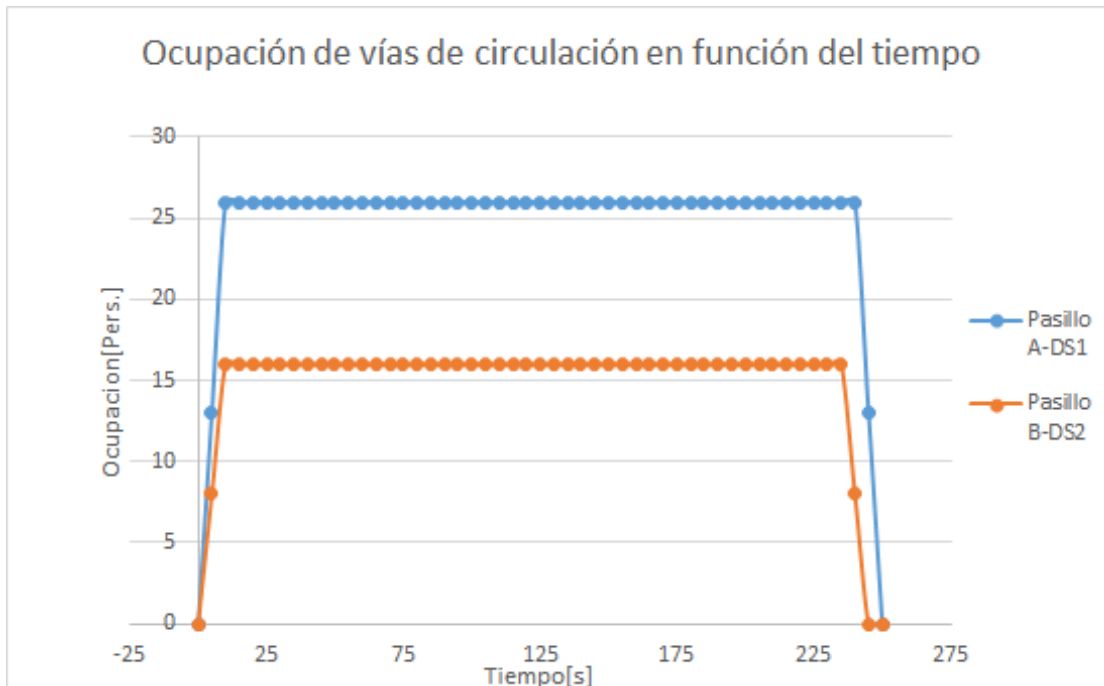


Gráfico 4.6.4.4.: “Ocupación de vías de circulación para la evacuación del recinto 3 según análisis dinámico de redes de flujo.”

- **DENSIDAD DE CIRCULACIÓN**

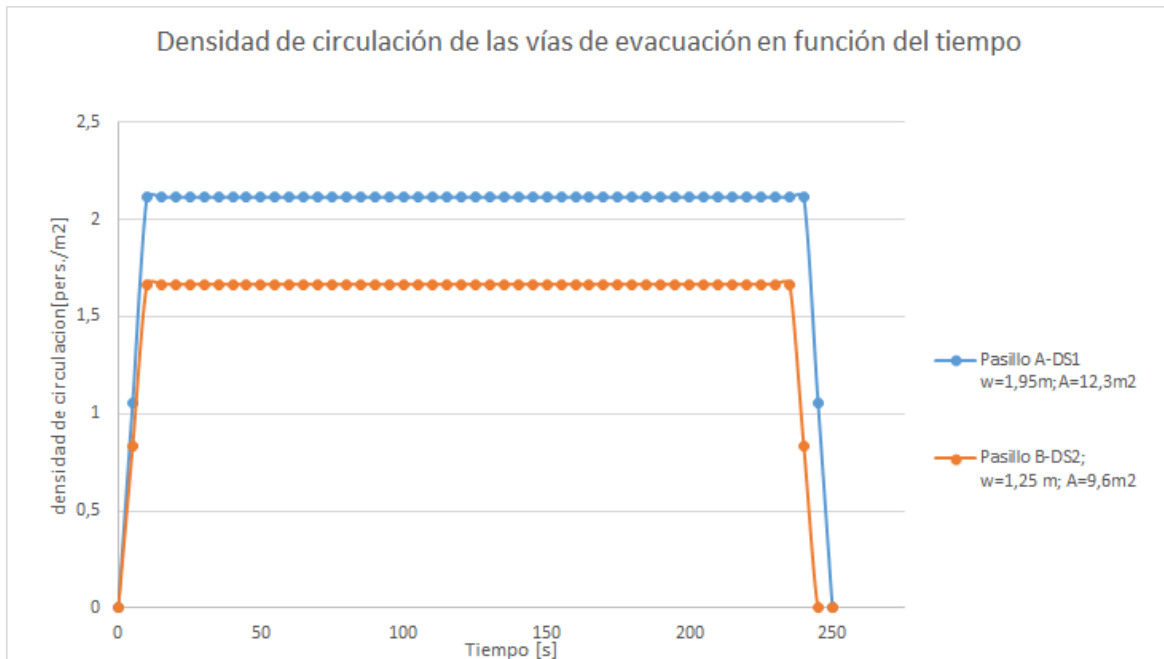


Gráfico 4.6.4.5.: “Densidad de circulación de vías de evacuación del recinto 3 según análisis dinámico de redes de flujo.”

Luego del análisis detallado de los gráficos obtenidos es posible sacar las siguientes conclusiones:

- La función de evacuación total y de cada salida varían linealmente con el tiempo producto que la densidad dentro de las vías de circulación permanece constante (se asume igual a la que genera el máximo flujo) durante la mayor parte del tiempo que dura la evacuación (ver gráfico 4.6.4.2.).
- La retención generada en los arranques de los pasillos mantiene una tasa constante de aumento durante la mayor parte del tiempo llegando a un máximo de 225 segundos superando el tiempo de espera permitido de 150 segundos asociado a conductas de pánico de los ocupantes. Por tanto, el riesgo de producirse estampidas es bastante alto (ver gráfico 4.6.4.3.).
- La ocupación de las vías de circulación tiene dos fases, una transitoria y otra estacionaria. La etapa estacionaria, que comprende casi todo el proceso completo de evacuación, consiste en que se mantiene el uso de una vía de egreso por una cantidad fija de personas y en dónde además no hay retenciones dado que la capacidad de egreso de las salidas de los pasillos es mayor o igual en todo momento a la tasa de flujo entrante. (Ver gráfico 4.6.4.4.).
- De acuerdo al gráfico 4.6.4.5., la condición de flujo máximo, para una densidad de circulación igual a $1,8 [pers/m^2]$, es sobrepasada por la circulación A-DS1 (densidad de $2,11 [pers/m^2]$) y minorada por la circulación B-DS2 (densidad de $1,67 [pers/m^2]$). Por ende, la condición antes enunciada

no se cumple y las magnitudes de locomoción calculadas no son las adecuadas. Sin embargo, este aumento o disminución de la densidad no incide de forma directa en los valores obtenidos inicialmente para velocidad y flujo de paso, dado que al realizarse las aproximaciones para simplificar el análisis, en el caso de por ejemplo la velocidad calculada igual $0,7 [m/s]$ es sobrepasada por $0,77 [m/s]$ en el caso de la circulación B-DS2 y minorado a $0,61 [m/s]$ para la circulación A-DS1. Según lo anterior, las diferencias son mínimas, por tanto, la influencia del cambio de densidades es nula en el cálculo del tiempo total de evacuación.

- Ahora, si nos centramos más detenidamente en los valores de las densidades obtenidas para cada tipo de circulación, si bien, por separado no cumplen la condición de ser una densidad que garantice el flujo máximo, si calculamos el promedio global de ambos, nos da el valor recomendado anteriormente. Finalmente, el análisis es correcto.

Por último, para comparar los resultados obtenidos para el tiempo total de evacuación del recinto 3 según el análisis de tipo microscópico con los obtenidos de los análisis de JJ Fruins y Nelson y McLennan (Ver tabla 4.6.4.5.), es necesario completar el modelo propuesto por Nelson y McLennan. Sus hipótesis que plantean que la densidad de una vía de circulación no es constante en ningún momento e introducen el cálculo del ciclo unitario de evacuación, el cuál tiene un período de 131 segundos en los que sólo evacuan 75 personas. Luego, si el total de ocupantes son 1000 personas se tienen 13,3 ciclos, por ende, se tiene una duración de la evacuación total de 1310 segundos, casi 5 veces más que los otros modelos incluido el de JJ Fruins.

Tabla 4.6.4.5.: “Análisis según distintos enfoques para el problema de evacuación del recinto 3.”

Según Modelo	Tipo de análisis	Circulación		Total de ocupantes [pers.]	Tiempo [s]
		A-DS1 [pers.]	B-DS2 [pers.]		
JJ Fruins	Macroscópico	587	413	1000	204
Nelson y McLennan		43	32	75	131
Redes de flujo(Dinámico)	Microscópico	624	376	1000	245

En comparación, el modelo macroscópico de JJ Fruins entrega el menor tiempo de evacuación, sin embargo, es el más alejado de la realidad dado que asume condiciones de borde iniciales del problema con respecto a las magnitudes de locomoción de los ocupantes que no varían ante el aumento de la densidad de circulación en los medios de evacuación.

Además, el modelo microscópico por su parte, incluye procesos de llenado y vaciado en el desarrollo de su análisis, también el modelo de Nelson y McLennan los menciona en sus supuestos, pero como procesos independientes que en ningún

momento se acoplan cuando la función de evacuación comienza a depender directamente de la densidad.

Los procesos de llenado y vaciado, mencionados anteriormente solamente se acoplan en el modelo microscópico con el proceso normal de evacuación cuando éste posee la densidad máxima de circulación, por tanto, el flujo de personas hacia el exterior está íntimamente ligado este valor.

Sin embargo, el supuesto de considerar un flujo máximo hipotético como condición de borde no es el correcto, dado que puede conducir a errores si las condiciones del entorno para la correcta evacuación de los ocupantes no son cumplidas ante cualquier eventualidad si la densidad en la vía de circulación llegara a tener valores cercanos a 3,5 [*pers./m²*].

Finalmente, en un problema de evacuación con geometrías más complicadas, la única forma de saber cuál de los 3 modelos entrega el tiempo más real de evacuación de un recinto es utilizando softwares que sean capaces de incluir todas las variables incluidas de manera correcta incorporando los supuestos que han sido detallados en éste apartado como por ejemplo los relacionados a flujos máximos, velocidades máximas y mínimas, anchos efectivos, etc.

4.7 ANÁLISIS PRESTACIONAL

4.7.1 DISCOTECA 1

4.7.1.1 RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME)

El RSET (Required Safe Evacuation Time) o tiempo total de evacuación es equivalente a la suma del tiempo anterior al movimiento más el tiempo de movimiento.

4.7.1.1.1 TIEMPO ANTERIOR AL MOVIMIENTO

4.7.1.1.1.1 TIEMPO DE DETECCIÓN Y ALARMA

No se observa la instalación de elementos de detección ni de alarma. Por simplicidad se incluye dentro del tiempo de premovimiento.

4.7.1.1.1.2 TIEMPO DE PREMOVIMIENTO

Existen dos alternativas para el cálculo del tiempo de premovimiento, éstas son la SFPE y la PD7974.

- **SFPE**

Si la categoría de ocupantes de la discoteca 1 es W2, el tiempo de premovimiento es de 3 minutos (ver detalle en tabla 4.7.1.1).

Tabla 4.7.1.1.: “Detalle del cálculo del tiempo de premovimiento para ocupantes tipo W2 del recinto 1.”

Occupancy Type	W1 (min)	W2 (min)	W3 (min)
Offices, commercial and industrial buildings, schools, colleges and universities (Occupants awake and familiar with the building, the alarm system, and evacuation procedure.)	< 1	3	> 4
Shops, museums, leisure-sport centers, and other assembly buildings (Occupants awake but may be unfamiliar with building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	3	> 6

- **PD7974**

El recinto no cuenta con un sistema de alarma ni con un sistema de gestión de emergencia, la planta es amplia de fácil acceso de una alta densidad de ocupación y con ocupantes despiertos pero no familiarizados de lleno con la arquitectura del lugar.

Por lo anterior, el recinto 1 y sus ocupantes se clasifican según el detalle de la PD7974 en el apartado 4.2.3.1.1.2 cuyo resumen se encuentra en la tabla 4.7.1.2.

Tabla 4.7.1.2.: “Categoría del recinto y de los ocupantes de la discoteca 1 según PD7974.”

Categoría del edificio	B2
Nivel de alarma	A3
Complejidad del recinto	B1
Nivel de gestión de emergencia	M3

El tiempo de premovimiento según PD7974 es superior a los 15 minutos, por ende, dado lo elevado de este valor se utiliza un tiempo más cercano al enfoque SFPE. Finalmente el tiempo de premovimiento (entendido como la suma del 1-percentil y 99-percentil) es de 4,5 minutos (ver detalle en tabla 4.7.1.3).

Tabla 4.7.1.3.: “Detalle del cálculo del tiempo de premovimiento para los ocupantes del recinto 3 según PD7974.”

Scenario category and modifier	First occupants $\Delta t_{pre-10th\ percentil}$	Occupant distribution $\Delta t_{pre-99th\ percentil}$
A: awake and familiar		
M1 B1 – B2 A1 – A2	0.5	1.0
M2 B1 – B2 A1 – A2	1	2
M3 B1 – B2 A1 – A3	>15	>15
For B3, add 0.5 for wayfinding		
M1 would normally require voice alarm/PA if unfamiliar visitors likely to be present		
B: awake and unfamiliar		
M1 B1 A1 – A2	0.5	2
M2 B1 A1 – A2	1.0	3
M3 B1 A1 – A3	>15	>15
For B3 add 0.5 for wayfinding		
For B3 add 1.0 for wayfinding		
M1 would normally require voice alarm/PA		

En conclusión, dado los altos valores obtenidos para el criterio de PD7974 se considera el menor tiempo este criterio y el enfoque SFPE. Por tanto, **el tiempo de premovimiento de 3 minutos.**

4.7.1.1.2 TIEMPO DE MOVIMIENTO

El tiempo de movimiento de la evacuación del recinto 1 depende de las condiciones geométricas arquitectónicas y de las variables de locomoción de los ocupantes y se calcula utilizando el software pathfinder.

4.7.1.1.2.1 DATOS DE ENTRADA

- **AFORO**

La densidad de ocupación máxima del recinto 1 es de 2,78 [*pers./m²*] en el segundo piso y de 2,2 [*pers./m²*] en el primero, es decir, un módulo de ocupación máximo de 0,36 [*m²/pers.*] y 0,45 [*m²/pers.*] respectivamente para cada planta. Por lo

anterior, la ocupación de 475 personas están distribuidas: 75 en el segundo piso y 400 en el primer piso (ver detalle en tabla 4.7.1.4. y 4.7.1.5.).

Tabla 4.7.1.4.: “Datos del segundo piso de discoteca 1 con respecto a área total y útil, capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación			
	Total [m2]	Útil [m2]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]
Segundo piso										
vip 1	10,48	10	D	2	0,5	20	D	25	2,50	0,40
vip2	58,24	18	D	2	0,5	36	D	50	2,78	0,36
Capacidad total de evacuación						56	Ocupación total	75		

Tabla 4.7.1.5.: “Datos del primer piso de la discoteca 1 con respecto a área total y útil, capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación			
	Total [m2]	Útil [m2]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]
Primer piso										
Pista central	397,43	181,57	D	2	0,5	364	D	400	2,20	0,45
Capacidad total de evacuación						364	Ocupación total	400		

- **ASIGNACIÓN DE OCUPANTES**

La distribución de los 475 ocupantes se concentra en las zonas vip del segundo piso y en la pista central de la planta principal antes de iniciada la evacuación (ver ilustración 4.7.1. y 4.7.2.).

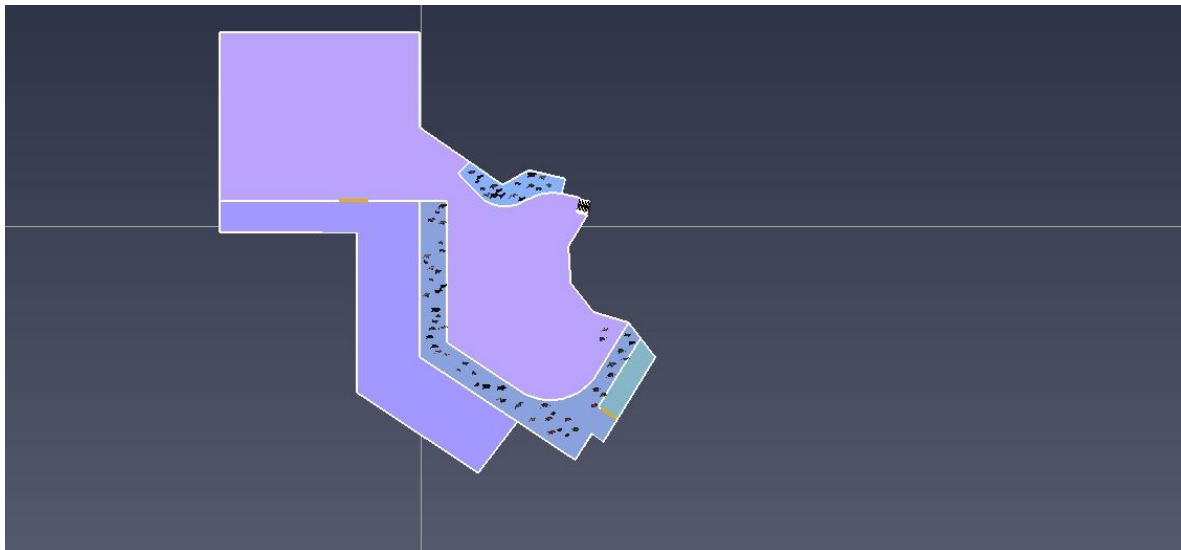


Ilustración 4.7.1.: “Asignación de ocupantes del segundo piso de la discoteca 1.”

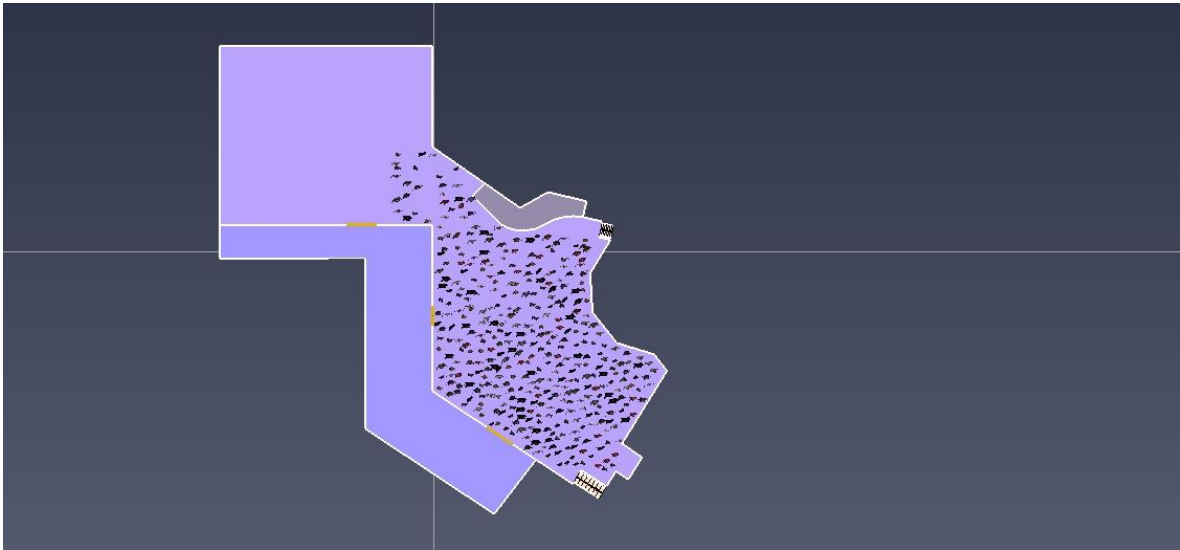


Ilustración 4.7.2.: “Asignación de ocupantes del primer piso de la discoteca 1.”

- **PLANOS DE ARQUITECTURA**

El modelo de evacuación en Pathfinder del recinto 1 (ver ilustración 4.7.5) se obtiene exportando los planos en formato DXF (ver ilustración 4.7.3 y 4.7.4.) manteniendo las condiciones arquitectónicas en relación a las dimensiones reales de los medios de evacuación.

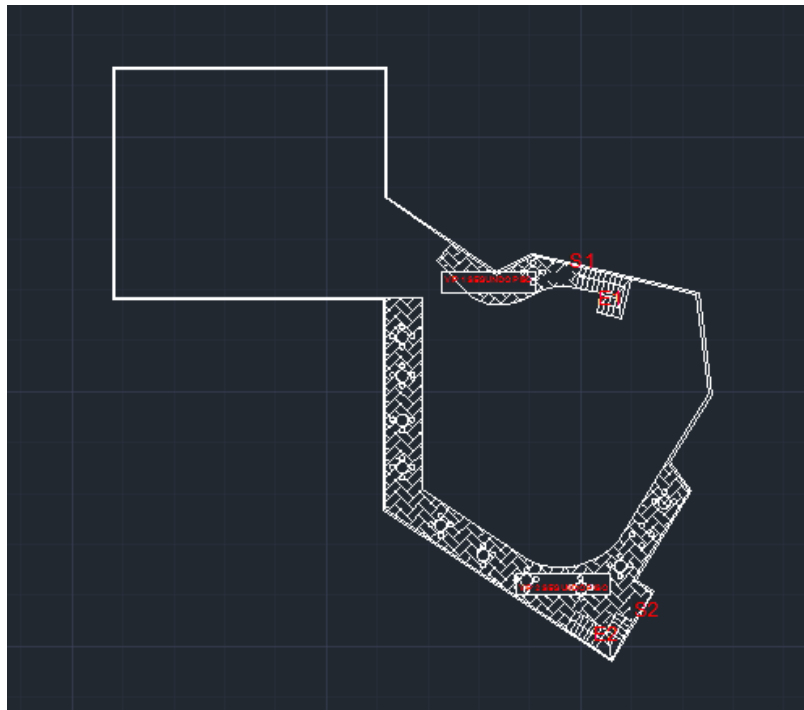


Ilustración 4.7.3.: “Plano de la planta del primer piso de la discoteca 1 en formato DXF.”

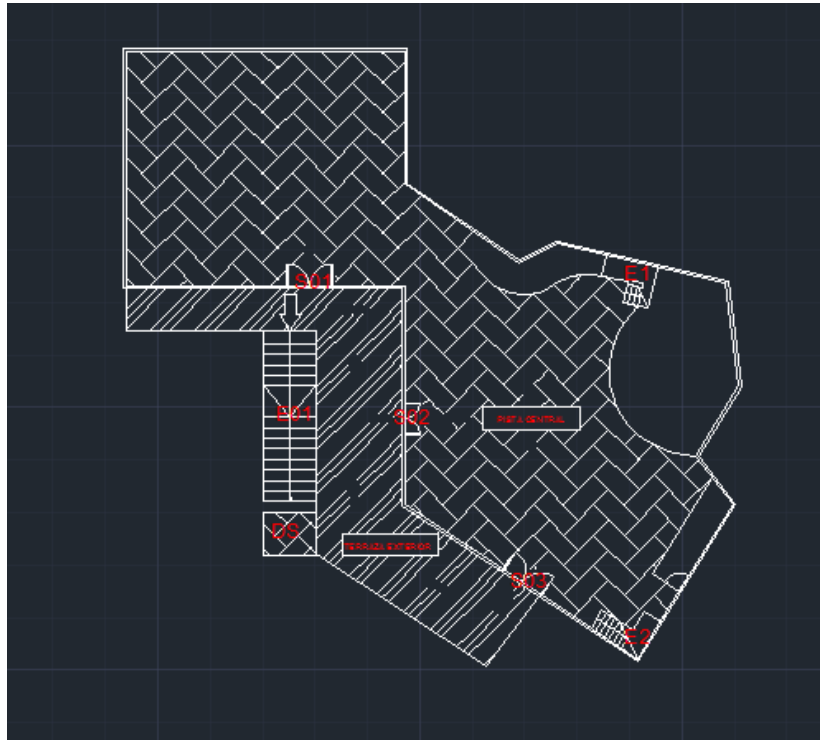


Ilustración 4.7.4.: “Plano de la planta del primer piso de la discoteca 1 en formato DXF.”

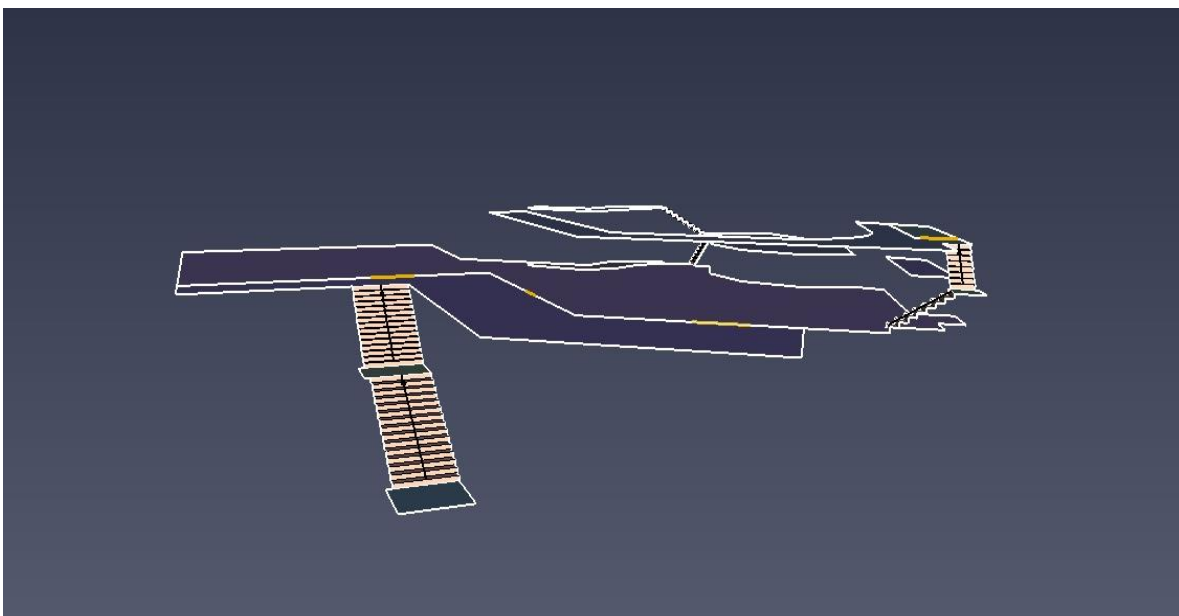


Ilustración 4.7.5.: “Vista general en 3D de las plantas de primer y segundo piso de la discoteca 1 en Pathfinder.”

- **DIMENSIONES DE ANCHOS EFECTIVOS DE LAS VÍAS DE EVACUACIÓN**

Ver detalle en tabla 4.7.1.6.

Tabla 4.7.1.6.: “Ancho efectivo de los medios de egreso del recinto 1.”

Medio de Egreso	Ancho efectivo [m]
Escalera acceso (E01)	2,32
Terraza exterior	2,70
Salida 01 (S01)	1,95
Salida 02 (S02)	1,25
Salida 03 (S03)	1,95
Escalera 1 (E1)	0,76
Escalera 2 (E2)	0,76
Salida 1 (S1)	0,84
Salida 2 (S2)	1,56

- **PUNTOS DE CONTROL**

Se introducen líneas de control en los arranques de las vías de evacuación que contabilizan el ingreso y salida de ocupantes a estas zonas durante el tiempo que transcurre la evacuación. Estos puntos de control nos entregan información acerca de la densidad de circulación en escaleras y salidas con el objeto de estudiar la evolución de las magnitudes de locomoción.

El detalle de las líneas de control introducidas en el recinto 1 se encuentra de la ilustración 4.7.6 a 4.7.8.



Ilustración 4.7.6.: “Líneas de control en los arranques del segundo piso de las escaleras de la discoteca 1.”

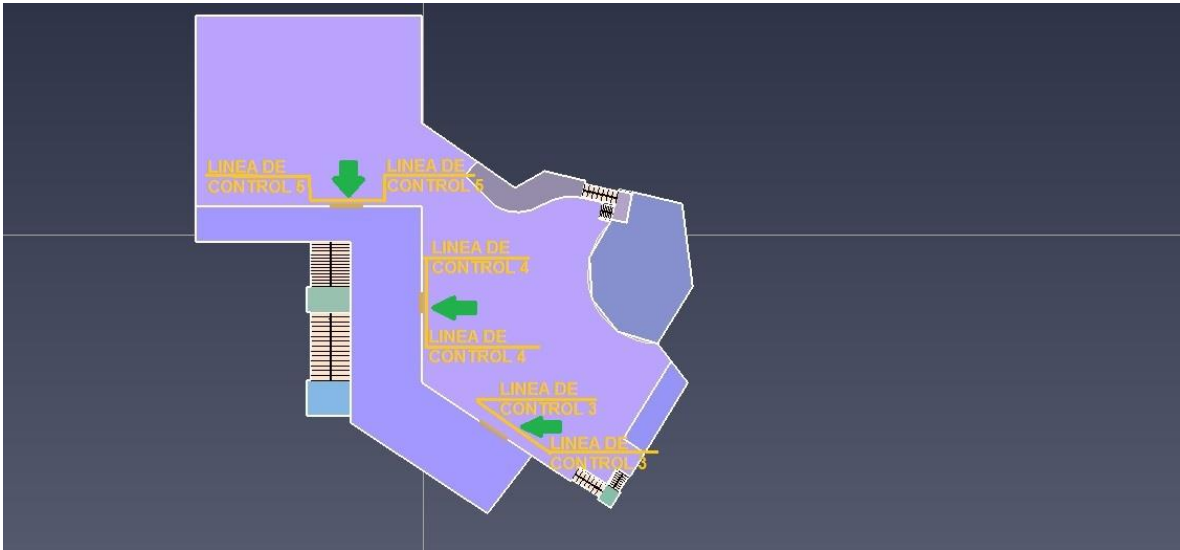


Ilustración 4.7.7.: “Líneas de control en las salidas de la planta principal de la discoteca 1.”

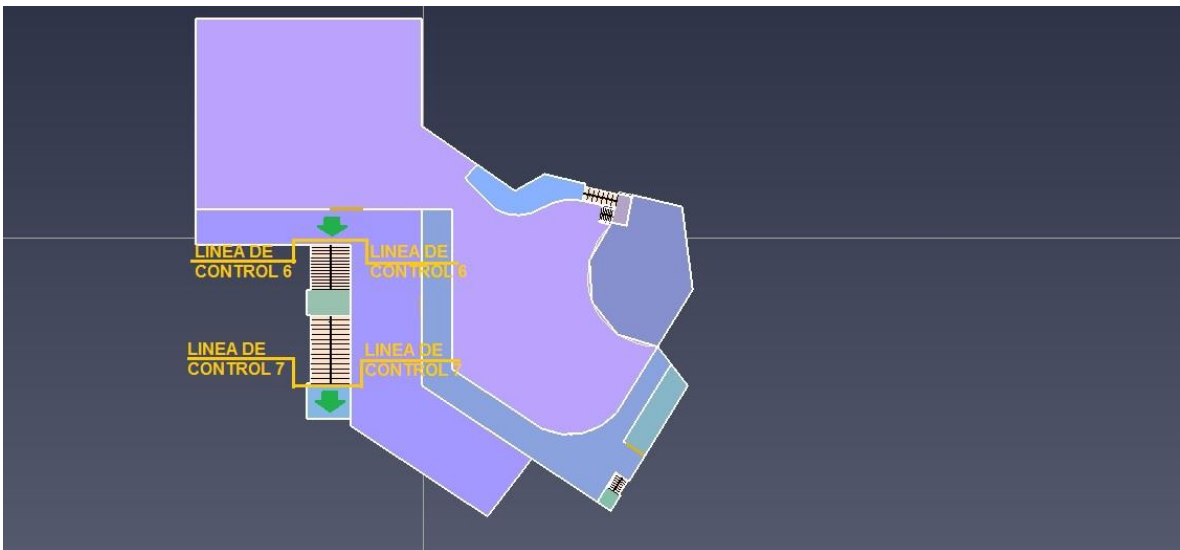


Ilustración 4.7.8.: “Líneas de control en el arranque de la escalera de acceso de la discoteca 1.”

4.7.1.1.2 DATOS DE SALIDA ⁽⁸⁾

El tiempo total de movimiento es de 506 segundos o más de 8 minutos para un aforo de 475 personas cuando todas las salidas están habilitadas. La asignación a cada salida es de 185 personas la salida 01, 115 para la salida 02 y 175 para la salida 03 (ver detalle en tabla 4.7.1.7).

Tabla 4.7.1.7.: “Resultados de los tiempos de movimiento para el problema de evacuación del recinto 1, según análisis computacional de Pathfinder.”

Tiempo total de movimiento [s]	506
Tiempo de movimiento en pista central [s]	148
Tiempo de movimiento en pasillo exterior [s]	482
Tiempo de movimiento en vip 1-segundo piso [s]	64
Tiempo de movimiento en vip 2-segundo piso [s]	131
Número total de ocupantes [pers.]	475
Número total de ocupantes que evacuan por salida 01 [pers.]	185
Número total de ocupantes que evacuan por salida 02 [pers.]	115
Número total de ocupantes que evacuan por salida 03 [pers.]	175
Flujo medio salida 01 [pers./s]	2,17
Flujo medio salida 02 [pers./s]	0,78
Flujo medio salida 03 [pers./s]	1,23
Flujo medio escalera 1 [pers./s]	0,39
Flujo medio escalera 2 [pers./s]	0,39
Flujo medio escalera acceso [pers./s]	1
Distancia máxima de recorrido hasta las salidas [m]	57

Los resultados del análisis computacional realizado a la evacuación del recinto 1, usando los supuestos incluidos en el modelo de JJ Fruins (ver detalle en apartado 4.2.3.1.2.1.7 de magnitudes de locomoción para la modelación en Pathfinder), se pueden ver en detalle en los gráficos y mapas que se presentan a continuación:

- **GRÁFICOS**

FUNCIÓN INVERSA TOTAL DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 1

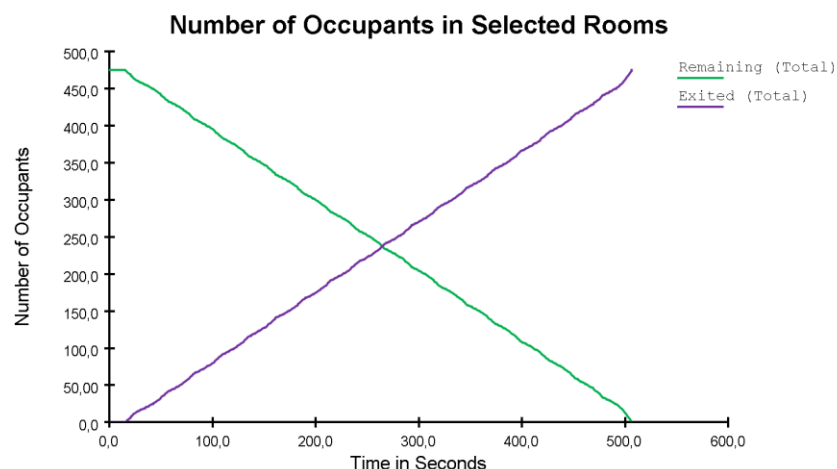


Gráfico 4.7.1.1.: “Función inversa de evacuación total de evacuación del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

⁸ Ver resultados en apartado G.1.1 del Anexo G.

FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE CADA ESCALERA INTERIOR

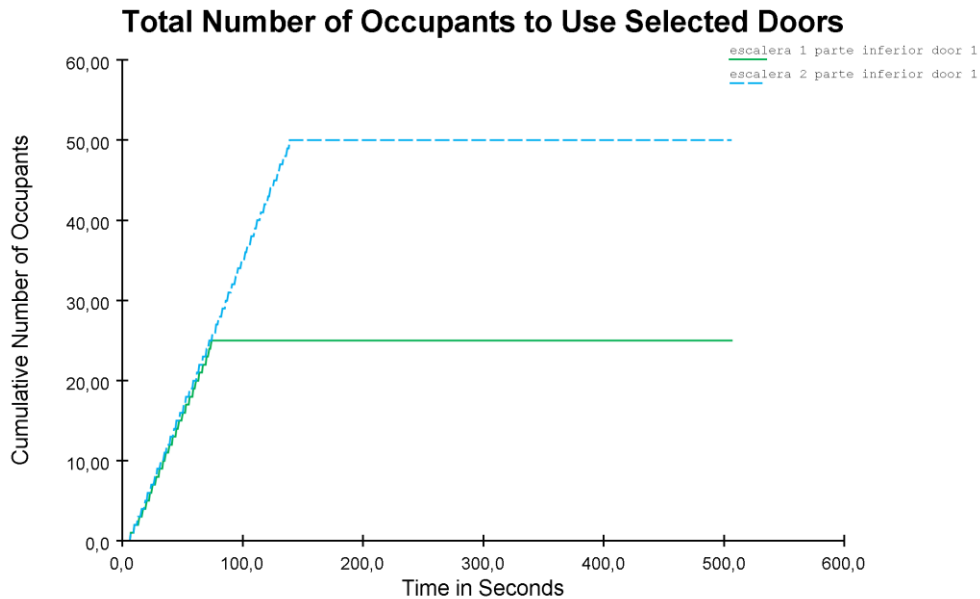


Gráfico 4.7.1.2.: “Función inversa de evacuación de cada escalera interior del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL

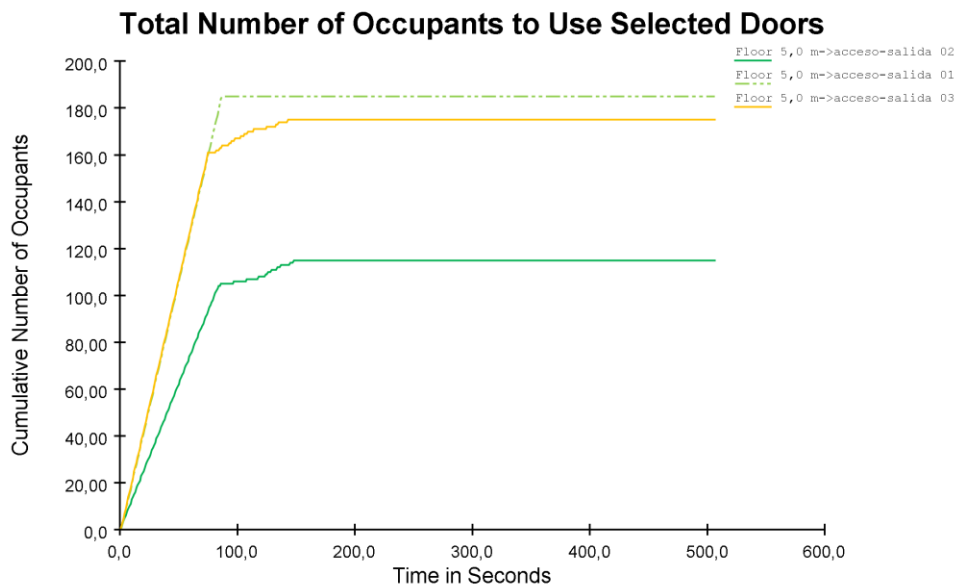


Gráfico 4.7.1.3.: “Función inversa de evacuación de cada salida de la planta principal del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA ESCALERA INTERIOR

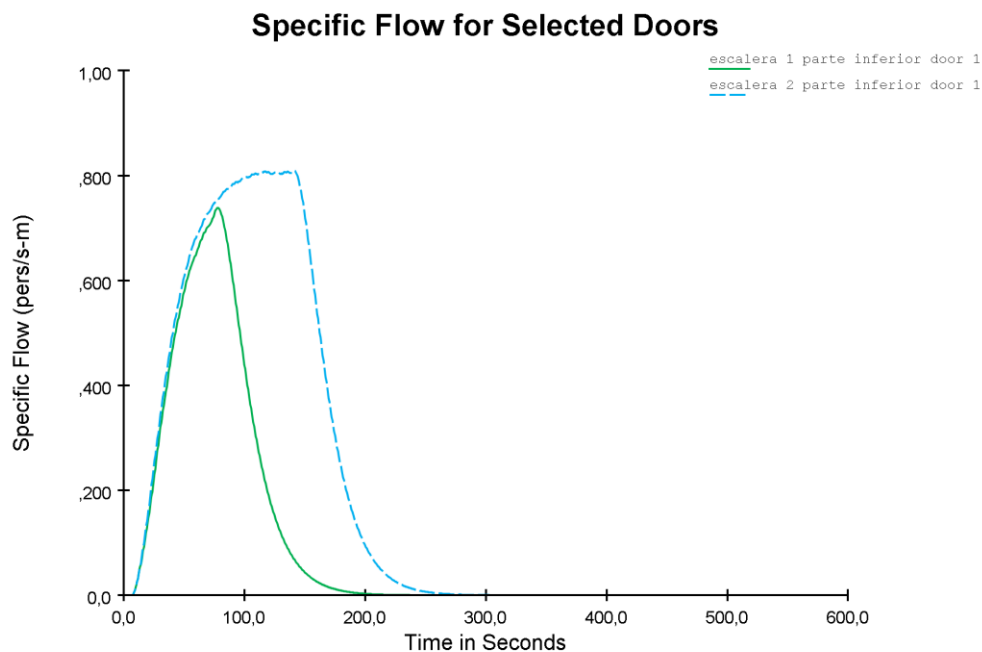


Gráfico 4.7.1.4.: “Tasa de flujo específico de cada escalera interior del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE ESCALERA ACCESO

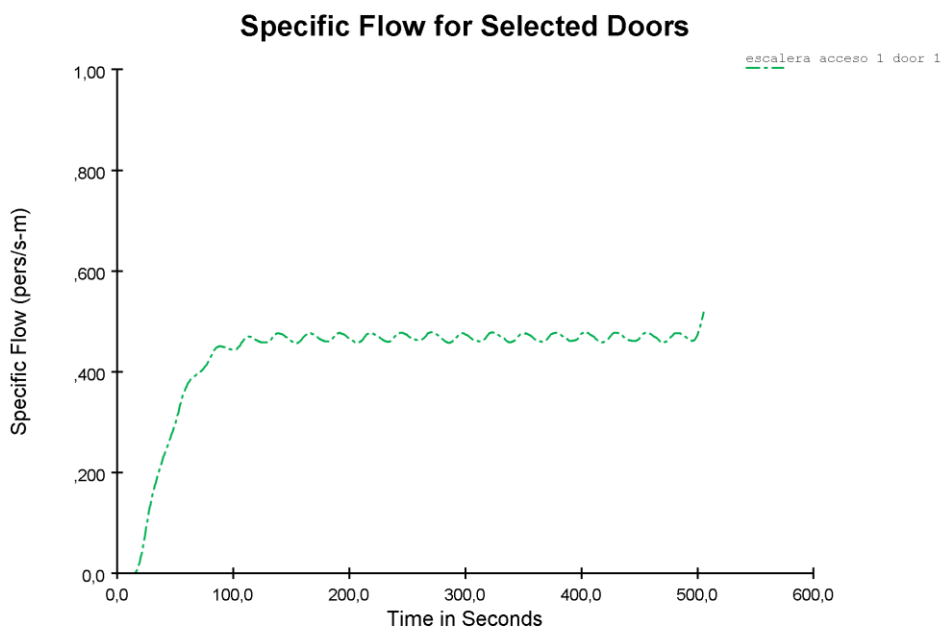


Gráfico 4.7.1.5.: “Tasa de flujo específico de la escalera de acceso del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL

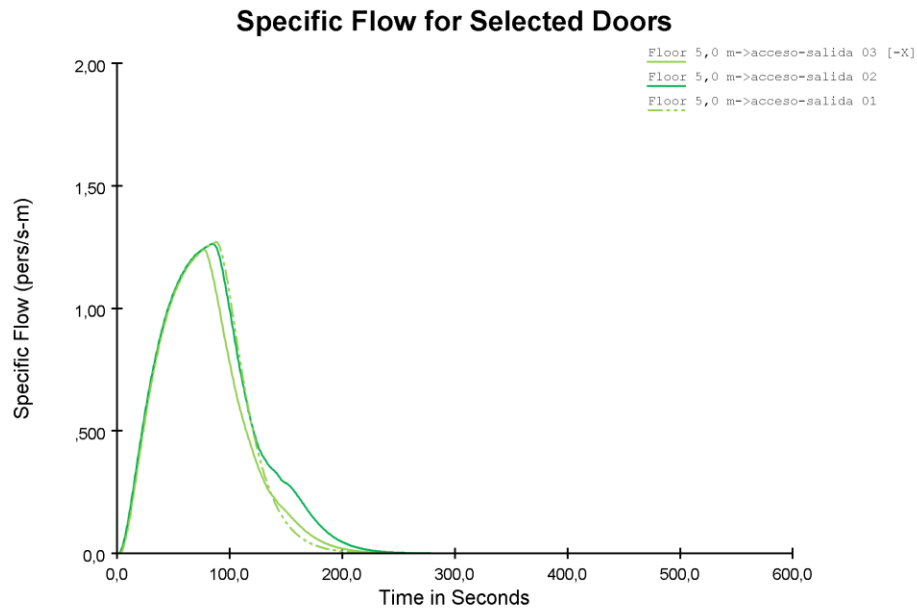


Gráfico 4.7.1.6.: “Tasa de flujo específico de cada salida de la planta principal del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA ESCALERA INTERIOR

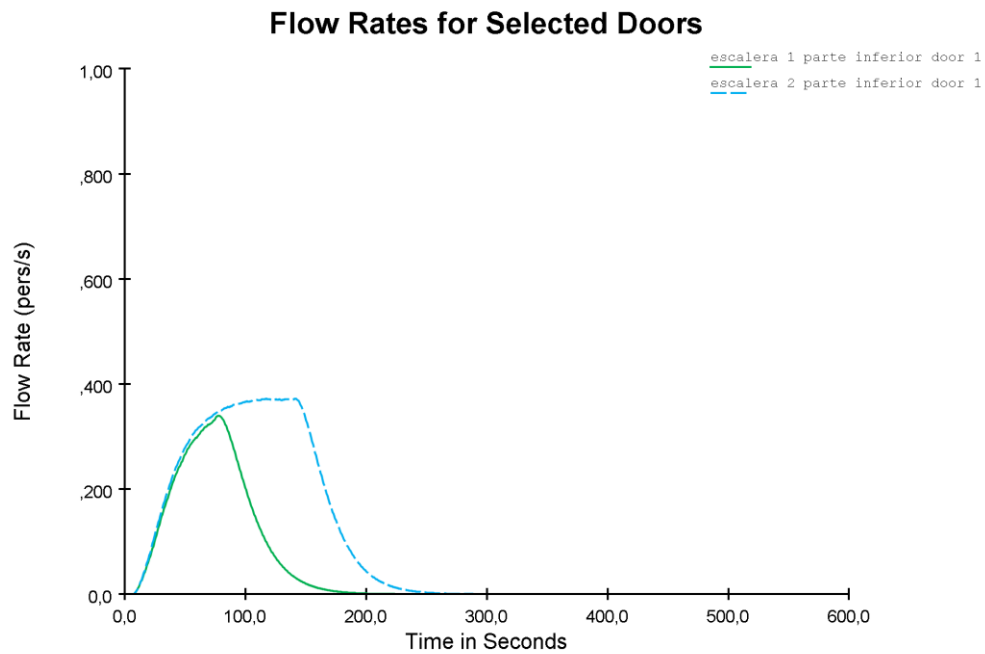


Gráfico 4.7.1.7.: “Tasa de flujo total de cada escalera interior del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO TOTAL DE ESCALERA ACCESO

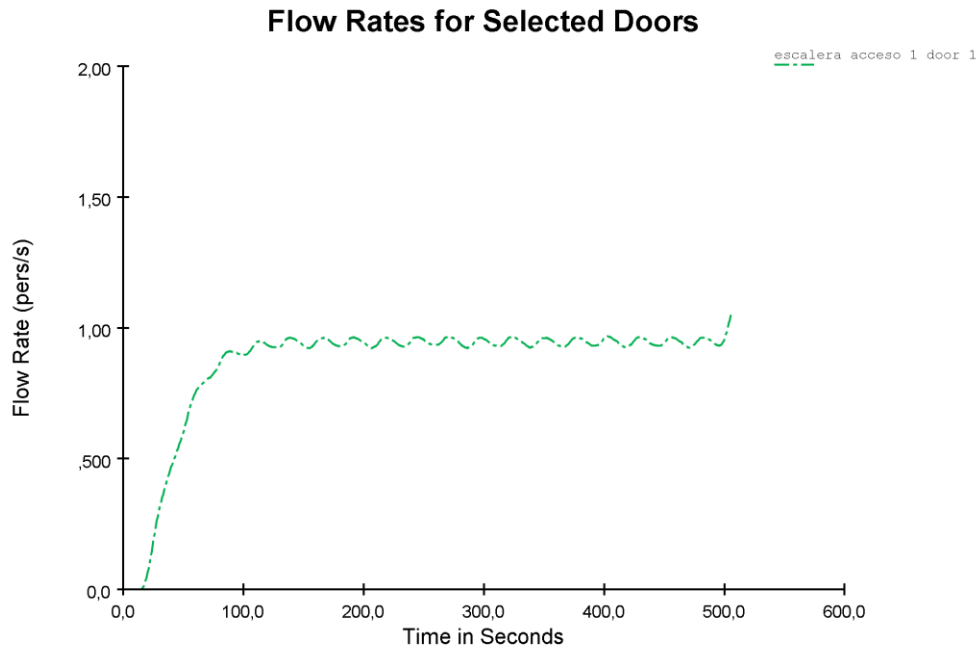


Gráfico 4.7.1.8.: “Tasa de flujo total de la escalera de acceso del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL

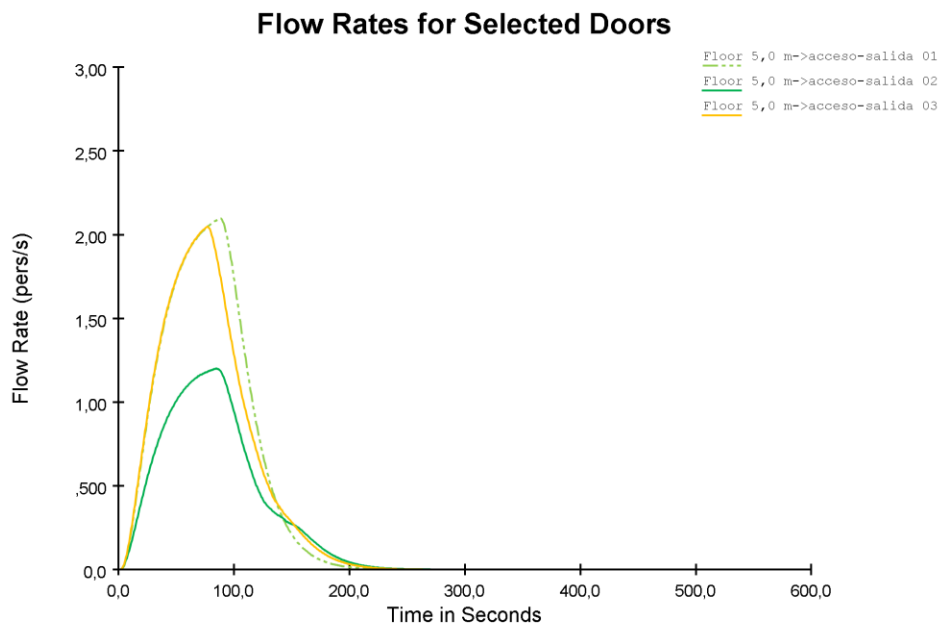


Gráfico 4.7.1.9.: “Tasa de flujo total de cada salida de la planta principal del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

OCUPACIÓN DEL SEGUNDO PISO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

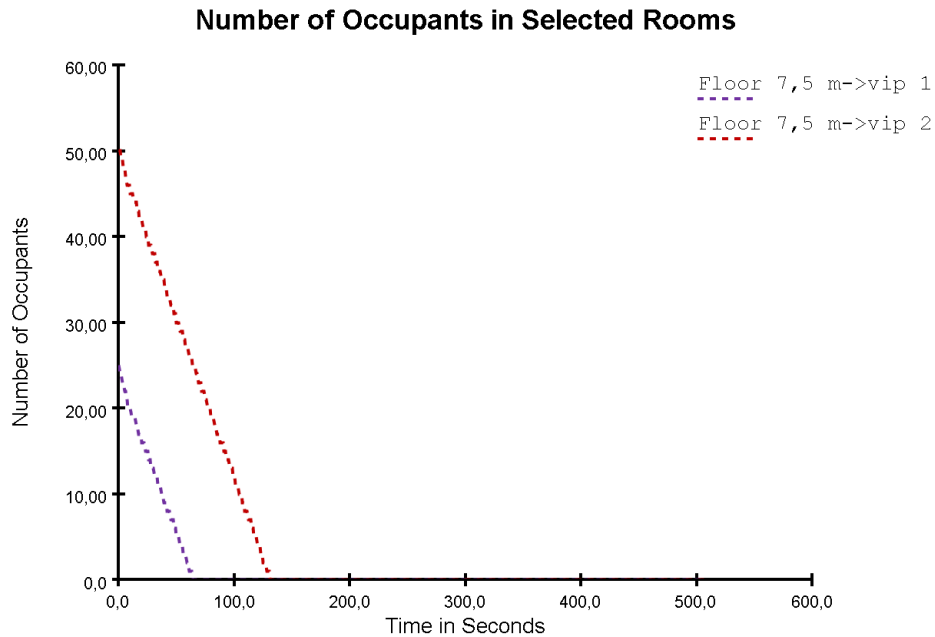


Gráfico 4.7.1.10.: “Número de ocupantes de cada parte del segundo piso del recinto 1 en función del tiempo según análisis computacional en Pathfinder.”

COMPARACIÓN DE LA OCUPACIÓN DE PISTA CENTRAL Y DE TERRAZA EXTERIOR EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

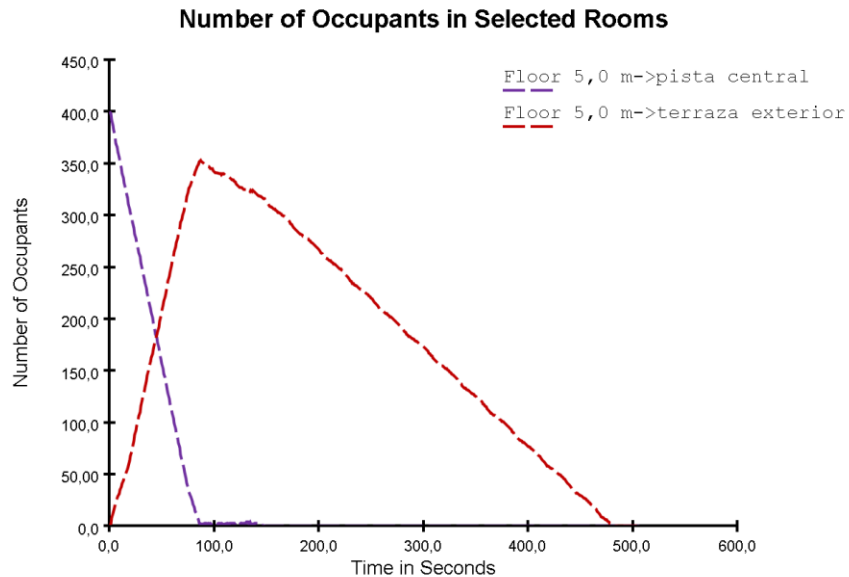


Gráfico 4.7.1.11.: “Número de ocupantes en pista central y terraza exterior del recinto 1 en función del tiempo según análisis computacional en Pathfinder.”

- MAPAS

DENSIDAD DE CIRCULACIÓN/OCUPACIÓN

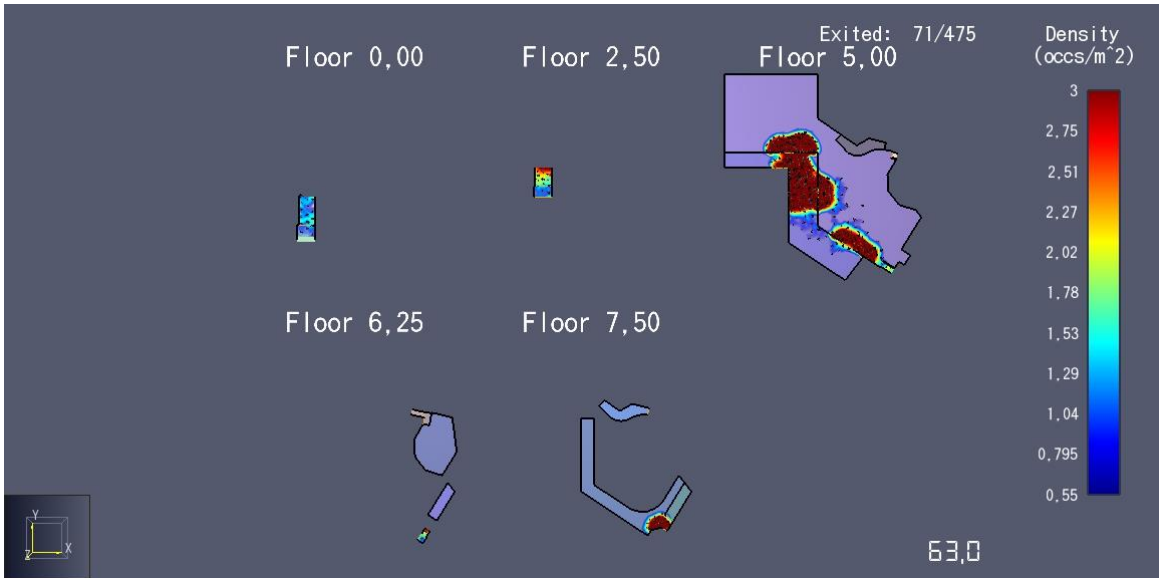


Ilustración 4.7.9.: “Densidad de circulación/ocupación a los 63 segundos de iniciada la evacuación en cada planta del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

NIVEL DE SERVICIO PARA LA COLA DE ESPERA EN LOS ARRANQUES DE LOS MEDIOS DE EGRESO

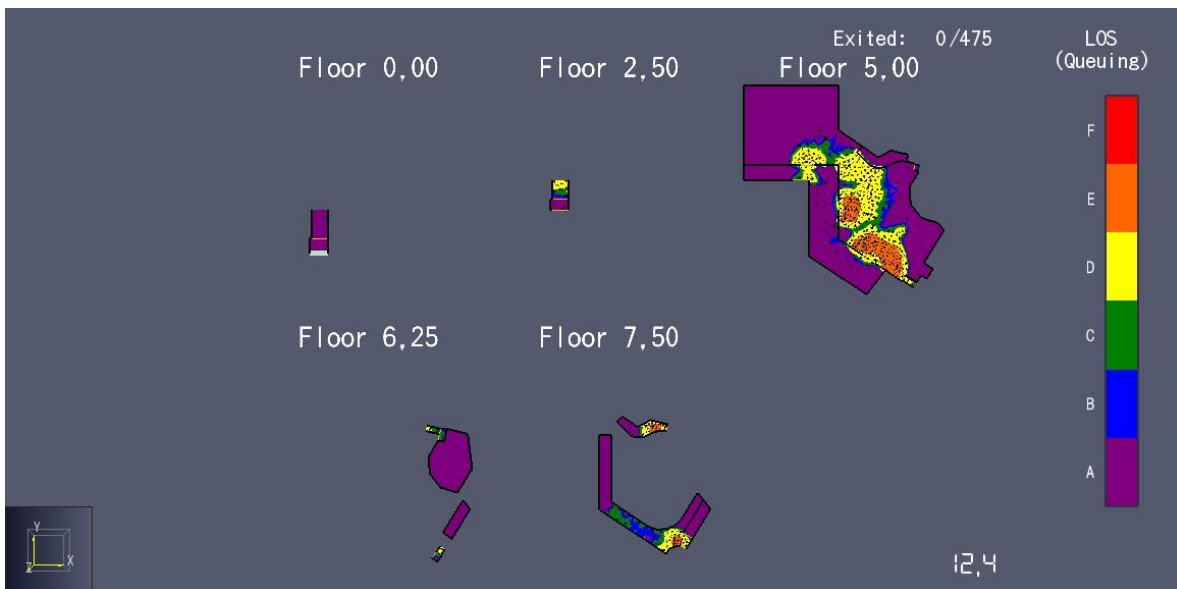


Ilustración 4.7.10.: “Nivel de servicio de la cola generada en los arranques de las salidas y escaleras en cada una de las plantas del recinto 1 a los 12 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

NIVEL DE SERVICIO PARA EL RECORRIDO DE EVACUACIÓN

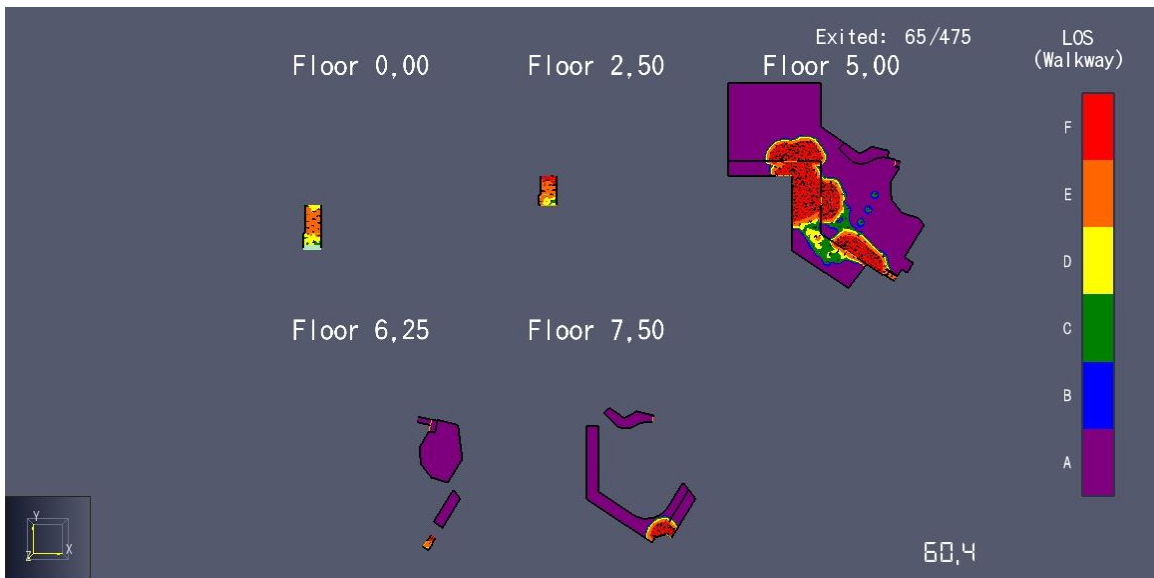


Ilustración 4.7.11.: “Nivel de servicio del camino de recorrido hacia las salidas en cada una de las plantas del recinto 1 a los 60 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

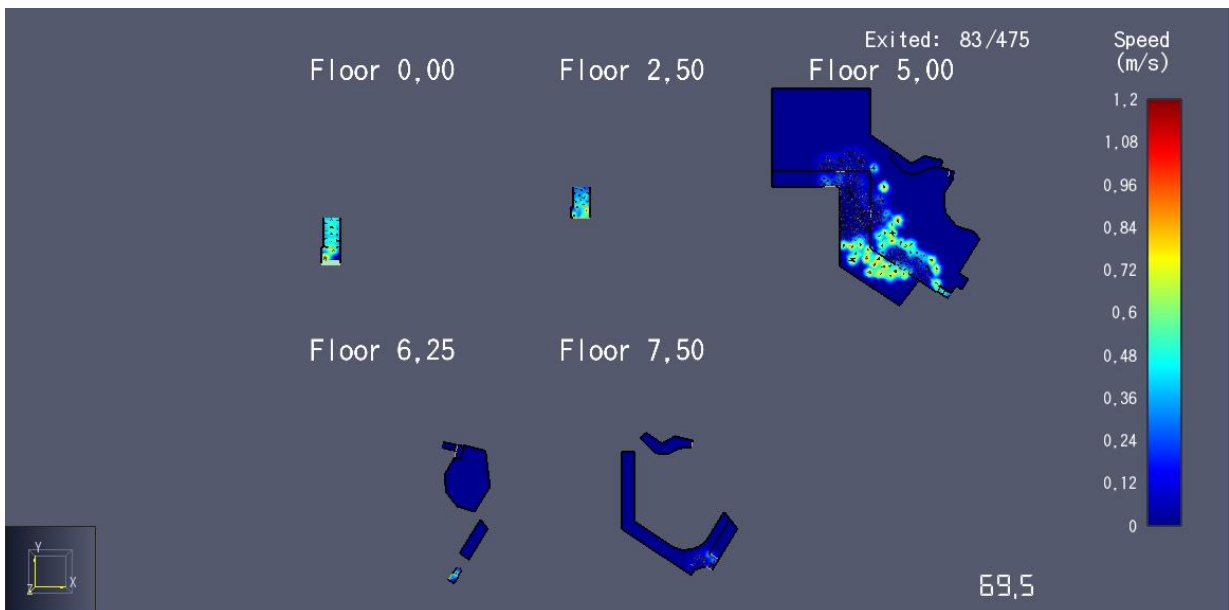


Ilustración 4.7.12.: “Velocidad de circulación en cada una de las planta del recinto 1 a los 70 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

CÍRCULOS DE PESCHL

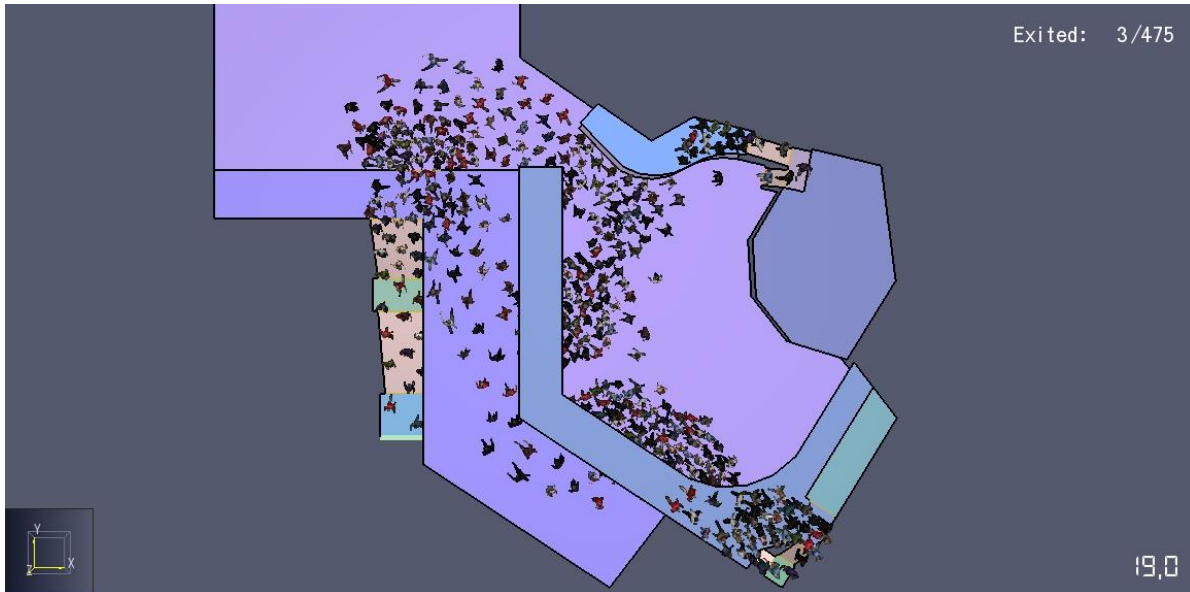


Ilustración 4.7.13.: “Círculos de Peschl generados en las arranques de las escaleras y salidas de la planta principal del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

LOCALIZACIÓN DE EXTINTORES

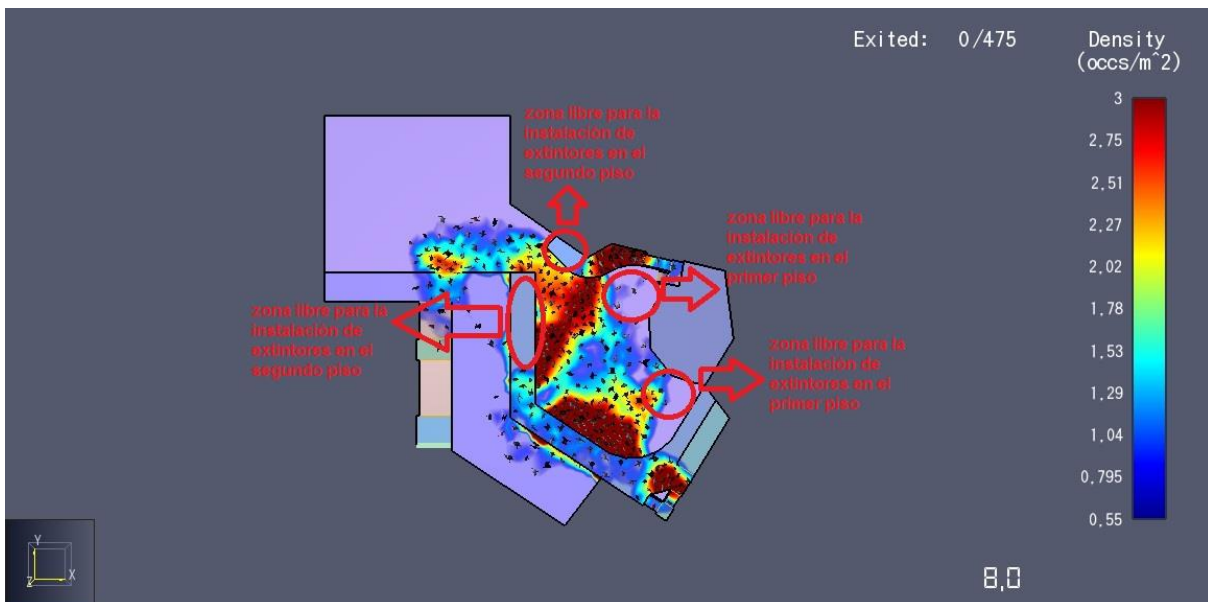


Ilustración 4.7.14.: “Lugares recomendados para la instalación de extintores en cada una de las plantas del recinto 1 a 8 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

PUNTOS DE ESTANCAMIENTO EN PRIMERA PERSONA

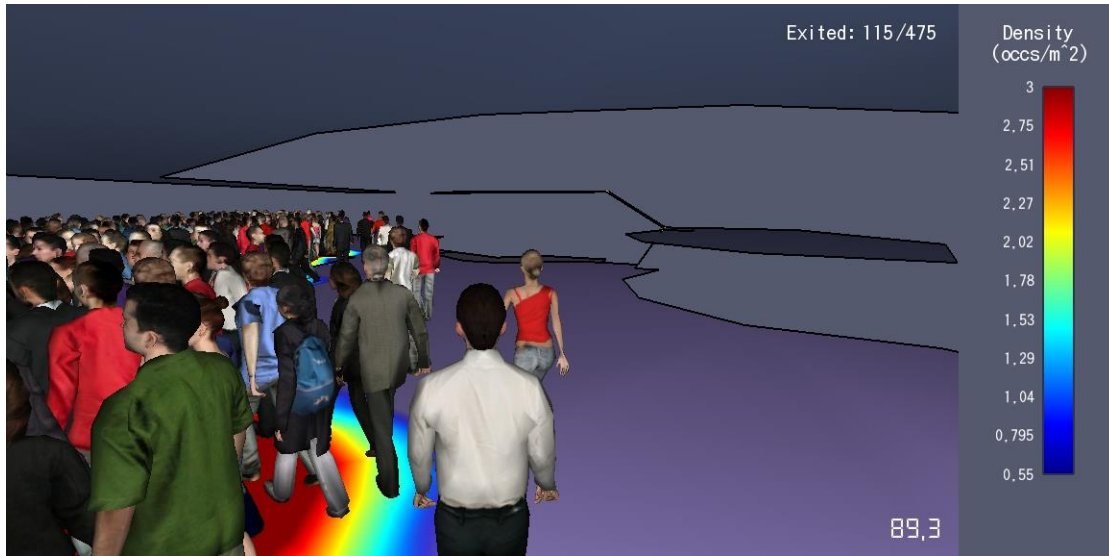


Ilustración 4.7.15.: “Vista en primera persona (desde un ocupante que proviene del vip 2 del segundo piso) de punto de estancamiento generado en la salida 03 de la planta principal del recinto 1 según análisis computacional en Pathfinder.”

4.7.1.1.3 ANÁLISIS DE GRÁFICOS Y MAPAS

- De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis computacional en Pathfinder para el problema de evacuación del recinto 1 (ver tabla 4.7.1.7.), solamente el tiempo total de movimiento supera los 8 minutos, por ende, ante ausencia de medios de protección contra el fuego y de control de humo hay una alta probabilidad que las personas al momento de su evacuación de presenten dificultades para evacuar de forma segura.
- Para la asignación de ocupantes a cada salida (ver tabla 4.7.1.7), la salida 01 evacúa a un número superior de personas en comparación con la salida 02 y 03, sin embargo, estas últimas son las que evacuan a las últimas personas desde el interior del recinto hacia la terraza exterior en un tiempo de 150 segundos aproximadamente (ver gráfico 4.7.1.3),
- El flujo específico de la salida 01, 02 y 03 alcanzan casi el máximo de 1,316 [$pers/m * s$].(Ver gráfico 4.7.1.6.).
- Los límites de ocupación de la terraza exterior para los que la densidad es cercana a 3,5 [$pers/m^2$] no es sobrepasada (ver ilustración 4.7.9). El valor máximo de ocupación es de 368 personas, y se alcanzan 353 ocupantes (Ver gráfico 4.7.1.11). Sin embargo, pese a que no se alcanza la retención, si la velocidad del flujo es cercano a 0 (ver ilustración 4.7.12).

- Las densidades de circulación máximas están presentes en los puntos que marcan los arranques de las escaleras en el segundo piso, en las salidas de la planta principal, en la terraza exterior y en el arranque de la escalera de acceso. La razón de estos cambios en las condiciones del flujo se deben a el brusco cambio de ancho de los elementos de evacuación o a la unificación del flujo que proviene de las salidas en dirección a la terraza exterior (ver ilustración 4.7.9.).
- El nivel de servicio de la cola de espera en los arranques de las escaleras del interior del recinto es D según las tablas A.2.1.del Anexo A. Esto se traduce en que los ocupantes experimentan una espera poco confortable con posible contacto entre ellos, circulación restringida y sólo es posible el movimiento en grupo. Por otra parte, el nivel de servicio del recorrido de evacuación es D según las tablas A.2.1.del Anexo A, lo que significa que la velocidad de desplazamiento y adelantamientos son casi imposibles, y para las personas ubicadas en las colas de los arranques de los medios de egreso, el nivel de servicio de desplazamiento es F, es decir, contacto físico inevitable y adelantamientos imposibles.
- En las escaleras 1 y 2 (ver ilustración 4.7.12.) se generan retenciones producto de las grandes diferencias de flujo específico entre los arranques de las escaleras y las escaleras mismas donde las personas tienen un tiempo en la cola (ver ilustración 4.7.10.) cuyo nivel de servicio es D y que según las tablas A.2.1. del Anexo A indica una reducción de la velocidad de desplazamiento y adelantamientos casi imposibles.
- Para las salida 02 y 03, las personas deberán esperar un tiempo en la cola (ver Ilustración 4.7.10.) cuyo nivel de servicio es E, que según las A.2.1.del Anexo A indica una espera de contacto inevitable entre los ocupantes, circulación imposible, y en este contexto, las esperas deben reducirse al mínimo (ver Ilustración 4.7.15.).
- Para la salida 01 y el arranque de la escalera acceso las personas esperan un tiempo en la cola (ver ilustración 4.7.10.) cuyo nivel de servicio es D, que según las tablas A.2.1.del Anexo A, indica una reducción de la velocidad de desplazamiento y adelantamientos casi imposibles. En el caso de la terraza exterior, las personas circulan de acuerdo a un nivel de servicio F (ver Ilustración 4.7.11.) que según las A.2.1.del Anexo A, indica una velocidad reducida, contacto inevitable entre personas y adelantamientos imposibles.
- Los círculos de Peschl observados en la ilustración 4.7.13 nos da directrices de cómo evoluciona el área de ocupación de la cola en las inmediaciones de las salidas con el fin de localizar los lugares donde la densidad de ocupación es nula durante los primeros segundos de iniciado el fuego, y así, establecer estos puntos como los más idóneos para la instalación de los extintores. De esta forma, se puede garantizar que cualquier persona que decida atacar el fuego incipiente no tendrá dificultades de acceso producto de la alta congestión presente en el interior del recinto y así actuar en el menor tiempo posible. De acuerdo a lo anterior, como mínimo se debe instalar un extintor por ambiente en los lugares marcados en la ilustración 4.7.14.

4.7.1.1.4 TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN

El tiempo total de evacuación del recinto 1 es de 686 segundos y se divide en dos períodos. El primero de 328 segundos (5,5 minutos) se calcula como el necesario para que el último ocupante, que pertenecía a la ocupación del vip 2 del segundo piso, se encuentre libre de los efectos del humo y fuego; y el segundo de casi 6 minutos, que es el necesario para que los ocupantes lleguen a un destino seguro de cualquier riesgo de incendio (ver detalle en tabla 4.7.1.8).

Tabla 4.7.1.8.: “Detalle de los resultados del tiempo total de evacuación del recinto 1.”

Ocupantes del vip 2 del segundo piso	Tiempo de detección, alarma y premovimiento [s]	180
	Tiempo de movimiento de la evacuación del segundo piso [s]	131
	TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN DE LA PLANTA DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO [s]	311
	Tiempo de movimiento de evacuación de la pista central primer piso [s]	17
	TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO [s]	328
	Tiempo de movimiento hasta el arranque de la escalera acceso [s]	334
	Tiempo de movimiento hasta DS (Destino Seguro)[s]	506
	TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN HASTA DS [s]	686

Finalmente, el tiempo considerado como RSET (Required Safe Evacuation Time) del recinto 1 para el segundo piso es de 311 segundos y de 328 segundos (5,5 minutos) para la evacuación de la planta principal y de esta forma los ocupantes estén fuera del recinto libres de los efectos del fuego y humo.

4.7.1.2 ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)

4.7.1.2.1 ESCENARIO DE INCENDIO 1A

4.7.1.2.1.1 DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES

La carga combustible del recinto está concentrada principalmente en el vip 2 del segundo piso (ver ilustración 4.7.16.) y está conformada por mobiliario del tipo espécimen 1 y 2 que son en definitiva sillones y sillas

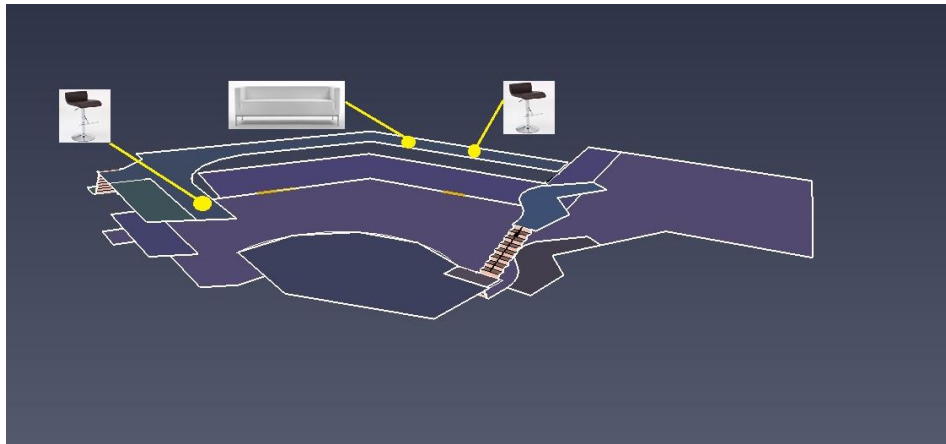


Ilustración 4.7.16.: “Vista superior de la ubicación de las cargas combustibles en el vip 2 del segundo piso del recinto 1.”

Además la superficie del mobiliario del vip 2 del segundo piso tiene un valor de 40 m². El detalle de las áreas útiles totales de cada uno de los especímenes usados para el análisis se encuentra en la tabla 4.7.1.9.

Tabla 4.7.1.9.: “Área útil de cada uno de los tipos de mobiliario (especímenes) del recinto 1.”

Área total de mobiliario [m2]	40
Área útil total de espécimen 1 [m2]	30
Área útil total de espécimen 2 [m2]	10

Finalmente, el recinto 1 tiene una carga combustible total para el escenario 1A de 7450 MJ y una densidad de carga combustible de 186,3[MJ/m²] (ver detalle de cálculo en tabla 4.7.1.10.).

Tabla 4.7.1.10.: “Densidad de carga combustible y carga combustible total del recinto 1.”

Especimén	Densidad de carga combustible [MJ/m2]	Área útil total [m2]	Carga combustible [MJ]
1	170	30	5100
2	235	10	2350
Densidad de carga total combustible [MJ/m2]	186,3	Carga total combustible [MJ]	7450

4.7.1.2.1.2 PUNTO DE IGNICIÓN

El punto de ignición más crítico del recinto 1 se encuentra localizado en el vip 2 del segundo piso que se caracteriza por tener una gran presencia de instalaciones eléctricas como cables, luces, etc.



Ilustración 4.7.17.: “Vista superior del punto de ignición del escenario 1A ubicado en el vip 2 del segundo piso del recinto 1.”

La fuente de ignición descrita anteriormente es del tipo radiactivo la que producto del algún corte de electricidad o sobrecarga genera una chispa que inicia la ignición espontánea de los materiales combustibles más cercanos.

4.7.1.2.1.3 CRECIMIENTO

- **GEOMETRÍA DEL RECINTO**

Las dimensiones del área total superficial y volumen del recinto 1, y del área y altura promedio de las aberturas están en la tabla 4.7.1.11.

Tabla 4.7.1.11: “Área total y altura promedio de las aberturas, y área total superficial y volumen total del recinto 1.”

Recinto	Área superficial total [m ²]	Volumen [m ³]	Área total de aberturas [m ²]	Altura promedio de las aberturas [m]
1	1316	2000	14	2,2

- **COEFICIENTE F**

Se tiene un valor de factor de abertura F de 0,015 [1/m] para el recinto 1.

- **EVOLUCIÓN TIEMPO-TEMPERATURA**

La curva tiempo-temperatura del recinto 1 con un factor de abertura de ventilación F de 0,015 [1/m] se detalla en el gráfico 4.7.1.12.

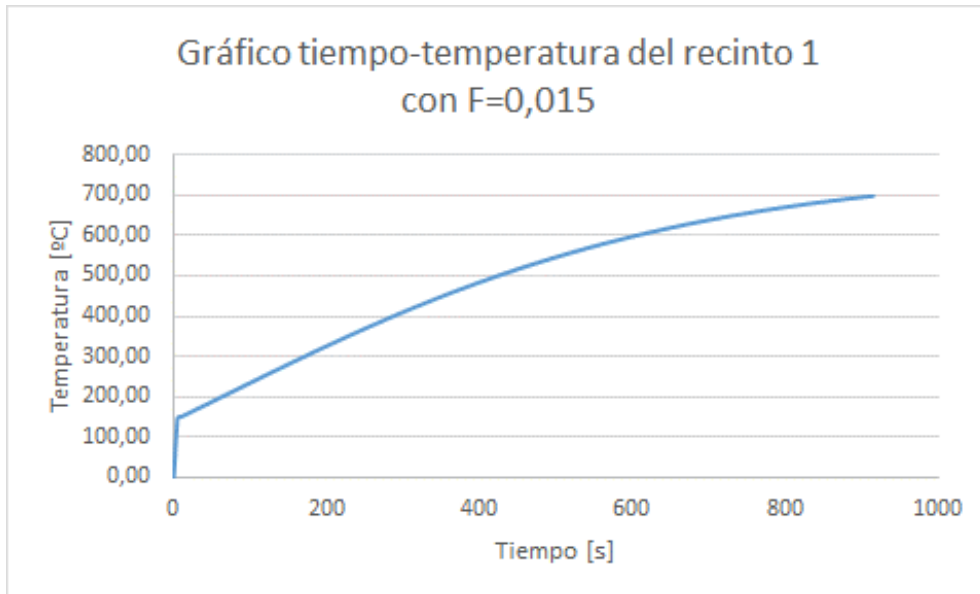


Gráfico 4.7.1.12.: “Relación tiempo-temperatura del recinto 1 con un coeficiente de abertura $F=0,015$.”

De acuerdo a lo anterior, los 600°C se alcanzan en el interior del recinto en un tiempo de 600 segundos.

- **FLUJO DE CALOR**

El flujo total de calor producido dentro del recinto 1 se divide en parte en el flujo de calor por convección y en el flujo de calor por radiación (ver gráficos 4.7.1.13 y 4.7.1.14).

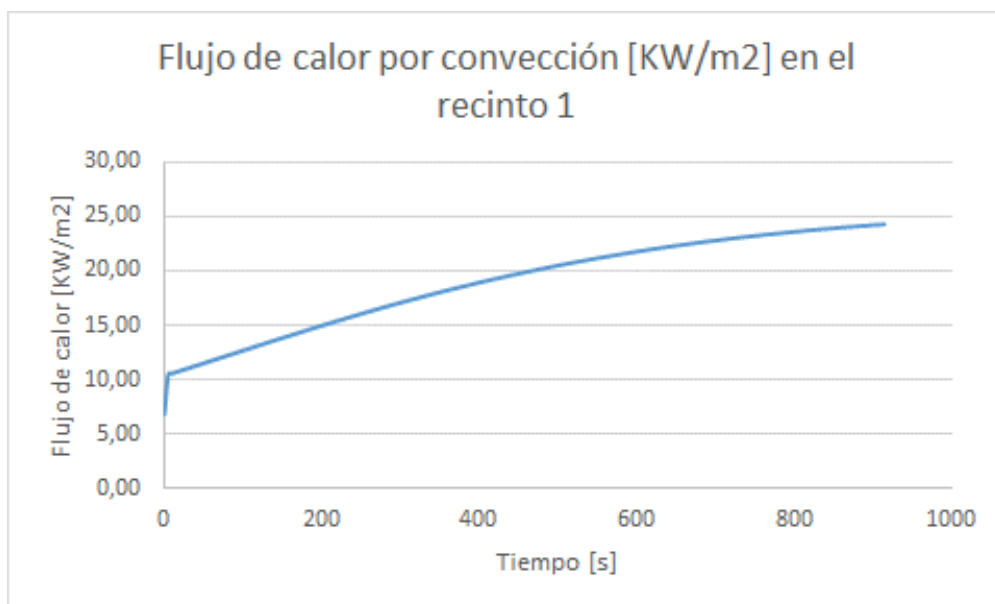


Gráfico 4.7.1.13.: “Flujo de calor por convección por unidad de área en función del tiempo para el recinto 1 con un coeficiente de calor de convección de $0,25[\text{kW}/\text{m}^2]$.”

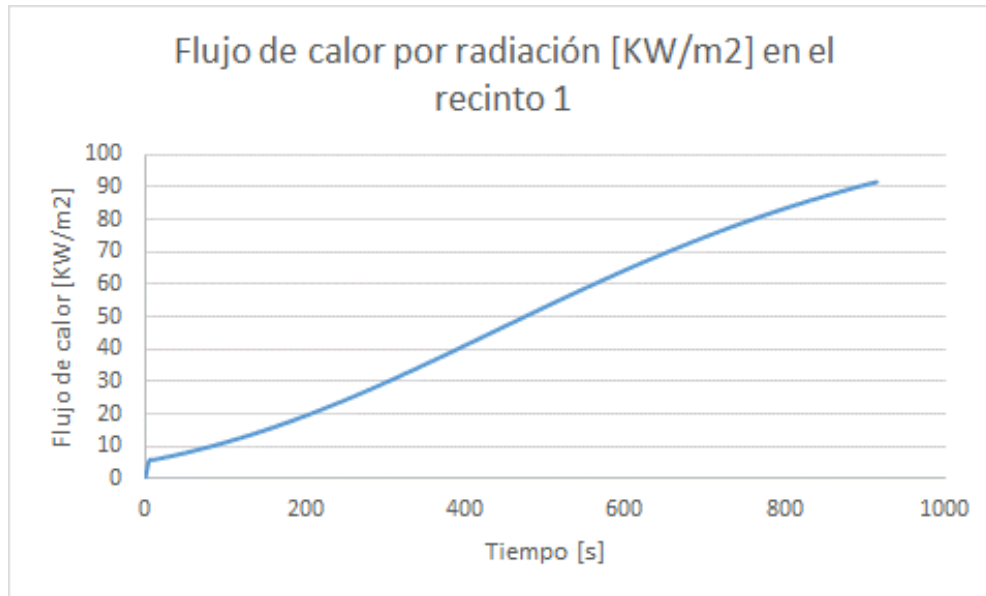


Gráfico 4.7.1.14.: “Flujo de calor por radiación por unidad de área en función del tiempo para el recinto 1.”

El flujo de calor típico de una situación de flashover es de 20 [kW/m²]. Éste se alcanza a los 470 segundos para el flujo por convección y a los 215 segundos en el caso del flujo por radiación.

- **ALTURA**

La altura total del recinto 1, con forma de atrio, es de 5 m y la altura entrepisos es de 2,5 m.

- **MATERIAL DE LA ENVOLVENTE**

La envolvente del recinto 1 es de hormigón armado y sus propiedades térmicas se muestran en detalle en la tabla 4.7.1.12.

Tabla 4.7.1.12.: “Propiedades térmicas la envolvente del recinto 1 de hormigón armado.”

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Hormigón	2200	837	1,4	0,761

4.7.1.2.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO

- **VELOCIDAD DE CRECIMIENTO**

De acuerdo al uso del recinto ocupación de pública concurrencia se tiene una velocidad ultrarrápida de crecimiento del fuego.

Tabla 4.7.1.13.: “Tipo de velocidad de propagación del recinto 1.”

Occupancy	Growth rate
Dwellings	Fast
	Medium
Schools, offices	Medium
	Fast
Hotels, nursing homes etcetera	Fast
	Fast
Shopping centres, entertainment centres	Fast
	Fast
	Ultra-fast

- **EVOLUCIÓN DE HEAT RELEASE RATE DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

El valor de la tasa de crecimiento ultrarrápida del fuego α en el recinto 1 es 0,188.

- **PEAK HEAT RELEASE RATE EN UN INCENDIO CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN**

El valor del área total de abertura es 14 m² y su altura promedio es de 2,2 m. Luego, la magnitud del peak heat release rate controlado por la ventilación es $\dot{Q}_v = 14224 \text{ KW}$.

- **FLASHOVER**

La tasa de liberación de calor en el flashover Q_{FO} es de 29051 KW . El detalle del cálculo de los de los parámetros usados para obtener el calor en el flashover está en la tabla 4.7.1.12 y 4.7.1.14.

Tabla 4.7.1.14.: “Parámetros para obtener la tasa de liberación de calor en el flashover para el escenario 1A del recinto 1.”

Espesor de la envolvente [m]	0,2
Tiempo de penetración termica [s]	13140
Coefficiente de transferencia de calor efectivo[KW/m2°K]	0,083
Tiempo en el que se alcanzan los 500 ° C [s]	425

- **CURVA DE DISEÑO DE HRR**

El calor total generado por el fuego de los materiales combustibles del interior del recinto 1 es de 7450 MJ. La forma en cómo se distribuye el calor generado entre las etapa de crecimiento ultrarrápido y el flashover se obtienen de la tabla 4.7.1.15.

Tabla 4.7.1.15: “Parámetros del fuego generado para obtener la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 1A del recinto 1.”

Calor total generado [KJ]	7450000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (33%)[KJ]	2483333,3
Calor total generado en la etapa de flashover (40%)[KJ]	2980000
Peak de tasa de liberación de calor controlado por la ventilación[KW]	14224
Tasa de liberación de calor en el flashover[KW]	29051

La curva de diseño de HRR se calcula utilizando la condición que $\int HRR_i = Q_i$ para cada etapa y que además se tiene un crecimiento ultrarrápido (ver gráfico 4.7.1.15).

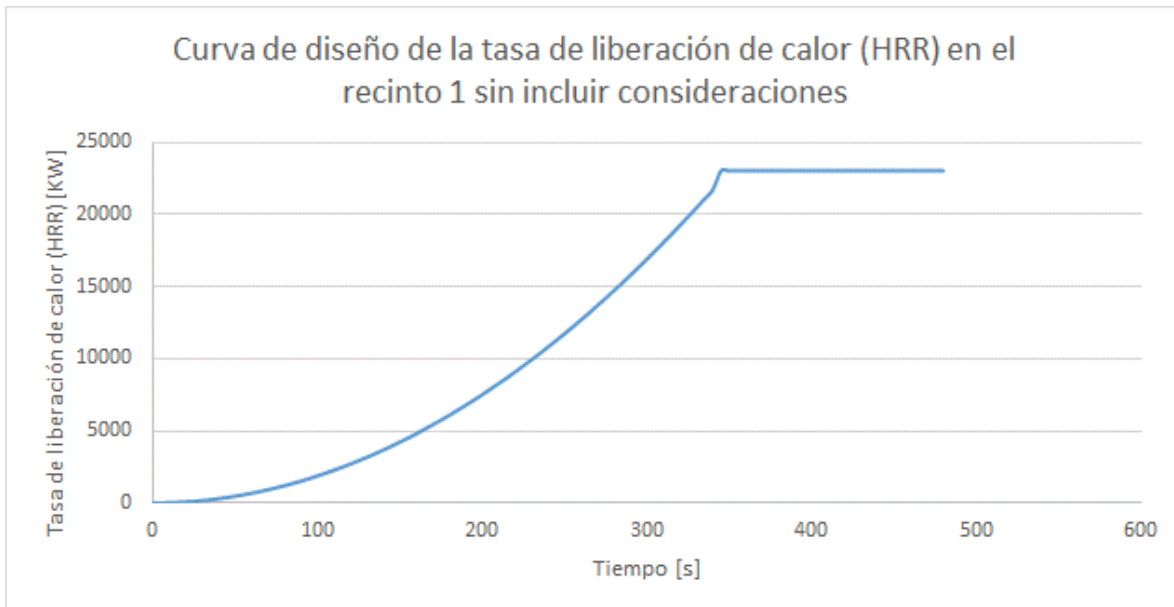


Gráfico 4.7.1.15.: “Curva de diseño de la tasa de liberación de calor del recinto 1 sin incluir consideraciones.”

Ahora, si incorporamos las restricciones tanto del peak Heat Release Rate controlado por la ventilación como del HRR en el flashover detallados en la tabla 4.7.1.15, se recalculan los valores del calor generado para cada etapa (ver tabla 4.7.1.16).

Tabla 4.7.1.16.: “Parámetros del fuego generado para obtener la tasa de liberación de calor de diseño del escenario 1A para el recinto 1.”

Calor total generado [KJ]	7450000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (17,5%)[KJ]	1303750,0
Calor total generado en la etapa de flashover (52,5%)[KJ]	3911250

Finalmente, la curva definitiva de la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 1A es la expuesta en el gráfico 4.7.1.16.

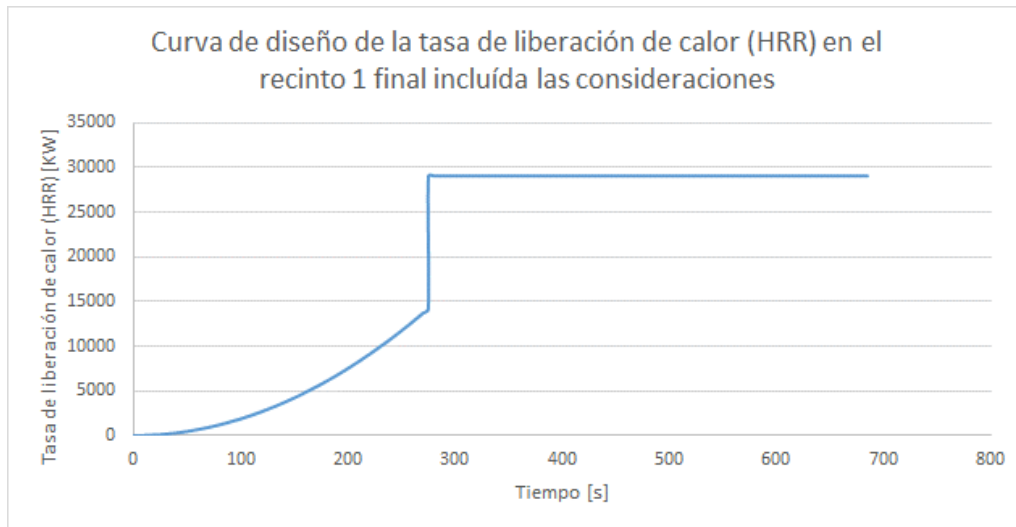


Gráfico 4.7.1.16.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del recinto 1 incluida las consideraciones.”

4.7.1.2.1.5ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE

4.7.1.2.1.5.1 DATOS DE ENTRADA

- **GEOMETRÍA**

El problema sólo puede abordarse mediante geometrías cuadradas, por tanto, las dimensiones del recinto virtual 1 para el análisis computacional se detallan en la tabla 4.7.1.17.

Tabla 4.7.1.17.: “Dimensiones geométricas del recinto 1 virtual.”

Ancho [m]	10,5
Largo [m]	38
Volumen virtual del recinto [m3]	2000
Volumen total del recinto [m3]	2000

- **HRR DE DISEÑO**

La curva de diseño de la tasa de liberación de calor HRR para el escenario 1A está descrita en el gráfico 4.7.1.17.

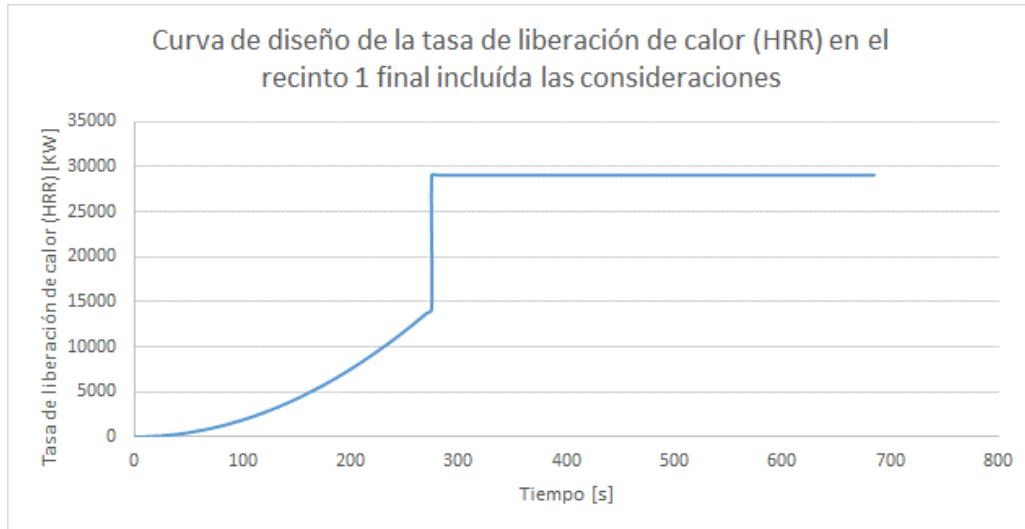


Gráfico 4.7.1.17.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del recinto 1 para el escenario de incendio 1A.”

- **RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS**

El detalle del cálculo desde el flujo de aire entrante hasta la tasa de producción de cada uno de los gases tóxicos, se obtienen de acuerdo al apartado 2.2.6.1.2. “Gases de incendio.”

Tabla 4.7.1.18.: “Resumen de los parámetros de entrada para el análisis del comportamiento del fuego dentro del recinto 1 para el escenario 1A.”

Velocidad de crecimiento del fuego	ultrarápida
α [KW/s ²]	0,188
Liberación máxima de calor [KW]	29051
Superficie máxima de incendio [m ²]	40
Superficie total del recinto [m ²]	400
Carga Total combustible [MJ]	7450
Densidad de carga combustible total [MJ/m ²]	18,6
Flujo de aire entrante [g/s]	10,4
Mass Loss Rate por unidad de área [g/m ² *s]	21,9
Flujo total de calor por unidad de área [KW/m ²]	70
Pérdida de calor por reirradiación por unidad de área [KW/m ²]	17,5
Calor de gasificación [KJ/g]	2,4
Mass Loss Rate [g/s]	875
Radio estequiométrico (1/r)	8,78
Radio equivalente (ϕ)	740
Condiciones de ventilación	Poca ventilación
Tasa de producción de CO [kg/kg]	1,41
Tasa de producción de CO ₂ [kg/kg]	2,21
Tasa de producción de HCN [kg/kg]	0,1
Tasa de producción de Hollín [kg/kg]	0,222

4.7.1.2.1.5.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD ⁹⁾

Los resultados del análisis en Branzfire para el escenario de incendio 1A de alturas de capa de humo, fracción de dosis efectiva (FED), temperatura y visibilidad se encuentran en la tabla 4.7.1.19.

Tabla 4.7.1.19.: “Resultados del análisis en Branzfire para el análisis del comportamiento del fuego dentro del recinto 1 para el escenario 1A con respecto a los tiempos en los cuáles las condiciones mínimas para la seguridad humana son sobrepasadas.”

PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD HUMANA	Tiempo [s]
Altura de la capa de humo de 2 m (medidos desde la cota +2,50 m)	60,0
Temperatura de la capa de humo alcanza los 80°C	110
FED gases igual a 0,1	211
Visibilidad de 15 m a 2 metros del suelo	211
Altura de la capa de humo de 2 m (medidos desde la cota +0,00 m)	210

De acuerdo a la tabla anterior se tiene un tiempo disponible para el primer piso y otro para el segundo piso. Por un lado, el tiempo máximo disponible del segundo piso es de 60 segundos (1 minuto) debido a que la altura de la capa de humo iguala a la altura crítica de seguridad humana equivalente a 2 m de altura medidos desde la planta del segundo piso. Por otra parte, el tiempo máximo disponible de la planta principal es de 210 segundos (3,5 minutos). Este período corresponde al momento en el cuál la altura de la capa de humo es igual a la altura crítica de seguridad humana de 2,0 m medidos desde el suelo y en el que además se alcanzan los límites tanto de FED como de la visibilidad de señales de emergencia. **[21]** No se considera como tiempo disponible para la primera planta al momento en el que la capa de humo sobrepasa los 80°C, que es a los 110 segundos, puesto que la capa de humo aún no llega al primer piso.

⁹⁾ Ver resultados en apartado I.2.2 del Anexo I.

- GRÁFICOS

ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO

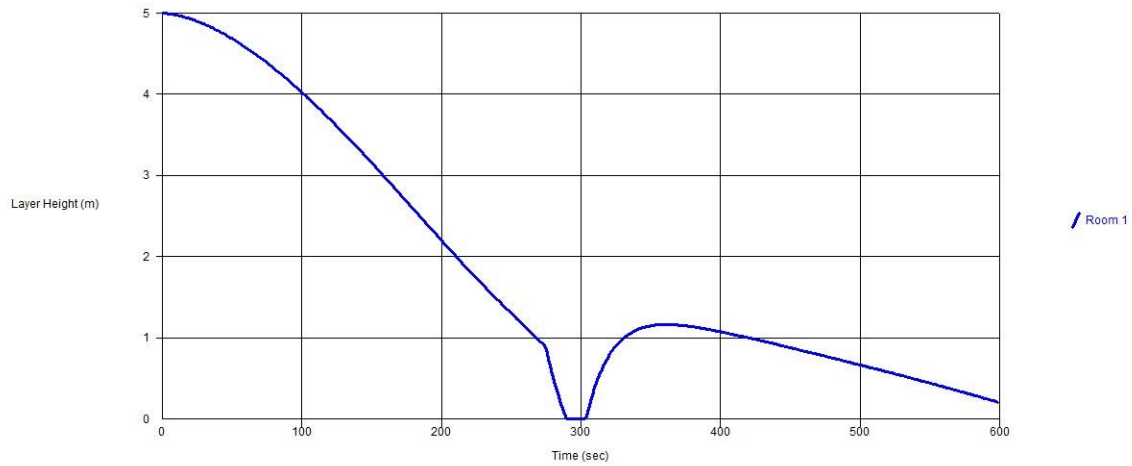


Gráfico 4.7.1.18.: “Evolución del espesor de la capa de humo dentro del recinto 1 para el escenario 1A según Branzfire.”

TEMPERATURA

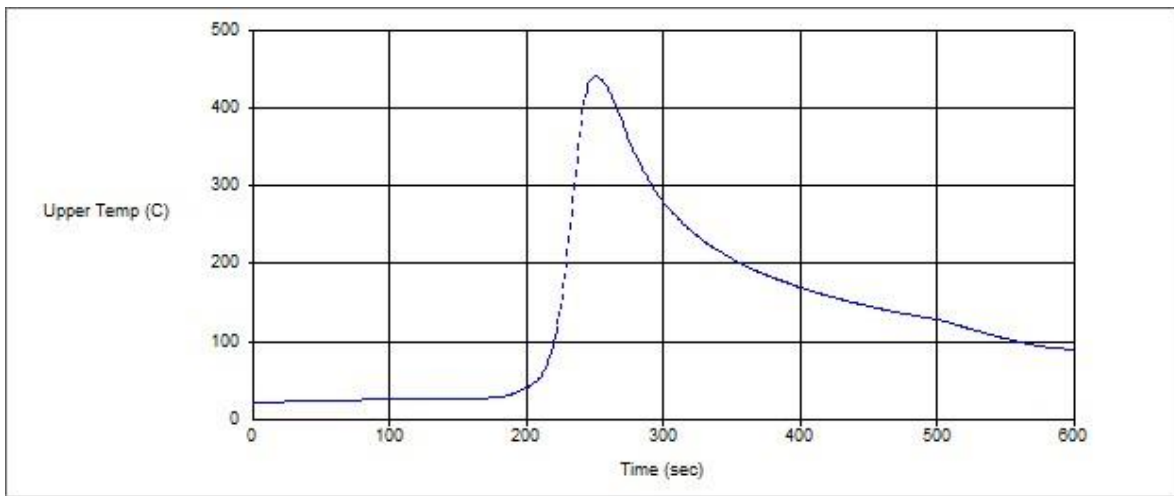


Gráfico 4.7.1.19.: “Evolución de la temperatura de la capa de humo dentro del recinto 1 para el escenario 1A según Branzfire.”

DOSIS FRACCIONAL EFECTIVA (FED)

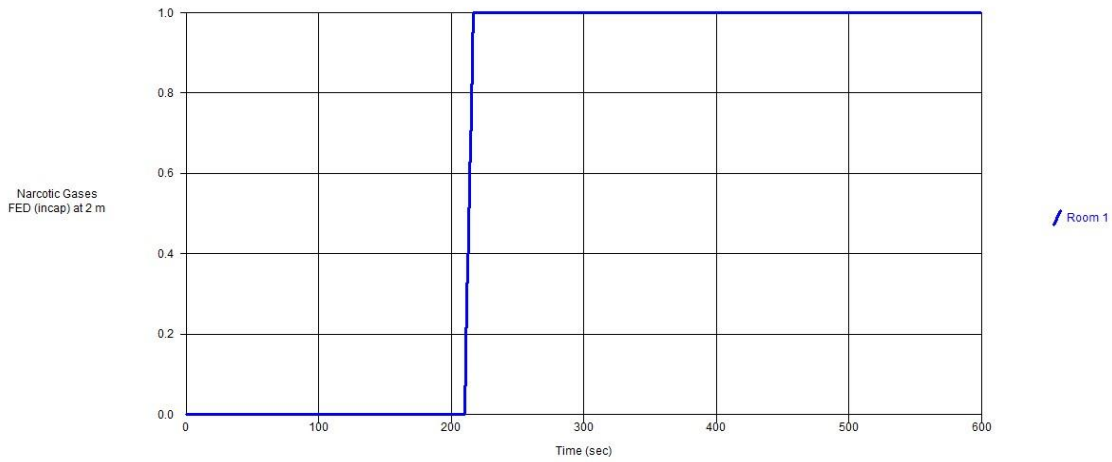


Gráfico 4.7.1.20.: “Evolución de FED de gases tóxicos dentro del recinto 1 para el escenario 1A según Branzfire.”

VISIBILIDAD

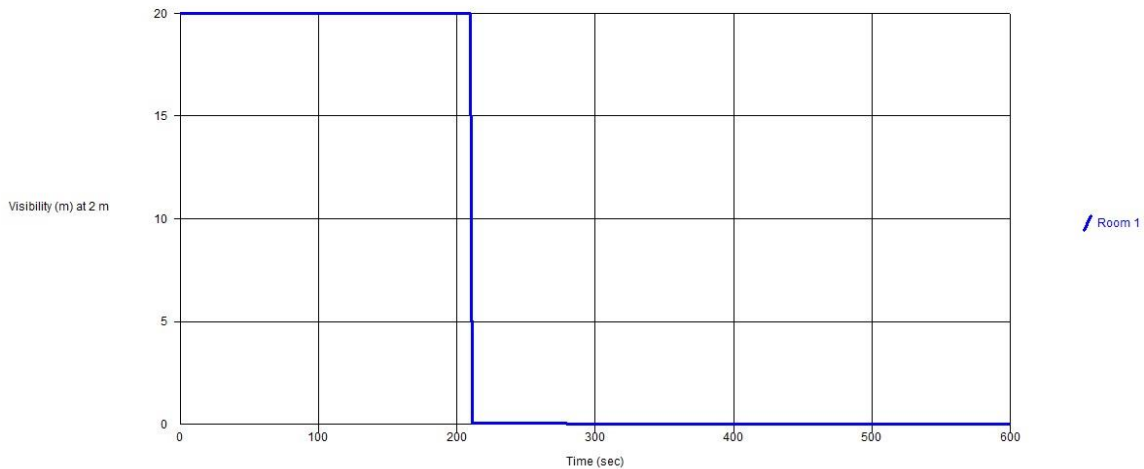


Gráfico 4.7.1.21.: “Evolución de la visibilidad a 2 metros sobre el suelo dentro del recinto 1 para el escenario 1A según Branzfire.”

CONCENTRACION DE GASES: MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

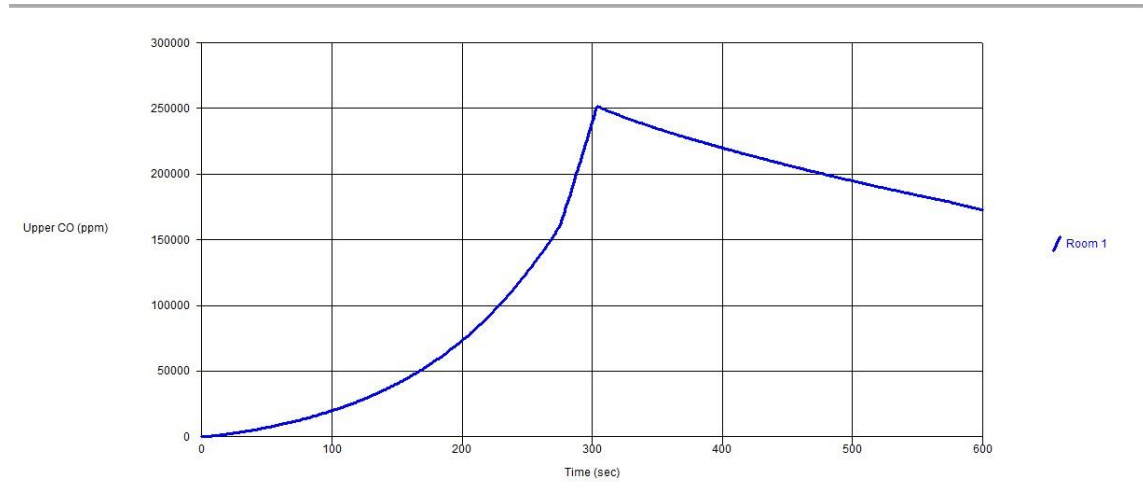


Gráfico 4.7.1.22.: “Evolución de la concentración de CO dentro del recinto 1 para el escenario 1A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

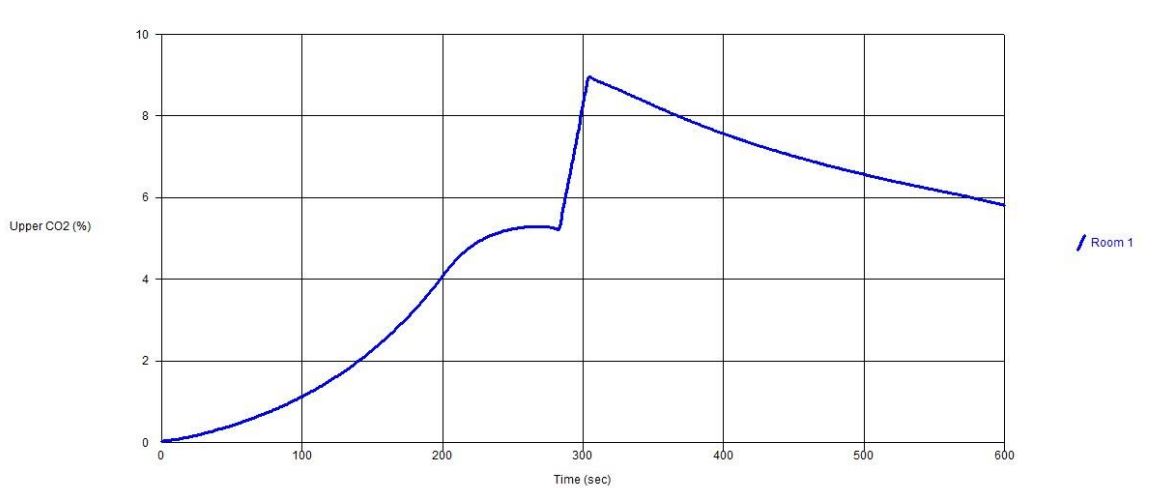


Gráfico 4.7.1.23.: “Evolución de la concentración de CO₂ dentro del recinto 1 para el escenario 1A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: ÁCIDO CIANHÍDRICO (HCN)

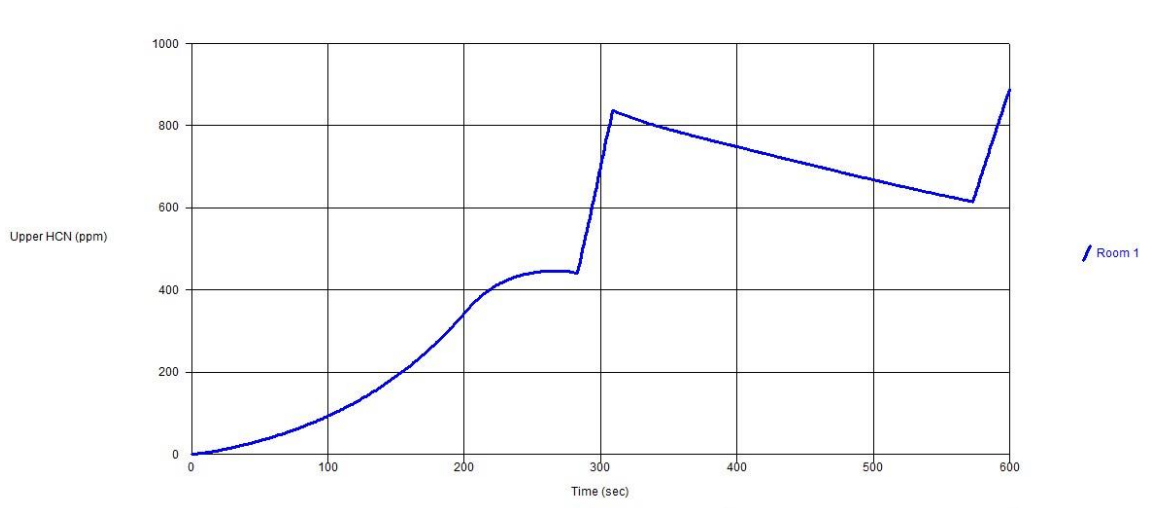


Gráfico 4.7.1.24.: “Evolución de la concentración de HCN dentro del recinto 1 para el escenario 1A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: OXÍGENO (O₂)

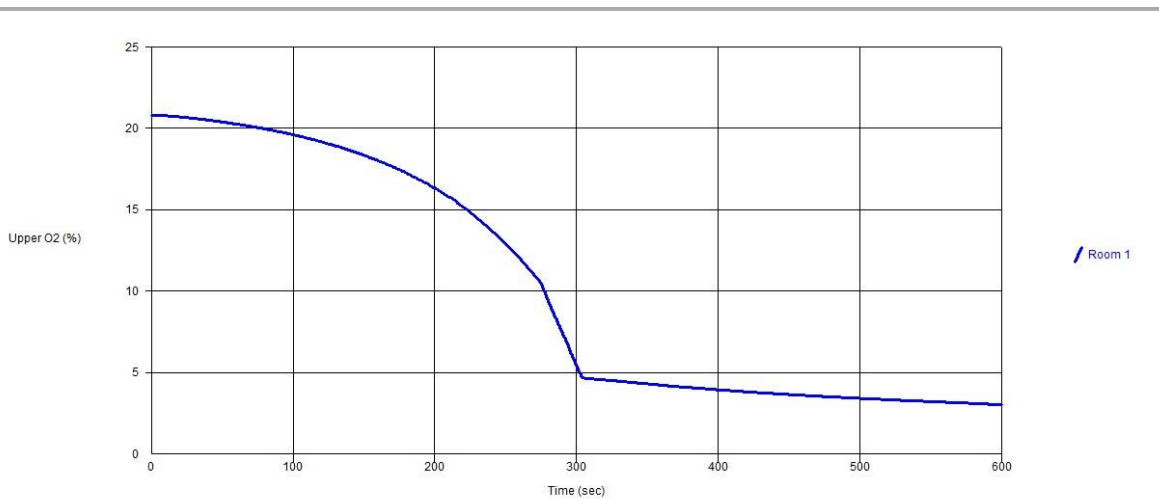


Gráfico 4.7.1.25.: “Evolución de la concentración de O₂ dentro del recinto 1 para el escenario 1A según Branzfire.”

MASS LOSS RATE (MLR)

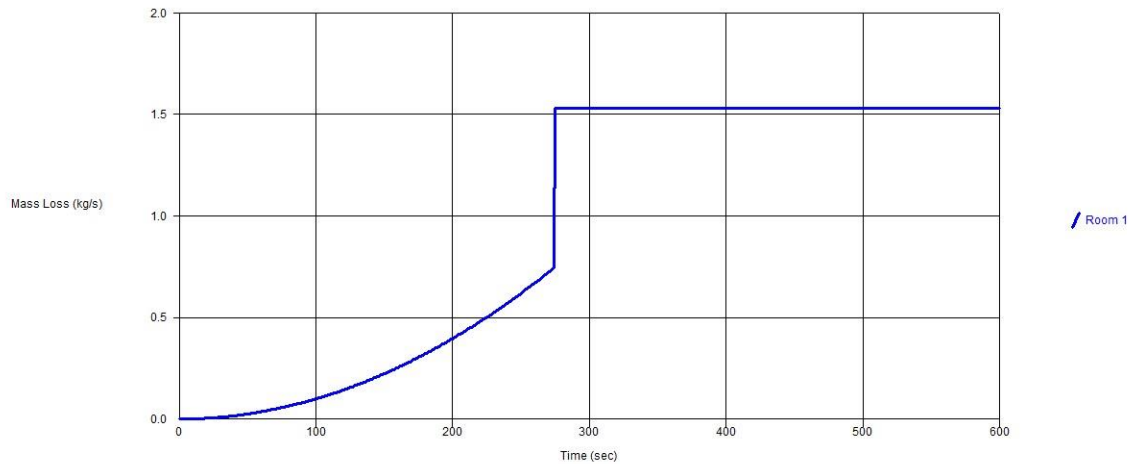


Gráfico 4.7.1.26.: “Evolución de mass loss rate (MLR) dentro del recinto 1 para el escenario 1A según Branzfire.”

4.7.1.3 RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME) VERSUS ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)

De acuerdo a los valores obtenidos para el ASET del escenario de incendio 1A del recinto 1 (ver detalle en tabla 4.7.1.21) y a los calculados para el RSET del lugar (ver detalle en tabla 4.7.1.20), se analiza el desempeño ante un incendio mediante un enfoque de sensibilidad de las salidas, o sea, 4 casos posibles que son:

- una situación óptima de evacuación (todas las salidas disponibles).
- bloqueo de salida 01.
- bloqueo de salida 02.
- bloqueo de salida 03.

Tabla 4.7.1.20.: “Resumen de valores de RSET para todos los escenarios de evacuación del recinto 1.”

ESCENARIO DE EVACUACIÓN	PISO	RSET [s]
Todas las salidas disponibles	2	311
	1	328
Bloqueo de salida 01	2	318
	1	330
Bloqueo de salida 02	2	318
	1	325
Bloqueo de salida 03	2	318
	1	331

Tabla 4.7.1.21.: “Resumen de valores de ASET para todos los escenarios de incendio del recinto 1.”

ESCENARIO DE INCENDIO	PISO	ASET [s]
1A	2	60
	1	210

Finalmente, los resultados del análisis por desempeño del recinto 1 son los siguientes:

- En una situación óptima de evacuación el tiempo requerido para que las personas abandonen el segundo piso es de 311 segundos y para el escenario 1A el tiempo disponible del segundo piso es de 60 segundos. Por lo anterior, bajo estas condiciones $ASET_{segundo\ piso} < RSET_{segundo\ piso}$.
- En una situación óptima de evacuación el tiempo requerido para que las personas evacuen la planta principal del recinto 1 es de 328 segundos y para el escenario 1A el tiempo disponible de la planta principal es de 210 segundos. Por lo anterior, bajo estas condiciones $ASET_{primer\ piso} < RSET_{primer\ piso}$.
- Producto que se tiene sólo un escenario de incendio y que los tiempos requeridos para la evacuación de todos los escenarios de evacuación son similares (ver tabla 4.7.1.20) para un tiempo disponible del segundo piso de 70 segundos y de 210 segundos de la planta principal, todos los escenarios de evacuación cumplen que $ASET < RSET$.

En conclusión, bajo el escenario 1A (el que presenta más riesgo) el recinto 1 no tendría un buen desempeño frente al desarrollo de un incendio.

4.7.2 DISCOTECA 2

4.7.2.1 RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME)

El RSET (Required Safe Evacuation Time) o tiempo total de evacuación es equivalente a la suma del tiempo anterior al movimiento más el tiempo de movimiento.

4.7.2.1.1 TIEMPO ANTERIOR AL MOVIMIENTO

4.7.2.1.1.1 TIEMPO DE DETECCIÓN Y ALARMA

No se observa la instalación de elementos de detección ni de alarma. Por simplicidad se incluye dentro del tiempo de premovimiento.

4.7.2.1.1.2 TIEMPO DE PREMOVIMIENTO

Existen dos alternativas para el cálculo del tiempo de premovimiento, éstas son la SFPE y la PD7974.

- **SFPE**

Si la categoría de ocupantes es W2 el tiempo de premovimiento es de 3 minutos (ver detalle en tabla 4.7.2.1).

Tabla 4.7.2.1.: “Detalle del cálculo del tiempo de premovimiento para ocupantes tipo W2 del recinto 2.”

Occupancy Type	W1 (min)	W2 (min)	W3 (min)
Offices, commercial and industrial buildings, schools, colleges and universities (Occupants awake and familiar with the building, the alarm system, and evacuation procedure.)	< 1	3	> 4
Shops, museums, leisure-sport centers, and other assembly buildings (Occupants awake but may be unfamiliar with building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	3	> 6

- **PD7974**

El recinto no cuenta con un sistema de alarma ni con un sistema de gestión de emergencia, la planta es amplia de fácil acceso de una alta densidad de ocupación y con ocupantes despiertos pero no familiarizados de lleno con la arquitectura del lugar.

Por lo anterior, el recinto 2 y sus ocupantes se clasifican según el detalle de la PD7974 en el apartado 4.2.3.1.1.2 cuyo resumen se encuentra en la tabla 4.7.2.2.

Tabla 4.7.2.2.: “Categoría del recinto y de los ocupantes de la discoteca 2 según PD7974.”

Categoría del edificio	B2
Nivel de alarma	A3
Complejidad del recinto	B1
Nivel de gestión de emergencia	M3

El tiempo de premovimiento según PD7974 es superior a los 15 minutos, por ende, dado lo elevado de este valor se utiliza un tiempo más cercano al enfoque SFPE. Finalmente el tiempo de premovimiento (entendido como la suma del 1-percentil y 99-percentil) es de 4,5 minutos (ver detalle en tabla 4.7.2.3).

Tabla 4.7.2.3.: “Detalle del cálculo del tiempo de premovimiento según PD7974.”

Table C.1 — Suggested pre-times for different design behavioural scenario categories

Scenario category and modifier	First occupants $\Delta t_{pre-100\%}$	Occupant distribution $\Delta t_{pre-100\%}$
A: awake and familiar		
M1 B1 – B2 A1 – A2	0.5	1.0
M2 B1 – B2 A1 – A2	1	2
M3 B1 – B2 A1 – A2	>15	>15
For B3, add 0.5 for wayfinding		
M1 would normally require voice alarm/PA if unfamiliar visitors likely to be present		
B: awake and unfamiliar		
M1 B1 A1 – A2	0.5	2
M2 B1 A1 – A2	1.0	3
M3 B1 A1 – A2	>15	>15
For B2 add 0.5 for wayfinding		
For B3 add 1.0 for wayfinding		
M1 would normally require voice alarm/PA		

En conclusión, dado los altos valores obtenidos para el criterio de PD7974 se considera el menor tiempo este criterio y el enfoque SFPE. Por tanto, **el tiempo de premovimiento de 3 minutos.**

4.7.2.1.2 TIEMPO DE MOVIMIENTO

El tiempo de movimiento de la evacuación del recinto 2 depende de las condiciones geométricas arquitectónicas y de las variables de locomoción de los ocupantes y se calcula utilizando el software pathfinder.

4.7.2.1.2.1 DATOS DE ENTRADA

- **AFORO**

La densidad de ocupación máxima del recinto es de 2,15 [*pers./m²*] en el segundo piso y de 2,42 [*pers./m²*] en el primero, o sea un módulo de ocupación máximo de 0,46 [*m²/pers.*] y 0,41 [*m²/pers.*] respectivamente para cada planta, por tanto, la ocupación de 800 personas están distribuidas: 600 en el segundo y 200 en el primer piso (ver detalle en tabla 4.7.2.4 y 4.7.2.5).

Tabla 4.7.2.4.: “Datos del segundo piso de la discoteca 2 con respecto a área total y útil, capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación			
	Total [m2]	Útil [m2]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]
Pista central 1	188,16	164,76	D	2	0,5	330	D	350	2,12	0,47
Pista central 2	125,44	92,86	D	2	0,5	186	D	200	2,15	0,46
Pasillo	43,83	33,11	D	2	0,5	67	D	50	1,51	0,66
Capacidad total de evacuación						583	Ocupación total	600		

Tabla 4.7.2.5.: “Datos del primer piso de la discoteca 2 con respecto a área total y útil, capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación			
	Total [m2]	Útil [m2]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]
Pasillo central	188,16	82,77	D	2	0,5	166	D	200	2,42	0,41
Capacidad total de evacuación						166	Ocupación total	200		

- **ASIGNACIÓN DE OCUPANTES**

La distribución de ocupantes, 800 en total, antes de iniciada la evacuación se concentra en la pista central del segundo piso y en el pasillo central en el primer piso. (Ver ilustración 4.7.18. y 4.7.19.).

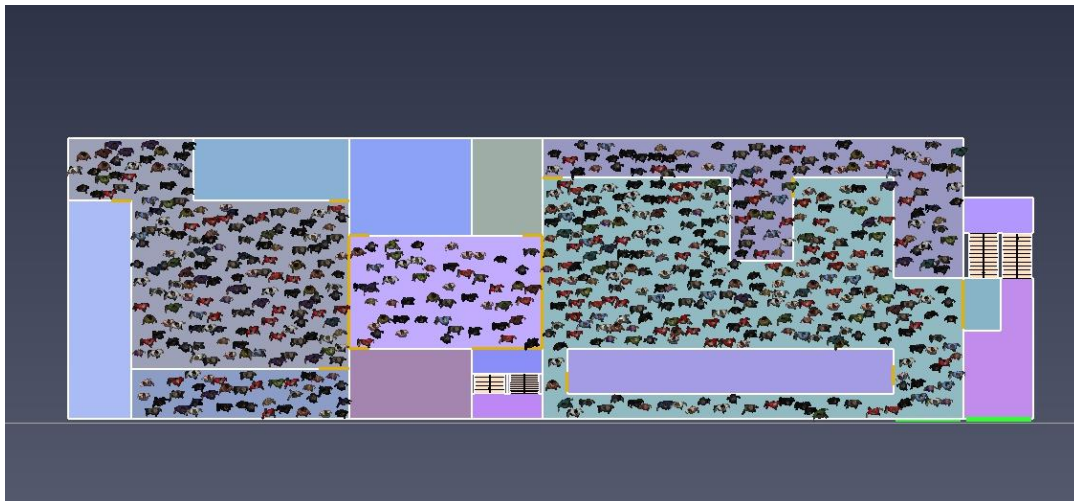


Ilustración 4.7.18.: “Asignación de ocupantes del segundo piso de la discoteca 2.”



Ilustración 4.7.19.: “Asignación de ocupantes del primer piso de la discoteca 2.”

- **PLANOS DE ARQUITECTURA**

El modelo de evacuación en Pathfinder del recinto 2 (ver ilustración 4.7.22) se obtiene exportando los planos en formato DXF (Ver Ilustración 4.7.20. e Ilustración 4.7.21.) manteniendo las condiciones arquitectónicas en relación a las dimensiones reales de los medios de evacuación.

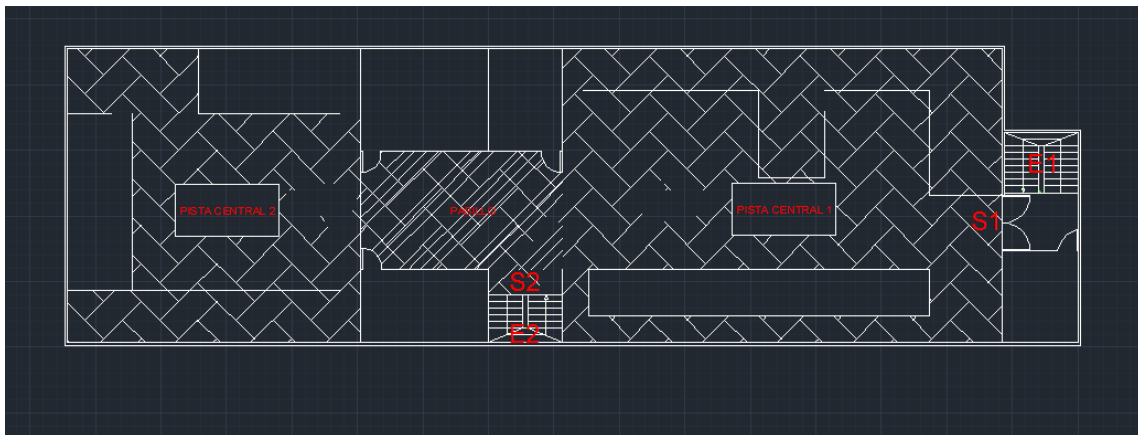


Ilustración 4.7.20.: “Plano de la planta del primer piso de la discoteca 2 en formato DXF.”

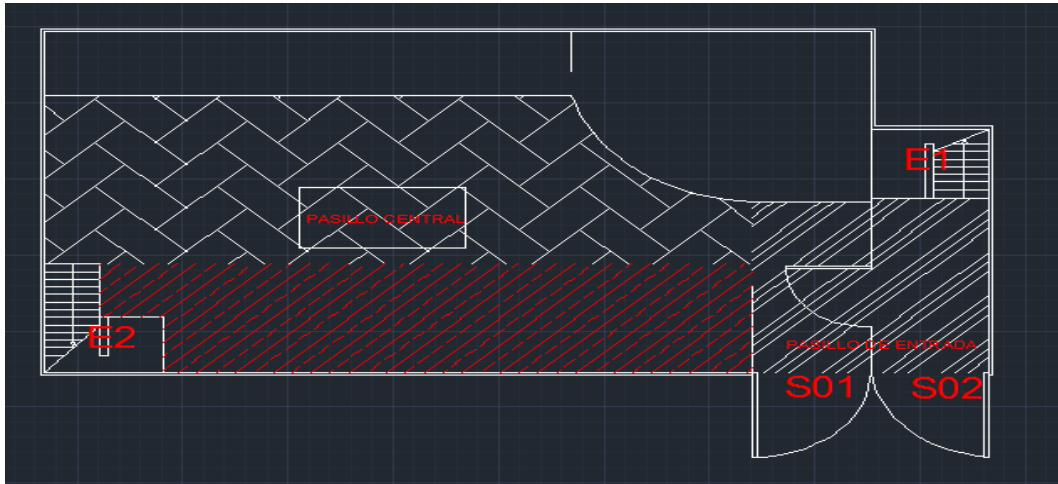


Ilustración 4.7.21.: “Plano de la planta del primer piso de la discoteca 2 en formato DXF.”

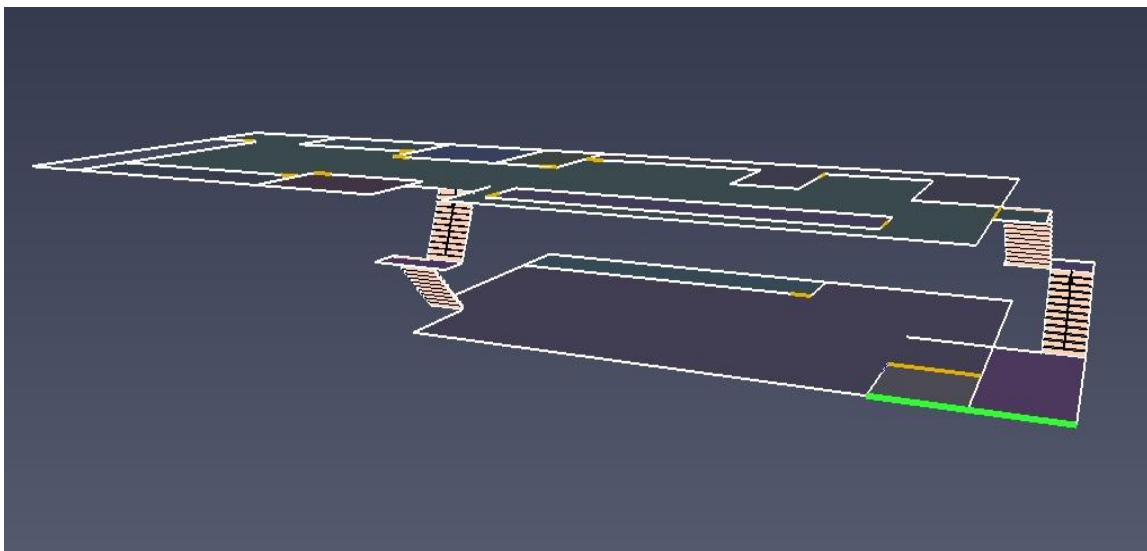


Ilustración 4.7.22.: “Vista general en 3D de las plantas de primer y segundo piso de la discoteca 2 en Pathfinder.”

- **DIMENSIONES DE ANCHOS EFECTIVOS DE LAS VÍAS DE EVACUACIÓN**

Ver detalle en tabla 4.7.2.6.

Tabla 4.7.2.6.: “Ancho efectivo de los medios de egreso del recinto 2.”

Medio de Egreso	Ancho efectivo [m]
Acceso principal	5,20
Salida 01	2,60
Salida 02	2,60
Acceso intermedio	1,70
Escalera 1 (E1)	1,16
Escalera 2 (E2)	1,16
Acceso 1/Salida 1	1,95
Acceso 2/Salida 2	2,60
Pasillo entrada	5,00
Pasillo de entrada 1	2,50
Pasillo de entrada 2	2,50

- **PUNTOS DE CONTROL**

Se introducen líneas de control en los arranques de las vías de evacuación que contabilizan el ingreso y salida de ocupantes a estas zonas durante el tiempo que transcurre la evacuación. Estos puntos de control nos entregan información acerca de la densidad de circulación en escaleras y salidas con el objeto de estudiar la evolución de las magnitudes de locomoción.

El detalle de las líneas de control introducidas en el recinto 2 se encuentra en la ilustración 4.7.23. y 4.7.24.



Ilustración 4.7.23.: “Líneas de control en los arranques de las escalera del segundo piso del recinto 2.”



Ilustración 4.7.24.: “Líneas de control en las salidas de la planta principal del recinto 2.”

4.7.2.1.2.2 DATOS DE SALIDA (10)

El tiempo total de movimiento es de 441 segundos o 7,5 minutos para un aforo de 800 personas cuando todas las salidas están habilitadas. La asignación a cada salida es de 489 personas a la salida 01 y de 311 personas a salida 02. (Ver detalle en tabla 4.7.2.7.)

Tabla 4.7.2.7.: “Resultados de los tiempos de movimiento para el problema de evacuación del recinto 2, según análisis computacional de Pathfinder.”

Tiempo total de movimiento [s]	441
Tiempo de movimiento en pista central 1 [s]	411
Tiempo de movimiento en pista central 2 [s]	239
Tiempo de movimiento en pasillo central del segundo piso [s]	385
Tiempo de movimiento en pasillo central del primer piso [s]	421
Tiempo de movimiento en pasillo de salida 01 [s]	423
Tiempo de movimiento en pasillo de salida 02 [s]	441
Número total de ocupantes [pers.]	800
Número total de ocupantes que evacuan por salida 01 [pers.]	489
Número total de ocupantes que evacuan por salida 02 [pers.]	311
Número total de ocupantes que evacuan por escalera 1 [pers.]	311
Número total de ocupantes que evacuan por escalera 2 [pers.]	289
Flujo medio salida 01 [pers./s]	1,17
Flujo medio salida 02 [pers./s]	0,73
Flujo medio escalera 1 [pers./s]	0,73
Flujo medio escalera 2 [pers./s]	0,73
Distancia máxima de recorrido hasta las salidas [m]	52

¹⁰ Ver resultados en apartado G.1.2 del Anexo G.

Los resultados del análisis computacional realizado a la evacuación del recinto 2, usando los supuestos incluidos en el modelo de JJ Fruins (ver detalle en apartado 4.2.3.1.2.1.7 de magnitudes de locomoción para la modelación en Pathfinder), se pueden ver en detalle en los gráficos y mapas que se presentan a continuación:

- **GRÁFICOS**

FUNCIÓN INVERSA TOTAL DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 2

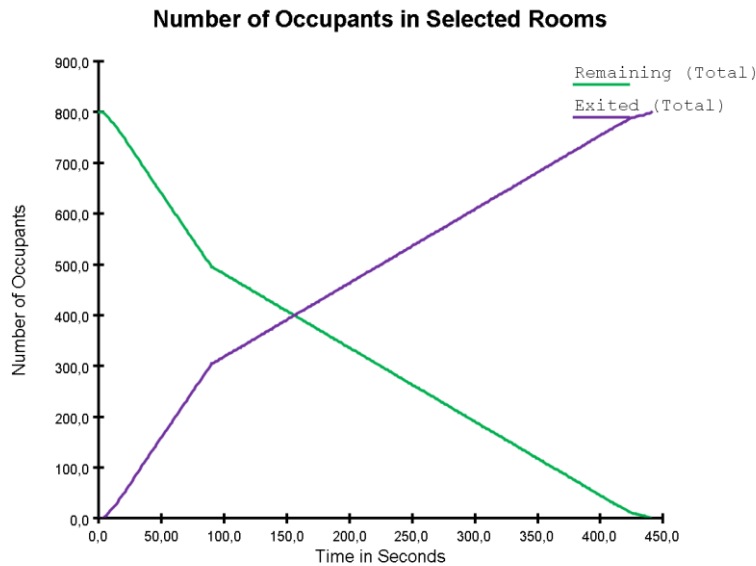


Gráfico 4.7.2.1.: “Función inversa total de evacuación y de permanencia del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE CADA ESCALERA (1 Y 2)

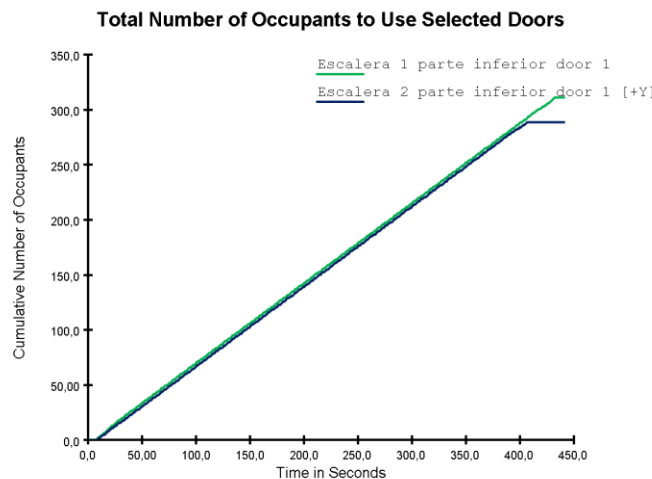


Gráfico 4.7.2.2.: “Función inversa de evacuación de cada escalera del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL

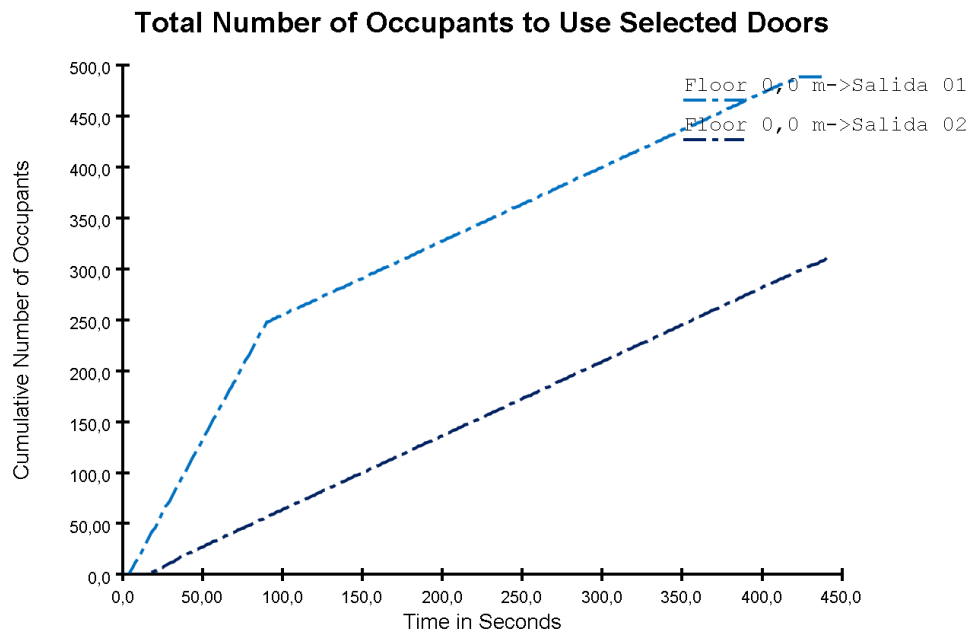


Gráfico 4.7.2.3.: “Función inversa de evacuación de cada salida de la planta principal del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA ESCALERA (1 Y 2)

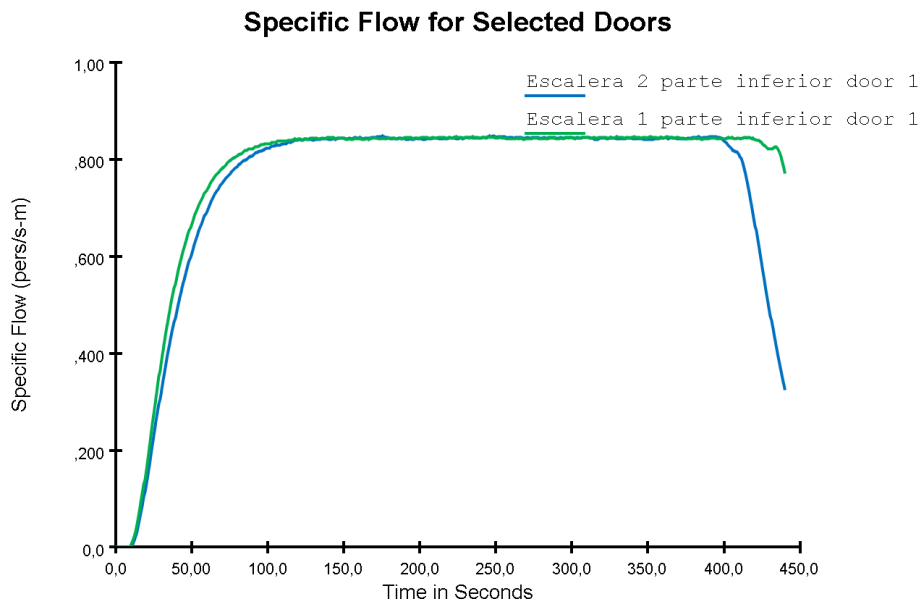


Gráfico 4.7.2.4.: “Tasa de flujo específico de cada escalera del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL

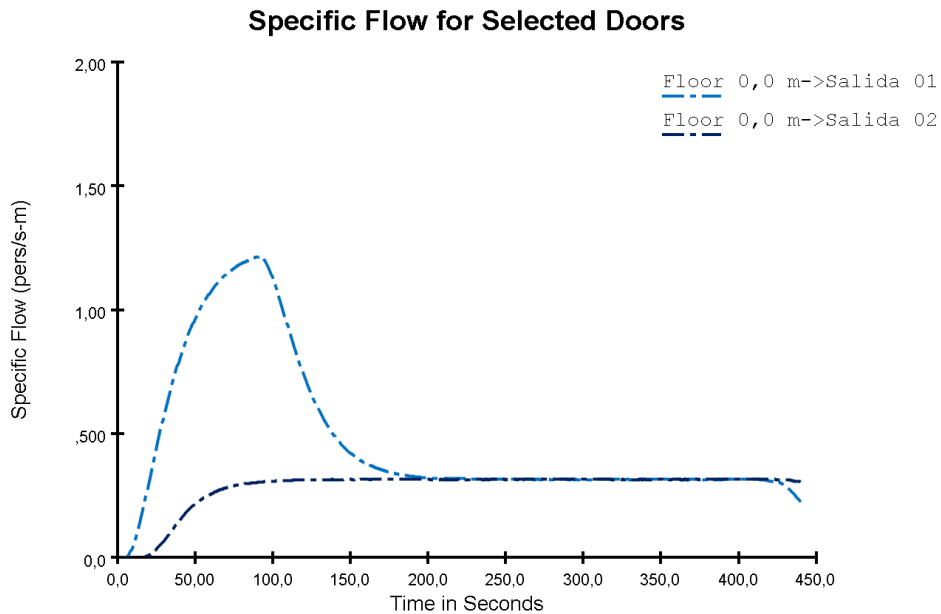


Gráfico 4.7.2.5.: “Tasa de flujo específico de cada salida de la planta principal del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE LA SALIDA 1 DE LA PISTA CENTRAL 1 DEL SEGUNDO PISO VERSUS ESCALERA 1 (CUELLO DE BOTELLA)

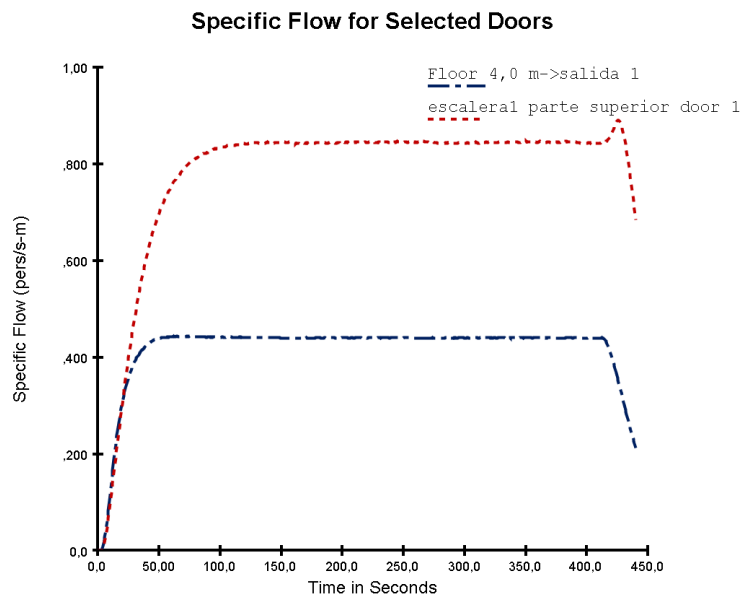


Gráfico 4.7.2.6.: “Tasa de flujo específico de la salida 1 de la pista central 1 y de escalera 1 del segundo piso del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DEL ARRANQUE DE LA ESCALERA 2 (PASILLO CENTRAL DEL SEGUNDO PISO) VERSUS ESCALERA 2 (CUELLO DE BOTELLA)

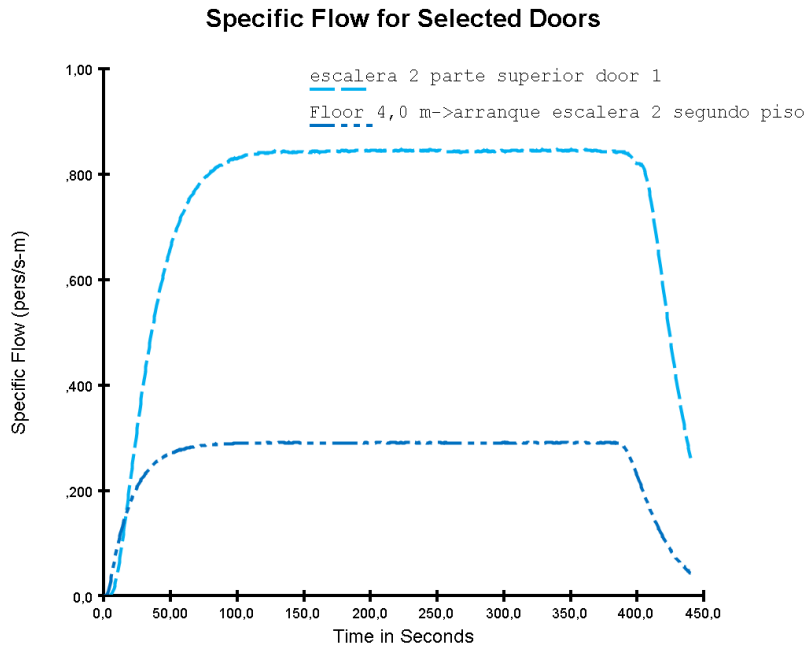


Gráfico 4.7.2.7.: “Tasa de flujo específico del arranque de la escalera 2 y de la escalera 2 del segundo piso del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA ESCALERA (1 Y 2)

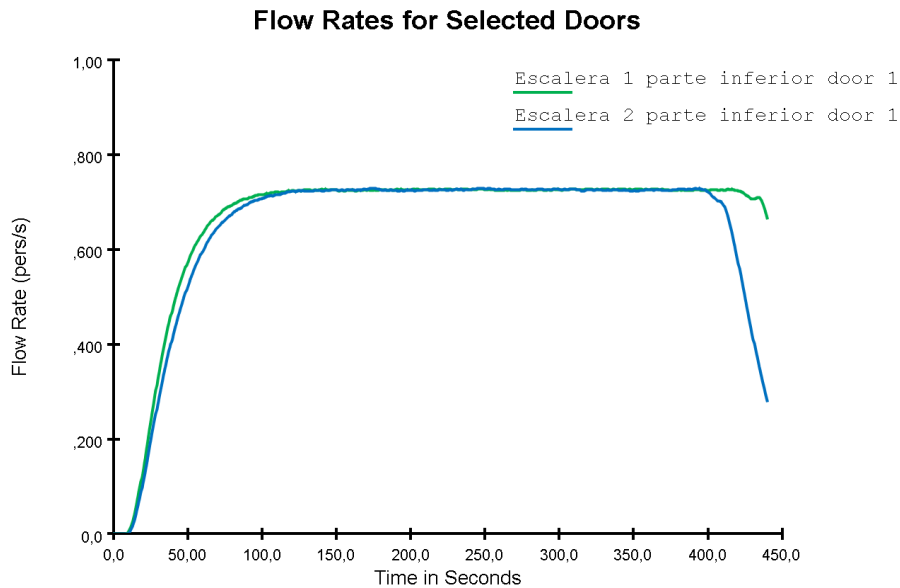


Gráfico 4.7.2.8.: “Tasa de flujo total de cada escalera del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL

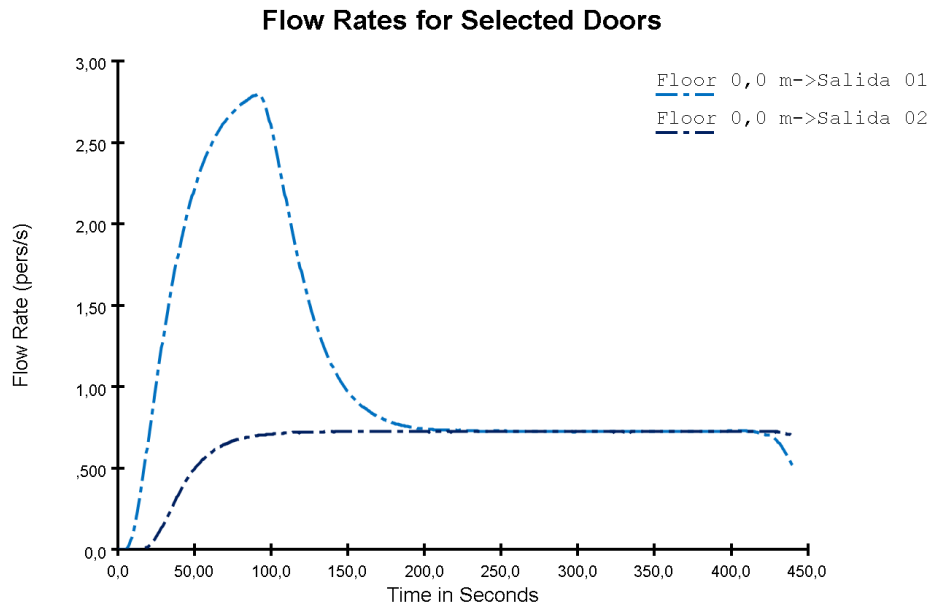


Gráfico 4.7.2.9.: “Tasa de flujo total de cada salida de la planta principal del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

OCUPACIÓN DE SEGUNDO PISO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

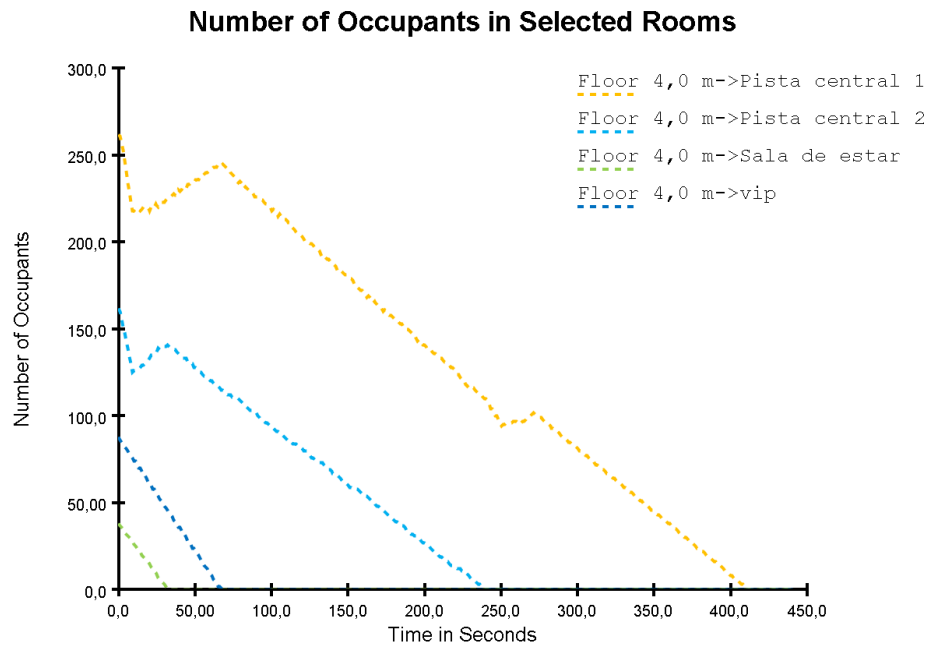


Gráfico 4.7.2.10.: “Número de ocupantes de cada parte del segundo piso del recinto 2 en función del tiempo según análisis computacional en Pathfinder.”

OCUPACIÓN DEL PASILLO CENTRAL DEL SEGUNDO PISO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

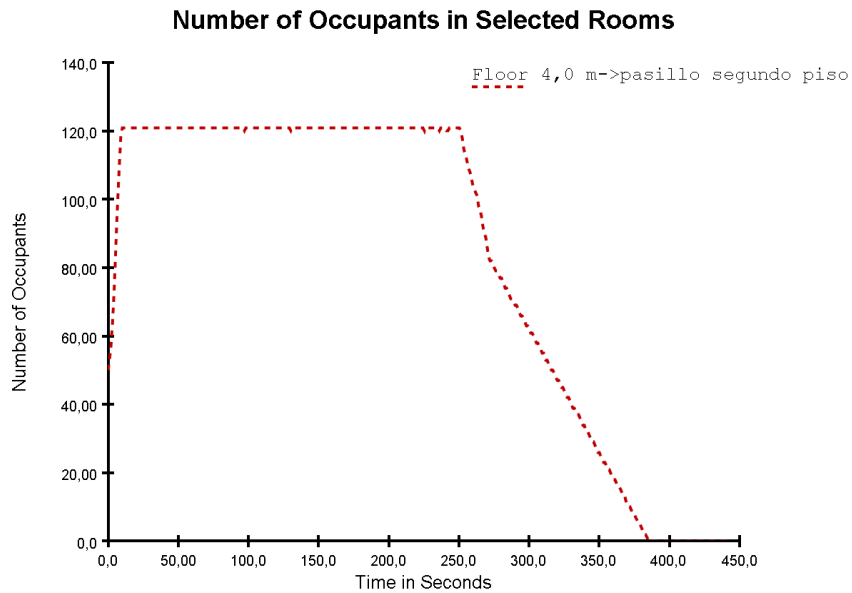


Gráfico 4.7.2.11.: “Número de ocupantes del pasillo central del segundo piso del recinto 2 en función del tiempo según análisis computacional en Pathfinder.”

OCUPACIÓN DE LOS ARRANQUES DE ESCALERAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

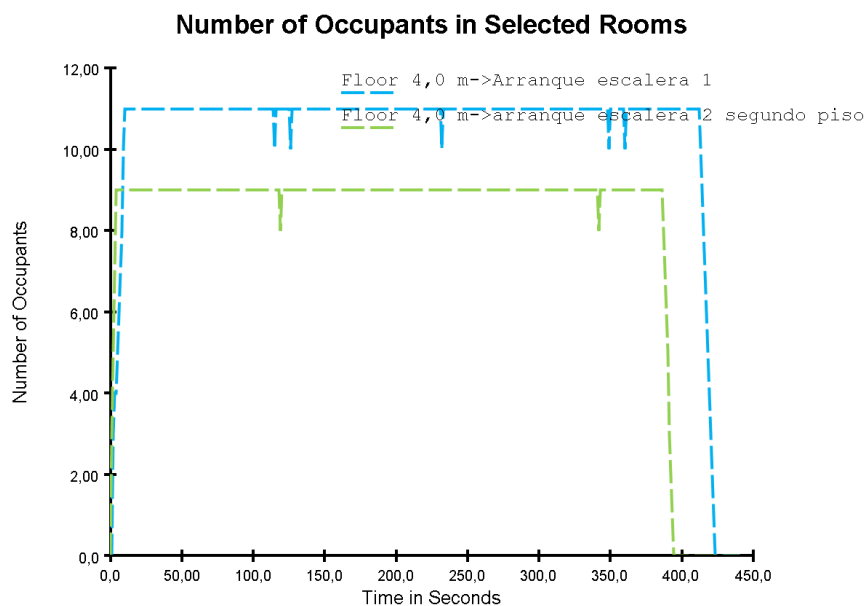


Gráfico 4.7.2.12.: “Número de ocupantes de las escaleras del recinto 2 en función del tiempo según análisis computacional en Pathfinder.”

OCUPACIÓN DEL PASILLO CENTRAL DEL PRIMER PISO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

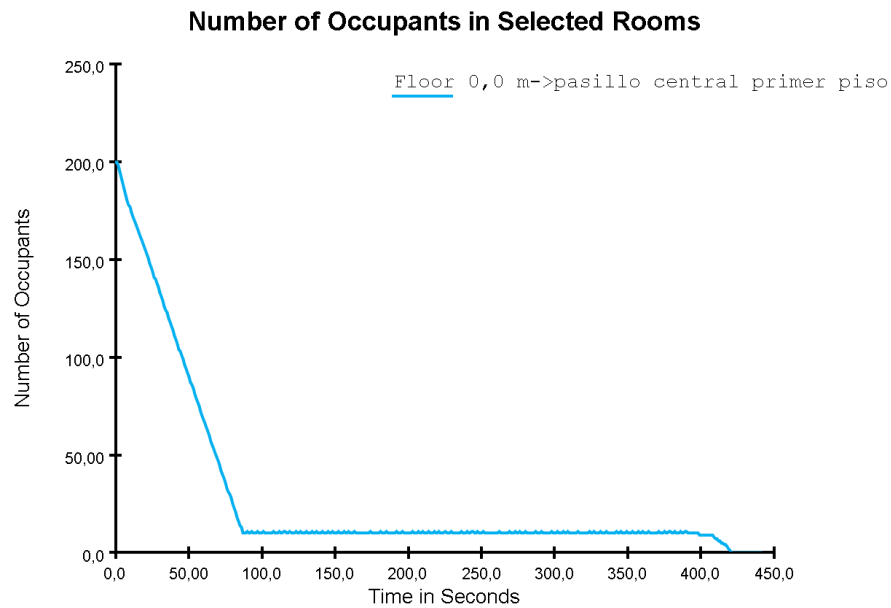


Gráfico 4.7.2.13.: “Número de ocupantes del pasillo central del primer piso del recinto 2 en función del tiempo según análisis computacional en Pathfinder.”

OCUPACIÓN DE PASILLOS DE SALIDA DE LA PLANTA PRINCIPAL EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

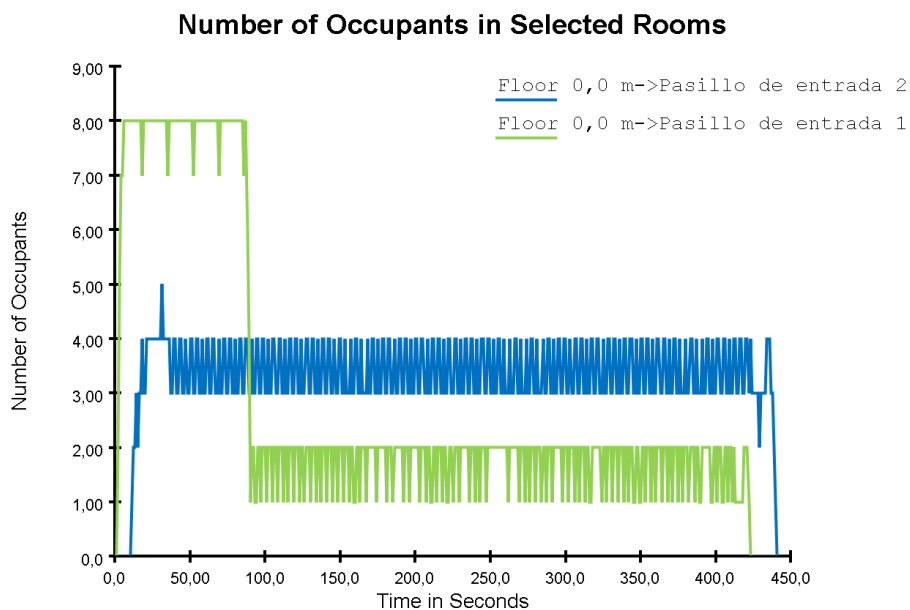


Gráfico 4.7.2.14.: “Número de ocupantes de los pasillos de salida del recinto 2 en función del tiempo según análisis computacional en Pathfinder.”

- MAPAS

DENSIDAD DE CIRCULACIÓN/OCUPACIÓN

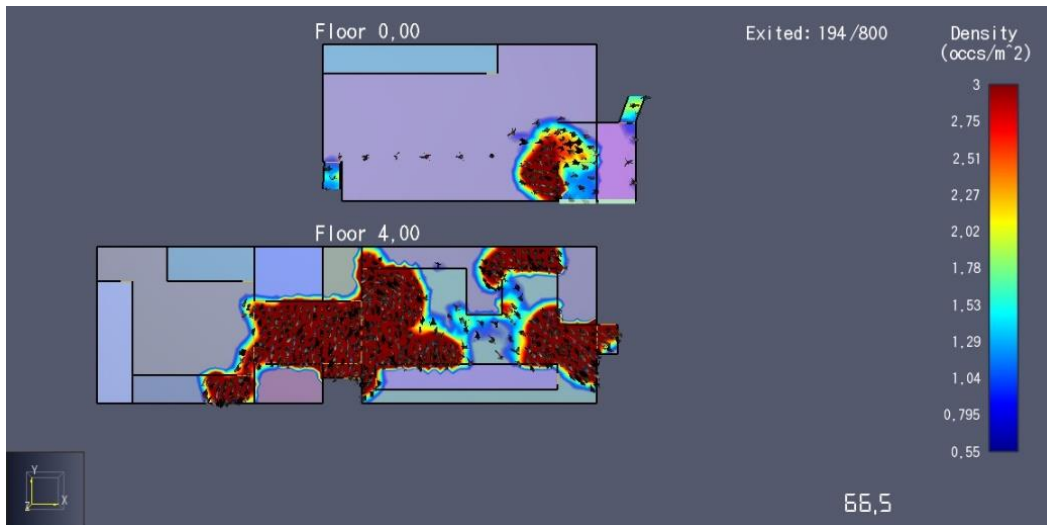


Ilustración 4.7.25.: “Densidad de circulación/ocupación a los 66 segundos de iniciada la evacuación en cada planta del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

NIVEL DE SERVICIO PARA LA COLA DE ESPERA EN LOS ARRANQUES DE LOS MEDIOS DE EGRESO

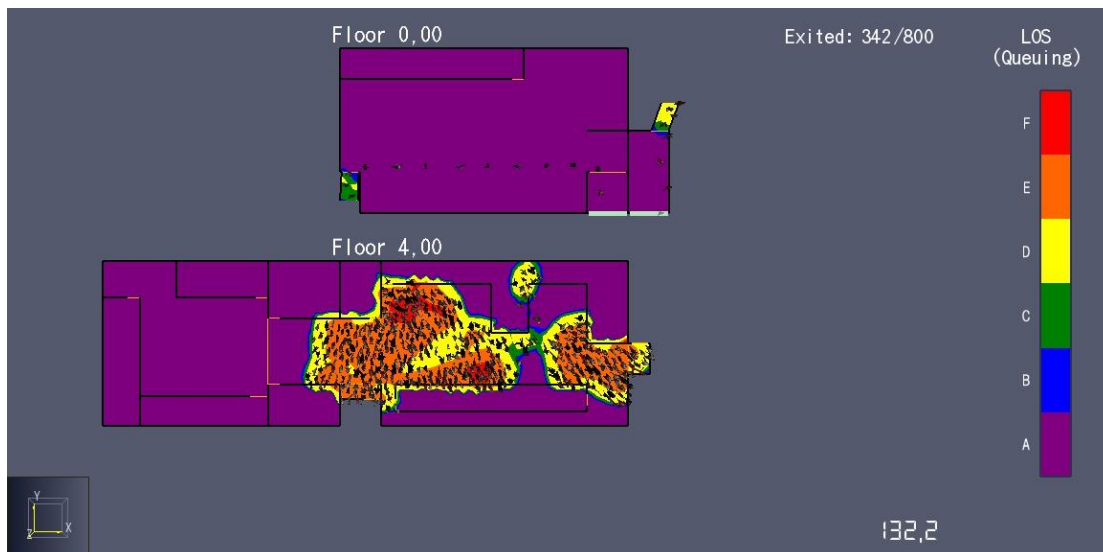


Ilustración 4.7.26.: “Nivel de servicio de la cola generada en los arranques de las salidas y escaleras en cada una de las plantas del recinto 2 a los 132 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

NIVEL DE SERVICIO PARA EL RECORRIDO DE EVACUACIÓN

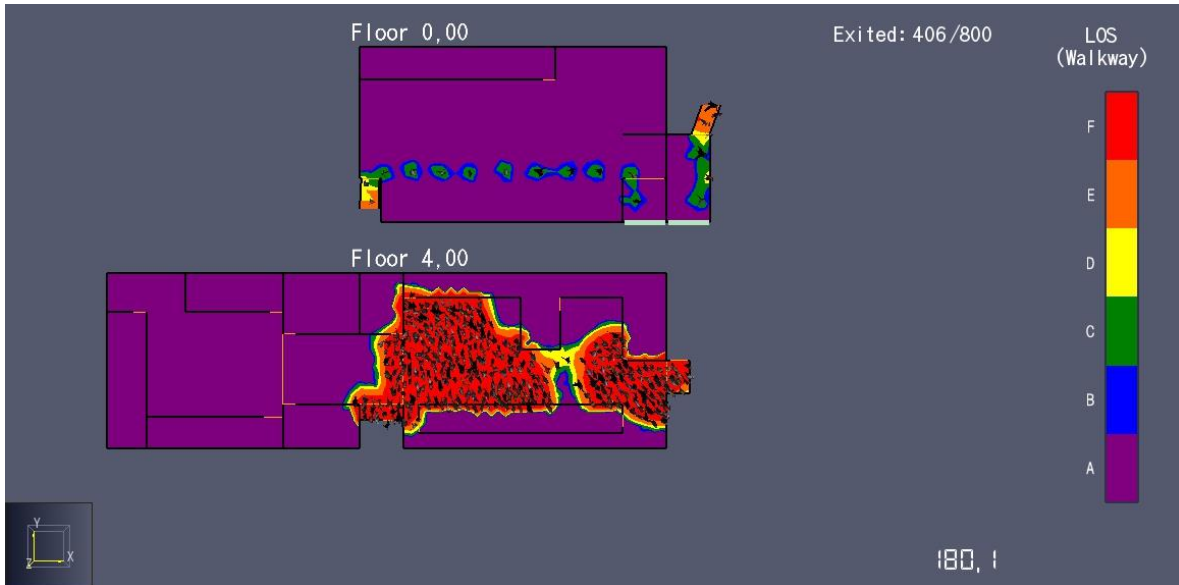


Ilustración 4.7.27.: “Nivel de servicio del camino de recorrido hacia las salidas del recinto 2 en cada una de las plantas a los 180 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

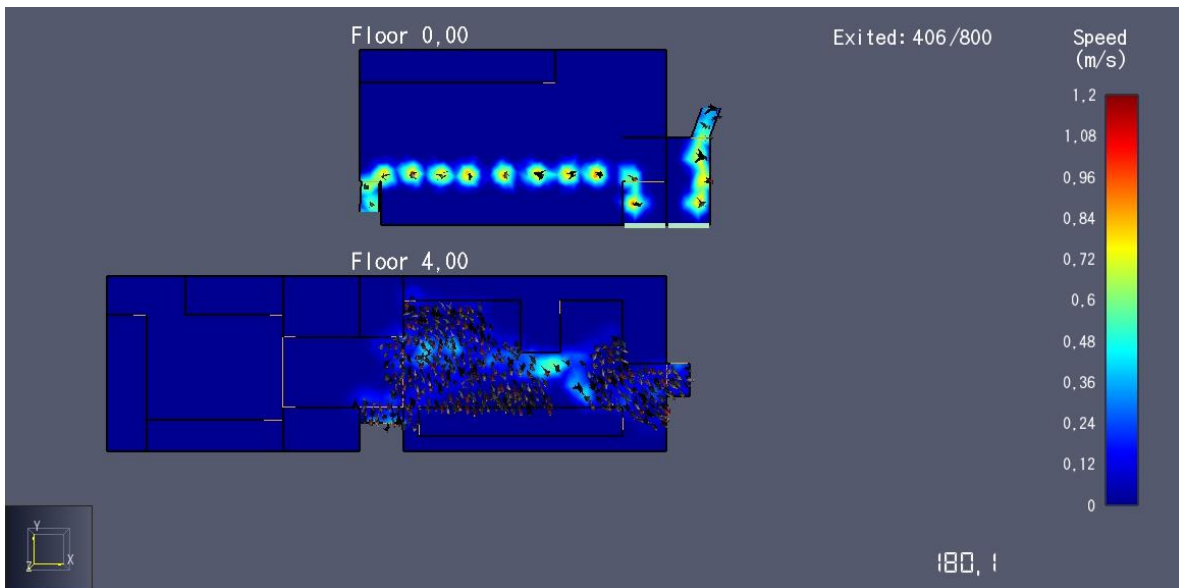


Ilustración 4.7.28.: “Velocidad de circulación en cada una de las planta del recinto 2 a los 180 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

CÍRCULOS DE PESCHL

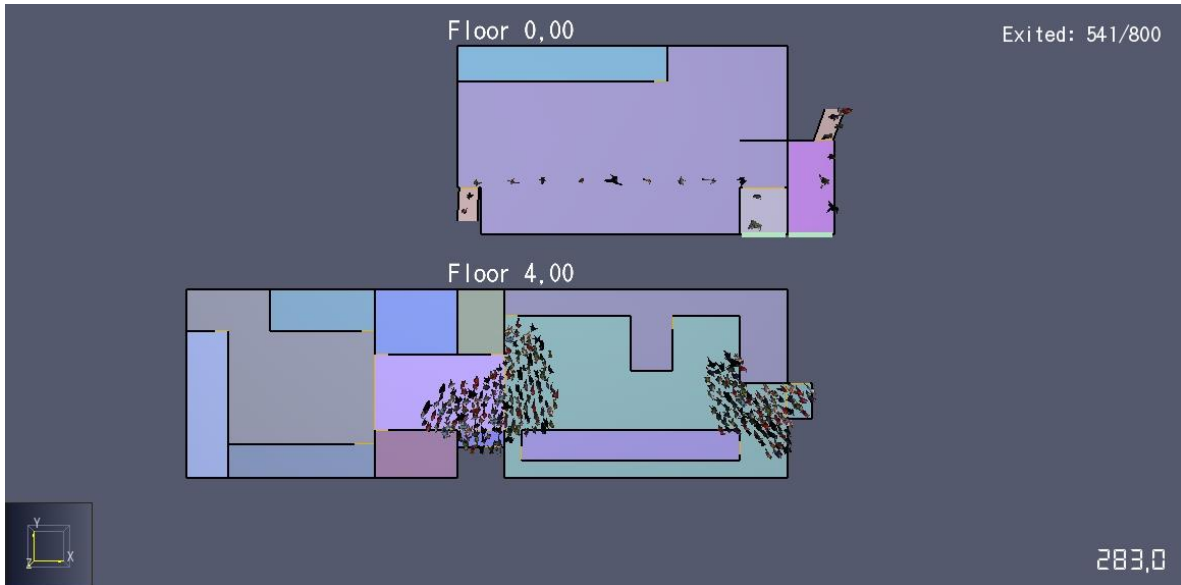


Ilustración 4.7.29.: “Círculos de Peschl generados en las arranques de las escaleras del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

LOCALIZACIÓN DE EXTINTORES

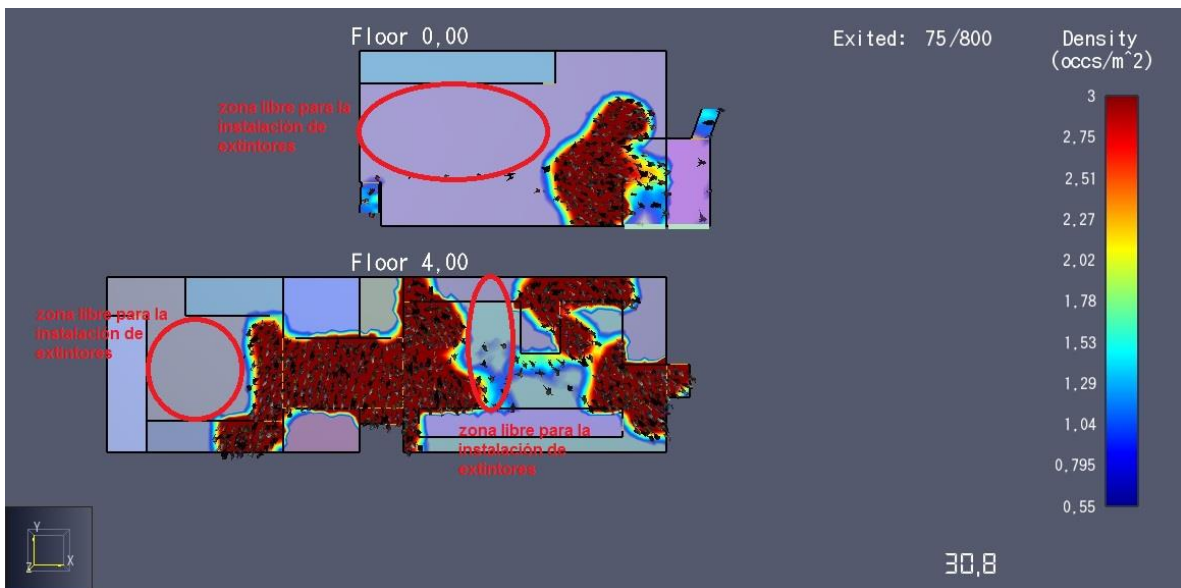


Ilustración 4.7.30.: “Lugares recomendados para la instalación de extintores en cada una de las plantas del recinto 2 a los 30 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

PUNTOS DE ESTANCAMIENTO EN PRIMERA PERSONA



Ilustración 4.7.31.: “Vista en primera persona (desde un ocupante que proviene de la pista central del segundo piso) de punto de estancamiento generado en el arranque de la escalera 2 del segundo piso del recinto 2 según análisis computacional en Pathfinder.”

4.7.2.1.3 ANÁLISIS DE GRÁFICOS Y MAPAS

- De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis computacional en Pathfinder para el problema de evacuación del recinto 2 (ver tabla 4.7.2.7.), solamente el tiempo total de movimiento supera los 7 minutos, por ende, ante ausencia de medios de protección contra el fuego y de control de humo hay una alta probabilidad que las personas al momento de su evacuación de presenten dificultades para evacuar de forma segura. El grupo de mayor riesgo es el que evacua por escalera 2 dado que debe atravesar el pasillo central del primer piso para llegar a un destino seguro en comparación con el grupo que desciende por escalera 1 que sólo debe utilizar el pasillo de salida que se encuentra separado de la planta del primer piso.
- Con respecto a la asignación de ocupantes de cada salida principal de la primera planta (ver tabla 4.7.2.7.), las personas que descienden por la escalera 1 se dirigen a destino seguro por la salida 02, en cambio, las personas que descienden por la escalera 2 junto con los ocupantes del primer piso evacuan por la salida 01, debido a que al estar separados los pasillos de salida el flujo que evacua por escalera 1 desde el segundo piso en ningún momento toma contacto con la ocupación del primer piso. En consecuencia, la ocupación que desciende por la escalera 1 tiene menos riesgo que la que desciende por la escalera 2 en el caso de un incendio generado en la primera planta, debido a que el pasillo de entrada 2 está aislado de la planta del primer piso, y por tanto, no deben atravesar el pasillo central del primer piso para llegar al exterior, sin embargo, este grupo tiene el tiempo más crítico de

evacuación del segundo piso que es de 411 segundos (casi 7 minutos) y en el caso de un incendio en el segundo su riesgo es alto.

- El flujo específico de la salida 01 alcanza casi el máximo de $1,316 [pers/m * s]$ mientras dura la evacuación de los ocupantes del primer piso (100 segundos), luego su valor decae a $0,5 [pers/m * s]$ e iguala al flujo específico de la salida 02 (ver gráfico 4.7.2.5). Por tanto, durante gran parte de la evacuación la salida 01 y la salida 02 están controladas por el flujo que proviene de las escaleras 1 y 2 respectivamente, ambas de flujo específico de $0,80 [pers/m * s]$ (ver gráfico 4.7.2.8).
- Si analizamos las retenciones generadas durante la evacuación podemos ver que los puntos más conflictivos se generan en los arranques de las escaleras 1 y 2 (ver ilustración 4.7.25) producto de las grandes diferencias de flujo específico entre los arranques de las escaleras y las escaleras mismas. En el caso de la escalera 1, el flujo específico del arranque es de $0,4 [pers/m * s]$ y $0,80 [pers/m * s]$ para la escalera (ver gráfico 4.7.2.7), por ende, necesariamente las personas deben esperar un tiempo en la cola cuyo nivel de servicio es E (ver ilustración 4.7.26) y que según las tablas A.2.1.del Anexo A indican espera de contacto inevitable entre los ocupantes, circulación imposible y en este contexto se recomienda que las esperas se reduzcan al mínimo. Para la escalera 2, el flujo específico del arranque es de $0,3 [pers/m * s]$ y $0,80 [pers/m * s]$ para la escalera (ver gráfico 4.7.2.8), por ende, de igual forma que el caso anterior las personas deben esperar un tiempo en la cola cuyo nivel de servicio es E (ver ilustración 4.7.26) y que según las tablas A.2.1.del Anexo A indican espera de contacto inevitable entre los ocupantes, circulación imposible, y bajo este contexto, también las esperas deben reducirse al mínimo.
- Es importante tener en cuenta que las retenciones en arranques de escaleras presentan más riesgos que en una circulación horizontal donde también se generan colas de espera. El descenso de escaleras, si no es controlado adecuadamente frente a una alta densidad de circulación, puede desencadenar en un efecto domino de caídas y lesiones graves y aumento de probabilidad de aplastamiento.
- Las tasa de flujos totales de cada salida en ningún momento superan su capacidad máxima de paso calculada como $2,94 [pers/s]$. Más bien, los máximos alcanzados son de $2,9 [pers/s]$ para la salida 01 a los 100 segundos y de $0,7 [pers/s]$ para la salida 02 (ver gráfico 4.7.2.9).
- Los límites de ocupación de los pasillos de la primera planta equivalentes a $3,5 [pers/m^2]$ no son sobrepasados en ningún caso (ver gráfico 4.7.2.14). Para el pasillo 1 el valor máximo es de 27 personas y sólo se alcanzan los 8 ocupantes, y para el pasillo 2 el valor máximo es de 38 personas y sólo se alcanzan los 5 ocupantes. Por lo tanto, en ningún momento existen retenciones en los pasillos de salida, es decir, velocidades de circulación cercanas a 0 (ver ilustración 4.7.28).
- Las densidades de circulación máximas se experimentan en los puntos que coinciden con el pasillo central del segundo piso y con los arranques de las escaleras (ver ilustración 4.7.25) debido a el brusco cambio de ancho de los

elementos de evacuación en el caso de las escaleras y a la unificación de flujos provenientes de la pista central 1 y 2, que generan un nivel de servicio de locomoción E y que según las tablas A.2.1.del Anexo A se traduce en velocidades reducidas, contacto físico inevitable entre personas y adelantamientos imposibles (ver ilustración 4.7.27).

- Los círculos de Peschl observados en la ilustración 4.7.29, si bien poseen una geometría algo diferente debido a la estructuración de las salidas, nos da directrices de cómo evoluciona el área de ocupación de la cola en los arranques de las escaleras en el segundo piso. La información anterior es útil para localizar los puntos en dónde la densidad de ocupación es nula durante los primeros segundos de la emergencia, y así, establecer estos puntos como los más idóneos para la instalación de los extintores. De esta forma, se puede garantizar que cualquier persona que decida atacar el fuego incipiente no tendrá dificultades de acceso producto de la alta congestión presente en el interior del recinto. De acuerdo a la ilustración 4.7.30, la evolución de la dirección del flujo en el segundo piso hace imposible que si un extintor ubicado en pista central 1 sea óptimo para atacar un fuego en pista central 2 dado que la ocupación de la pista central del segundo piso con respecto a la locomoción tienen un nivel de servicio E y que según las tablas A.2.1.del Anexo A se traduce en velocidades reducidas, contacto físico inevitable entre ocupantes y adelantamientos imposibles. Lo mismo sucede en el caso contrario, para un fuego incipiente en pista central 1 y localización del extintor en pista central 2. En el caso del primer piso, la localización del extintor está claramente indicada en la ilustración 4.7.30 y coincide con un lugar alejado tanto de la bajada de la escalera 2 como del arranque del pasillo de salida 1. En conclusión, mínimo debe estar instalado un extintor por cada ambiente en un lugar de la planta y libre de ocupación dentro del primer minuto de iniciada la evacuación.

4.7.2.1.4 TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN

El tiempo total de evacuación del recinto 2 es de 621 segundos y se divide en dos períodos. El primero de 601 segundos (10 minutos), se calcula como el necesario para que el último ocupante, que pertenecía a la ocupación de la pista central 1, abandone el segundo piso; y el segundo, de casi 20 segundos, que es el necesario para que los ocupantes ya ubicados en la primera planta lleguen a través de los pasillos de salida a un destino seguro de cualquier riesgo de incendio (ver detalle en tabla 4.7.2.8).

Tabla 4.7.2.8.: “Detalle de los resultados del tiempo total de evacuación del recinto 2.”

Ocupantes de la pista central 1 del segundo piso	Tiempo de detección, alarma y premovimiento [s]	180
	Tiempo de movimiento de la evacuación del segundo piso [s]	411
	TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN DE DEL SEGUNDO PISO DEL RECINTO [s]	591
	Tiempo de movimiento de la evacuación de la planta principal [s]	30
	TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN DE DEL RECINTO [s]	621

Finalmente, el tiempo considerado como RSET (Required Safe Evacuation Time) del recinto 2 para el segundo piso es de 591 segundos y de 621 segundos (10,4 minutos) para la evacuación de la planta principal.

4.7.2.2 ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)

El ASET (Tiempo disponible para la evacuación) del recinto 2 se calcula como el tiempo más crítico de los 3 escenarios de incendio 2A, 2B y 2C.

4.7.2.2.1 ESCENARIO DE INCENDIO 2A

4.7.2.2.1.1 DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES

La carga combustible del recinto 2 para el escenario 2A está ubicada en la sala de estar del segundo piso (ver ilustración 4.7.32.) y está conformada por mobiliario del tipo espécimen 2 que son en definitiva sillones.

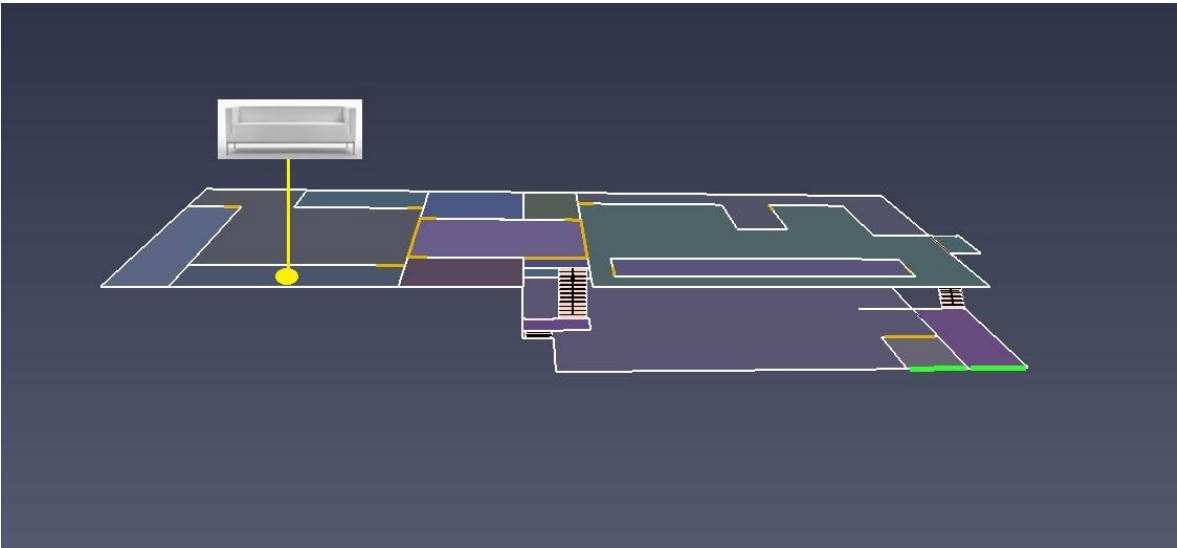


Ilustración 4.7.32.: “Vista superior de la ubicación de las cargas combustibles en la sala de estar del segundo piso del recinto 2 para el escenario de incendio 2A.”

Además, la superficie del mobiliario de la sala de estar del segundo piso del recinto 2 tiene un valor de 10 m². El detalle del área útil total del espécimen 2 usado para el análisis de este escenario de incendio está en la tabla 4.7.2.9.

Tabla 4.7.2.9.: “Área útil del tipo de mobiliario (especimen 2) de la sala de estar del segundo piso del recinto 2 para el escenario de incendio 2A.”

Área total de mobiliario [m ²]	10
Área útil total de espécimen 2 [m ²]	10

Finalmente, la carga combustible del recinto 2 para el escenario 2A tiene un valor de 2350 MJ, y una densidad de carga combustible de 235 [MJ/m²] (ver detalle de cálculo en tabla 4.7.2.10).

Tabla 4.7.2.10.: “Densidad de carga combustible y carga combustible para el escenario de incendio 2A del recinto 2.”

Especimén	Densidad de carga combustible [MJ/m ²]	Área útil total [m ²]	Carga combustible [MJ]
2	235	10	2350
Densidad de carga total combustible [MJ/m²]	235	Carga total combustible [MJ]	2350

4.7.2.2.1.2 PUNTO DE IGNICIÓN

El punto de ignición para este escenario 2A se encuentra localizado en la sala de estar del segundo piso y se caracteriza por tener una gran presencia de instalaciones eléctricas como cables, luces, etc.

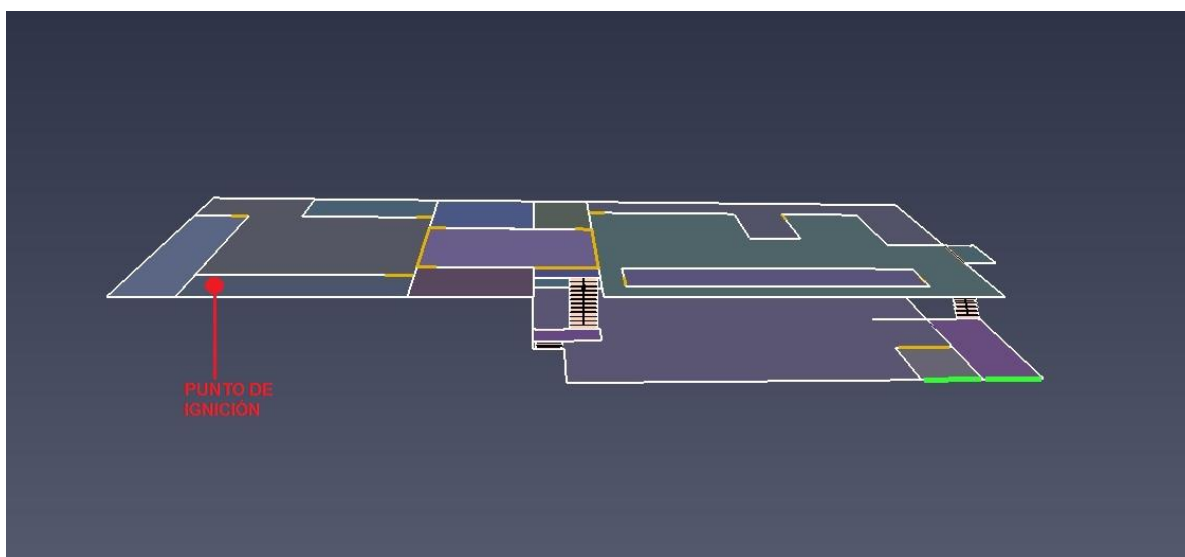


Ilustración 4.7.33.: “Vista superior del punto de ignición del escenario 2A ubicado en la sala de estar del segundo piso del recinto 2.”

La fuente de ignición descrita anteriormente es del tipo radiactivo la que producto del algún corte de electricidad o sobrecarga genera una chispa que inicia la ignición espontánea de los materiales combustibles más cercanos.

4.7.2.2.1.3 CRECIMIENTO

- **GEOMETRÍA DEL RECINTO**

Las dimensiones del área total superficial y volumen del segundo piso del recinto 2, y del área y altura promedio de las aberturas están en la tabla 4.7.2.11.

Tabla 4.7.2.11.: “Área total y altura promedio de las aberturas, y área total superficial y volumen del segundo piso del recinto 2.”

Recinto	Área superficial total [m ²]	Volumen [m ³]	Área total de aberturas [m ²]	Altura promedio de las aberturas [m]
2	1195,3	1480,5	11,77	2,2

- **COEFICIENTE F**

Se tiene un valor de factor de abertura F de 0,015 [1/m] para el segundo piso del recinto 2.

- **EVOLUCIÓN TIEMPO-TEMPERATURA**

La curva tiempo-temperatura del segundo piso del recinto 2 con un factor de abertura de ventilación F de 0,015 [1/m] se detalla en el gráfico 4.7.2.15.

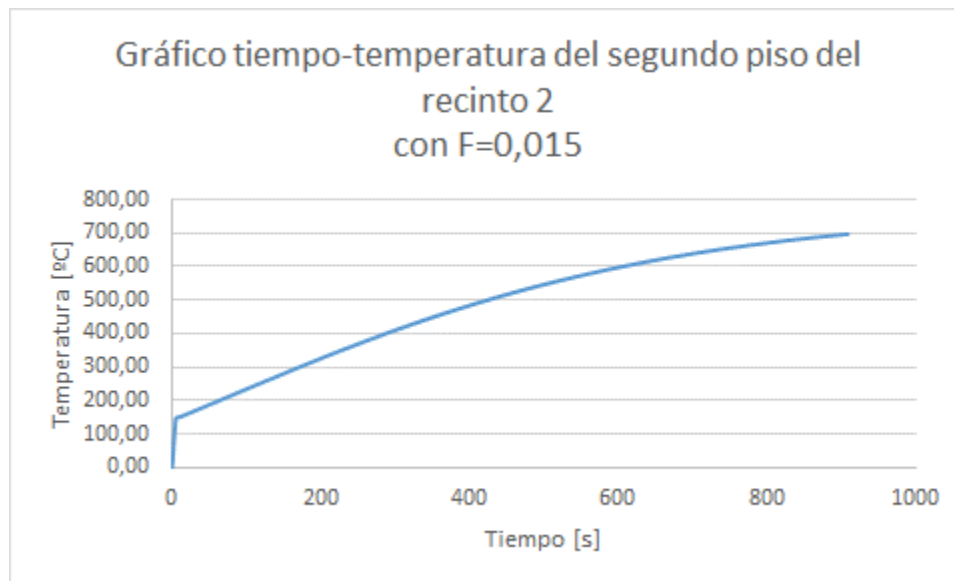


Gráfico 4.7.2.15.: “Relación tiempo-temperatura del segundo piso del recinto 2 con un coeficiente de abertura F=0,015.”

De acuerdo a lo anterior, los 600°C se alcanzan en el interior del segundo piso del recinto en un tiempo de 600 segundos.

- **FLUJO DE CALOR**

El flujo total de calor producido dentro del segundo piso del recinto 2 se divide en parte en el flujo de calor por convección y en el flujo de calor por radiación (ver gráficos 4.7.2.16 y 4.7.1.17).

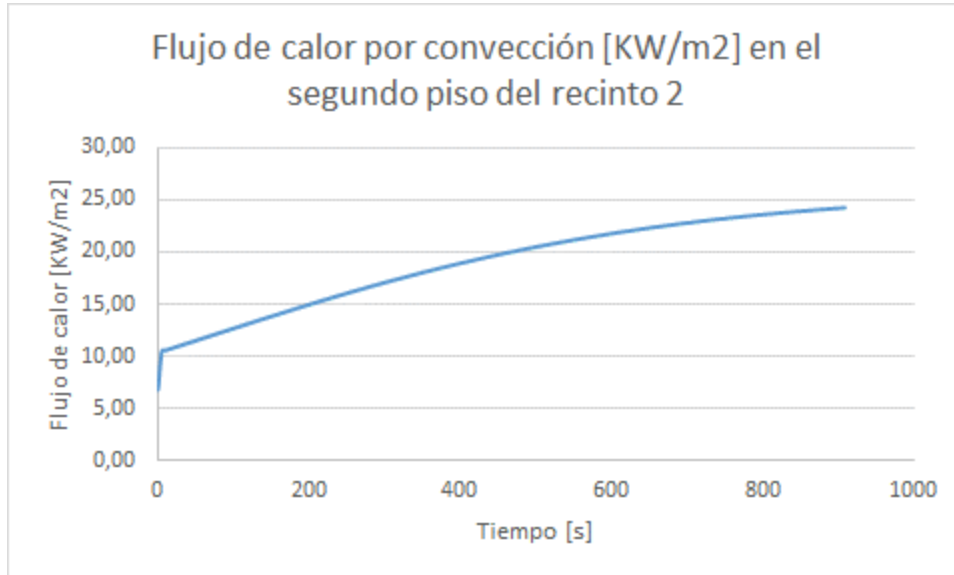


Gráfico 4.7.2.16.: “Flujo de calor por convección por unidad de área en función del tiempo para el segundo piso del recinto 2 con un coeficiente de calor de convección de 0,25 [kW/m2].”

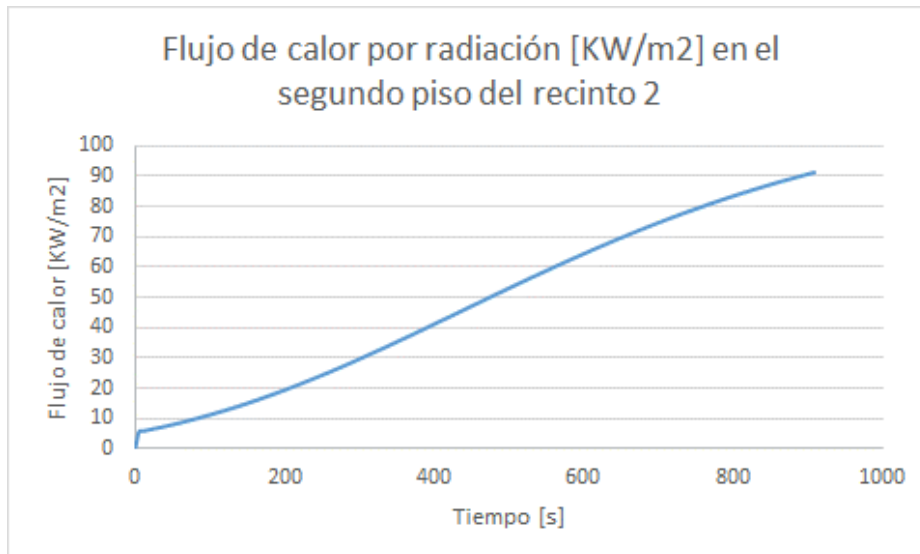


Gráfico 4.7.2.17.: “Flujo de calor por radiación por unidad de área en función del tiempo para el segundo piso del recinto 2.”

El flujo de calor típico indicador del flashover es de 20 [kW/m²] aproximadamente, el cuál se alcanza a los 470 segundos para el flujo por convección y en 215 segundos en el caso del flujo por radiación.

- **ALTURA**

La altura total del recinto 2 es de 7 m, con altura entrepisos de 3,5 m.

- **MATERIAL DE LA ENVOLVENTE**

El material de la envolvente del recinto 2 es de hormigón armado y sus propiedades térmicas se muestran en detalle en la tabla 4.7.2.12.

Tabla 4.7.2.12.: “Propiedades térmicas la envolvente del recinto 2 de hormigón armado.”

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Hormigón	2200	837	1,4	0,761

4.7.2.2.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO

- **VELOCIDAD DE CRECIMIENTO**

De acuerdo al uso del recinto ocupación de pública concurrencia se tiene una velocidad ultrarrápida de crecimiento del fuego.

Tabla 4.7.2.13.: “Tipo de velocidad de propagación para el recinto 2.”

Occupancy	Growth rate
Dwellings	Fast
	Medium
	Medium
Schools, offices	Medium
	Medium
	Fast
Hotels, nursing homes etcetera	Fast
	Fast
Shopping centres, entertainment centres	Fast
	Fast
	Ultra-fast

- **EVOLUCIÓN DE HEAT RELEASE RATE DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

El valor de la tasa de crecimiento ultrarrápida del fuego α en el recinto 2 es 0,188.

- **PEAK HEAT RELEASE RATE EN UN INCENDIO CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN**

El valor del área total de las aberturas es 11,77 m² y su altura promedio es de 2,2 m. Luego, la magnitud del peak heat release rate controlado por la ventilación del segundo piso del recinto 2 es $\dot{Q}_v = 11960 \text{ KW}$.

- **FLASHOVER**

La tasa de liberación de calor en el flashover del segundo piso Q_{FO} es de 23293 KW. El detalle del cálculo de los de los parámetros usados para obtener el calor en el flashover está en la tabla 4.7.2.12 y 4.7.2.14.

Tabla 4.7.2.14.: “Parámetros para obtener la tasa de liberación de calor en el flashover del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A.”

Espesor de la envolvente [m]	0,2
Tiempo de penetración termica [s]	13140
Coefficiente de transferencia de calor efectivo[KW/m ² °K]	0,083
Tiempo en el que se alcanzan los 500 ° C [s]	600

- **CURVA DE DISEÑO DE HRR**

El calor total generado por el fuego de los materiales combustibles del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A es de 2350 MJ. La forma en cómo se distribuye el calor generado entre las etapa de crecimiento ultrarrápido y el flashover se obtienen de la tabla 4.7.2.15.

Tabla 4.7.2.15.: “Parámetros del fuego generado para obtener la tasa de liberación de calor de diseño para el segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A.”

Calor total generado [KJ]	2350000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (33%)[KJ]	783333,3
Calor total generado en la etapa de flashover (40%)[KJ]	940000
Peak de tasa de liberación de calor controlado por la ventilación[KW]	11960
Tasa de liberación de calor en el flashover[KW]	23293

La curva de diseño de HRR se calcula utilizando la condición que $\int HRR_i = Q_i$ para cada etapa y que además se tiene un crecimiento ultrarrápido (ver gráfico 4.7.2.18).

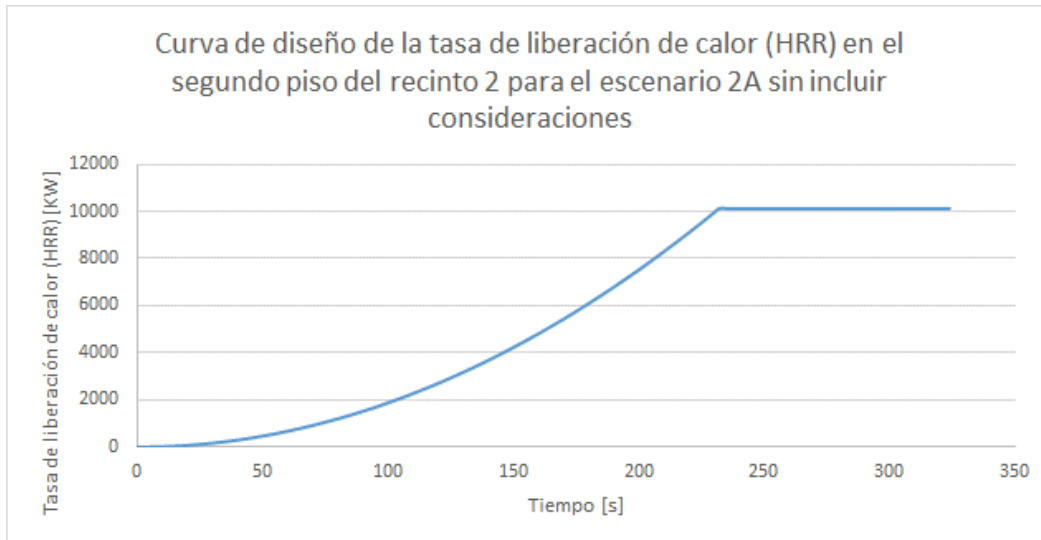


Gráfico 4.7.2.18.: “Curva de diseño de la tasa de liberación de calor del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A sin incluir consideraciones.”

Ahora, si incorporamos las consideraciones tanto del peak Heat Release Rate controlado por la ventilación como el HRR en el flashover detallados en la tabla 4.7.2.15, se recalculan los valores para el calor generado por cada etapa (ver tabla 4.7.2.16).

Tabla 4.7.2.16.: “Parámetros modificados del fuego generado, para obtener la tasa de liberación de calor de diseño para el segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A.”

Calor total generado [KJ]	2350000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (42,6%)[KJ]	1002855,2
Calor total generado en la etapa de flashover (27,4%)[KJ]	643900,0

Finalmente, la curva definitiva de la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 2A es la expuesta en el gráfico 4.7.2.19.

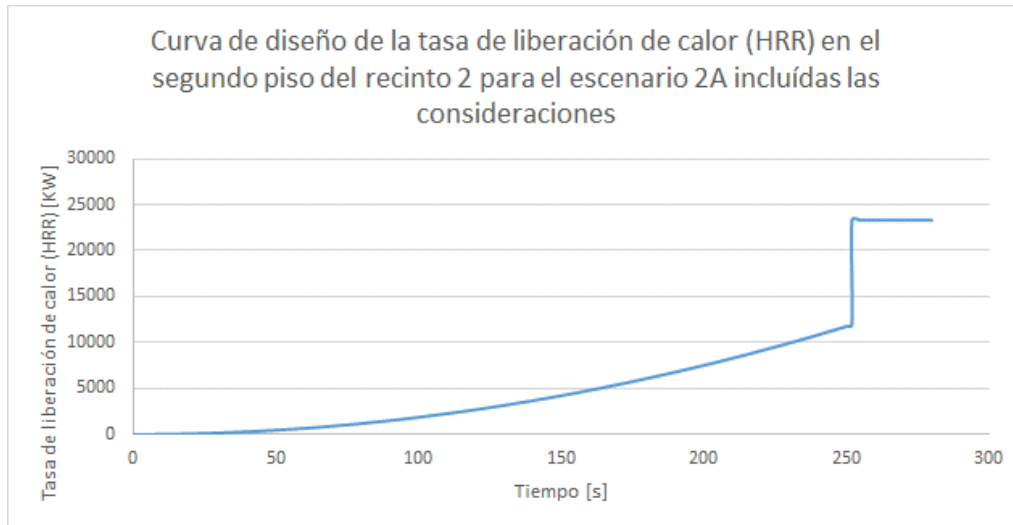


Gráfico 4.7.2.19.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A sin incluida las consideraciones.”

4.7.2.2.1.5 ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE

4.7.2.2.1.5.1 DATOS DE ENTRADA

- **GEOMETRÍA**

El problema sólo se puede abordar mediante geometrías cuadradas, por tanto, las dimensiones del segundo piso del recinto virtual 2 para el análisis computacional se detallan en la tabla 4.7.2.17.

Tabla 4.7.2.17.: “Dimensiones geométricas del segundo piso del recinto 2 virtual.”

Ancho [m]	11,2
Largo [m]	37,67
Volumen virtual del recinto [m3]	1481
Volumen total del recinto [m3]	1481

- **HRR DE DISEÑO**

La curva de diseño de la tasa de liberación de calor (HRR) para el escenario 2A está descrita en el gráfico 4.7.2.20.

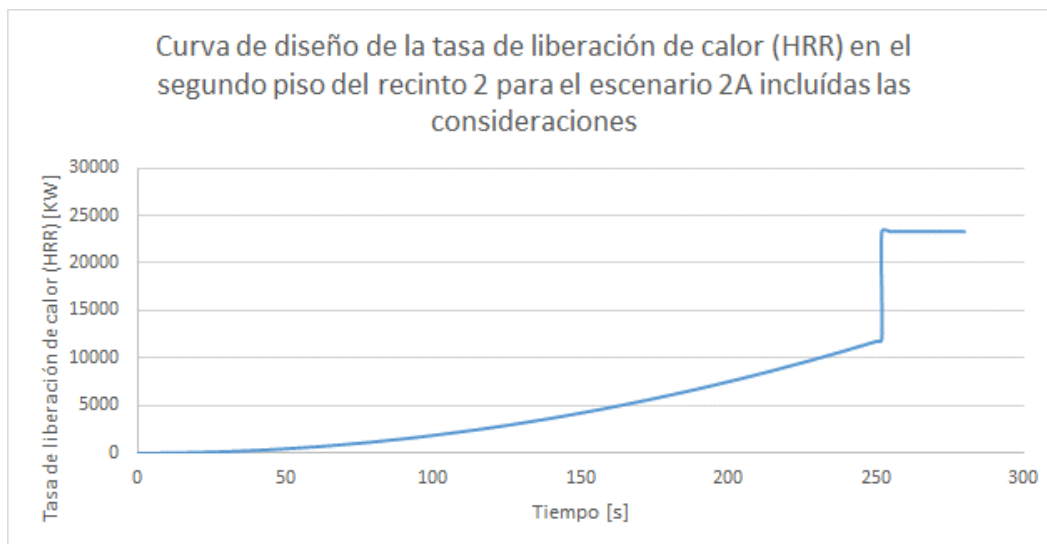


Gráfico 4.7.2.20.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A sin incluida las consideraciones.”

- **RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS**

El detalle del cálculo desde el flujo de aire entrante hasta la tasa de producción de cada uno de los gases tóxicos, se obtienen de acuerdo al apartado 2.2.6.1.2. “Gases de incendio.”

Tabla 4.7.2.18.: “Resumen de los parámetros de entrada para el análisis del comportamiento del fuego dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A.”

Velocidad de crecimiento del fuego	ultrarápida
α [KW/s ²]	0,188
Liberación máxima de calor [KW]	23293
Superficie máxima de incendio [m ²]	10
Superficie total del recinto [m ²]	423
Carga Total combustible [MJ]	2350
Densidad de carga combustible total [MJ/m ²]	5,6
Flujo de aire entrante [g/s]	8,7
Mass Loss Rate por unidad de área [g/m ² *s]	21,9
Flujo total de calor por unidad de área [KW/m ²]	70
Pérdida de calor por reirradiación por unidad de área [KW/m ²]	17,5
Calor de gasificación [KJ/g]	2,4
Mass Loss Rate [g/s]	218,75
Radio estequiométrico (1/r)	8,78
Radio equivalente (ϕ)	220
Condiciones de ventilación	Poca ventilación
Tasa de producción de CO [kg/kg]	1,41
Tasa de producción de CO ₂ [kg/kg]	2,21
Tasa de producción de HCN [kg/kg]	0,1
Tasa de producción de Hollín [kg/kg]	0,222

4.7.2.2.1.5.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD ⁽¹¹⁾

Los resultados del análisis en Branzfire para el escenario de incendio 2A de alturas de capa de humo, fracción de dosis efectiva (FED), temperatura y visibilidad se encuentran en la tabla 4.7.2.19.

Tabla 4.7.2.19.: “Resultados del análisis en Branzfire para el análisis del comportamiento del fuego dentro del segundo piso para el escenario 2A con respecto a los tiempos en los cuales las condiciones mínimas para la seguridad humana son sobrepasadas.”

PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD HUMANA	Tiempo [s]
Altura de la capa de humo de 2 m (medidos desde la cota +3,50 m)	70,0
Temperatura de la capa de humo alcanza los 80°C	72
FED gases igual a 0,1	78
Visibilidad de 15 m a 2 metros del suelo	69

De acuerdo a la tabla anterior, para el escenario de incendio 2A el tiempo disponible para que los ocupantes evacúen el segundo piso es de 70 segundos (un poco más de 1 minuto) debido a que la altura de la capa de humo iguala a la altura crítica de seguridad humana en el segundo piso equivalente a 2 m de altura medidos desde la planta del segundo piso, y además, la visibilidad de señales de emergencia se reduce a menos de 15 m, la capa de humo sobrepasa los 80°C y se está próximo a alcanzar los límites tolerables tanto de la FED.

- **GRÁFICOS**

ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO

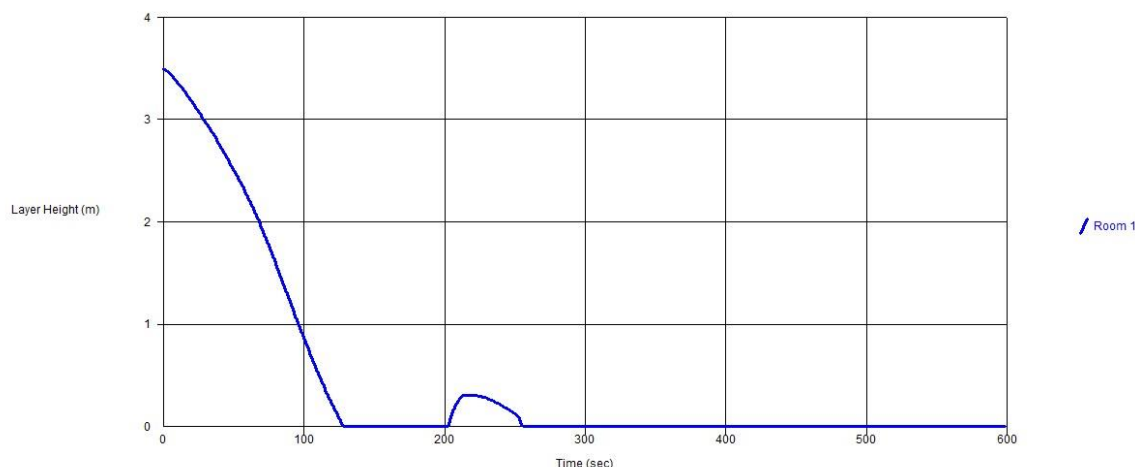


Gráfico 4.7.2.21.: “Evolución del espesor de la capa de humo dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

¹¹ Ver resultados en apartado I.2.3 del Anexo I.

TEMPERATURA

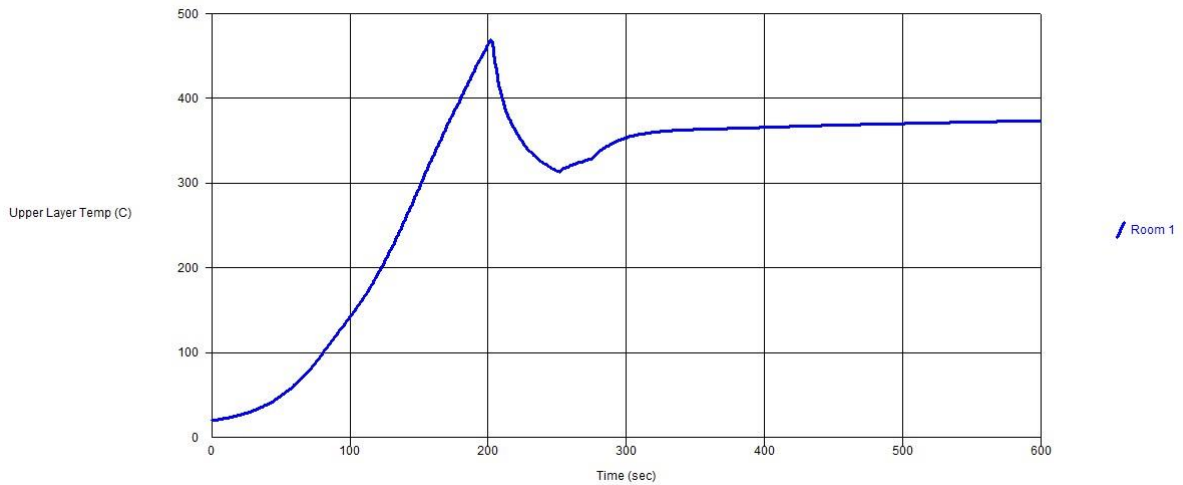


Gráfico 4.7.2.22.: “Evolución de la temperatura de la capa de humo dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

DOSIS FRACCIONAL EFECTIVA (FED)

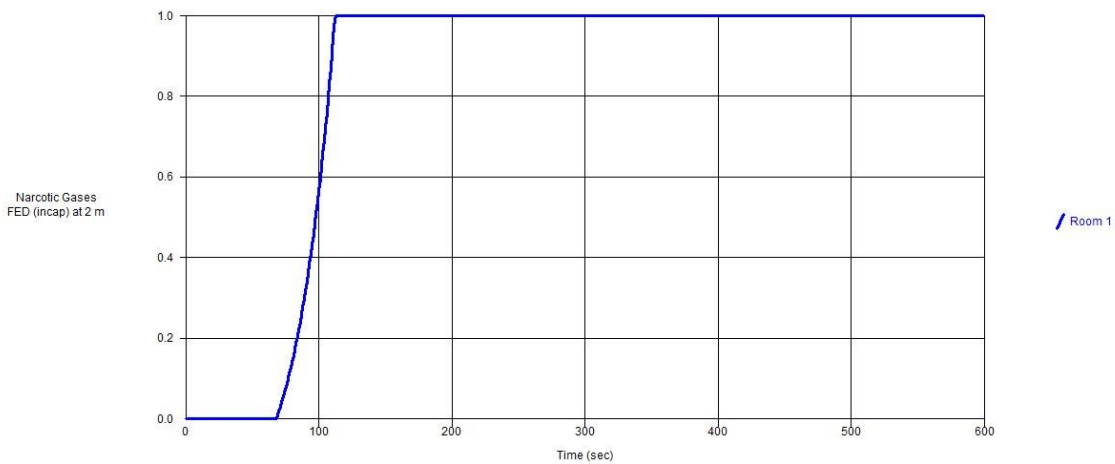


Gráfico 4.7.2.23.: “Evolución de FED de gases tóxicos dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

VISIBILIDAD

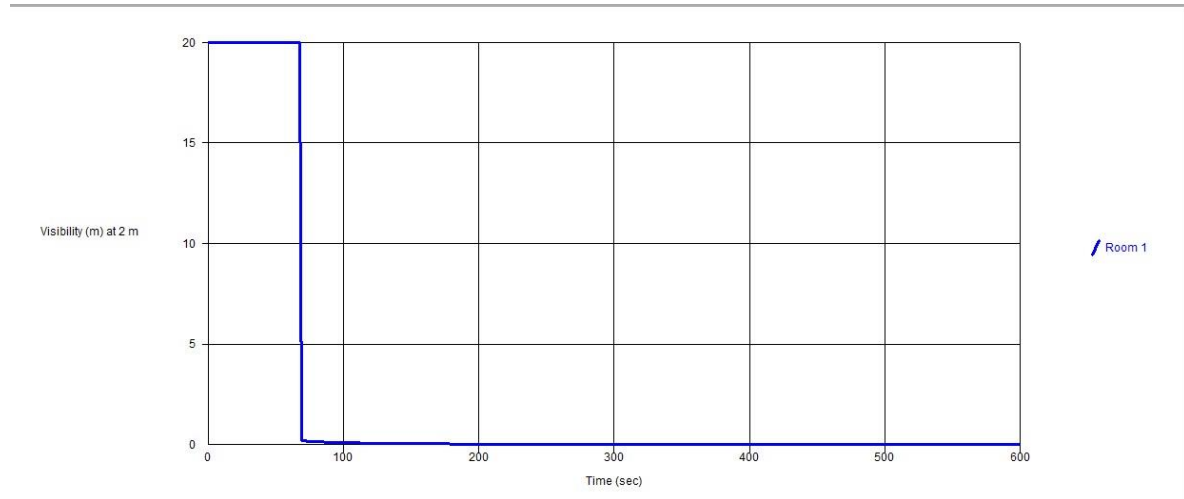


Gráfico 4.7.2.24.: “Evolución de la visibilidad a 2 metros sobre el suelo dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

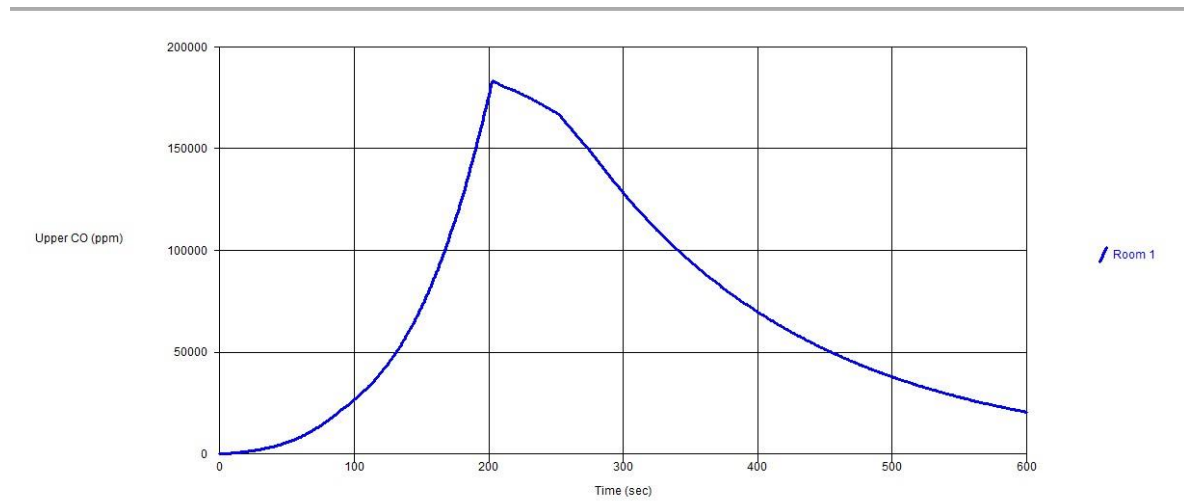


Gráfico 4.7.2.25.: “Evolución de la concentración de CO dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

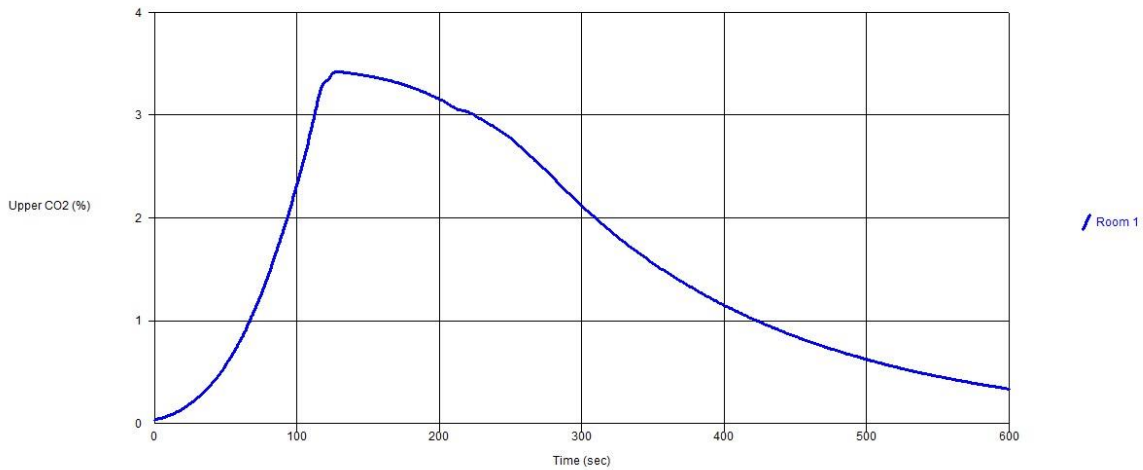


Gráfico 4.7.2.26.: “Evolución de la concentración de CO₂ dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: ÁCIDO CIANHÍDRICO (HCN)

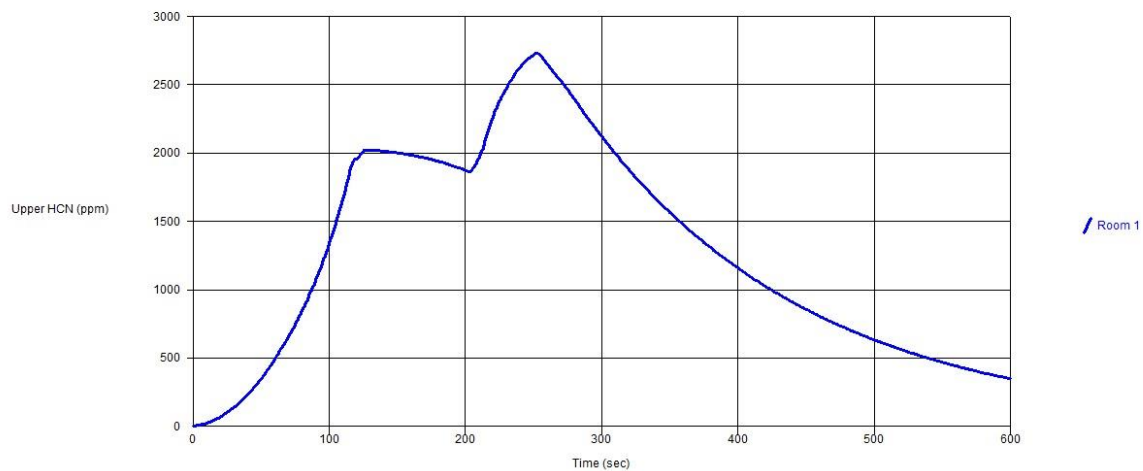


Gráfico 4.7.2.27.: “Evolución de la concentración de HCN dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: OXÍGENO (O₂)

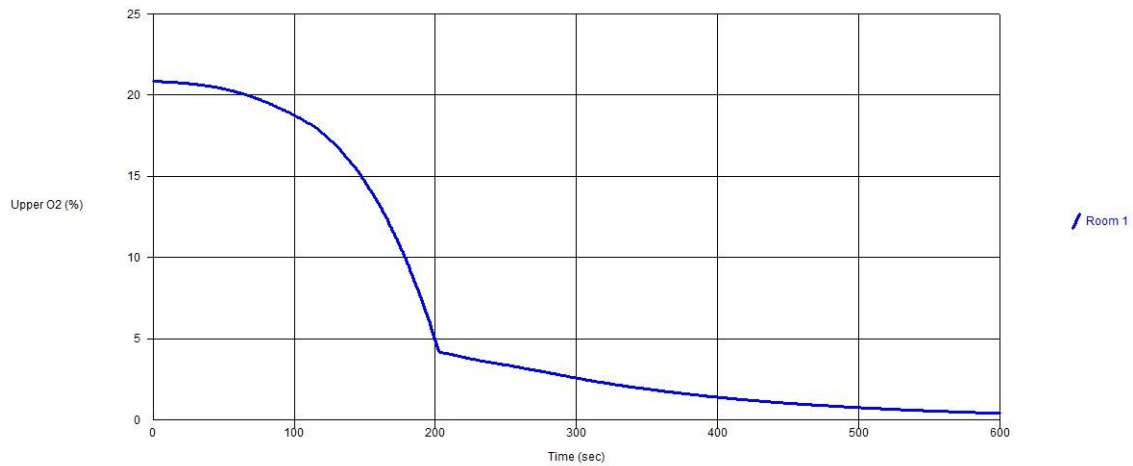


Gráfico 4.7.2.28.: “Evolución de la concentración de O₂ dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

MASS LOSS RATE (MLR)

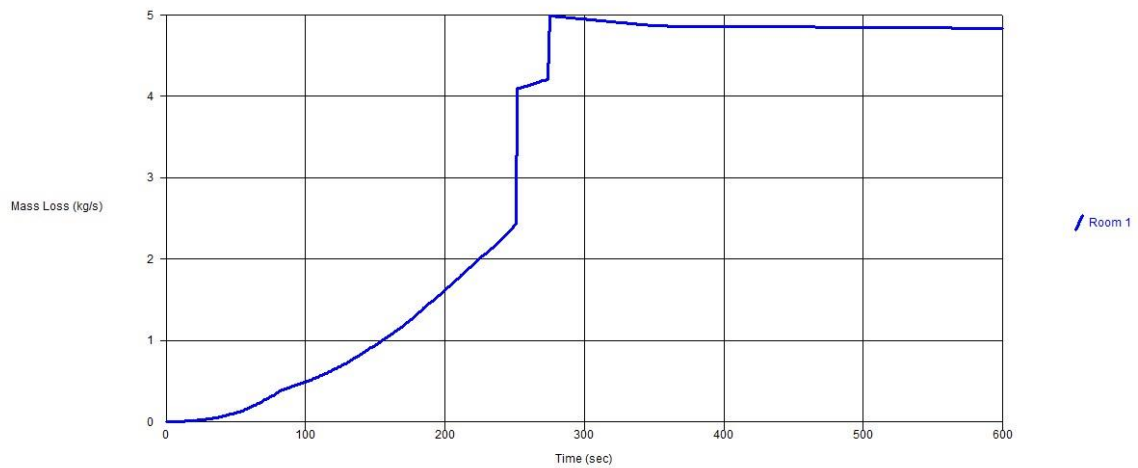


Gráfico 4.7.2.29.: “Evolución de mass loss rate (MLR) dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

4.7.2.2.2 ESCENARIO DE INCENDIO 2B

4.7.2.2.2.1 DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES

La carga combustible del recinto 2 para el escenario 2B está ubicada en la zona vip ubicada a un costado de la pista central 1 del segundo piso (ver ilustración 4.7.34.) y está conformada por mobiliario del tipo espécimen 1 que son en definitiva sillas.

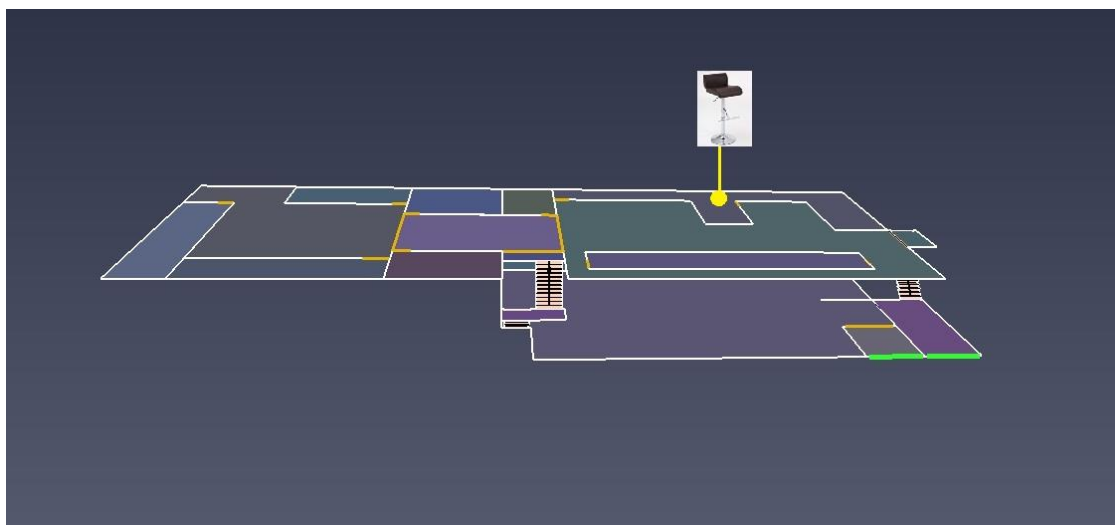


Ilustración 4.7.34.: “Vista superior de la ubicación de las cargas combustibles en la zona vip del segundo piso del recinto 2 para escenario de incendio 2B.”

Además, la superficie del mobiliario de la zona vip del segundo piso del recinto 2 tiene un valor de 23 m². El detalle del área útil total del espécimen 2 usado para el análisis de este escenario de incendio está en la tabla 4.7.2.20.

Tabla 4.7.2.20.: “Área útil del tipo de mobiliario (especimen 1) de la sala de estar del segundo piso del recinto 2 para el escenario de incendio 2B.”

Área total de mobiliario [m ²]	23
Área útil total de espécimen 1 [m ²]	23

Finalmente, la carga combustible del recinto 2 para el escenario 2B tiene un valor de 3910 MJ, y una densidad de carga combustible de 170 [MJ/m²] (ver detalle de cálculo en tabla 4.7.2.21.).

Tabla 4.7.2.21.: “Densidad de carga combustible y carga combustible para el escenario de incendio 2B del segundo piso del recinto 2.”

Especimén	Densidad de carga combustible [MJ/m ²]	Área útil total [m ²]	Carga combustible [MJ]
1	170	23	3910
Densidad de carga total combustible [MJ/m ²]	170	Carga total combustible [MJ]	3910

4.7.2.2.2 PUNTO DE IGNICIÓN

El punto de ignición para este escenario se encuentra localizado en la zona vip del segundo piso y se caracteriza por tener una gran presencia de instalaciones eléctricas como cables, luces, etc.

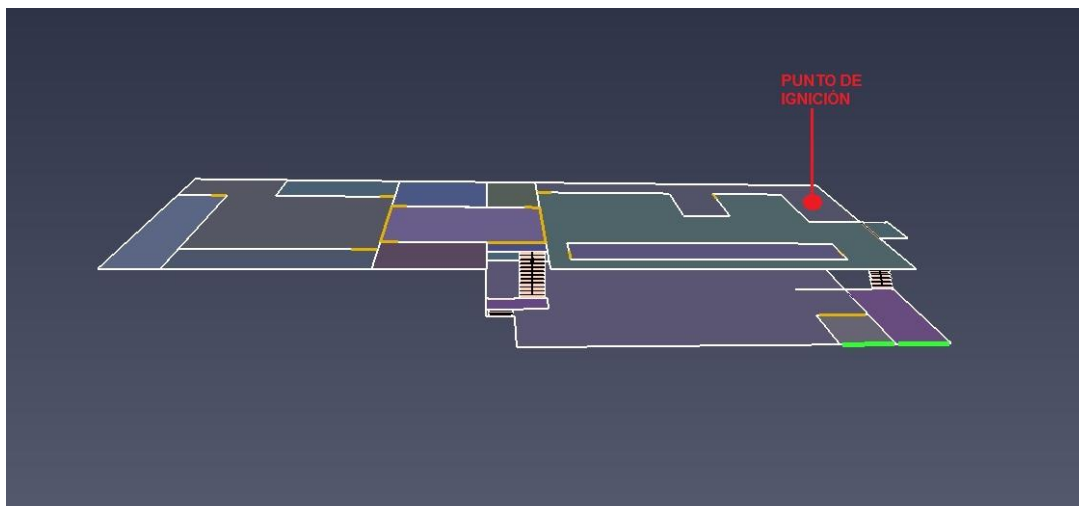


Ilustración 4.7.35.: “Vista superior del punto de ignición del escenario 2B ubicado en la zona vip del segundo piso del recinto 2.”

La fuente de ignición descrita anteriormente es del tipo radiactivo la que producto del algún corte de electricidad o sobrecarga genera una chispa que inicia la ignición espontánea de los materiales combustibles más cercanos.

4.7.2.2.3 CRECIMIENTO

- **GEOMETRÍA DEL RECINTO**

Las dimensiones del área total superficial y volumen del segundo piso del recinto 2, y del área y altura promedio de las aberturas están en la tabla 4.7.2.22.

Tabla 4.7.2.22.: “Área total y altura promedio de las aberturas, y área total superficial y volumen del segundo piso del recinto 2.”

Recinto	Área superficial total [m ²]	Volumen [m ³]	Área total de aberturas [m ²]	Altura promedio de las aberturas [m]
2	1195,3	1480,5	11,77	2,2

- **COEFICIENTE F**

Se tiene un valor de factor de abertura F de 0,015 [1/m] para el segundo piso del recinto 2.

- **EVOLUCIÓN TIEMPO-TEMPERATURA**

La curva tiempo-temperatura del segundo piso del recinto 2 con un factor de abertura de ventilación F de 0,015 [1/m] se detalla en el gráfico 4.7.2.30.

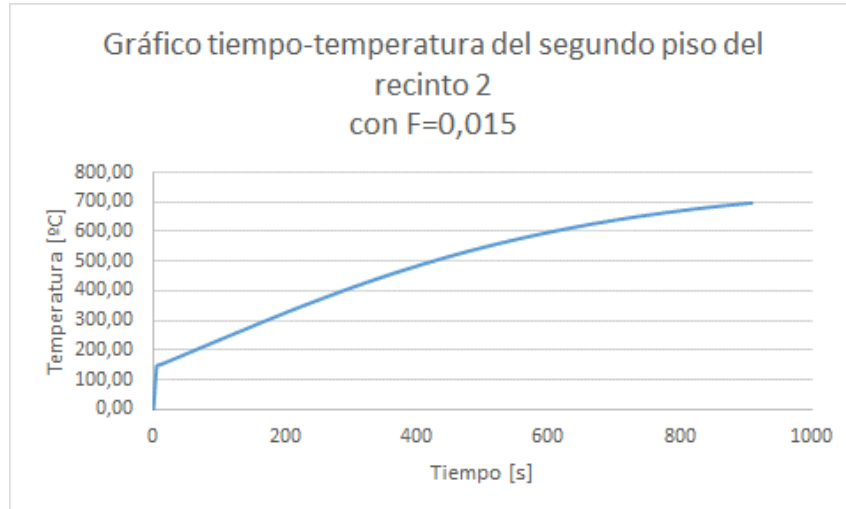


Gráfico 4.7.2.30.: “Relación tiempo-temperatura del segundo piso del recinto 2 con un coeficiente de abertura $F=0,015$.”

De acuerdo a lo anterior, los 600°C se alcanzan en el interior del segundo piso del recinto en un tiempo de 600 segundos.

- **FLUJO DE CALOR**

El flujo total de calor producido dentro del segundo piso del recinto 2 se divide en parte en el flujo de calor por convección y en el flujo de calor por radiación (ver gráficos 4.7.2.31 y 4.7.1.32).

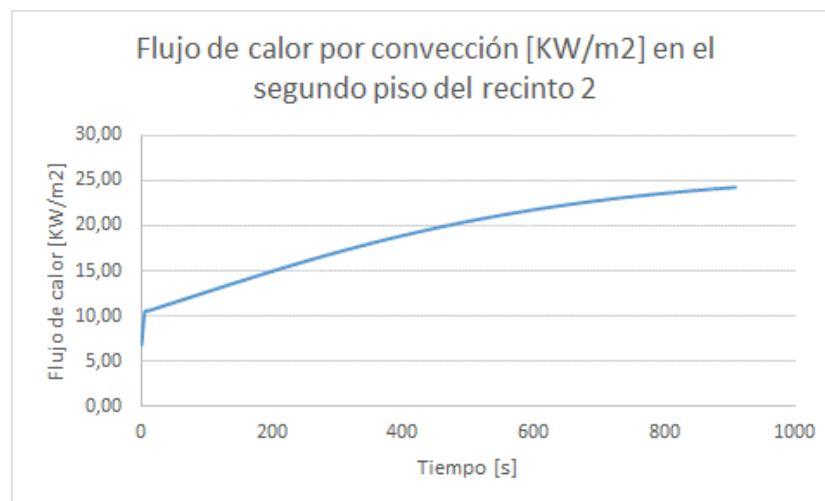


Gráfico 4.7.2.31.: “Flujo de calor por convección por unidad de área en función del tiempo para el segundo piso del recinto 2 con un coeficiente de calor de convección de $0,25[\text{kW}/\text{m}^2]$.”

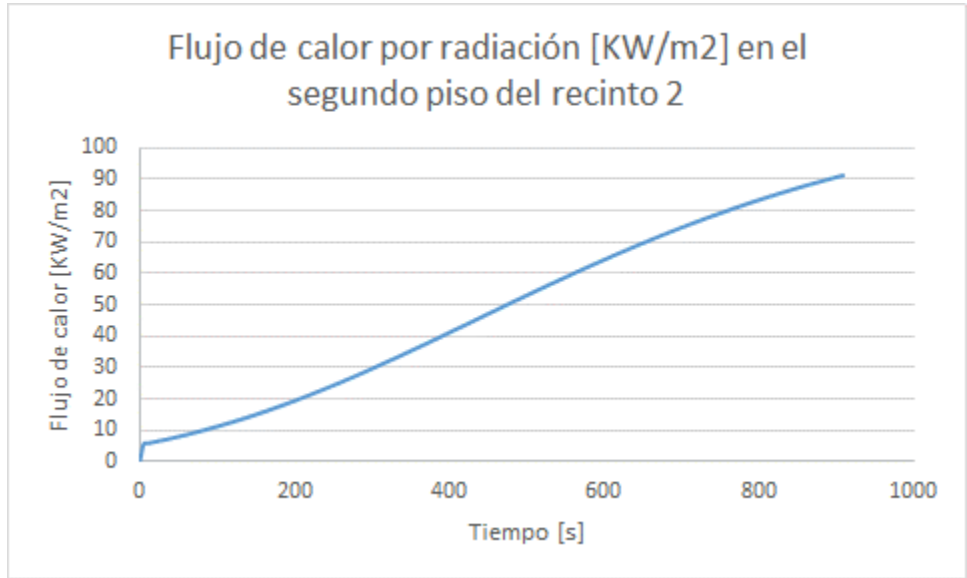


Gráfico 4.7.2.32.: “Flujo de calor por radiación por unidad de área en función del tiempo para el segundo piso del recinto 2.”

El flujo de calor típico indicador del flashover es de 20 [kW/m2] aproximadamente, el cuál se alcanza a los 470 segundos para el flujo por convección y en 215 segundos en el caso del flujo por radiación.

- **ALTURA**

La altura total del recinto 2 es de 7 m, con altura entrepisos de 3,5 m.

- **MATERIAL DE LA ENVOLVENTE**

El material de la envolvente del recinto 2 es de hormigón armado y sus propiedades térmicas se muestran en detalle en la tabla 4.7.2.23.

Tabla 4.7.2.23.: “Propiedades térmicas la envolvente del recinto 2 de hormigón armado.”

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Hormigón	2200	837	1,4	0,761

4.7.2.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO

- **VELOCIDAD DE CRECIMIENTO**

De acuerdo al uso del recinto ocupación de pública concurrencia se tiene una velocidad ultrarrápida de crecimiento del fuego.

Tabla 4.7.2.24.: “Tipo de velocidad de propagación para el recinto 2.”

Occupancy	Growth rate
Dwellings	Fast
	Medium
	Medium
Schools, offices	Medium
	Medium
	Fast
Hotels, nursing homes etcetera	Fast
	Fast
	Fast
Shopping centres, entertainment centres	Fast
	Fast
	Ultra-fast

- **EVOLUCIÓN DE HEAT RELEASE RATE DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

El valor de la tasa de crecimiento ultrarrápida del fuego α en el recinto 2 es 0,188.

- **PEAK HEAT RELEASE RATE EN UN INCENDIO CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN**

El valor del área total de las aberturas es 11,77 m² y su altura promedio es de 2,2 m. Luego, la magnitud del peak heat release rate controlado por la ventilación del segundo piso del recinto 2 es $\dot{Q}_v = 11960 \text{ KW}$.

- **FLASHOVER**

La tasa de liberación de calor en el flashover del segundo piso Q_{FO} es de 29051 KW. El detalle del cálculo de los de los parámetros usados para obtener el calor en el flashover está en la tabla 4.7.2.23 y 4.7.2.25.

Tabla 4.7.2.25.: “Parámetros para obtener la tasa de liberación de calor en el flashover del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B.”

Espesor de la envolvente [m]	0,2
Tiempo de penetración termica [s]	13140
Coefficiente de transferencia de calor efectivo [KW/m ² ·°K]	0,083
Tiempo en el que se alcanzan los 500-600 ° C [s]	600

- **CURVA DE DISEÑO DE HRR**

El calor total generado por el fuego de los materiales combustibles del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B, es de 3911 MJ. La forma en cómo se distribuye el calor generado entre las etapa de crecimiento ultrarrápido y el flashover se obtienen de la tabla 4.7.2.26.

Tabla 4.7.2.26.: “Parámetros del fuego generado para obtener la tasa de liberación de calor de diseño del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B.”

Calor total generado [KJ]	3910000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (33%)[KJ]	1303333,3
Calor total generado en la etapa de flashover (40%)[KJ]	1564000
Peak de tasa de liberación de calor controlado por la ventilación[KW]	11960
Tasa de liberación de calor en el flashover[KW]	25390

La curva de diseño de HRR se calcula utilizando la condición que $\int HRR_i = Q_i$ para cada etapa y que además se tiene un crecimiento ultrarrápido (ver gráfico 4.7.2.33).

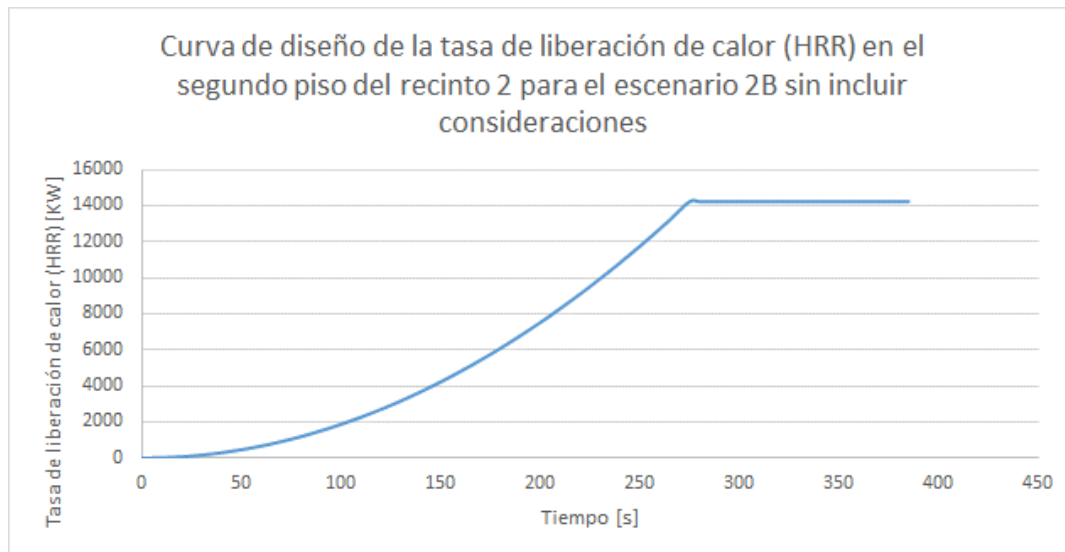


Gráfico 4.7.2.33.: “Curva de diseño de la tasa de liberación de calor del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B sin incluir consideraciones.”

Ahora, si incorporamos las consideraciones tanto del peak Heat Release Rate controlado por la ventilación como el HRR en el flashover detallados en la tabla 4.7.2.26, se recalculan los valores para el calor generado por cada etapa (ver tabla 4.7.2.27).

Tabla 4.7.2.27.: “Parámetros modificados del fuego generado, para obtener la tasa de liberación de calor de diseño del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B.”

Calor total generado [KJ]	3910000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (25,6%)[KJ]	1002855,2
Calor total generado en la etapa de flashover (44,4%)[KJ]	1720400

Finalmente, la curva definitiva de la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 2B es la expuesta en el grafico 4.7.2.34.

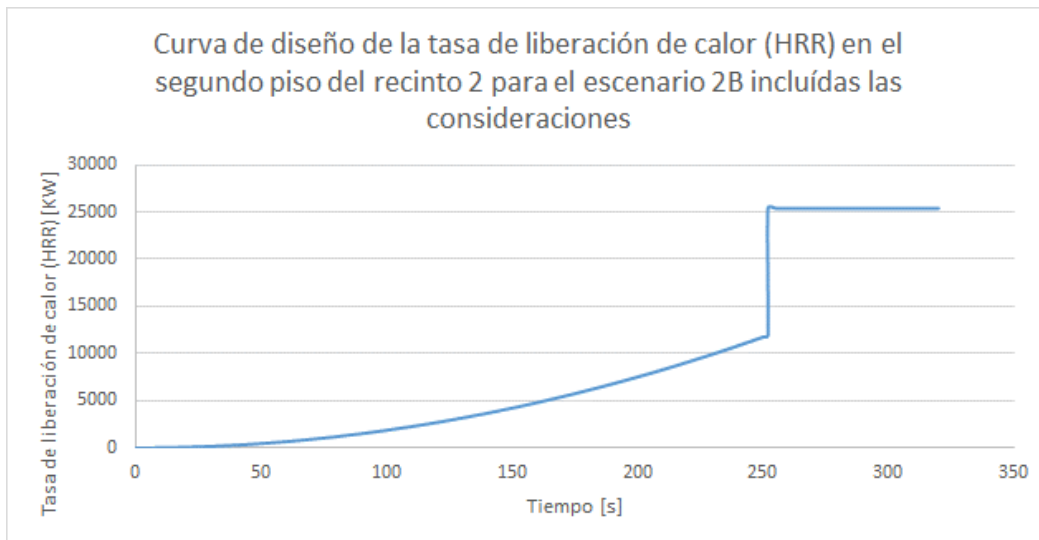


Gráfico 4.7.2.34.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B incluidas las consideraciones.”

4.7.2.2.2.5 ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE

4.7.2.2.2.5.1 DATOS DE ENTRADA

- **GEOMETRÍA**

El problema sólo se puede abordar mediante geometrías cuadradas, por tanto, las dimensiones del segundo piso del recinto virtual 2 para el análisis computacional se detallan en la tabla 4.7.2.28.

Tabla 4.7.2.28.: “Dimensiones geométricas del segundo piso del recinto 2 virtual.”

Ancho [m]	11,2
Largo [m]	37,67
Volumen virtual del recinto [m3]	1481
Volumen total del recinto [m3]	1481

- **HRR DE DISEÑO**

La curva de diseño de la tasa de liberación de calor (HRR) para el escenario 2B está descrita en el gráfico 4.7.2.35.

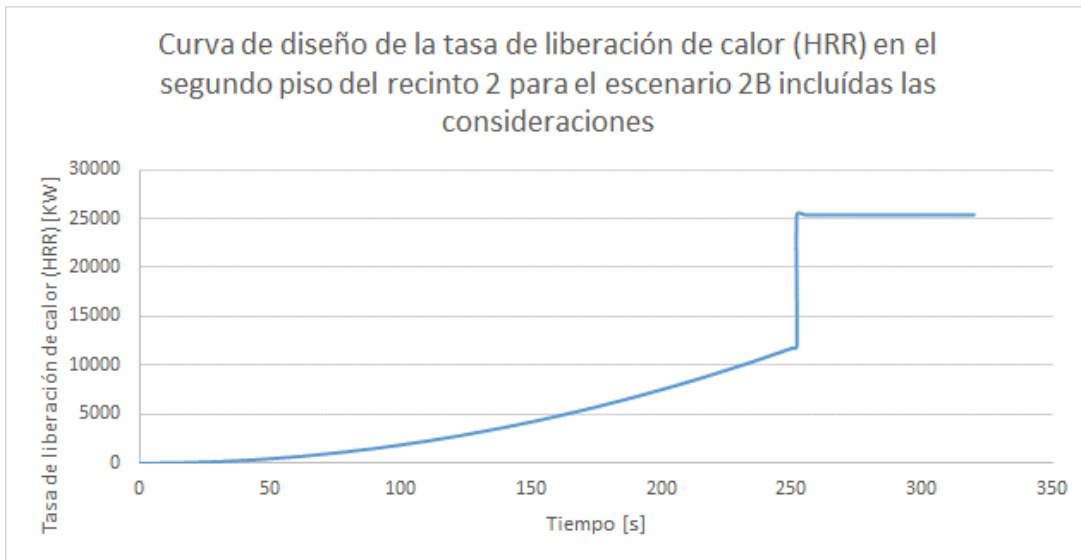


Gráfico 4.7.2.35.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del recinto 2 para el escenario de incendio 2B.”

- **RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS**

El detalle del cálculo desde el flujo de aire entrante hasta la tasa de producción de cada uno de los gases tóxicos, se obtienen de acuerdo al apartado 2.2.6.1.2. “Gases de incendio.”

Tabla 4.7.2.29.: “Resumen de los parámetros de entrada para el análisis del comportamiento del fuego dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B.”

Velocidad de crecimiento del fuego	ultrarápida
α [KW/s ²]	0,188
Liberación máxima de calor [KW]	25390
Superficie máxima de incendio [m ²]	23
Superficie total del recinto [m ²]	423
Carga Total combustible [MJ]	3910
Densidad de carga combustible total [MJ/m ²]	9,2
Flujo de aire entrante [g/s]	8,7
Mass Loss Rate por unidad de área [g/m ² ·s]	21,9
Flujo total de calor por unidad de área [KW/m ²]	70
Pérdida de calor por reirradiación por unidad de área [KW/m ²]	17,5
Calor de gasificación [KJ/g]	2,4
Mass Loss Rate [g/s]	503,1
Radio estequiométrico (1/r)	8,78
Radio equivalente (ϕ)	506
Condiciones de ventilación	Poca ventilación
Tasa de producción de CO [kg/kg]	1,41
Tasa de producción de CO ₂ [kg/kg]	2,21
Tasa de producción de HCN [kg/kg]	0,1
Tasa de producción de Hollin [kg/kg]	0,222

4.7.2.2.5.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD ⁽¹²⁾

Los resultados del análisis en Branzfire para el escenario de incendio 2B de alturas de capa de humo, fracción de dosis efectiva (FED), temperatura y visibilidad se encuentran en la tabla 4.7.2.30.

Tabla 4.7.2.30.: “Resultados del análisis en Branzfire para el análisis del comportamiento del fuego dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B con respecto a los tiempos en los cuales las condiciones mínimas para la seguridad humana son sobrepasadas”

PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD HUMANA	Tiempo [s]
Altura de la capa de humo de 2 m (medidos desde la cota +3,50 m)	70,0
Temperatura de la capa de humo alcanza los 80°C	72
FED gases igual a 0,1	78
Visibilidad de 15 m a 2 metros del suelo	69

De acuerdo a la tabla anterior, para el escenario de incendio 2B el tiempo disponible para que los ocupantes evacúen el segundo piso es de 70 segundos (un poco más de 1 minuto) debido a que la altura de la capa de humo iguala a la altura crítica de seguridad humana en el segundo piso equivalente a 2 m de altura medidos desde la planta del segundo piso, y además, la visibilidad de señales de emergencia se reduce a menos de 15 m, la capa de humo sobrepasa los 80°C y se está próximo a alcanzar los límites tolerables tanto de la FED.

- **GRÁFICOS**

ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO

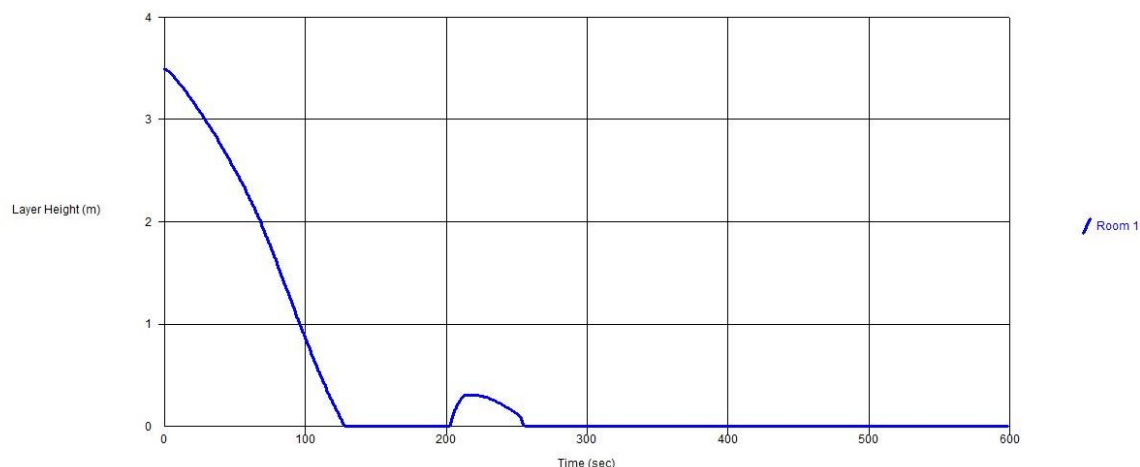


Gráfico 4.7.2.36.: “Evolución del espesor de la capa de humo dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2A según Branzfire.”

¹² Ver resultados en apartado I.2.4 del Anexo I.

TEMPERATURA

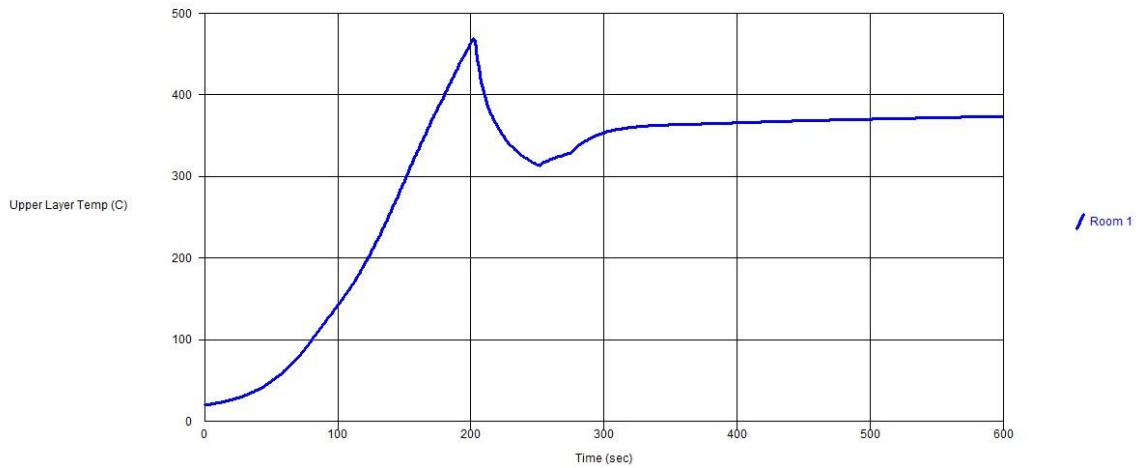


Gráfico 4.7.2.37.: “Evolución de la temperatura de la capa de humo dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B según Branzfire.”

DOSIS FRACCIONAL EFECTIVA (FED)

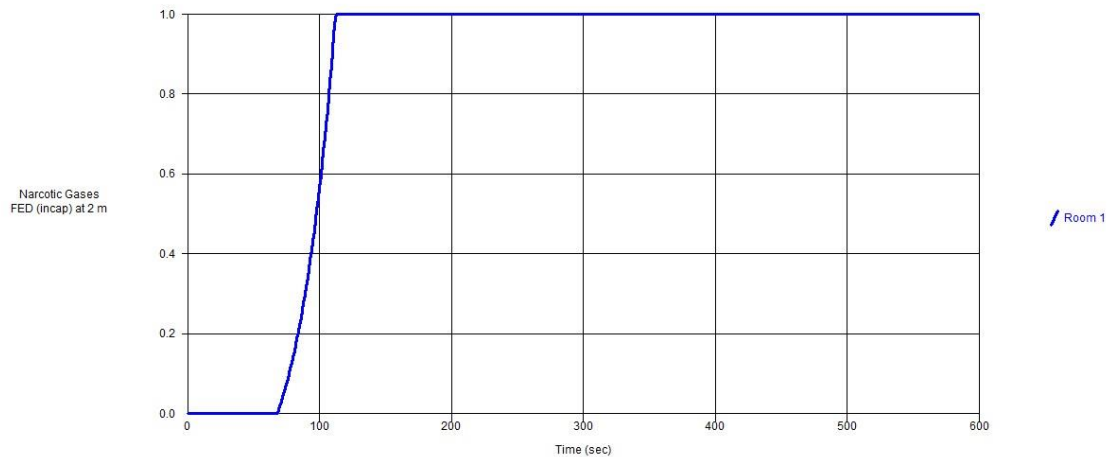


Gráfico 4.7.2.38.: “Evolución de FED de gases tóxicos dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B según Branzfire.”

VISIBILIDAD

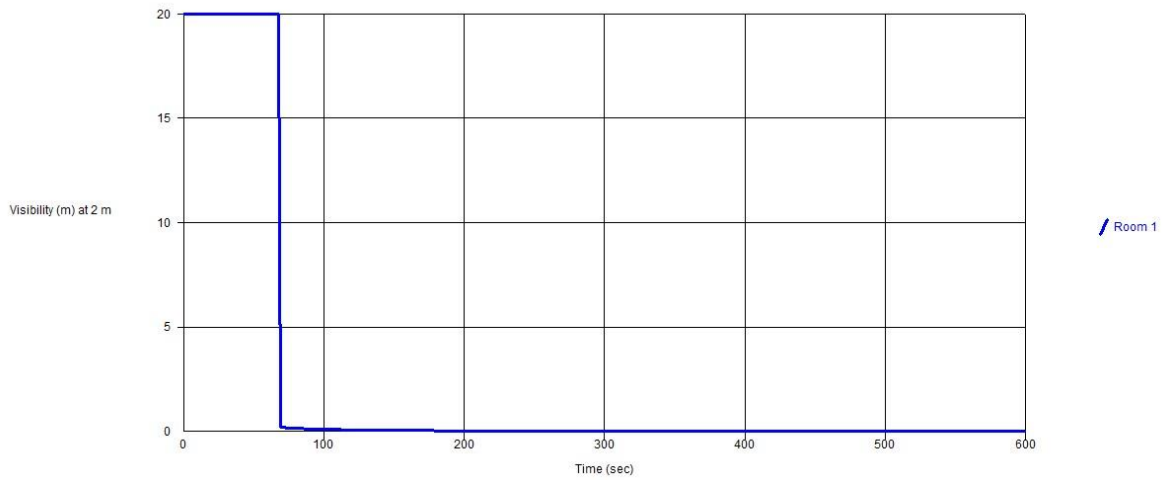


Gráfico 4.7.2.39.: “Evolución de la visibilidad a 2 metros sobre el suelo dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

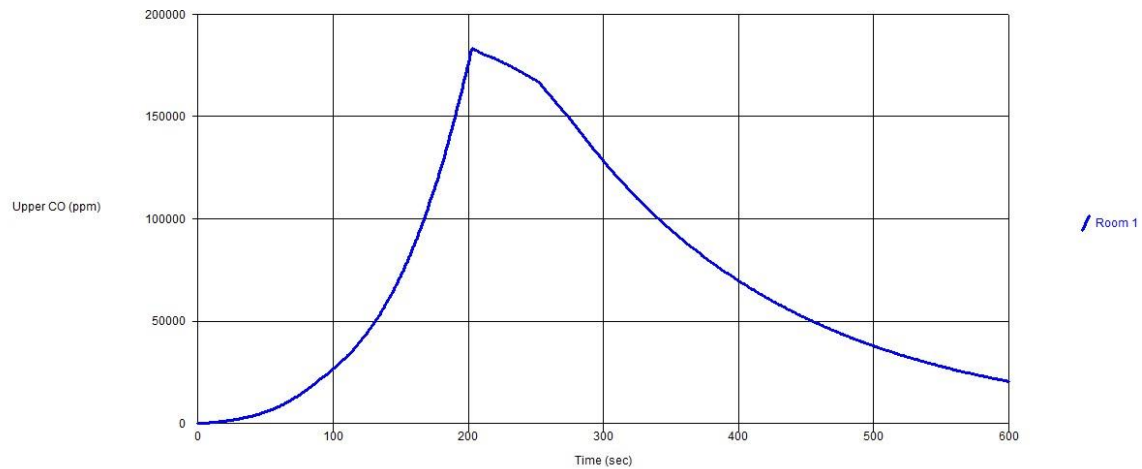


Gráfico 4.7.2.40.: “Evolución de la concentración de CO dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

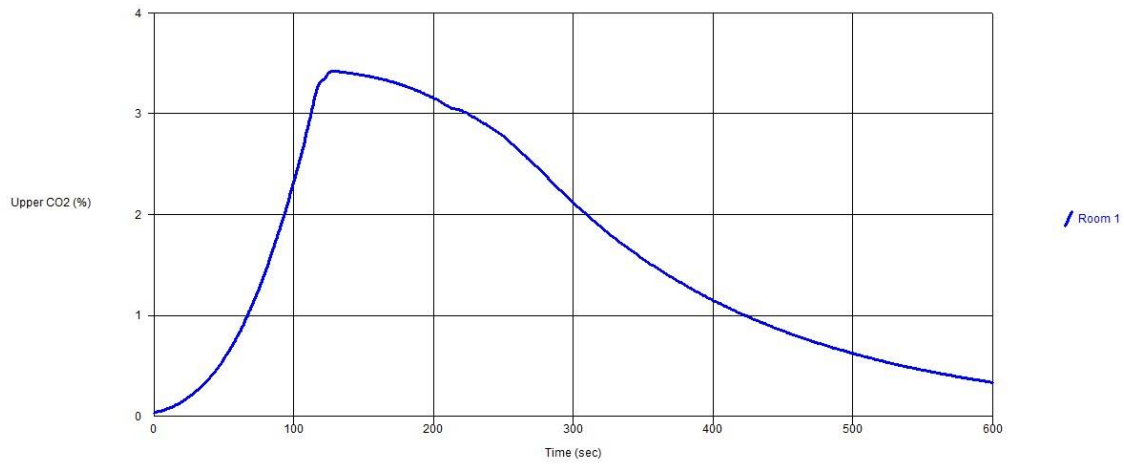


Gráfico 4.7.2.41.: “Evolución de la concentración de CO₂ dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: ÁCIDO CIANHÍDRICO (HCN)

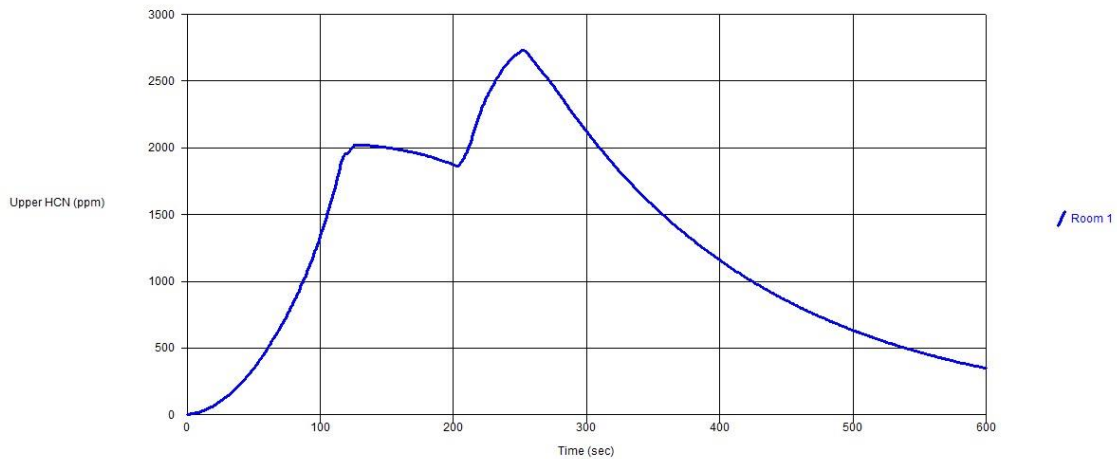


Gráfico 4.7.2.42.: “Evolución de la concentración de HCN dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: OXÍGENO (O₂)

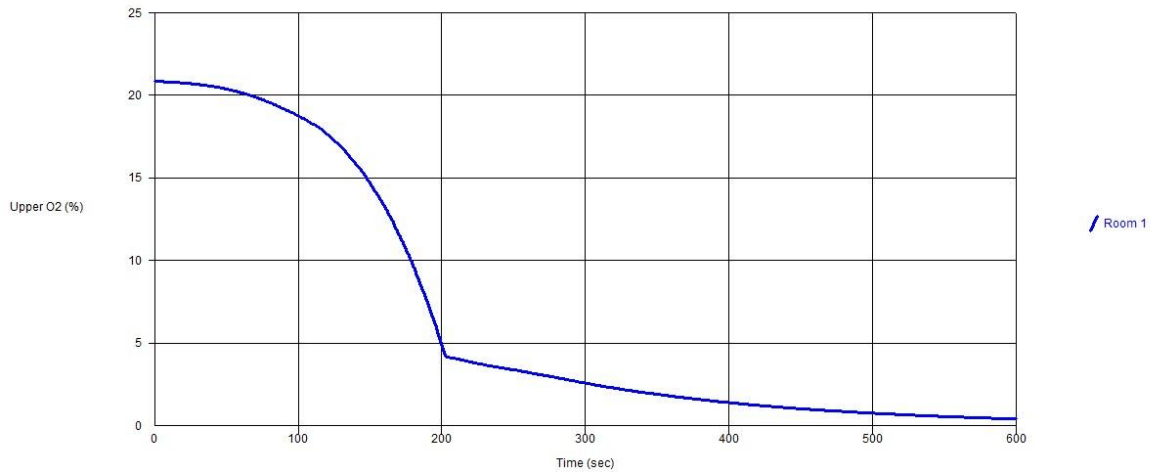


Gráfico 4.7.2.43.: “Evolución de la concentración de O₂ dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B según Branzfire.”

MASS LOSS RATE (MLR)

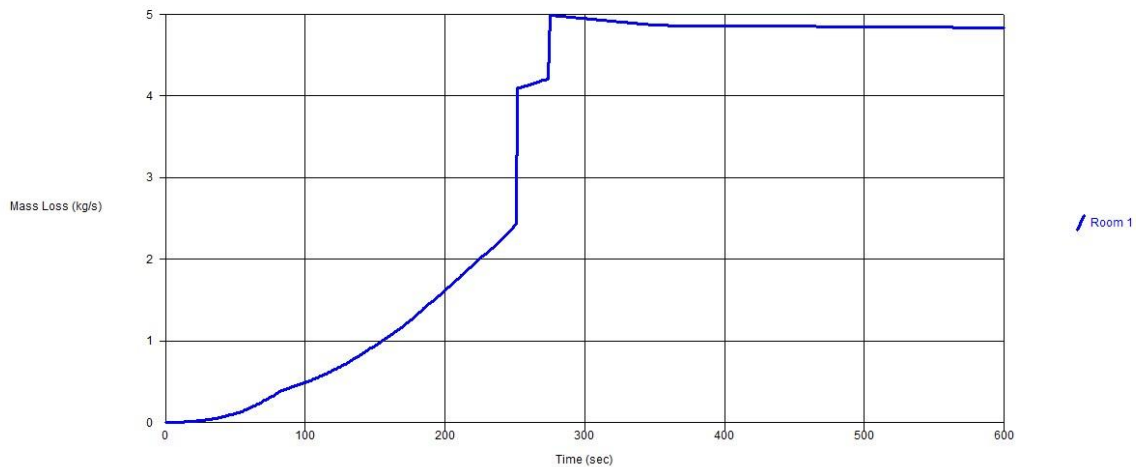


Gráfico 4.7.2.44.: “Evolución de mass loss rate (MLR) dentro del segundo piso del recinto 2 para el escenario 2B según Branzfire.”

4.7.2.2.3 ESCENARIO DE INCENDIO 2C

4.7.2.2.3.1 DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES

La carga combustible del recinto 2 para el escenario 2C está ubicada a un costado del pasillo central del primer piso (ver ilustración 4.7.36.) y está conformada por mobiliario del tipo espécimen 1 que son en definitiva sillas.

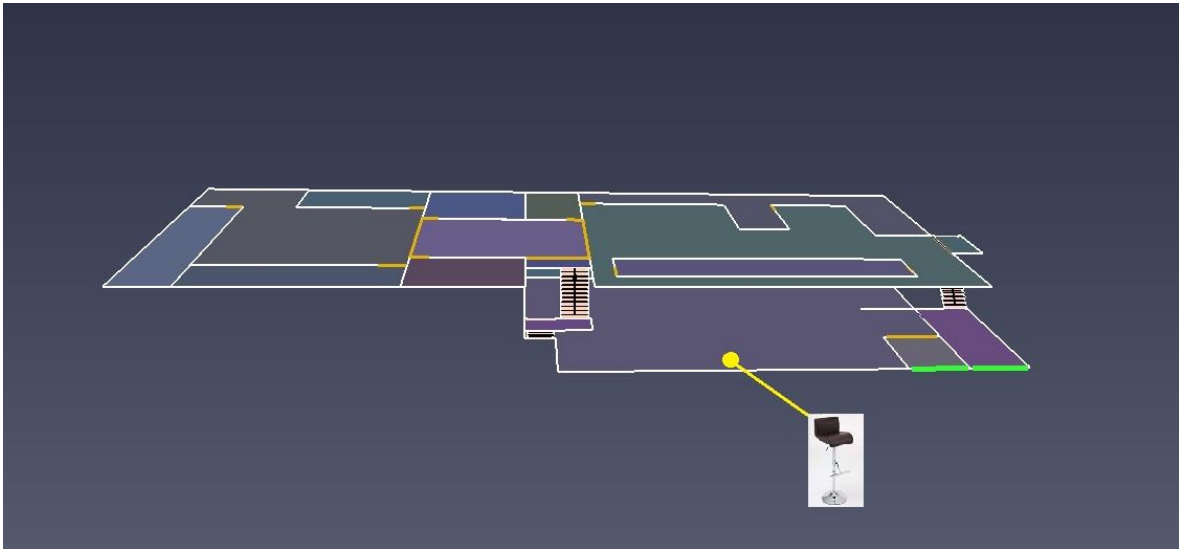


Ilustración 4.7.36.: “Vista superior de la ubicación de las cargas combustibles en la zona de acumulación a un lado del pasillo central del primer piso del recinto 2.”

Además, la superficie del mobiliario del primer piso del recinto 2 tiene un valor de 52 m². Para obtener la cantidad de material combustible acumulado en esta zona, se ocupa la equivalencia que sólo el 50% de los ocupantes del primer piso, es decir, 200 personas usan sillas. El detalle de los datos, con respecto a áreas de uso y número de ocupantes para obtener el valor de la carga combustible para el análisis de este escenario de incendio, está en la tabla 4.7.2.31.

Tabla 4.7.2.31.: “Parámetros usados para el cálculo de la carga combustible (espécimen 1) almacenada a un costado del pasillo central del primer piso para el escenario de incendio 2C.”

Área total de lugar de almacenamiento [m2]	52
Ocupantes del primer piso [pers.]	200
Ocupantes que usan mobiliario [pers.]	100
Carga combustible unitaria por silla [MJ/silla]	85

Finalmente, la carga combustible del recinto 2 para el escenario 2C tiene un valor de 8500 MJ, y una densidad de carga combustible de 163,5 [MJ/m²] (ver detalle de cálculo en tabla 4.7.2.21.).

Tabla 4.7.2.32.: “Densidad de carga combustible y carga combustible para el escenario de incendio 2C del primer piso del recinto 2.”

Espécimen	Densidad de carga combustible [MJ/m ²]	Área de almacenamiento [m ²]	Carga combustible [MJ]
1	163,5	52	8500,0
Densidad de carga total combustible [MJ/m ²]	163,5	Carga total combustible [MJ]	8500,0

4.7.2.2.3.2 PUNTO DE IGNICIÓN

El punto de ignición para este escenario se encuentra localizado a un costado del pasillo central del primer piso y se caracteriza por tener una gran presencia de instalaciones eléctricas como cables, luces, etc.

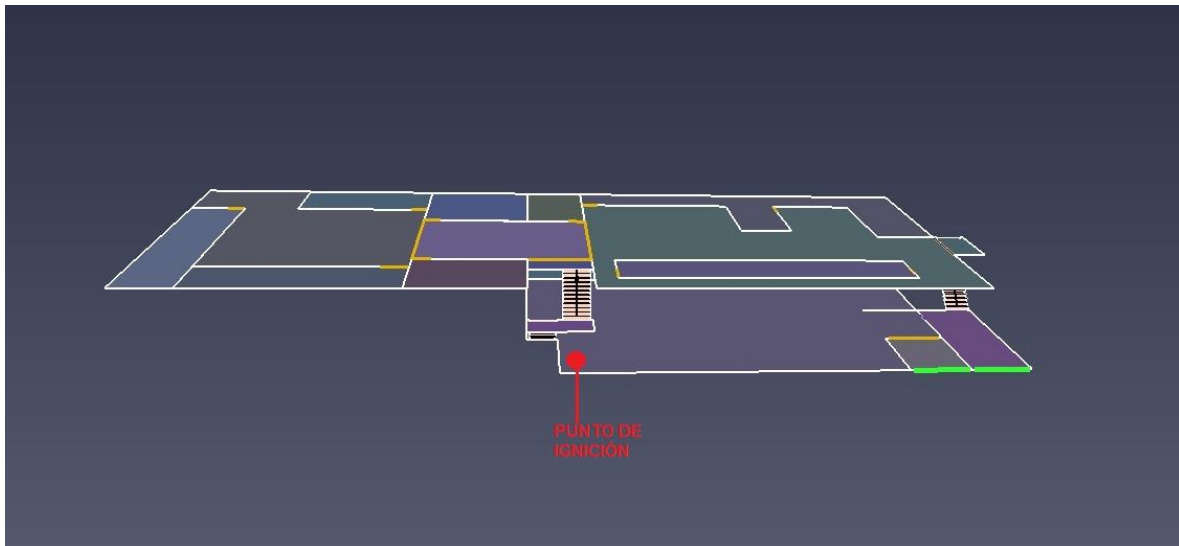


Ilustración 4.7.37.: “Vista superior del punto de ignición del escenario 2C, bajo la escalera de acceso al segundo piso del recinto 2.”

La fuente de ignición descrita anteriormente es del tipo radiactivo la que producto del algún corte de electricidad o sobrecarga genera una chispa que inicia la ignición espontánea de los materiales combustibles más cercanos en el sector bajo la escalera de acceso al segundo piso.

4.7.2.2.3.3 CRECIMIENTO

- **GEOMETRÍA DEL RECINTO**

Las dimensiones del área total superficial y volumen del primer piso del recinto 2, y del área y altura promedio de las aberturas están en la tabla 4.7.2.33.

Tabla 4.7.2.33.: “Área total y altura promedio de las aberturas, y área total superficial y volumen del primer piso del recinto 2.”

Recinto	Área superficial total [m ²]	Volumen [m ³]	Área total de aberturas [m ²]	Altura promedio de las aberturas [m]
2	736,25	875	12,76	2,2

- **COEFICIENTE F**

Se tiene un valor de factor de abertura F de 0,025 [1/m] para el primer piso del recinto 2.

- **EVOLUCIÓN TIEMPO-TEMPERATURA**

La curva tiempo-temperatura del primer piso del recinto 2 con un factor de abertura de ventilación F de 0,025 [1/m] se detalla en el gráfico 4.7.2.45.

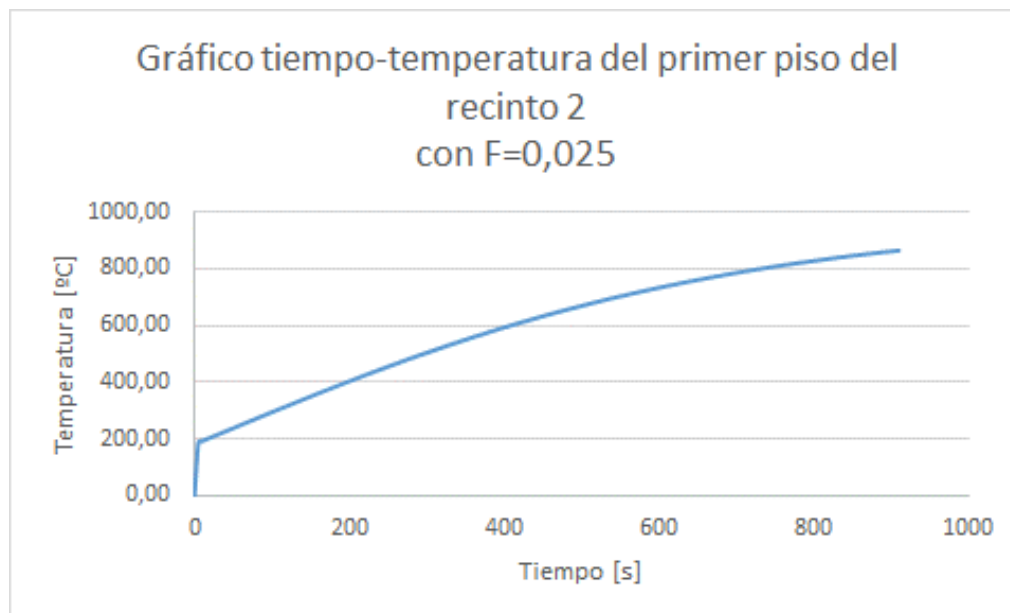


Gráfico 4.7.2.45.: “Relación tiempo-temperatura del segundo piso del recinto 2 con un coeficiente de abertura F=0,025.”

De acuerdo a lo anterior, los 600°C se alcanzan al interior del primer piso del recinto en un tiempo de 410 segundos.

- **FLUJO DE CALOR**

El flujo total de calor producido dentro del primer piso del recinto 2 se divide en parte en el flujo de calor por convección y en el flujo de calor por radiación (ver gráficos 4.7.2.46 y 4.7.1.47).

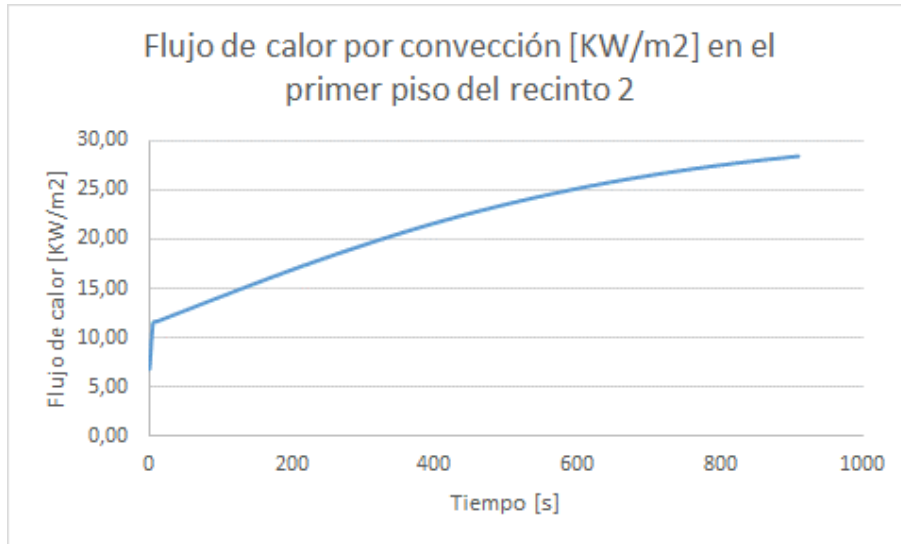


Gráfico 4.7.2.46.: “Flujo de calor por convección por unidad de área en función del tiempo para el primer piso del recinto 2 con un coeficiente de calor de convección de 0,25[kW/m2].”

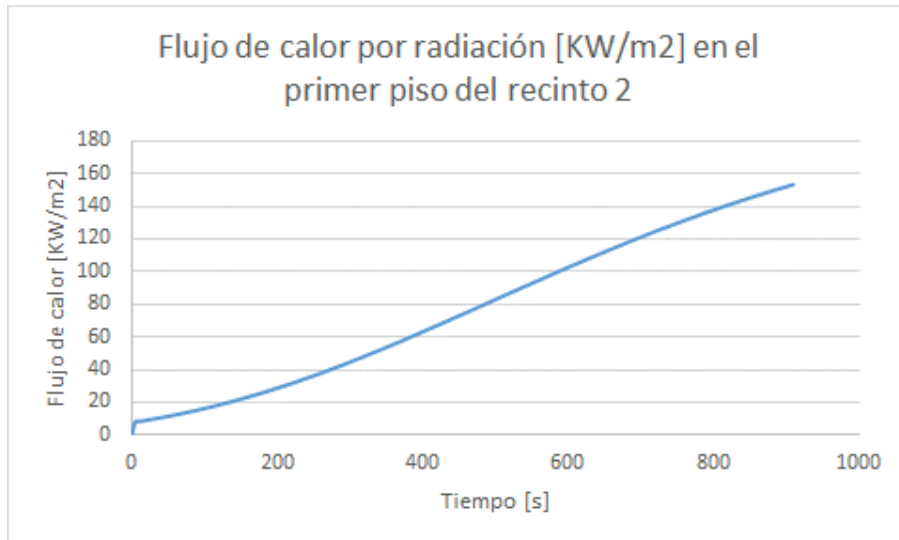


Gráfico 4.7.2.47.: “Flujo de calor por radiación por unidad de área en función tiempo para el primer piso del recinto 2.”

El flujo de calor, típico indicador del flashover es de 20 [kW/m2] aproximadamente. Este alcanza los 300 segundos para el flujo por convección y los 135 segundos en el caso del flujo por radiación.

- **ALTURA**

La altura total del recinto 2 es de 7 m, con altura entrepisos de 3,5 m.

- **MATERIAL DE LA ENVOLVENTE**

El material de la envolvente del recinto 2 es de hormigón armado y sus propiedades térmicas se muestran en detalle en la tabla 4.7.2.34.

Tabla 4.7.2.34.: “Propiedades térmicas la envolvente del recinto 1 de hormigón armado.”

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Hormigón	2200	837	1,4	0,761

4.7.2.2.3.4 CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO

- **VELOCIDAD DE CRECIMIENTO**

De acuerdo al uso del recinto ocupación de pública concurrencia se tiene una velocidad ultrarrápida de crecimiento del fuego.

Tabla 4.7.2.35.: “Tipo de velocidad de propagación para el recinto 2.”

Occupancy	Growth rate
Dwellings	Fast
	Medium
	Medium
Schools, offices	Medium
	Medium
	Fast
Hotels, nursing homes etcetera	Fast
	Fast
Shopping centres, entertainment centres	Fast
	Fast
	Ultra-fast

- **EVOLUCIÓN DE HEAT RELEASE RATE DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

El valor de la tasa de crecimiento ultrarrápida del fuego α en el recinto 2 es 0,188.

- **PEAK HEAT RELEASE RATE EN UN INCENDIO CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN**

El valor del área total de las aberturas es 12,76 m² y su altura promedio es de 2,2 m. Luego, la magnitud del peak heat release rate controlado por la ventilación del segundo piso del recinto 2 es $\dot{Q}_v = 12964 \text{ KW}$.

- **FLASHOVER**

La tasa de liberación de calor en el flashover del primer piso Q_{FO} es de 222542 KW. El detalle del cálculo de los de los parámetros usados para obtener el calor en el flashover está en la tabla 4.7.2.34 y 4.7.2.36.

Tabla 4.7.2.36.: “Parámetros para obtener la tasa de liberación de calor durante el flashover del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C.”

Espesor de la envolvente [m]	0,2
Tiempo de penetración térmica [s]	13140
Coefficiente de transferencia de calor efectivo[KW/m2°K]	0,083
Tiempo en el que se alcanzan los 500 ° C [s]	305

- **CURVA DE DISEÑO DE HRR**

El calor total generado por el fuego de los materiales combustibles del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C es de 8500 MJ. La forma en cómo se distribuye el calor generado entre las etapa de crecimiento ultrarrápido y el flashover se obtienen de la tabla 4.7.2.37.

Tabla 4.7.2.37.: “Parámetros del fuego generado para obtener la tasa de liberación de calor de diseño para el primer piso del recinto 2 para el escenario 2C.”

Calor total generado [KJ]	8500000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (33%)[KJ]	2833333,3
Calor total generado en la etapa de flashover (40%)[KJ]	3400000
Peak de tasa de liberación de calor controlado por la ventilación[KW]	12964,4
Tasa de liberación de calor en el flashover[KW]	22542,2

La curva de diseño de HRR se calcula utilizando la condición que $\int HRR_i = Q_i$ para cada etapa y que además se tiene un crecimiento ultrarrápido (ver gráfico 4.7.2.48).

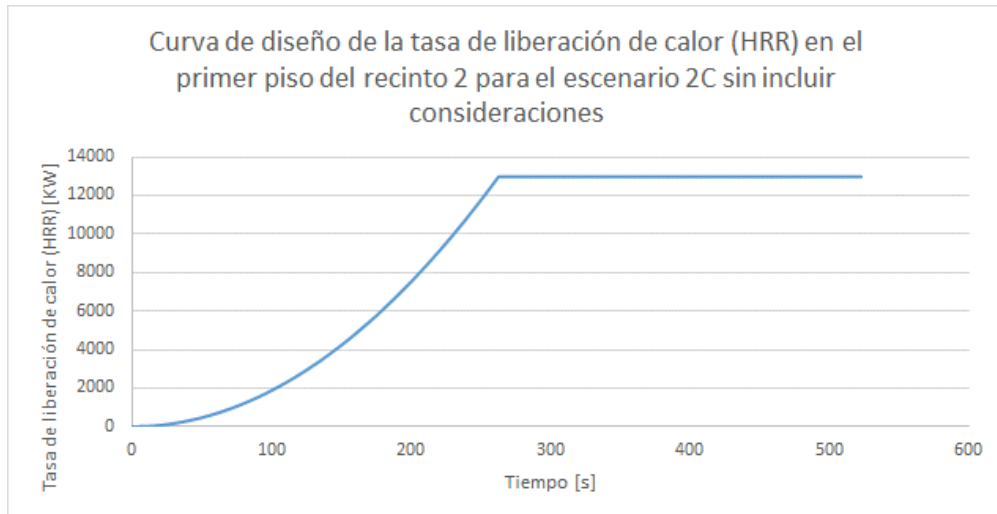


Gráfico 4.7.2.48.: “Curva de diseño de la tasa de liberación de calor del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C sin incluir consideraciones.”

Ahora, si incorporamos las consideraciones tanto del peak Heat Release Rate controlado por la ventilación como el HRR en el flashover detallados en la tabla 4.7.2.37, se recalculan los valores para el calor generado por cada etapa (ver tabla 4.7.2.38).

Tabla 4.7.2.38.: “Parámetros modificados del fuego generado, para obtener la tasa de liberación de calor de diseño para el primer piso del recinto 2.”

Calor total generado [KJ]	8500000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (13,4%)[KJ]	1134803,7
Calor total generado en la etapa de flashover (56,6%)[KJ]	4811000

Finalmente, la curva definitiva de la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 2C es la expuesta en el gráfico 4.7.2.49.

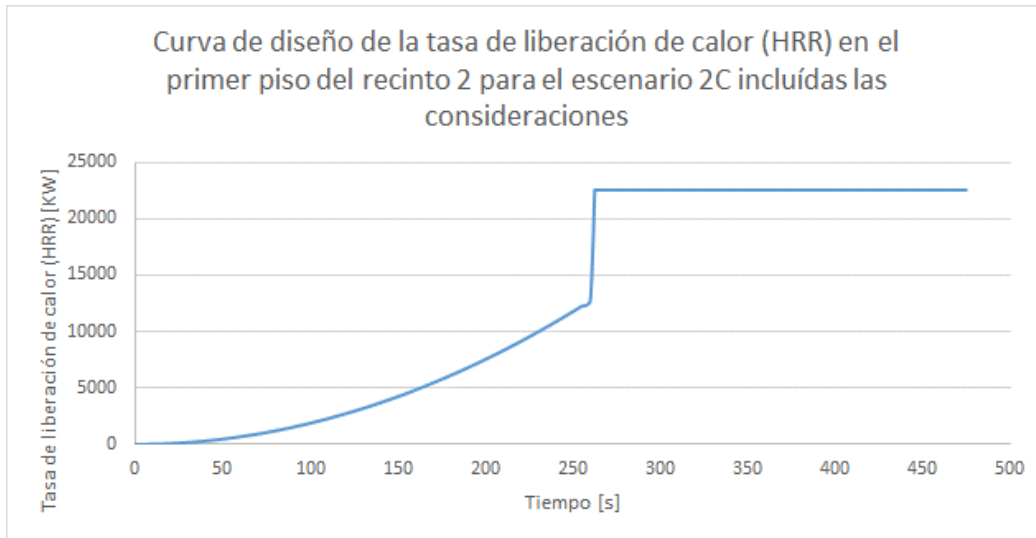


Gráfico 4.7.2.49.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C incluidas las consideraciones.”

4.7.2.2.3.5 ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE

4.7.2.2.3.5.1 DATOS DE ENTRADA

- **GEOMETRÍA**

El problema sólo se puede abordar mediante geometrías cuadradas, por tanto, las dimensiones del primer piso del recinto virtual 2 para el análisis computacional se detallan en la tabla 4.7.2.39.

Tabla 4.7.2.39.: “Dimensiones geométricas del primer piso del recinto 2 virtual.”

Ancho [m]	11,2
Largo [m]	22,3
Volumen virtual del recinto [m3]	875
Volumen total del recinto [m3]	875

- **HRR DE DISEÑO**

La curva de diseño de la tasa de liberación de calor (HRR) para el escenario 2C está descrita en el gráfico 4.7.2.50.

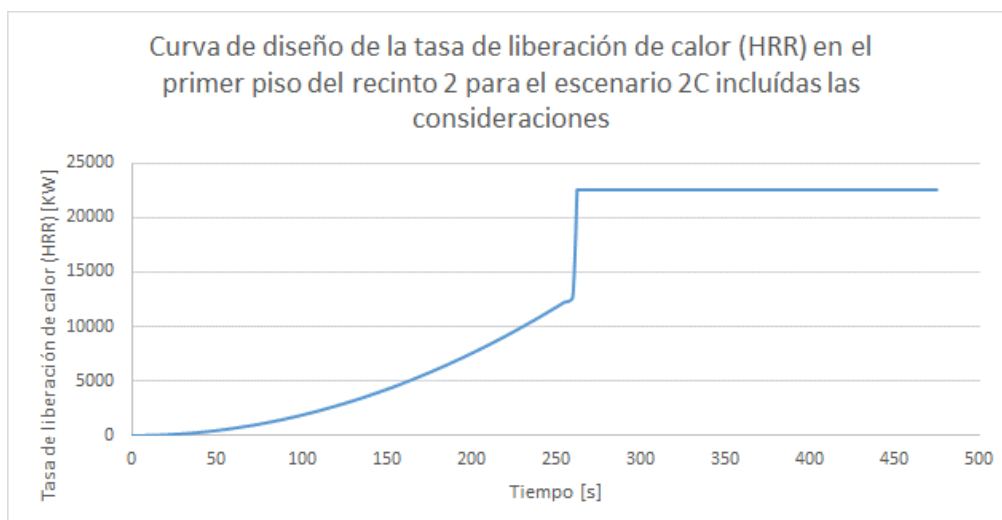


Gráfico 4.7.2.50.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del recinto 2 para el escenario de incendio 2C.”

- **RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS**

El detalle del cálculo desde el flujo de aire entrante hasta la tasa de producción de cada uno de los gases tóxicos, se obtienen de acuerdo al apartado 2.2.6.1.2. “Gases de incendio.”

Tabla 4.7.2.40.: “Resumen de los parámetros de entrada para el análisis del comportamiento del fuego dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C.”

Velocidad de crecimiento del fuego	ultrarápida
α [KW/s ²]	0,188
Liberación máxima de calor [KW]	29051
Superficie máxima de incendio [m ²]	52
Superficie total del recinto [m ²]	423
Carga Total combustible [MJ]	8500
Densidad de carga combustible total [MJ/m ²]	20,1
Flujo de aire entrante [g/s]	9,5
Mass Loss Rate por unidad de área [g/m ² *s]	21,9
Flujo total de calor por unidad de área [KW/m ²]	70
Pérdida de calor por reirradiación por unidad de área [KW/m ²]	17,5
Calor de gasificación [KJ/g]	2,4
Mass Loss Rate [g/s]	1137,5
Radio estequiométrico (1/r)	8,78
Radio equivalente (ϕ)	1055
Condiciones de ventilación	Poca ventilación
Tasa de producción de CO [kg/kg]	1,41
Tasa de producción de CO ₂ [kg/kg]	2,21
Tasa de producción de HCN [kg/kg]	0,1
Tasa de producción de Hollín [kg/kg]	0,222

4.7.2.2.3.5.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD ⁽¹³⁾

Los resultados del análisis en Branzfire para el escenario de incendio 2C de alturas de capa de humo, fracción de dosis efectiva (FED), temperatura y visibilidad se encuentran en la tabla 4.7.2.41.

Tabla 4.7.2.41.: “Resultados del análisis en Branzfire para el análisis del comportamiento del fuego dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C con respecto a los tiempos en los cuales las condiciones mínimas para la seguridad humana son sobrepasadas.”

PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD HUMANA	Tiempo [s]
Altura de la capa de humo de 2 m (medidos desde la cota +0,00 m)	48,0
Temperatura de la capa de humo alcanza los 80°C	59
FED gases igual a 0,1	60
Visibilidad de 15 m a 2 metros del suelo	48

De acuerdo a la tabla anterior, para el escenario de incendio 2C el tiempo disponible para que los ocupantes evacúen el primer piso que es de 48 segundos (menos de 1 minuto) debido a que la altura de la capa de humo iguala a la altura crítica de seguridad humana en el segundo piso equivalente a 2 m de altura medidos desde la planta del segundo piso, y además, la visibilidad de señales de emergencia se reduce a menos de 15 m, la capa de humo sobrepasa los 80°C y se está próximo a alcanzar los límites tolerables tanto de la FED.

- GRÁFICOS

ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO

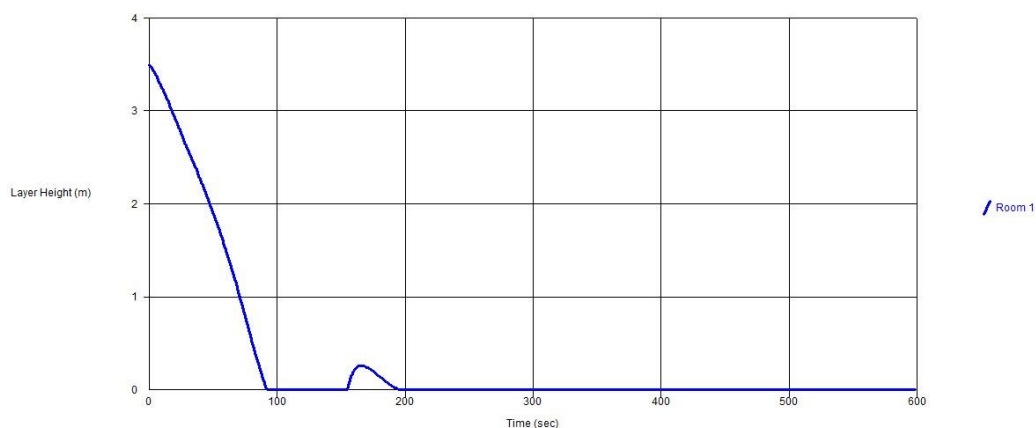


Gráfico 4.7.2.51.: “Evolución del espesor de la capa de humo dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C según Branzfire.”

¹³ Ver resultados en apartado I.2.5 del Anexo I.

TEMPERATURA

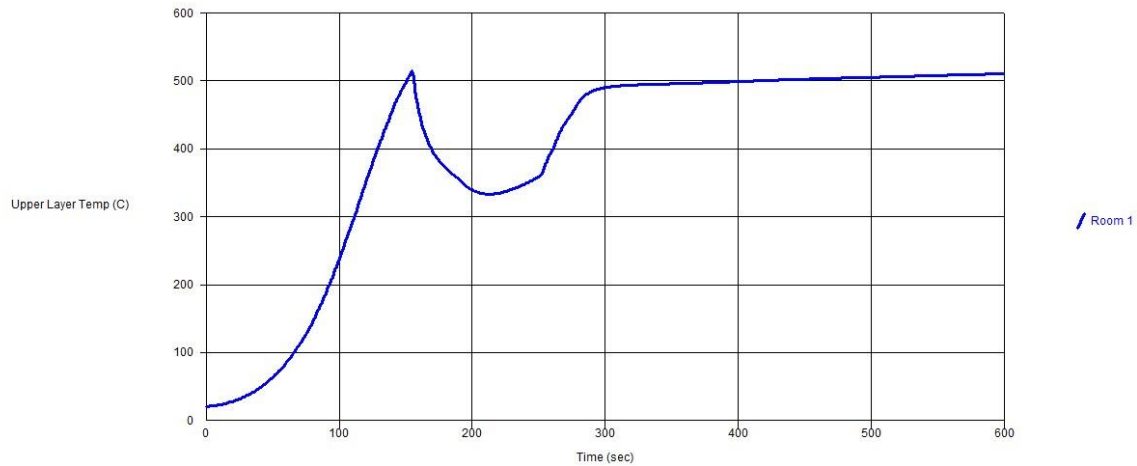


Gráfico 4.7.2.52.: “Evolución de la temperatura de la capa de humo dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C según Branzfire.”

DOSIS FRACCIONAL EFECTIVA (FED)

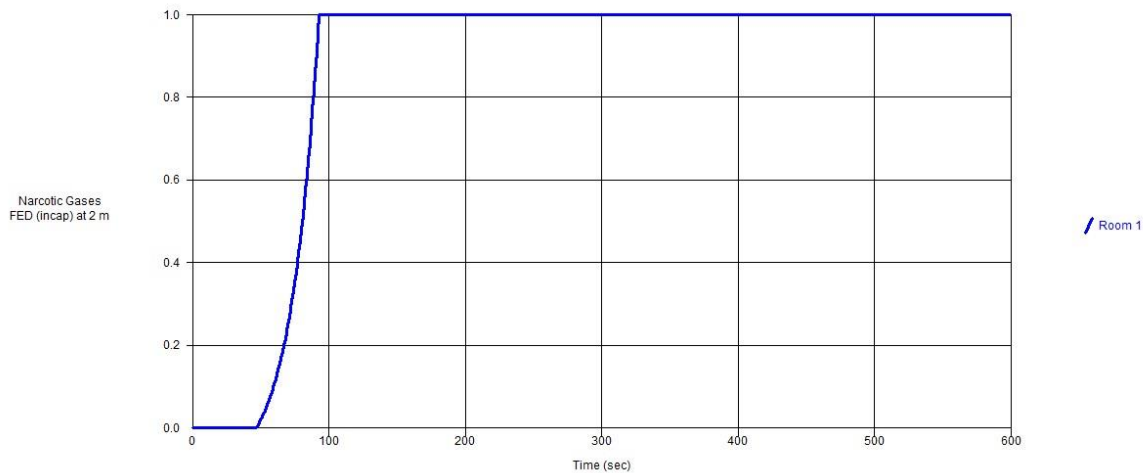


Gráfico 4.7.2.53.: “Evolución de FED de gases tóxicos dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C según Branzfire.”

VISIBILIDAD

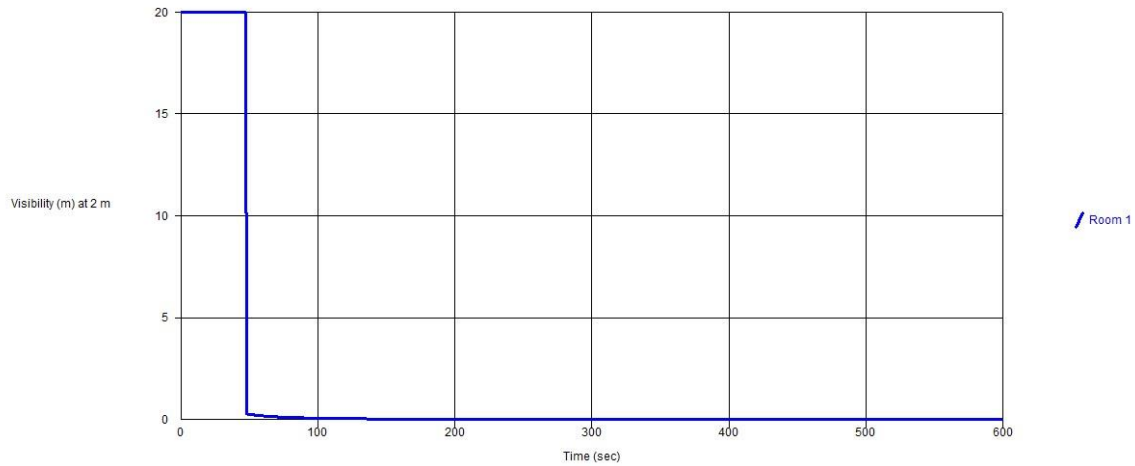


Gráfico 4.7.2.54.: “Evolución de la visibilidad a 2 metros sobre el suelo dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

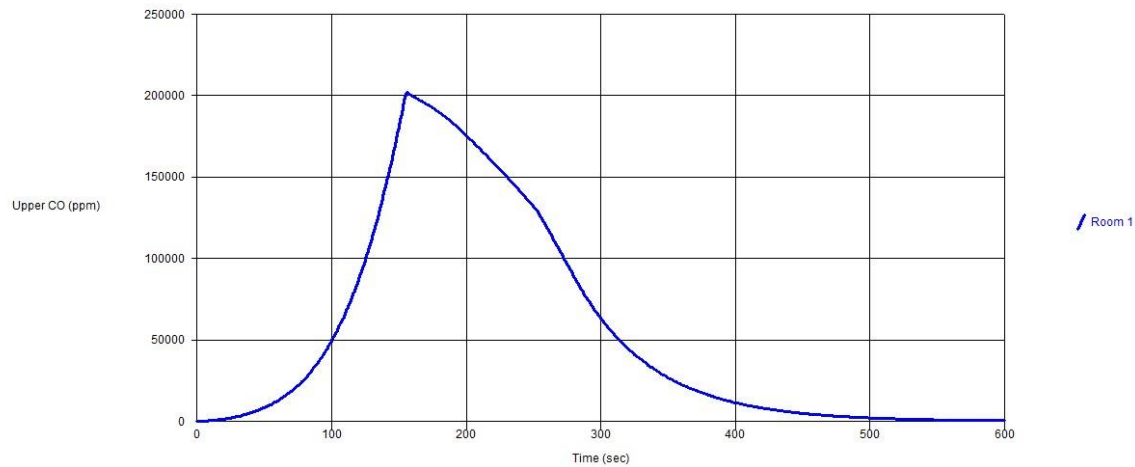


Gráfico 4.7.2.55.: “Evolución de la concentración de CO dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

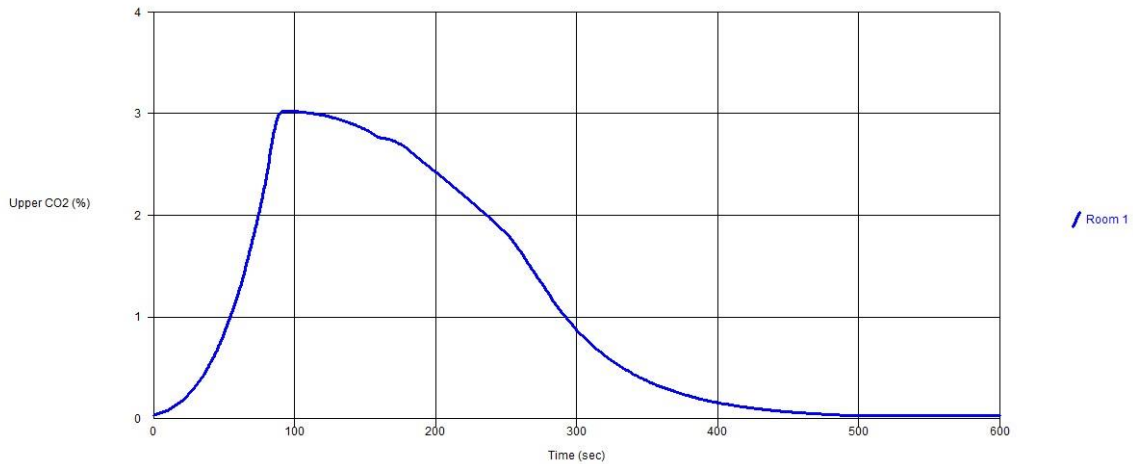


Gráfico 4.7.2.56.: “Evolución de la concentración de CO₂ dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: ÁCIDO CIANHÍDRICO (HCN)

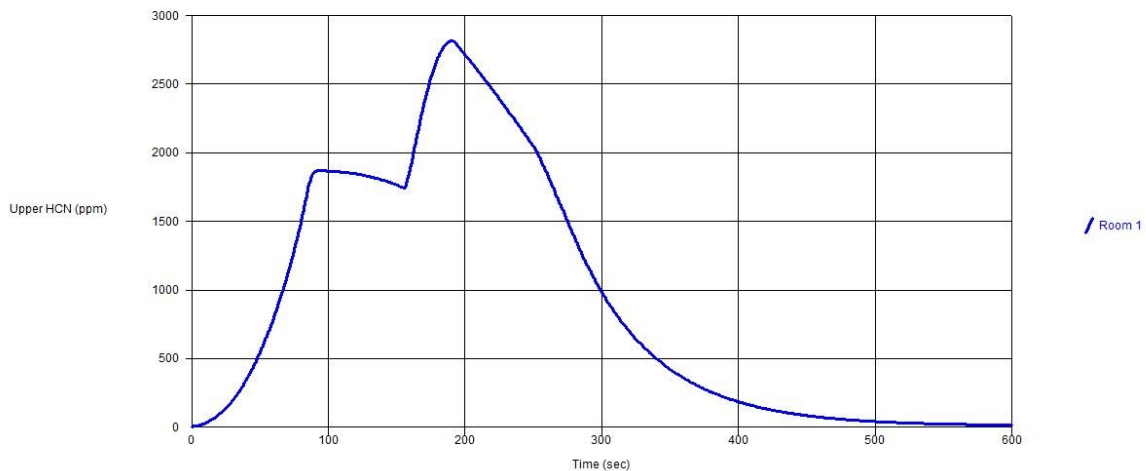


Gráfico 4.7.2.57.: “Evolución de la concentración de HCN dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: OXÍGENO (O₂)

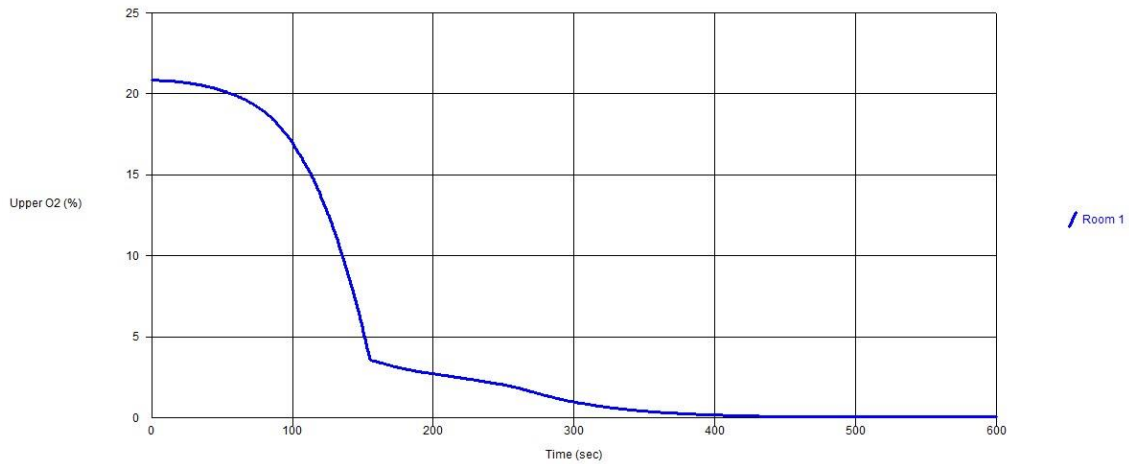


Gráfico 4.7.2.58.: “Evolución de la concentración de O₂ dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C según Branzfire.”

MASS LOSS RATE (MLR)

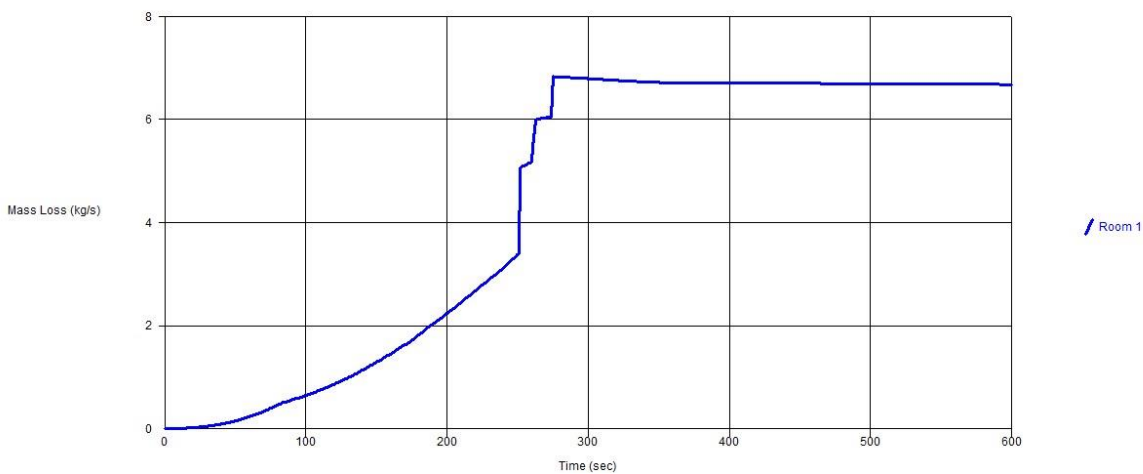


Gráfico 4.7.2.59.: “Evolución de mass loss rate (MLR) dentro del primer piso del recinto 2 para el escenario 2C según Branzfire.”

4.7.2.3 RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME) VERSUS ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)

De acuerdo a los valores obtenidos para el ASET en cada escenario de incendio 2A, 2B y 2C del recinto 2 (ver detalle en tabla 4.7.2.43.) y a los calculados en el estudio del RSET del lugar (ver detalle en tabla 4.7.2.42.), se analiza el desempeño ante un incendio mediante un enfoque de sensibilidad de las salidas, o sea, 3 casos posibles que son:

- una situación óptima de evacuación (todas las salidas disponibles).
- bloqueo de escalera 1.
- bloqueo de escalera 2.

Tabla 4.7.2.42.: “Resumen de valores de RSET para todos los escenarios de evacuación del recinto 2.”

ESCENARIO DE EVACUACIÓN	PISO	RSET [s]
Todas las salidas disponibles	2	591
	1	621
Bloqueo de escalera 1	2	1000
	1	1017
Bloqueo de escalera 2	2	1000
	1	1017

Tabla 4.7.2.43.: “Resumen de valores de ASET para todos los escenarios de incendio del recinto 2.”

ESCENARIO DE INCENDIO	PISO	ASET [s]
2A	2	70
2B	2	70
2C	1	48

Finalmente, los resultados del análisis por desempeño del recinto 2 son los siguientes:

- En una situación óptima de evacuación el tiempo requerido para que las personas abandonen el segundo piso es de 591 segundos, y para el escenario 2A o 2B el tiempo disponible del segundo piso es de 70 segundos. Por lo anterior, bajo estas condiciones $ASET_{segundo\ piso} < RSET_{segundo\ piso}$.
- En una situación óptima de evacuación el tiempo requerido para que las personas abandonen el recinto es de 621 segundos, y para el escenario 2C el tiempo disponible es de 48 segundos para la evacuación del primer piso. Por lo anterior, bajo estas condiciones $ASET_{primer\ piso} < RSET_{primer\ piso}$.

- En una situación con bloqueo de la escalera 1 el tiempo requerido para que las personas abandonen el segundo piso sólo por la escalera 2 es de 1000 segundos, y para el escenario 2B el tiempo disponible para la evacuación del segundo piso de 70 segundos. Por lo anterior, bajo estas condiciones $ASET_{segundo\ piso} < RSET_{segundo\ piso}$.
- En una situación con bloqueo de la escalera 2 el tiempo requerido para que las personas abandonen el segundo piso sólo por la escalera 1 es de 1000 segundos, y para el escenario 2C el tiempo disponible para la evacuación de todo el recinto es de 48 segundos. Los ocupantes de la primera planta evacúan en 73 segundos, y por tanto estarían bajo riesgo al igual que los ocupantes del segundo piso dado que el tiempo requerido para que las personas abandonen el segundo piso sólo por la escalera 1 es de 1000 segundos. Por lo anterior, independientemente que el pasillo que comunica la bajada de la escalera 1 con el exterior en el primer piso no sea afectado por un incendio en la primera planta al estar separado estructuralmente por un muro que se desconoce si cumple las condiciones de estanqueidad, $ASET_{primer\ piso} < RSET_{primer\ piso}$.

En conclusión, bajo ningún escenario el recinto 2 especialmente para su ocupación del segundo piso tiene un buen desempeño frente al desarrollo de un incendio. De los 3 escenarios de incendio, el escenario 2C es el que presenta mayor riesgo para los ocupantes del segundo piso, debido a la gran cantidad de carga combustible involucrada generaría la inutilización de la escalera 2, y además, el humo toxico producido durante el incendio si logra aumentar en cantidad ingresaría al segundo piso por diferencias de densidad, afectando a las personas que están próximas a la escalera 1 esperando en la cola su oportunidad para descender y posteriormente salir del recinto.

4.7.3 DISCOTECA 3

4.7.3.1 RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME)

El RSET (Required Safe Evacuation Time) o tiempo total de evacuación es equivalente a la suma del tiempo anterior al movimiento más el tiempo de movimiento.

4.7.3.1.1 TIEMPO ANTERIOR AL MOVIMIENTO

4.7.3.1.1.1 TIEMPO DE DETECCIÓN Y ALARMA

No se observa la instalación de elementos de detección ni de alarma. Por simplicidad, se incluye este tiempo dentro del tiempo de premovimiento.

4.7.3.1.1.2 TIEMPO DE PREMOVIMIENTO

Existen dos alternativas para el cálculo del tiempo de premovimiento, éstas son la SFPE y la PD7974.

- **SFPE**

Si la categoría de ocupantes es W2 el tiempo de premovimiento es de 3 minutos (ver detalle en tabla 4.7.3.1).

Tabla 4.7.3.1.: “Detalle del cálculo del tiempo de premovimiento para ocupantes tipo W2 del recinto 3.”

Occupancy Type	W1 (min)	W2 (min)	W3 (min)
Offices, commercial and industrial buildings, schools, colleges and universities (Occupants awake and familiar with the building, the alarm system, and evacuation procedure.)	< 1	3	> 4
Shops, museums, leisure-sport centers, and other assembly buildings (Occupants awake but may be unfamiliar with building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	3	> 6

- **PD7974**

El recinto no cuenta con un sistema de alarma ni con un sistema de gestión de emergencia, la planta es amplia de fácil acceso de una alta densidad de ocupación y con ocupantes despiertos pero no familiarizados de lleno con la arquitectura del lugar.

Por lo anterior, el recinto 2 y sus ocupantes se clasifican según el detalle de la PD7974 en el apartado 4.2.3.1.1.2 cuyo resumen se encuentra en la tabla 4.7.2.2.

Tabla 4.7.3.2.: “Categoría del recinto y de los ocupantes de la discoteca 3 según PD7974.”

Categoría del edificio	B2
Nivel de alarma	A3
Complejidad del recinto	B1
Nivel de gestión de emergencia	M3

El tiempo de premovimiento según la tabla 4.2.3.2., es superior a los 15 minutos, sin embargo, se recomienda usar un tiempo más cercano al enfoque SFPE pero superior. Finalmente el tiempo de premovimiento (entendido como la suma del 1percentil y 99 percentil) es de 4,5 minutos.(Ver detalle en tabla 4.7.3.3.).

Tabla 4.7.3.3.: “Detalle del cálculo del tiempo de premovimiento según PD7974.”

Table C.1 — Suggested pre-times for different design behavioural scenario categories

Scenario category and modifier	First occupants $\Delta t_{per 1st\ percentil}$	Occupant distribution $\Delta t_{per 99th\ percentil}^*$
A: awake and familiar		
M1 B1 - B2 A1 - A2	0.5	1.0
M2 B1 - B2 A1 - A2	1	2
M3 B1 - B2 A1 - A3	>15	>15
For B3, add 0.5 for wayfinding		
M1 would normally require voice alarm/PA if unfamiliar visitors likely to be present		
B: awake and unfamiliar		
M1 B1 A1 - A2	0.5	2
M2 B1 A1 - A2	1.0	3
M3 B1 A1 - A3	>15	>15
For B2 add 0.5 for wayfinding		
For B3 add 1.0 for wayfinding		
M1 would normally require voice alarm/PA		

En conclusión, dado los altos valores obtenidos para el criterio de PD7974 se considera el menor tiempo este criterio y el enfoque SFPE. Por tanto, **el tiempo de premovimiento de 3 minutos.**

4.7.3.1.2 TIEMPO DE MOVIMIENTO

El tiempo de movimiento de la evacuación del recinto 3 depende de las condiciones geométricas arquitectónicas y de las variables de locomoción de los ocupantes y se calcula utilizando el software pathfinder.

4.7.3.1.2.1 DATOS DE ENTRADA

- **AFORO**

La densidad de ocupación máxima del recinto es de 2,66 [pers./m²] o sea un modulo de ocupación máximo de 0,38 [m²/pers.], por tanto, la ocupación de análisis es de 1000 personas (ver detalle en tabla 4.7.3.4.).

Tabla 4.7.3.4.: “Datos de la discoteca 3 con respecto a área total y útil, capacidad y ocupación máxima.”

Dependencia	Superficie		Capacidad				Ocupación				
	Origen	Total [m2]	Útil [m2]	Nivel de servicio	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]	Pers.	Nivel de servicio	Pers.	Densidad [pers/m2]	Modulo [m2/pers]
Pista central		554,54	375,29	D	2	0,5	751	D	1000	2,66	0,38
Capacidad total de evacuación							751	Ocupación total	1000		

- **ASIGNACIÓN DE OCUPANTES**

La distribución de ocupantes, 1000 en total, antes de iniciada la evacuación se concentra en la pista central y zonas vip de los alrededores (ver ilustración 4.7.3.8.).

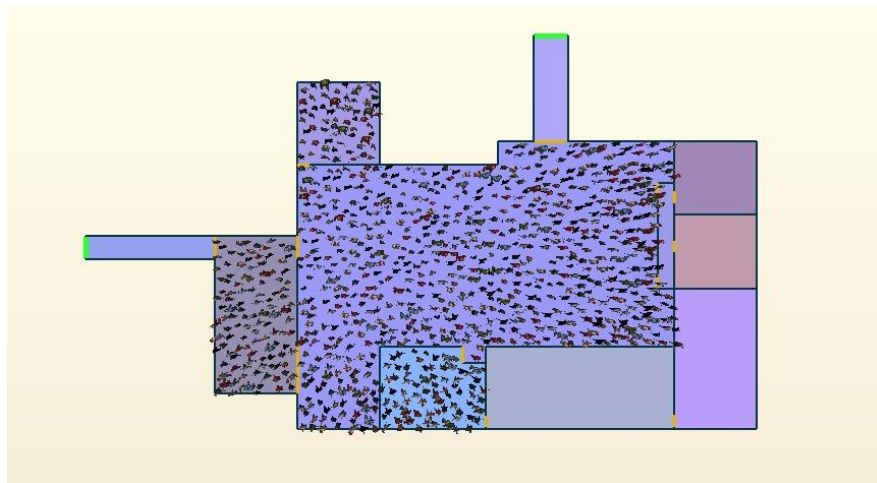


Ilustración 4.7.38.: “Asignación de ocupantes de la discoteca 3.”

- **PLANOS DE ARQUITECTURA**

El modelo de evacuación en Pathfinder del recinto 3 se obtiene exportando los planos en formato DXF (ver ilustración 4.7.39.) manteniendo las condiciones arquitectónicas en relación a las dimensiones reales de los medios de evacuación.

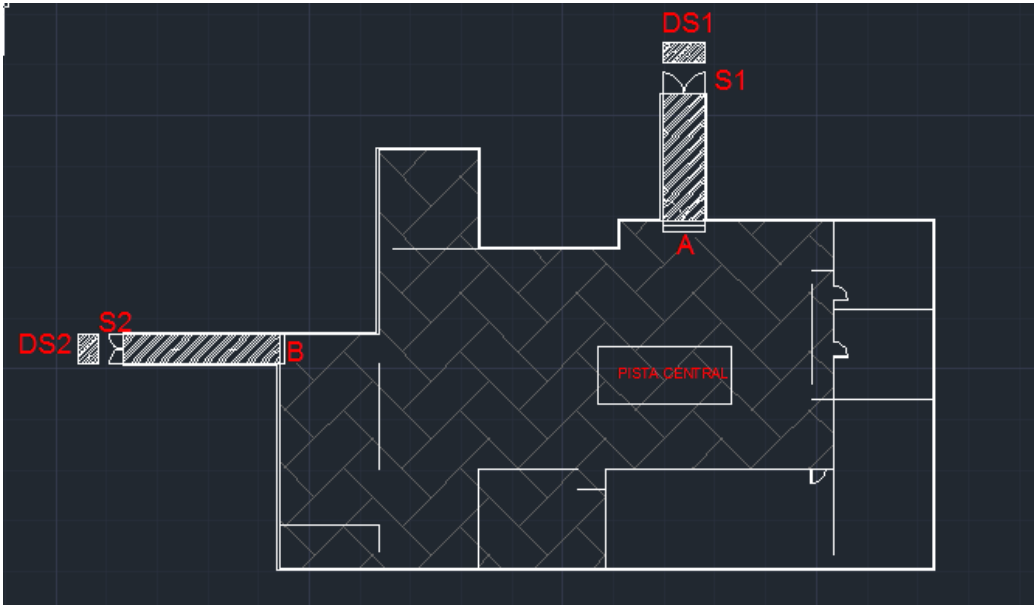


Ilustración 4.7.39.: “Plano de la planta de la discoteca 3 en formato DXF.”

- **DIMENSIONES DE ANCHOS EFECTIVOS DE LAS VÍAS DE EVACUACIÓN**

Ver detalle en tabla 4.7.3.5.

Tabla 4.7.3.5.: “Datos de la discoteca 3 con respecto a área total y útil, además de capacidad y ocupación máxima.”

Medio de Egreso	Ancho efectivo [m]
Acceso principal (S1)	2,05
Pasillo 1 (A-DS1)	1,95
Acceso principal interior	2,05
Acceso lateral (S2)	1,35
Pasillo 2 (B-DS2)	1,25

- **PUNTOS DE CONTROL**

Se introducen líneas de control en los arranques de las vías de evacuación que contabilizan el ingreso y salida de ocupantes a estas zonas durante el tiempo que transcurre la evacuación. Estos puntos de control nos entregan información acerca de la densidad de circulación en escaleras y salidas con el objeto de estudiar la evolución de las magnitudes de locomoción.

El detalle de las líneas de control introducidas en el recinto se encuentra en la ilustración 4.7.40.



Ilustración 4.7.40.: “Líneas de control en los arranques de los pasillos de evacuación de la discoteca 3.”

4.7.3.1.2.2 DATOS DE SALIDA (14)

El tiempo total de movimiento es de 484 segundos o más de 8 minutos, para un aforo de 1000 personas cuando todas las salidas están habilitadas. La asignación a cada salida es de 554 personas al pasillo A-DS1 y de 446 personas al pasillo B-DS2. (Ver detalle en tabla 4.7.3.6.).

Tabla 4.7.3.6.: “Resultados del problema de evacuación del recinto 3 según análisis computacional de Pathfinder.”

Tiempo total de movimiento [s]	484
Tiempo de movimiento en el pasillo A-DS1 [s]	269
Tiempo de movimiento en el pasillo B-DS2 [s]	484
Número total de ocupantes [pers.]	1000
Número total de ocupantes que evacuan por salida 1 [pers.]	554
Número total de ocupantes que evacuan por salida 2 [pers.]	446
Flujo medio salida 1 [pers./s]	2,11
Flujo medio salida 2 [pers./s]	0,94
Distancia máxima de recorrido hasta las salidas [m]	47

Los resultados del análisis computacional realizado a la evacuación del recinto 3, usando los supuestos incluidos en el modelo de JJ Fruins (ver detalle en apartado 4.2.3.1.2.1.7 de magnitudes de locomoción para la modelación en Pathfinder), se pueden ver en detalle en los gráficos y mapas que se presentan a continuación:

¹⁴ Ver resultados en apartado G.1.3 del Anexo G.

- GRÁFICOS

FUNCIÓN INVERSA TOTAL DE EVACUACIÓN DEL RECINTO 3

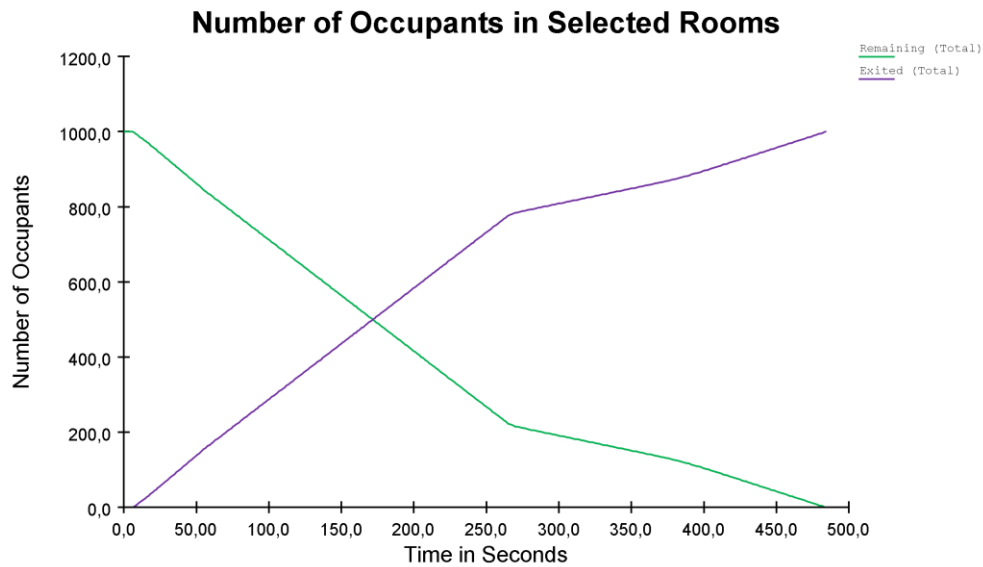


Gráfico 4.7.3.1.: “Función Inversa de total de evacuación y de permanencia del recinto 3 según análisis computacional en Pathfinder.”

FUNCIÓN INVERSA DE EVACUACIÓN DE CADA SALIDA

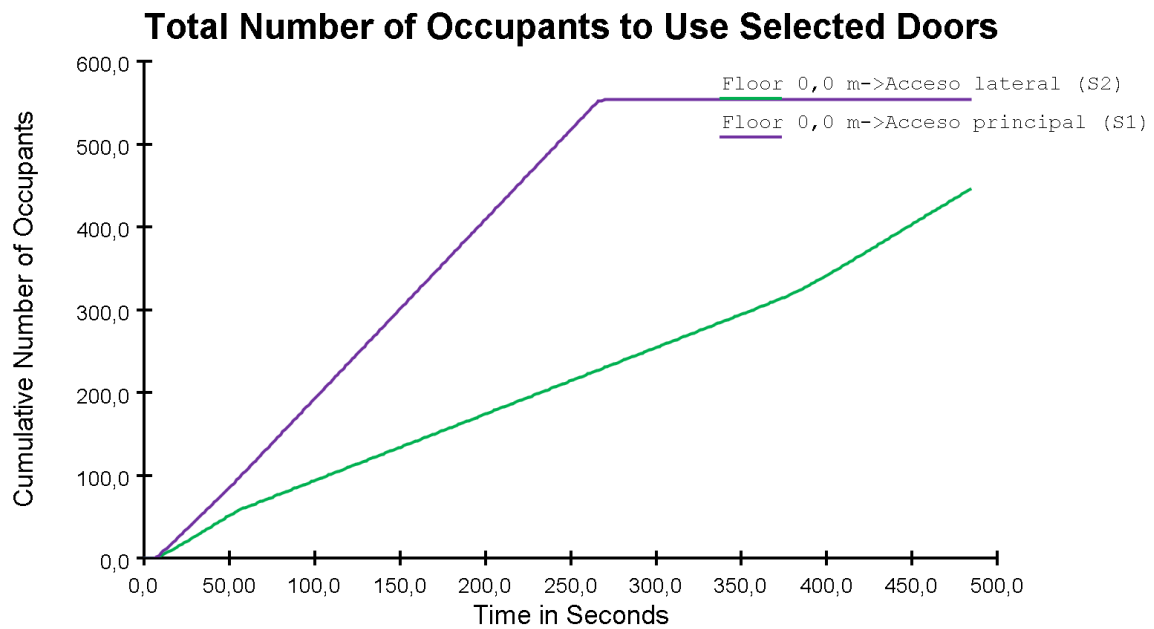


Gráfico 4.7.3.2.: “Función de evacuación de cada salida del recinto 3 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO ESPECÍFICO DE CADA SALIDA

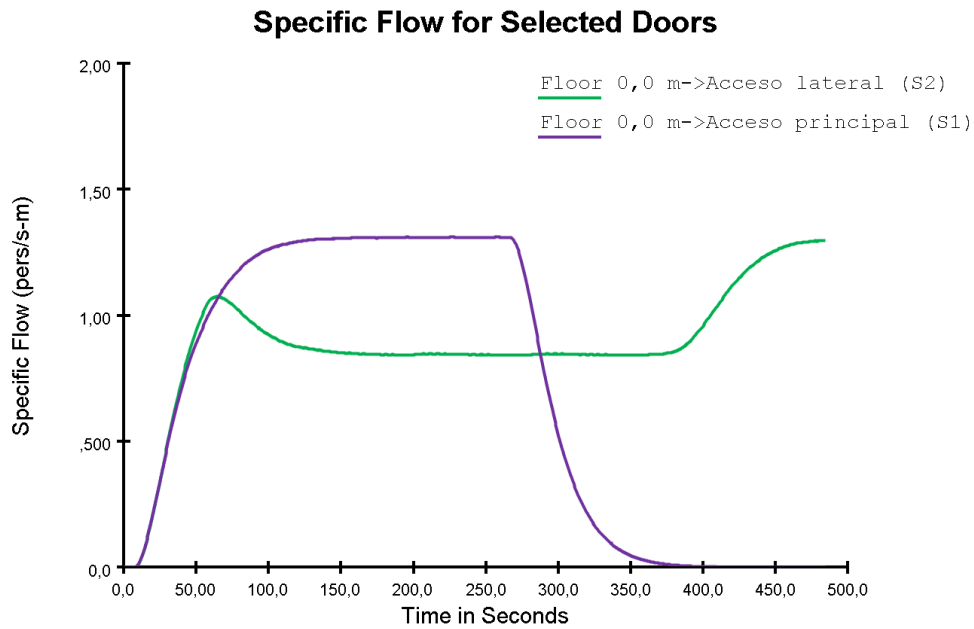


Gráfico 4.7.3.3.: “Tasa de flujo específico de cada salida del recinto 3 según análisis computacional en Pathfinder.”

TASA DE FLUJO TOTAL DE CADA SALIDA

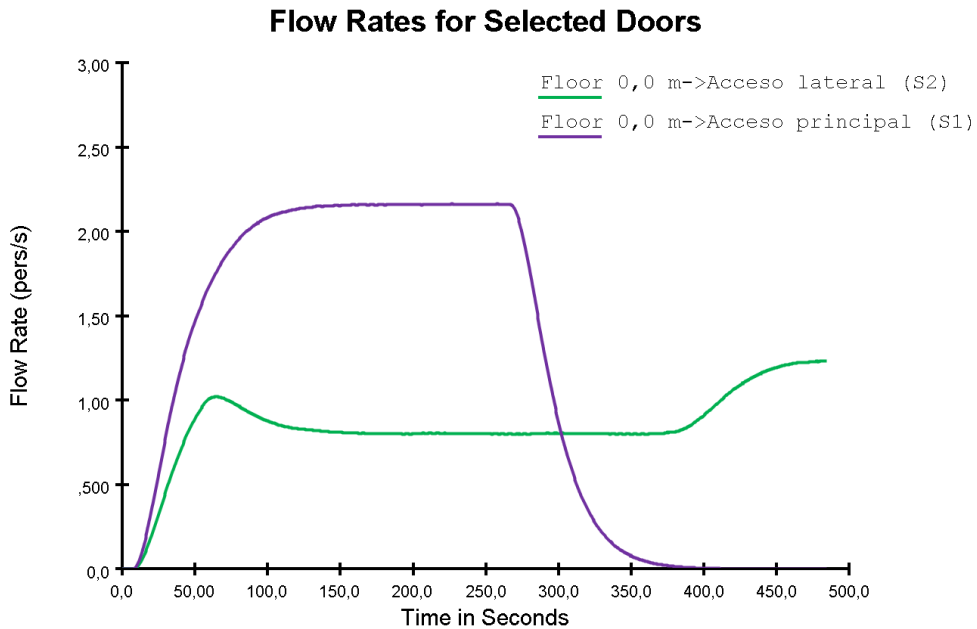


Gráfico 4.7.3.4.: “Tasa de flujo total de cada salida del recinto 3 según análisis computacional en Pathfinder.”

OCUPACIÓN DE CADA PASILLO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

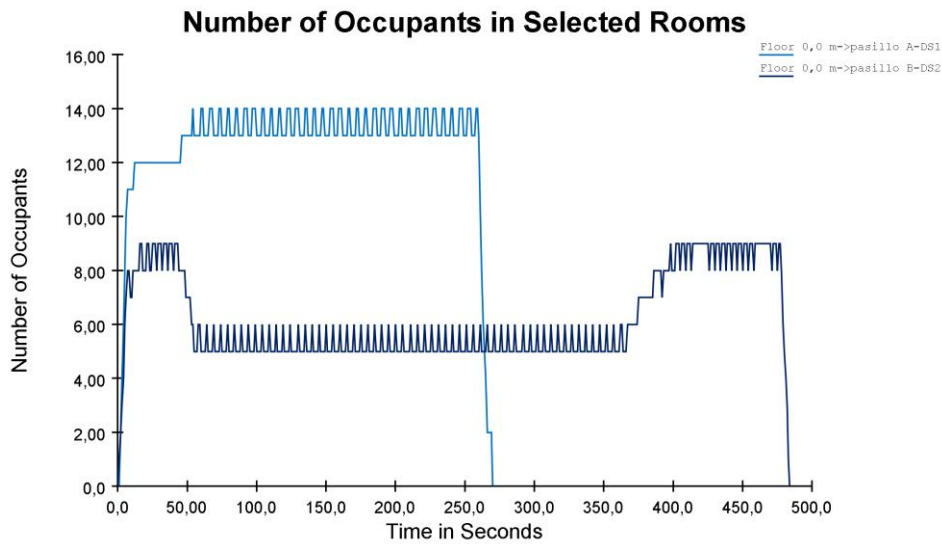


Gráfico 4.7.3.5.: “Número de ocupantes en cada pasillo de evacuación del recinto 3 en función del tiempo según análisis computacional en Pathfinder.”

OCUPACIÓN DE LA PISTA CENTRAL VERSUS LA OCUPACIÓN DE CADA PASILLO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

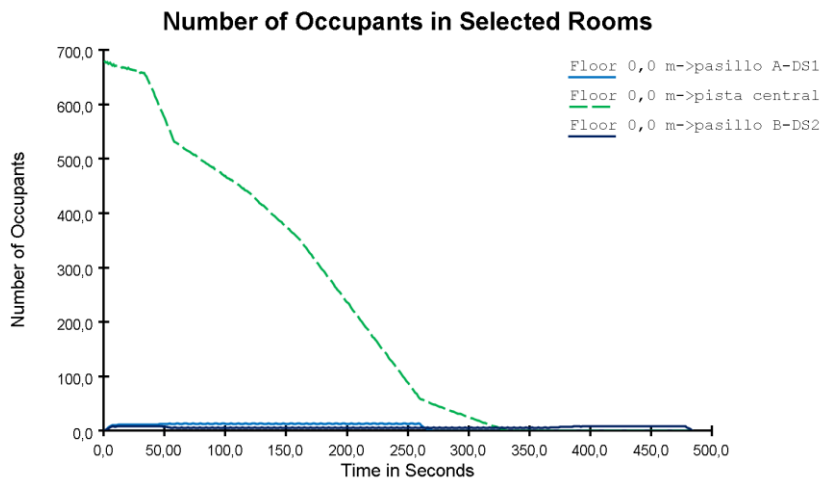


Gráfico 4.7.3.6.: “Número de ocupantes en la pista central en comparación de la de cada pasillo de evacuación del recinto 3 en función del tiempo según análisis computacional en Pathfinder.”

- MAPAS

DENSIDAD DE CIRCULACIÓN/OCUPACIÓN

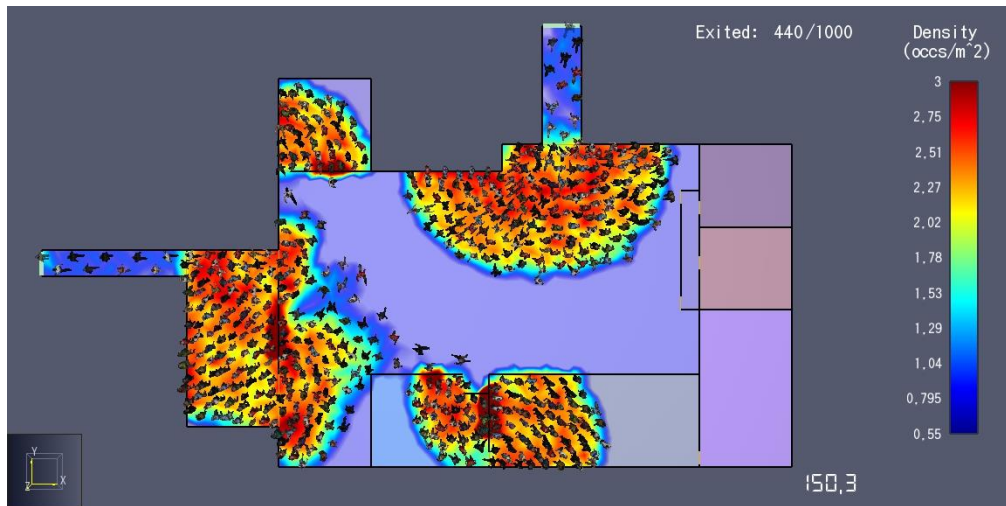


Ilustración 4.7.41.: “Densidad de circulación/ocupación a los 150 segundos de iniciada la evacuación del recinto 3 según análisis computacional en Pathfinder.”

NIVEL DE SERVICIO PARA LA COLA DE ESPERA EN LOS ARRANQUES DE LOS MEDIOS DE EGRESO

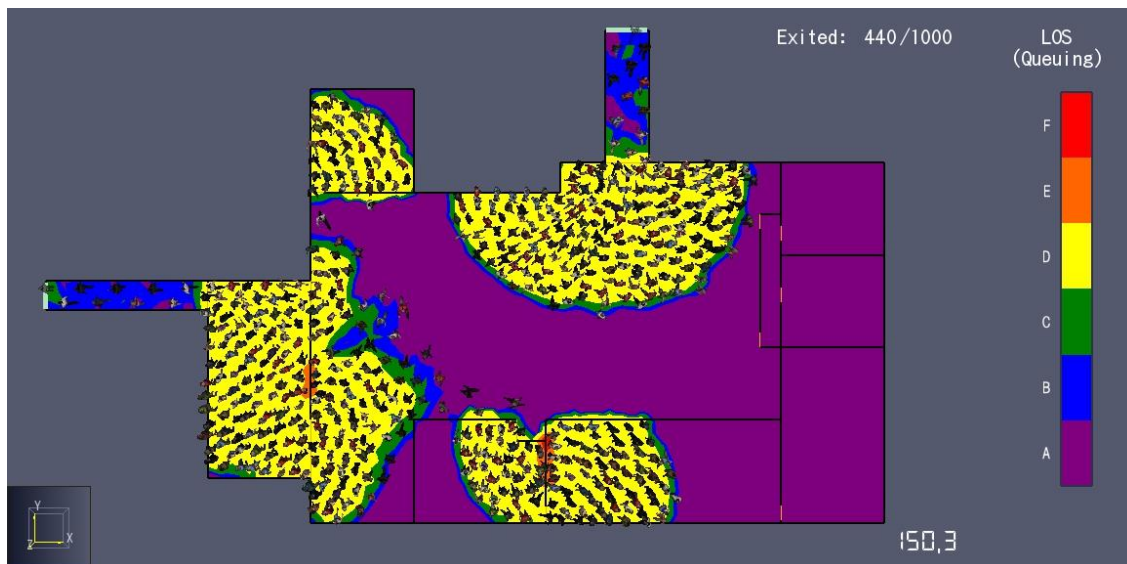


Ilustración 4.7.42.: “Nivel de servicio de la cola generada en los arranques de las salidas del recinto 3 a los 150 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

NIVEL DE SERVICIO PARA EL RECORRIDO DE EVACUACIÓN

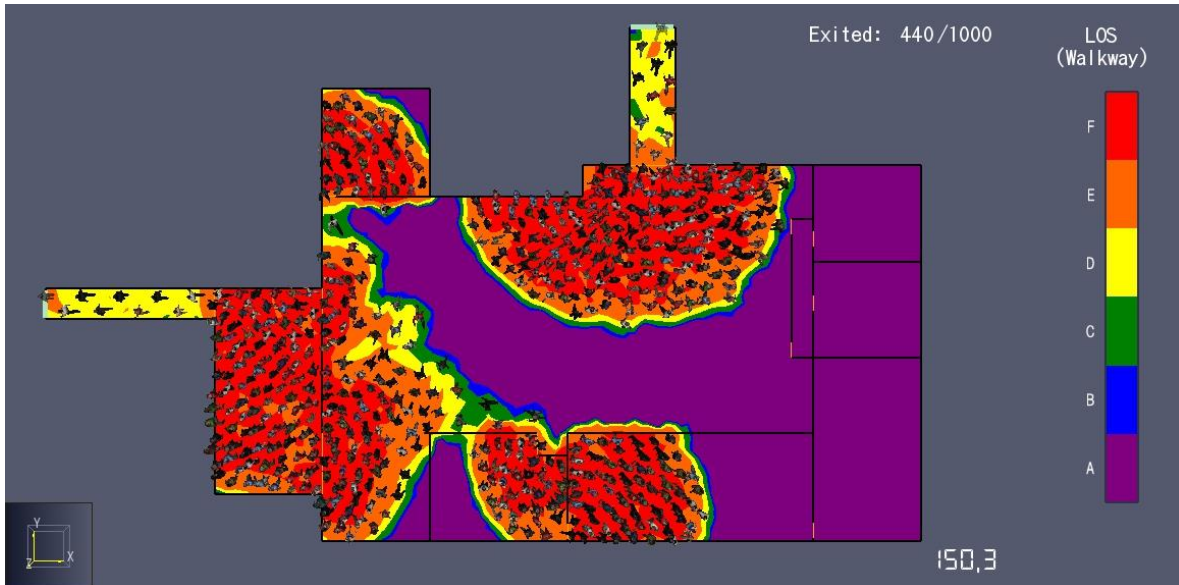


Ilustración 4.7.43.: “Nivel de servicio del camino de recorrido hacia las salidas del recinto 3 a los 150 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

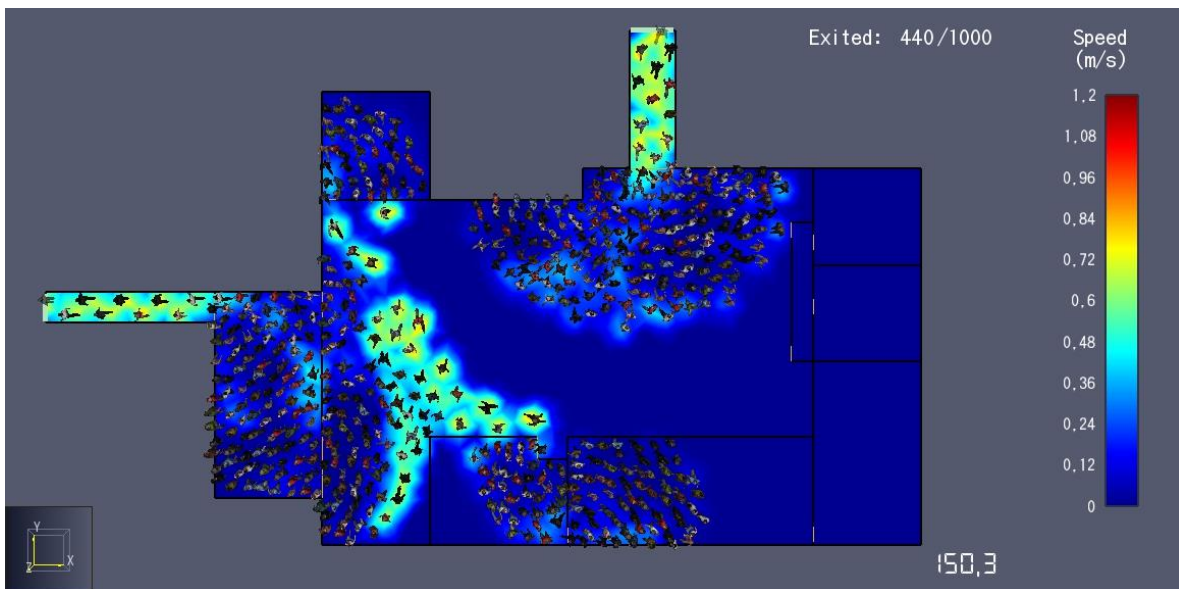


Ilustración 4.7.44.: “Velocidad de circulación en el interior del recinto 3 a los 150 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

CÍRCULOS DE PESCHL

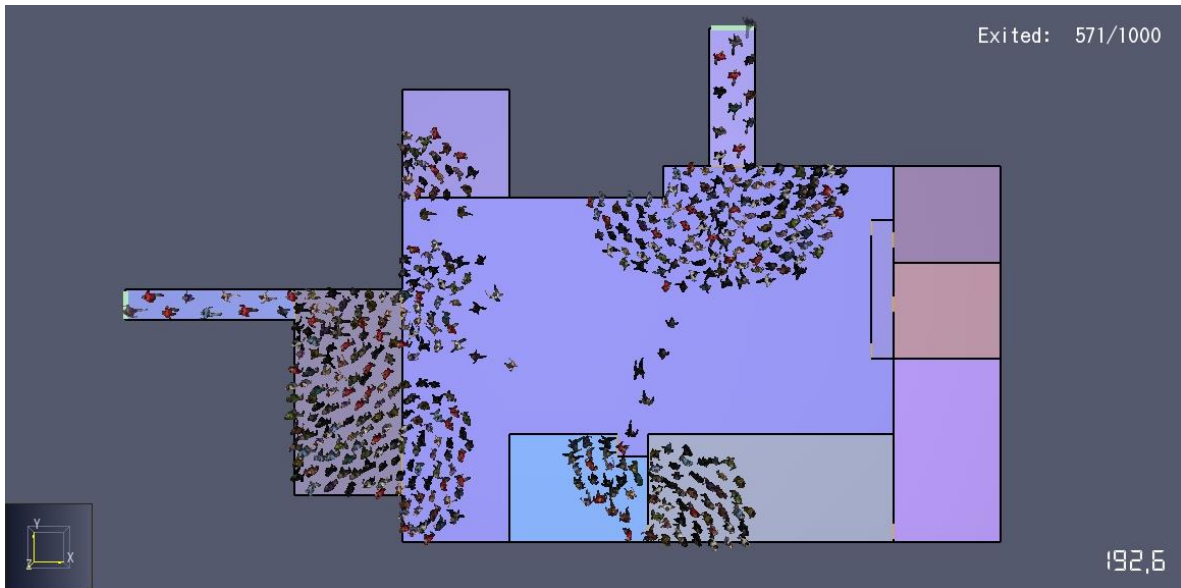


Ilustración 4.7.45.: “Círculos de Peschl generados en las arranques de los pasillos de evacuación del recinto 3 según análisis computacional en Pathfinder.”

LOCALIZACIÓN DE EXTINTORES

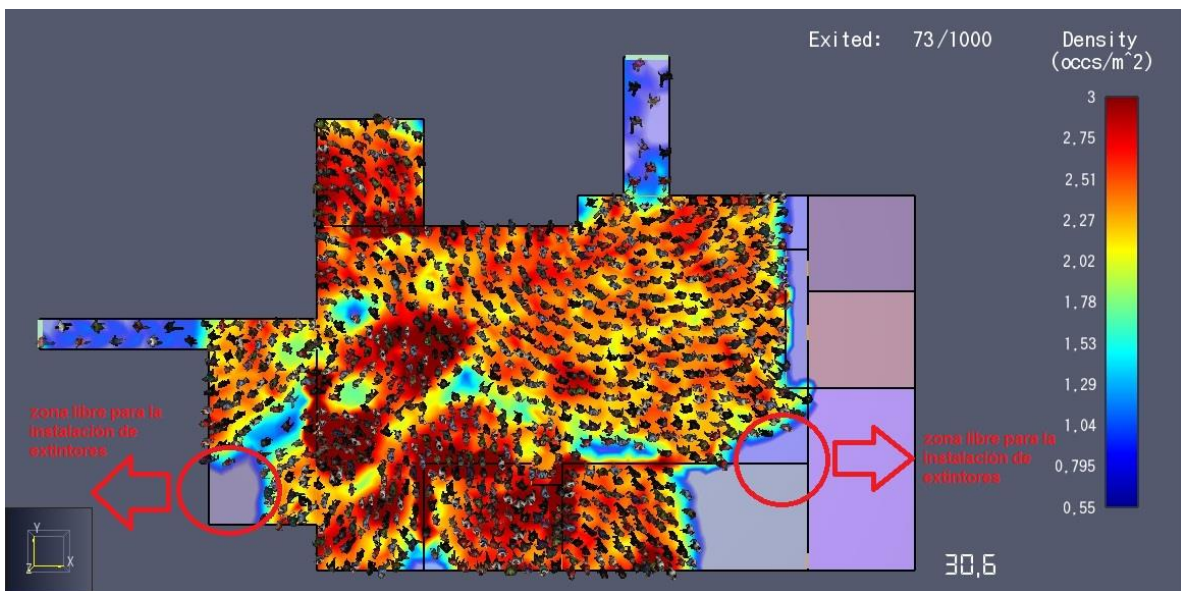


Ilustración 4.7.46.: “Lugares recomendados para la instalación de extintores para el recinto 3 a 30 segundos de iniciada la evacuación según análisis computacional en Pathfinder.”

PUNTOS DE ESTANCAMIENTO EN PRIMERA PERSONA

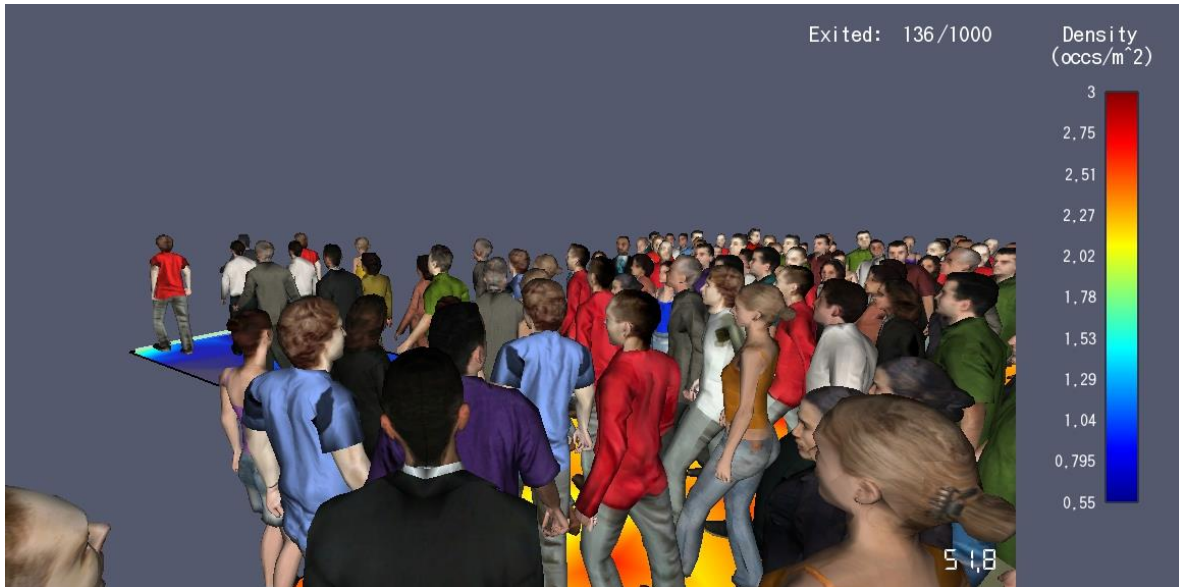


Ilustración 4.7.47.: “Vista en primera persona de punto de estancamiento generado en el arranque del pasillo A-DS1 del recinto 3 según análisis computacional en Pathfinder.”

4.7.3.1.3 ANÁLISIS DE GRÁFICOS Y MAPAS

- De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis computacional en Pathfinder para el problema de evacuación del recinto 3 (ver tabla 4.7.3.6.), solamente el tiempo total de movimiento supera los 8 minutos, por ende, ante ausencia de medios de protección contra el fuego y de control de humo hay una alta probabilidad que las personas al momento de su evacuación de presenten dificultades para evacuar de forma segura.
- Con respecto a la asignación de ocupantes de cada salida (Ver tabla 4.7.3.6), si bien la salida 1 evacúa a un número superior de personas que la salida 2, el último ocupante evacua al exterior por la salida 2. La situación anterior es propia de situaciones dónde las personas que escogen la salida en un ambiente de alta ocupación prefieren hacer la cola de espera que cambiar de salida.
- El flujo específico de la salida 1 no supera el máximo establecido de 1,316 [$pers/m * s$], en cambio, la salida 2 sólo posee valores inferiores a 1,00 [$pers/m * s$] la mayor parte del tiempo (ver gráfico 4.7.3.3).
- Las tasas de flujos totales de cada salida en ningún momento superan su capacidad máxima de paso calculada como 2,57 [$pers/s$] para la salida 1 y de 1,65 [$pers/s$] para la salida 2. Más bien, los valores máximos alcanzados son de 2,3 [$pers/s$] para la salida 1 y 1,2 [$pers/s$] para la salida 2 (ver gráfico 4.7.3.4).

- Los límites de ocupación de los pasillos de evacuación para los cuáles la densidad es cercana a los $3,5 [pers/m^2]$ no alcanza a ser sobrepasada en ningún caso. Para el pasillo 1 el valor máximo es de 46 personas y sólo se alcanzan 14 ocupantes, y para el pasillo 2 el valor máximo es de 38 personas y sólo se alcanzan 9 ocupantes. Por lo tanto, en ningún momento existen retenciones en los pasillos, es decir, velocidad de circulación cercana a 0 (ver gráfico 4.7.3.5. e ilustración 4.7.44).
- Las densidades de circulación máximas están presentes en los puntos que marcan los arranques de los pasillos de salida debido al brusco cambio de ancho de los elementos de evacuación (ver ilustración 4.7.41).
- El nivel de servicio de la cola de espera en los arranques de ambos pasillos es D según las tablas A.2.1.del Anexo A y significa que los ocupantes experimentan una espera poco confortable con posible contacto entre ellos, circulación restringida y sólo es posible el movimiento en grupo (ver ilustración 4.7.42). En cambio, el nivel de servicio del camino de los ocupantes que circulan por los pasillos de evacuación es D según las tablas A.2.1.del Anexo A lo que se traduce en una reducción de la velocidad de desplazamiento y adelantamientos casi imposibles. Además, para las personas ubicadas en las colas de los arranques, si analizamos el nivel de servicio de desplazamiento es F, esto significa que el contacto físico es inevitable y el adelantamiento es imposible (ver ilustración 4.7.42 e ilustración 4.7.43).
- Los círculos de Peschl observados en la ilustración 4.7.45 nos da directrices de cómo evoluciona el área de ocupación de la cola en los arranques de los pasillos de salida. La información anterior es útil para localizar los puntos en dónde la densidad de ocupación es nula durante los primeros segundos de la emergencia, y así, establecer estos puntos como los más idóneos para la instalación de extintores. De esta forma, se puede garantizar que cualquier persona que decida atacar el fuego incipiente no tendrá dificultades de acceso producto de la alta congestión presente en el interior del recinto (ver ilustración 4.7.46).

4.7.3.1.4 TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN

El tiempo total de evacuación del recinto 3 es de 664 segundos y se divide en dos períodos. El primero de 601 segundos (10 minutos), se calcula como el necesario para que el último ocupante abandone la pista central en dónde se concentra toda la ocupación del lugar. Y el segundo, de 153 segundos (2,5 minutos), que es el necesario para que todos los ocupantes atraviesen las vías de egreso y lleguen a un destino seguro de cualquier riesgo de incendio. (Ver detalle en tabla 4.7.3.1.7).

Tabla 4.7.3.7.: “Detalle de los resultados del tiempo total de evacuación del recinto 3.”

Ocupantes de la pista central	Tiempo de detección, alarma y premovimiento [s]	180
	Tiempo de movimiento de evacuación de la pista central [s]	331
	Tiempo de movimiento de evacuación en pasillo B-DS2 [s]	153
	TIEMPO TOTAL DE EVACUACIÓN DE LA PLANTA PRINCIPAL DEL RECINTO [s]	664

Finalmente, el tiempo considerado como RSET (Required Safe Evacuation Time) del recinto 3 es de 664 segundos para la evacuación de la planta principal.

4.7.3.2 ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)

4.7.3.2.1 ESCENARIO DE INCENDIO 3A

4.7.3.2.1.1 DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES

La carga combustible del recinto 3 para el escenario 3A está ubicada en la zona vip 1 de la planta principal (ver ilustración 4.7.48) y está conformada por mobiliario del tipo espécimen 2 que son en definitiva sillones.

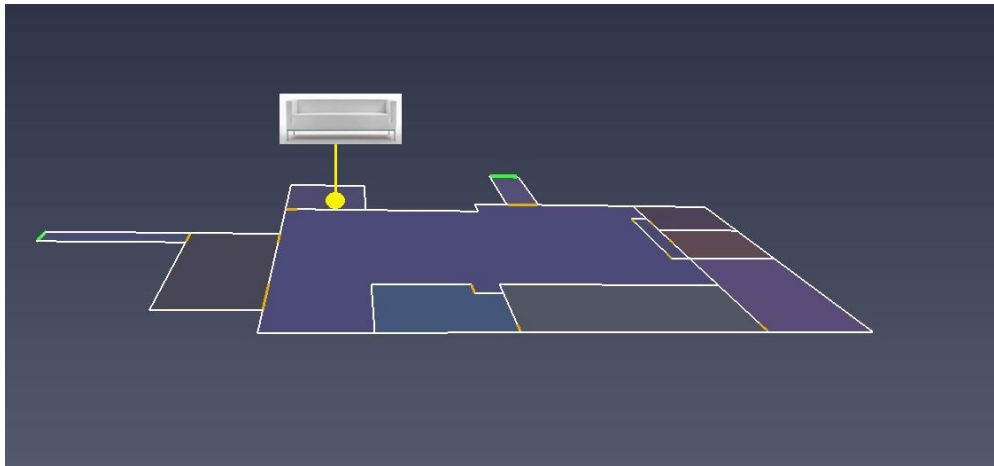


Ilustración 4.7.48.: “Vista superior de la ubicación de las cargas combustibles en la zona vip 1 de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A.”

Además, la superficie del mobiliario de la zona vip 1 del recinto 3 tiene un valor de 12 m². El detalle del área útil total del espécimen 2 usado para el análisis de este escenario de incendio está en la tabla 4.7.3.8.

Tabla 4.7.3.8.: “Área útil del tipo de mobiliario (especimen 2) en la zona vip 1 del recinto 3 para el escenario de incendio 3A.”

Área total de mobiliario [m2]	12
Área útil total de espécimen 2 [m2]	12

Finalmente, la carga combustible del recinto 3 para el escenario 3A tiene un valor de 2820 MJ, y una densidad de carga combustible de 235 [MJ/m²] (ver detalle de cálculo en tabla 4.7.3.9).

Tabla 4.7.3.9.: “Densidad de carga combustible y carga combustible para el escenario de incendio 3A del recinto 3.”

Especimen	Densidad de carga combustible [MJ/m2]	Área útil total [m2]	Carga combustible [MJ]
2	235,0	12	2820,0
Densidad de carga total combustible [MJ/m2]	235,0	Carga total combustible [MJ]	2820,0

4.7.3.2.1.2 PUNTO DE IGNICIÓN

El punto de ignición para este escenario 3A se encuentra localizado en la zona vip 1 y se caracteriza por tener una gran presencia de instalaciones eléctricas como cables, luces, etc.

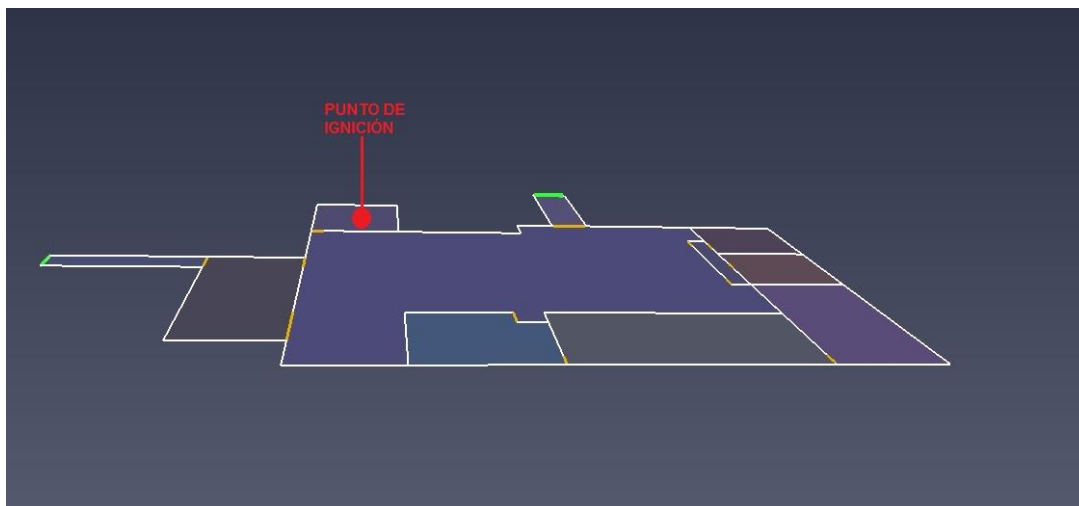


Ilustración 4.7.49.: “Vista superior del punto de ignición del escenario 3A ubicado en la zona vip 1 del recinto 3.”

La fuente de ignición descrita anteriormente es del tipo radiactivo la que producto del algún corte de electricidad o sobrecarga genera una chispa que inicia la ignición espontánea de los materiales combustibles más cercanos.

4.7.3.2.1.3 CRECIMIENTO

- **GEOMETRÍA DEL RECINTO**

Las dimensiones del área total superficial y volumen del recinto 3, y del área y altura promedio de las aberturas están en la tabla 4.7.3.10.

Tabla 4.7.3.10.: “Área total y altura promedio de las aberturas, y área total superficial y volumen de la planta principal del recinto 3.”

Recinto	Área superficial total [m ²]	Volumen [m ³]	Área total de aberturas [m ²]	Altura promedio de las aberturas [m]
3	1762,8	2664	8,8	2,2

- **COEFICIENTE F**

Se tiene un valor de factor de abertura F de 0,007 [1/m] para el recinto 3.

- **EVOLUCIÓN TIEMPO-TEMPERATURA**

La curva tiempo-temperatura del recinto 3 con un factor de abertura de ventilación F de 0,007 [1/m] se detalla en el gráfico 4.7.3.7.

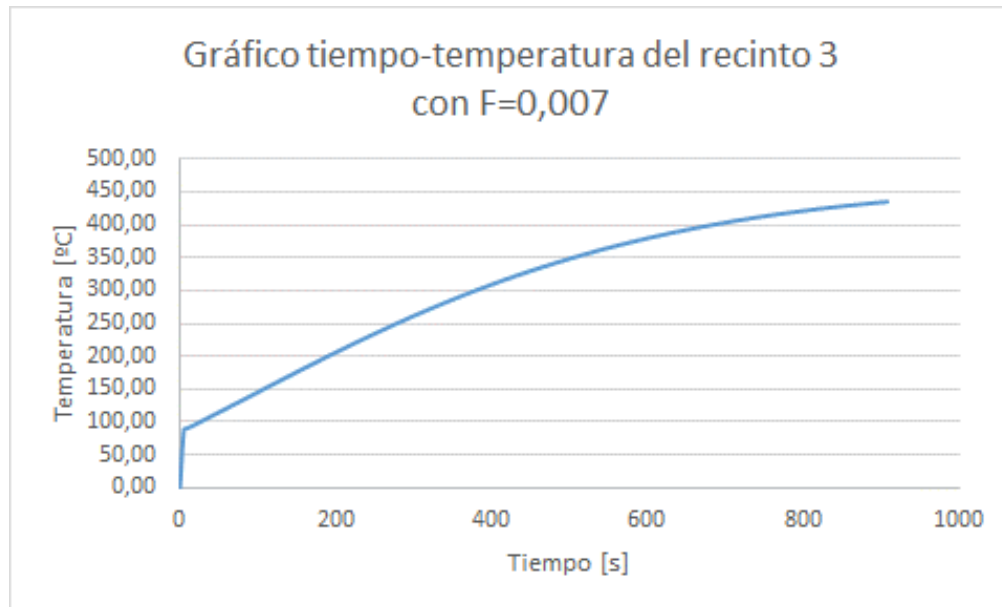


Gráfico 4.7.3.7.: “Relación tiempo-temperatura del recinto 3 con un coeficiente de abertura $F=0,007$.”

De acuerdo a lo anterior, los 500-600°C se alcanzan en el interior del recinto en un tiempo superior a los 1000 segundos.

- **FLUJO DE CALOR**

El flujo total de calor producido dentro del recinto 3 se divide en parte en el flujo de calor por convección y en el flujo de calor por radiación (ver gráficos 4.7.3.8 y 4.7.3.9).

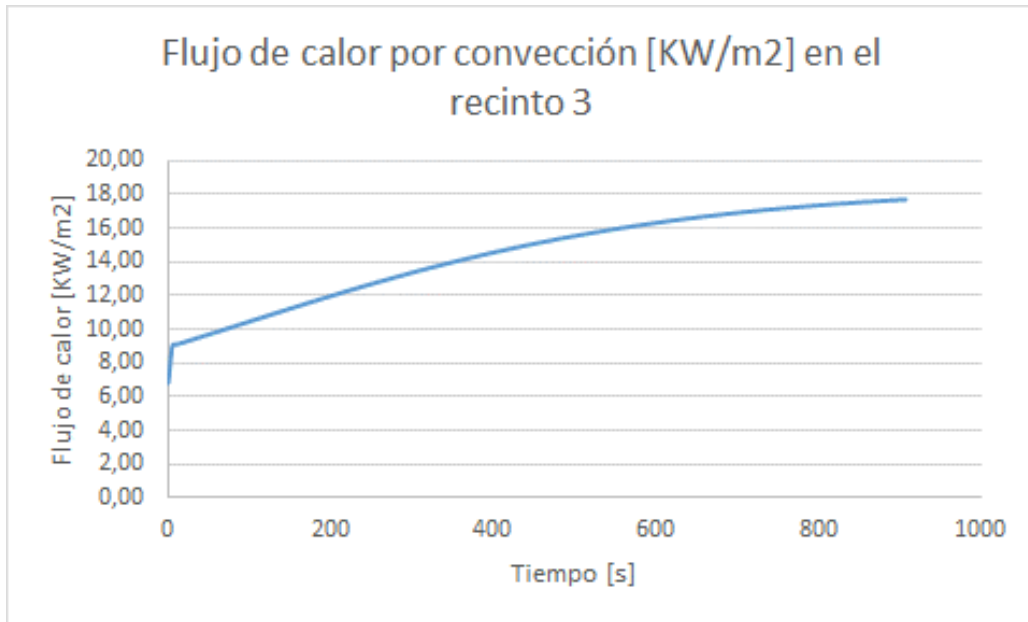


Gráfico 4.7.3.8.: “Flujo de calor de convección por unidad de área en función del tiempo para el recinto 3 con un coeficiente de calor de convección de 0,25[kW/m²].”

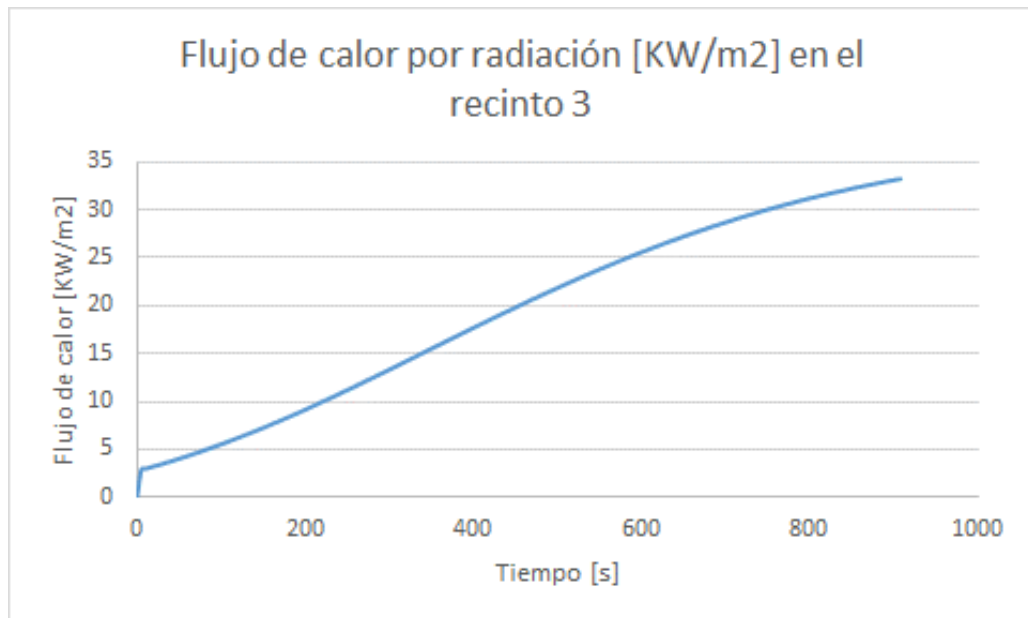


Gráfico 4.7.3.9.: “Flujo de calor de radiación por unidad de área en función del tiempo para el recinto 3.”

El flujo de calor típico indicador del flashover es de 20 [kW/m²] aproximadamente, el cuál se alcanza a los 1000 segundos para el flujo por convección y en 456 segundos en el caso del flujo por radiación.

- **ALTURA**

La altura promedio del recinto 3 es de 4,8 m.

- **MATERIAL DE LA ENVOLVENTE**

El material de la envolvente del recinto 3 es de hormigón armado y sus propiedades térmicas se muestran en detalle en la tabla 4.7.3.11.

Tabla 4.7.3.11.: “Propiedades térmicas la envolvente del recinto 3 de hormigón armado.”

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Hormigón	2200	837	1,4	0,761

4.7.3.2.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO

- **VELOCIDAD DE CRECIMIENTO**

De acuerdo al uso del recinto ocupación de pública concurrencia se tiene una velocidad ultrarrápida de crecimiento del fuego.

Tabla 4.7.3.12.: “Tipo de velocidad de propagación para el recinto 3.”

Occupancy	Growth rate
Dwellings	Fast
	Medium
	Medium
Schools, offices	Medium
	Medium
	Fast
Hotels, nursing homes etcetera	Fast
	Fast
Shopping centres, entertainment centres	Fast
	Fast
	Ultra-fast

- **EVOLUCIÓN DE HEAT RELEASE RATE DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

El valor de la tasa de crecimiento ultrarrápida del fuego α en el recinto 3 es 0,188.

- **PEAK HEAT RELEASE RATE EN UN INCENDIO CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN**

El valor del área total de las aberturas es 8,8 m² y su altura promedio es de 2,2 m. Luego, la magnitud del peak heat release rate controlado por la ventilación del recinto 3 es $\dot{Q}_v = 8941 \text{ KW}$.

- **FLASHOVER**

La tasa de liberación de calor en el flashover del recinto 3 para el escenario 3A Q_{FO} es de 21526 KW. El detalle del cálculo de los de los parámetros usados para obtener el calor en el flashover está en la tabla 4.7.3.11 y 4.7.3.13.

Tabla 4.7.3.13.: “Parámetros para obtener la tasa de liberación de calor en el flashover del recinto 3.”

Espesor de la envolvente [m]	0,2
Tiempo de penetración térmica [s]	13140
Coefficiente de transferencia de calor efectivo[KW/m ² °K]	0,083
Tiempo en el que se alcanzan los 500 ° C [s]	1000

- **CURVA DE DISEÑO DE HRR**

El calor total generado por el fuego de los materiales combustibles del recinto 3 para el escenario 3A es de 2350 MJ. La forma en cómo se distribuye el calor generado entre las etapa de crecimiento ultrarrápido y el flashover se obtienen de la tabla 4.7.3.14.

Tabla 4.7.3.14.: “Parámetros del fuego generado para obtener la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 3A del recinto 3.”

Calor total generado [KJ]	2820000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (33%)[KJ]	940000,0
Calor total generado en la etapa de flashover (40%)[KJ]	1128000
Peak de tasa de liberación de calor controlado por la ventilación[KW]	8941,0
Tasa de liberación de calor en el flashover[KW]	21526,7

La curva de diseño de HRR se calcula utilizando la condición que $\int HRR_i = Q_i$ para cada etapa y que además se tiene un crecimiento ultrarrápido (ver gráfico 4.7.3.10).

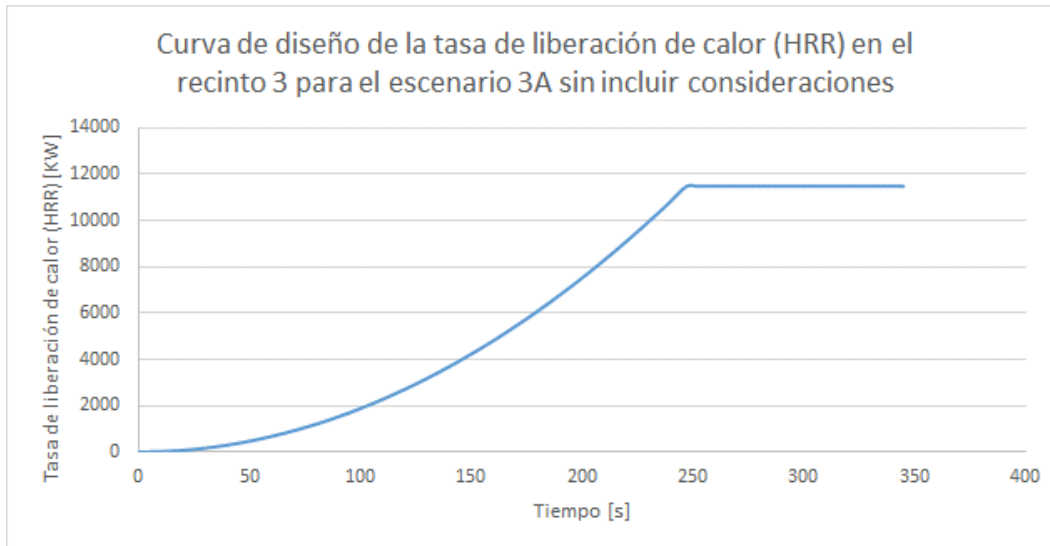


Gráfico 4.7.3.10.: “Curva de diseño de la tasa de liberación de calor del recinto 3 para el escenario 3A sin incluir consideraciones.”

Ahora, si incorporamos las consideraciones, tanto del peak Heat Release Rate controlado por la ventilación como el HRR en el flashover detallados en la tabla 4.7.3.14, se recalculan los valores para el calor generado en cada etapa. (Ver tabla 4.7.3.15).

Tabla 4.7.3.15.: “Parámetros modificados del fuego generado para obtener la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 3A del recinto 3.”

Calor total generado [KJ]	2820000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (23%)[KJ]	649241,2
Calor total generado en la etapa de flashover (47%)[KJ]	1325400

Finalmente, la curva definitiva de la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 3A es la expuesta en el gráfico 4.7.3.11.

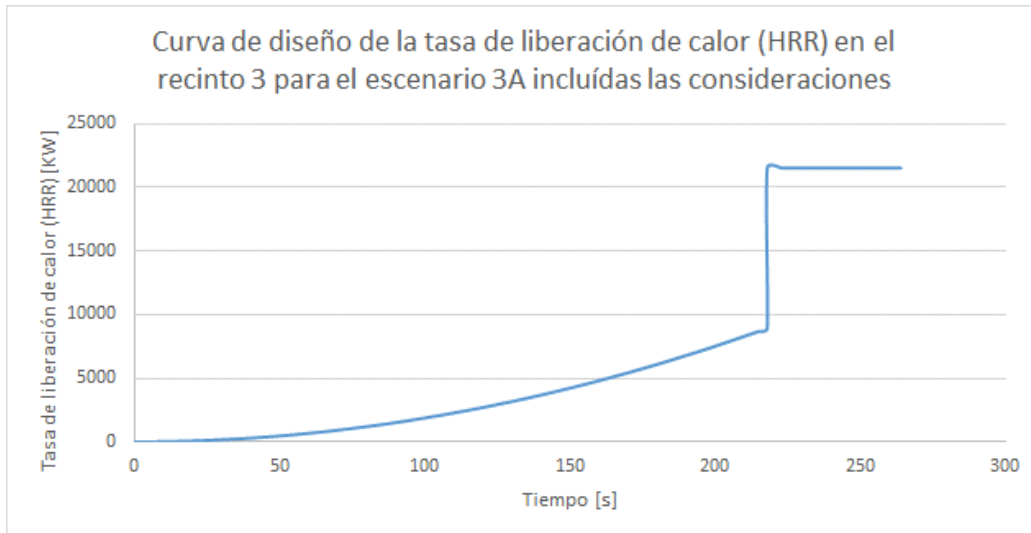


Gráfico 4.7.3.11.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del recinto 3 para el escenario 3A sin incluir las consideraciones.”

4.7.3.2.1.5 ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE

4.7.3.2.1.5.1 DATOS DE ENTRADA

- **GEOMETRÍA**

El problema sólo se puede abordar mediante geometrías cuadradas, por tanto, las dimensiones del recinto virtual 3 para el análisis computacional se detallan en la tabla 4.7.3.16.

Tabla 4.7.3.16.: “Dimensiones geométricas de la planta principal del recinto 3 virtual.”

Ancho [m]	11,2
Largo [m]	37,67
Volumen virtual del recinto [m3]	1481
Volumen total del recinto [m3]	1481

- **HRR DE DISEÑO**

La curva de diseño de la tasa de liberación de calor (HRR) para el escenario 3A está descrita en el gráfico 4.7.3.12.

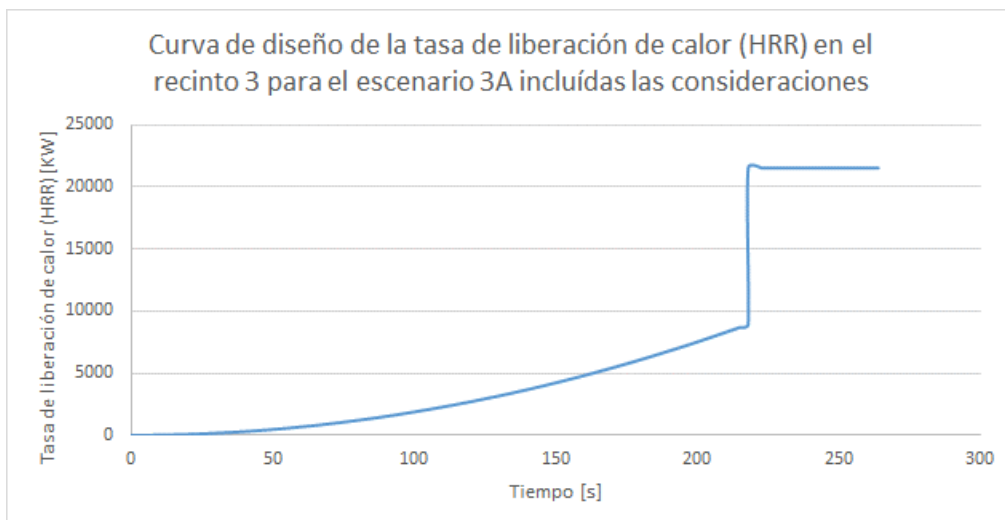


Gráfico 4.7.3.12.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor de la planta principal del recinto 3 para el escenario de incendio 3A.”

- **RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS**

El detalle del cálculo desde el flujo de aire entrante hasta la tasa de producción de cada uno de los gases tóxicos, se obtienen de acuerdo al apartado 2.2.6.1.2. “Gases de incendio.”

Tabla 4.7.3.17.: “Resumen de los parámetros de entrada para el análisis del comportamiento del fuego dentro de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A.”

Velocidad de crecimiento del fuego	ultrarápida
α [KW/s ²]	0,188
Liberación máxima de calor [KW]	29051
Superficie máxima de incendio [m ²]	12
Superficie total del recinto [m ²]	423
Carga Total combustible [MJ]	2820
Densidad de carga combustible total [MJ/m ²]	6,7
Flujo de aire entrante [g/s]	6,5
Mass Loss Rate por unidad de área [g/m ² *s]	21,9
Flujo total de calor por unidad de área [KW/m ²]	70
Pérdida de calor por reirradiación por unidad de	17,5
Calor de gasificación [KJ/g]	2,4
Mass Loss Rate [g/s]	262,5
Radio estequiométrico (1/r)	8,78
Radio equivalente (ϕ)	353
Condiciones de ventilación	Poca ventilación
Tasa de producción de CO [kg/kg]	1,41
Tasa de producción de CO ₂ [kg/kg]	2,21
Tasa de producción de HCN [kg/kg]	0,1
Tasa de producción de Hollín [kg/kg]	0,222

4.7.3.2.1.5.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD ⁽¹⁵⁾

Los resultados del análisis en Branzfire para el escenario de incendio 3A de alturas de capa de humo, fracción de dosis efectiva (FED), temperatura y visibilidad se encuentran en la tabla 4.7.3.18.

Tabla 4.7.3.18.: “Resultados del análisis en Branzfire para el análisis del comportamiento del fuego dentro de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A con respecto a los tiempos en los cuales las condiciones mínimas para la seg. humana son sobrepasadas.”

PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD HUMANA	Tiempo [s]
Altura de la capa de humo de 2 m	65,0
Temperatura de la capa de humo alcanza los 80°C	73
FED gases igual a 0,1	76
Visibilidad de 15 m a 2 metros del suelo	64

De acuerdo a la tabla anterior, para este escenario de incendio 3A el tiempo disponible para que los ocupantes evacúen el recinto es de 70 segundos (un poco más de 1 minuto) debido a que la altura de la capa de humo iguala a la altura crítica de seguridad humana en el segundo piso equivalente a 2 m de altura medidos desde la planta del primer piso, y además, la visibilidad de señales de emergencia se reduce a menos de 15 m, la capa de humo sobrepasa los 80°C y se está próximo a alcanzar los límites tolerables tanto de la FED.

- **GRÁFICOS**

ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO

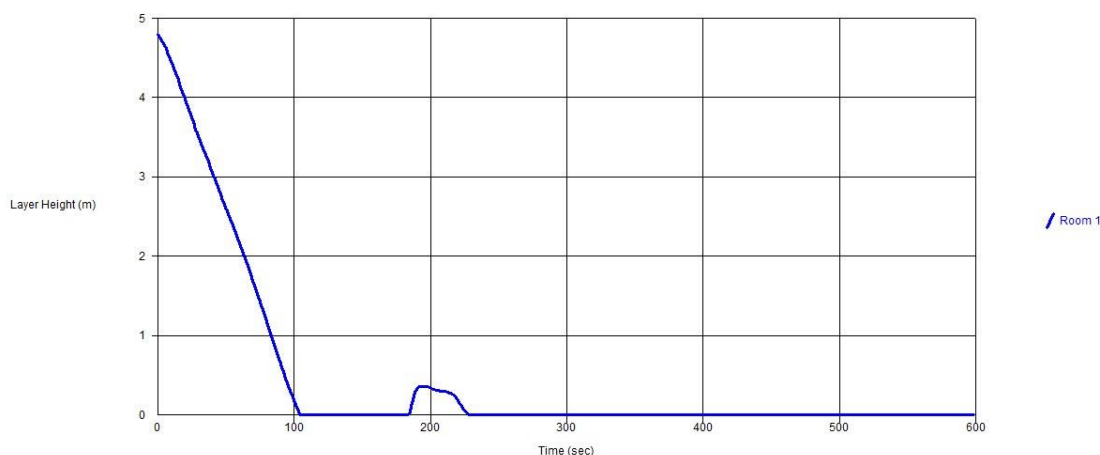


Gráfico 4.7.3.13.: “Evolución del espesor de la capa de humo dentro de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A según Branzfire.”

¹⁵ Ver resultados en apartado I.2.6 del Anexo I.

TEMPERATURA

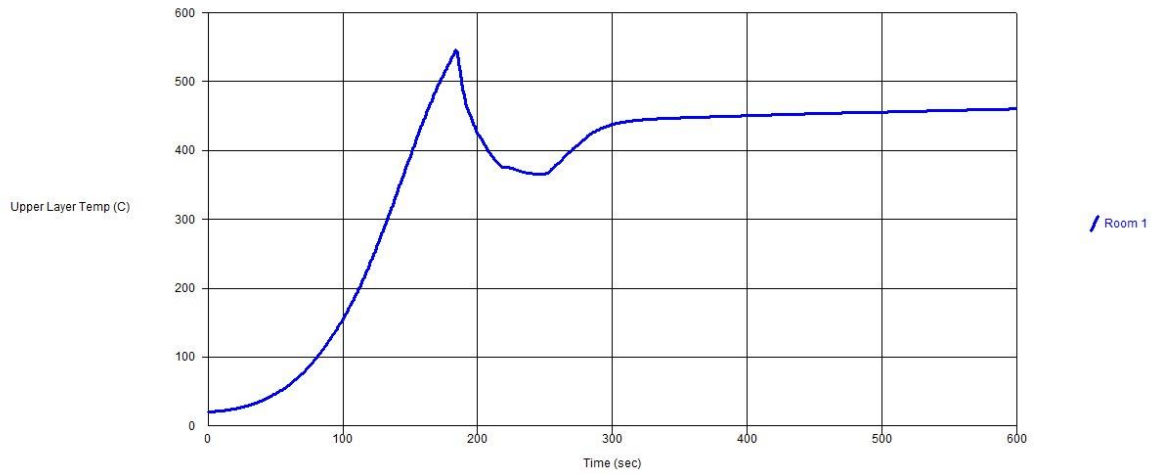


Gráfico 4.7.3.14.: “Evolución de la temperatura de la capa de humo en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A según Branzfire.”

DOSIS FRACCIONAL EFECTIVA (FED)

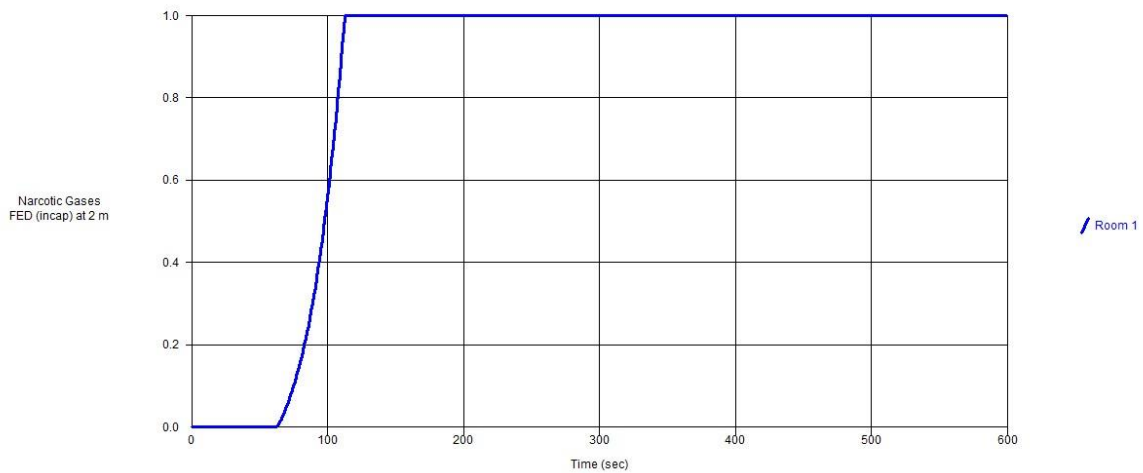


Gráfico 4.7.3.15.: “Evolución de FED de gases tóxicos en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A según Branzfire.”

VISIBILIDAD

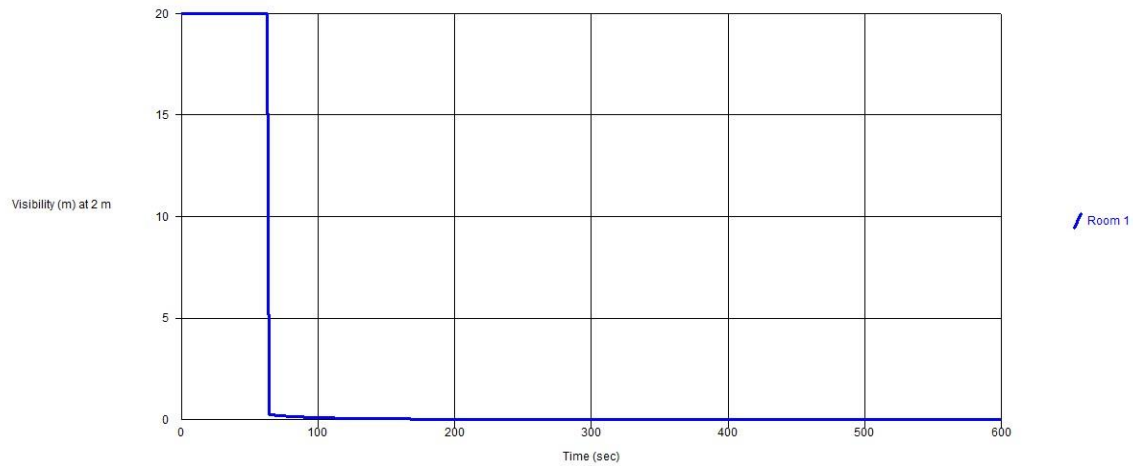


Gráfico 4.7.3.16.: “Evolución de la visibilidad a 2 metros sobre el suelo en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

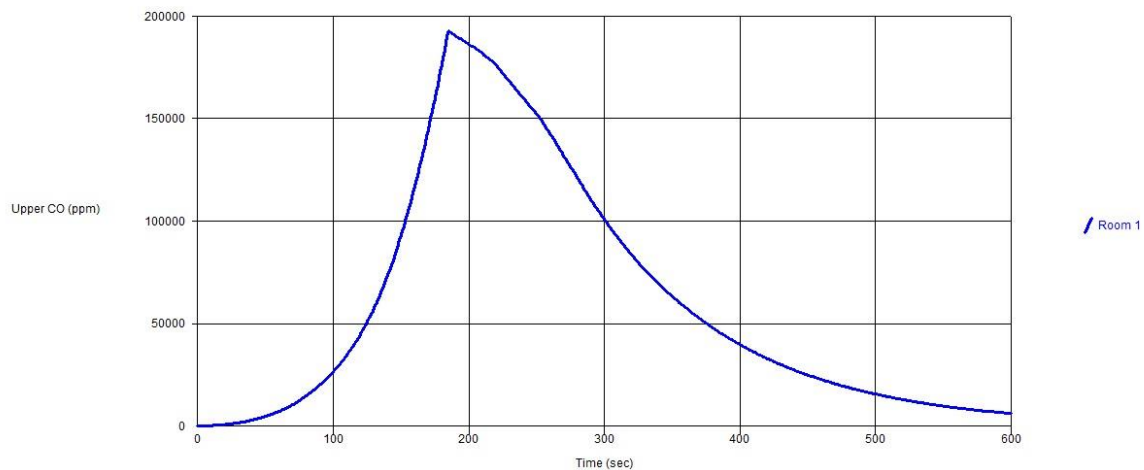


Gráfico 4.7.3.17.: “Evolución de la concentración de CO en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

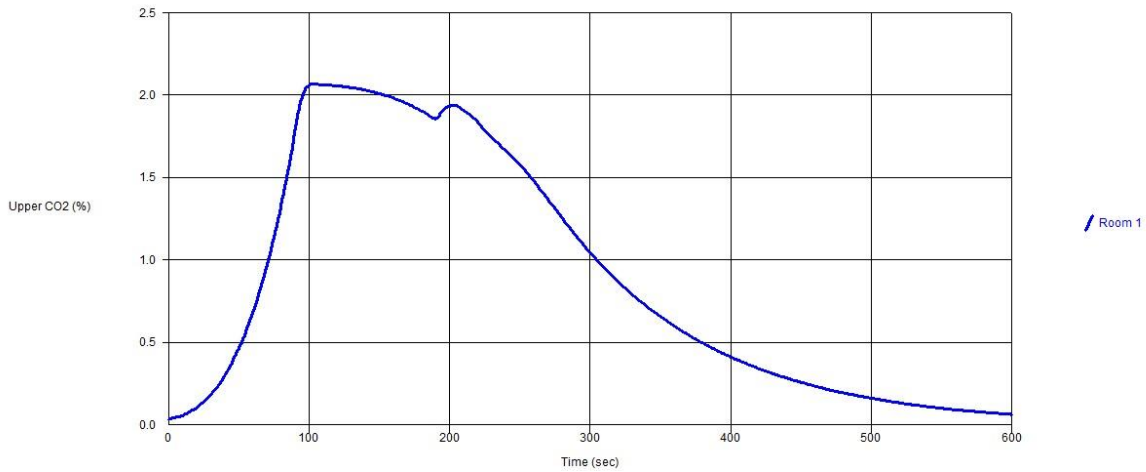


Gráfico 4.7.3.18.: “Evolución de la concentración de CO₂ en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: ÁCIDO CIANHÍDRICO (HCN)

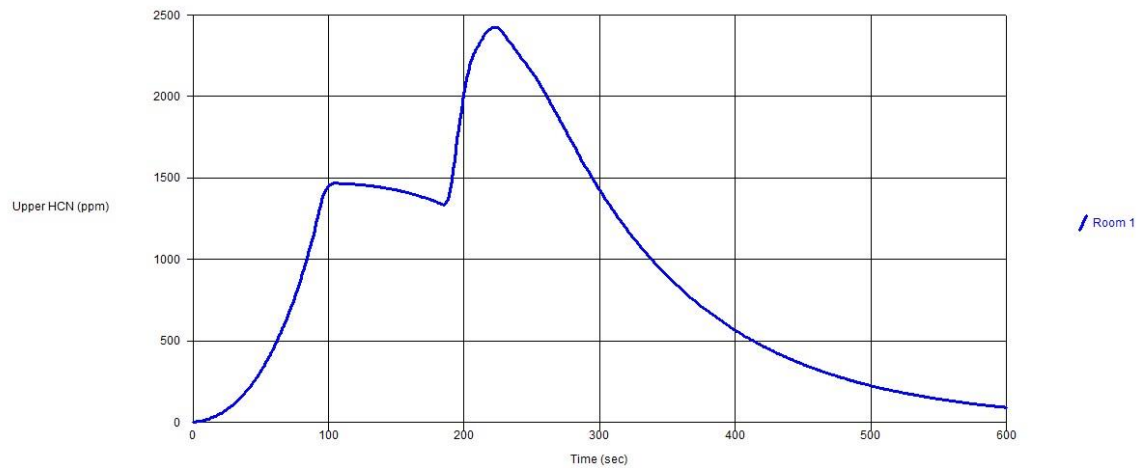


Gráfico 4.7.3.19.: “Evolución de la concentración de HCN en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES: OXÍGENO (O₂)

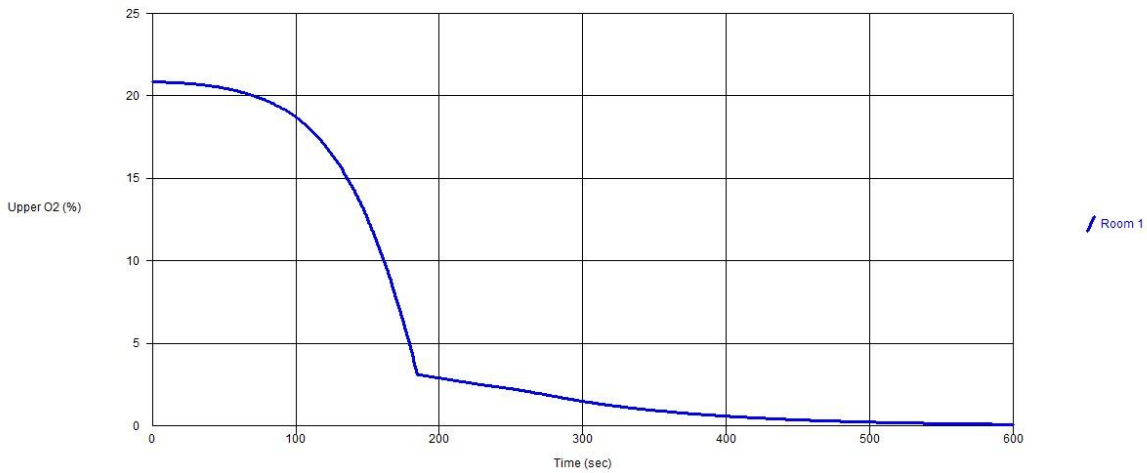


Gráfico 4.7.3.20.: “Evolución de la concentración de O₂ en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A según Branzfire.”

MASS LOSS RATE (MLR)

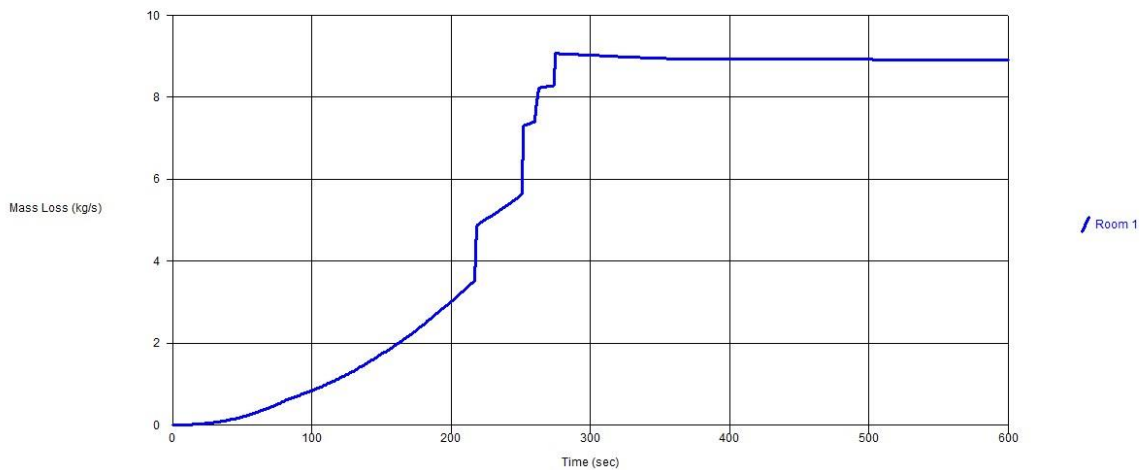


Gráfico 4.7.3.21.: “Evolución de mass loss rate (MLR) en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3A según Branzfire.”

4.7.3.2.2 ESCENARIO DE INCENDIO 3B

4.7.3.2.2.1 DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS CARGAS COMBUSTIBLES

La carga combustible del recinto 3 para el escenario 3B está ubicada en la zona vip 2 de la planta principal (ver ilustración 4.7.50) y está conformada por mobiliario del tipo espécimen 2 que son en definitiva sillones.

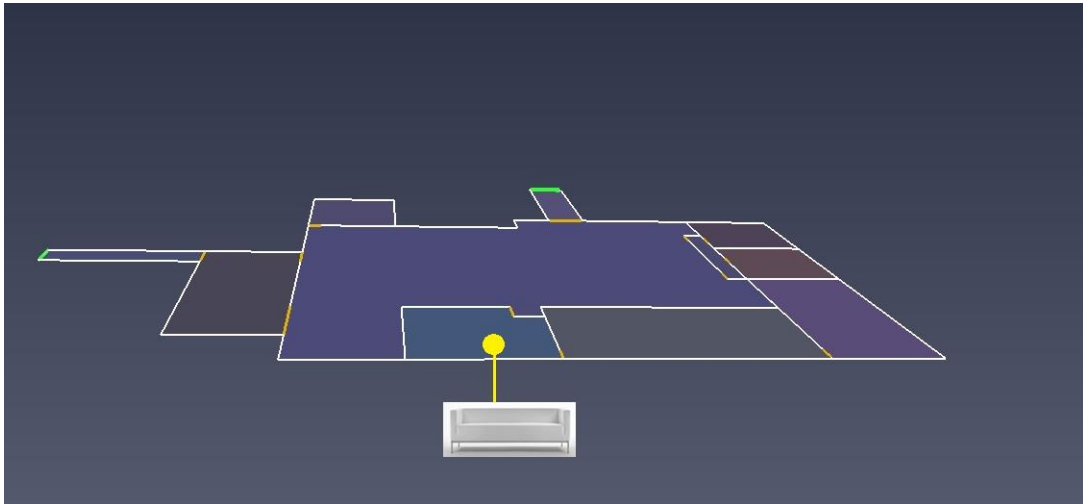


Ilustración 4.7.50.: “Vista superior de la ubicación de las cargas combustibles en la zona vip 2 de la planta principal del recinto 3.”

Además, la superficie del mobiliario de la zona vip 2 del recinto 3 tiene un valor de 15 m². El detalle del área útil total del espécimen 2 usado para el análisis de este escenario de incendio está en la tabla 4.7.3.19.

Tabla 4.7.3.19.: “Área útil del tipo de mobiliario (especimen 2) en la zona vip 2 del recinto 3 para el escenario de incendio 3B.”

Área total de mobiliario [m ²]	15
Área útil total de espécimen 2 [m ²]	15

Finalmente, la carga combustible del recinto 3 para el escenario 3B tiene un valor de 3525 MJ, y una densidad de carga combustible de 235 [MJ/m²] (ver detalle de cálculo en tabla 4.7.3.20).

Tabla 4.7.3.20.: “Densidad de carga combustible y carga combustible para el escenario de incendio 3B del recinto 2.”

Especimen	Densidad de carga combustible [MJ/m ²]	Área útil total [m ²]	Carga combustible [MJ]
2	235,0	15	3525,0
Densidad de carga total combustible [MJ/m ²]	235,0	Carga total combustible [MJ]	3525,0

4.7.3.2.2 PUNTO DE IGNICIÓN

El punto de ignición para este escenario 3B se encuentra localizado en la zona vip 2 y se caracteriza por tener una gran presencia de instalaciones eléctricas como cables, luces, etc.

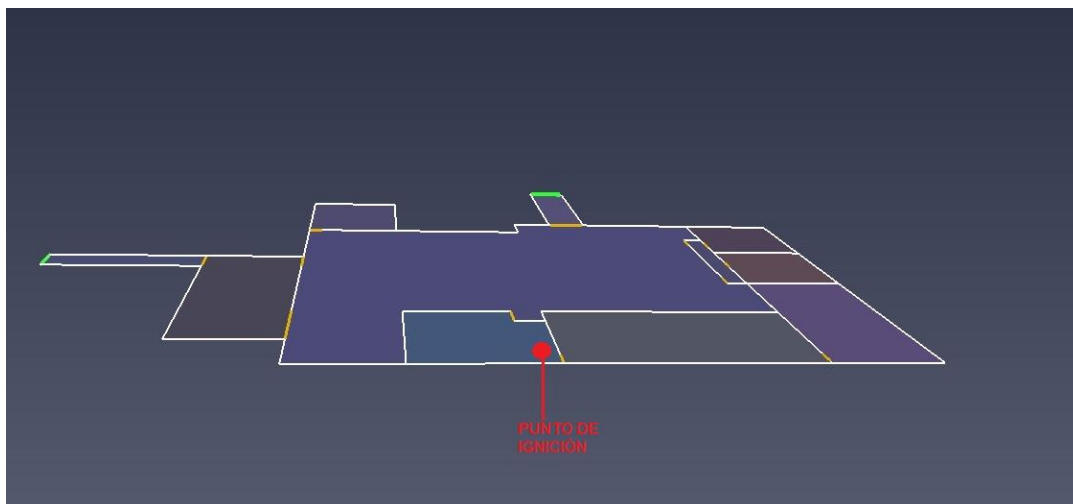


Ilustración 4.7.51.: “Vista superior del punto de ignición del escenario 3B ubicado en la zona vip 2 del recinto 3.”

La fuente de ignición descrita anteriormente es del tipo radiactivo la que producto del algún corte de electricidad o sobrecarga genera una chispa que inicia la ignición espontánea de los materiales combustibles más cercanos.

4.7.3.2.2.3 CRECIMIENTO

- **GEOMETRÍA DEL RECINTO**

Las dimensiones del área total superficial y volumen del recinto 3, y del área y altura promedio de las aberturas están en la tabla 4.7.3.21.

Tabla 4.7.3.21.: “Área total y altura promedio de las aberturas, y área total superficial y volumen de la planta principal del recinto 3.”

Recinto	Área superficial total [m ²]	Volumen [m ³]	Área total de aberturas [m ²]	Altura promedio de las aberturas [m]
3	1762,8	2664	8,8	2,2

- **COEFICIENTE F**

Se tiene un valor de factor de abertura F de 0,007 [1/m] para el recinto 3.

- **EVOLUCIÓN TIEMPO-TEMPERATURA**

La curva tiempo-temperatura del recinto 3 con un factor de abertura de ventilación F de 0,007 [1/m] se detalla en el gráfico 4.7.3.22.

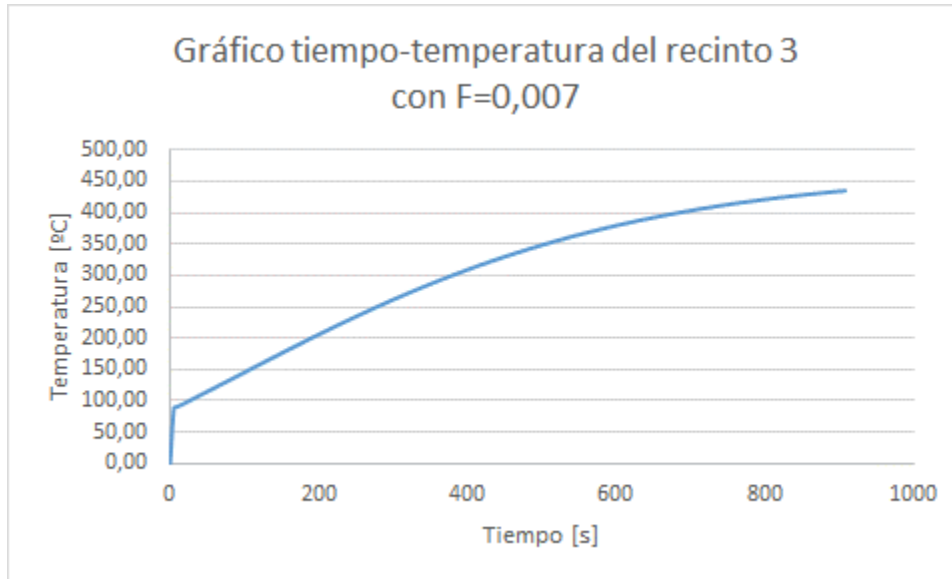


Gráfico 4.7.3.22.: “Relación tiempo-temperatura del recinto 3 con un coeficiente de abertura, $F=0,007$.”

De acuerdo a lo anterior, los 500-600°C se alcanzan en el interior del recinto en un tiempo superior a los 1000 segundos.

- **FLUJO DE CALOR**

El flujo total de calor producido dentro del recinto 3 se divide en parte en el flujo de calor por convección y en el flujo de calor por radiación (ver gráficos 4.7.3.23 y 4.7.3.24).

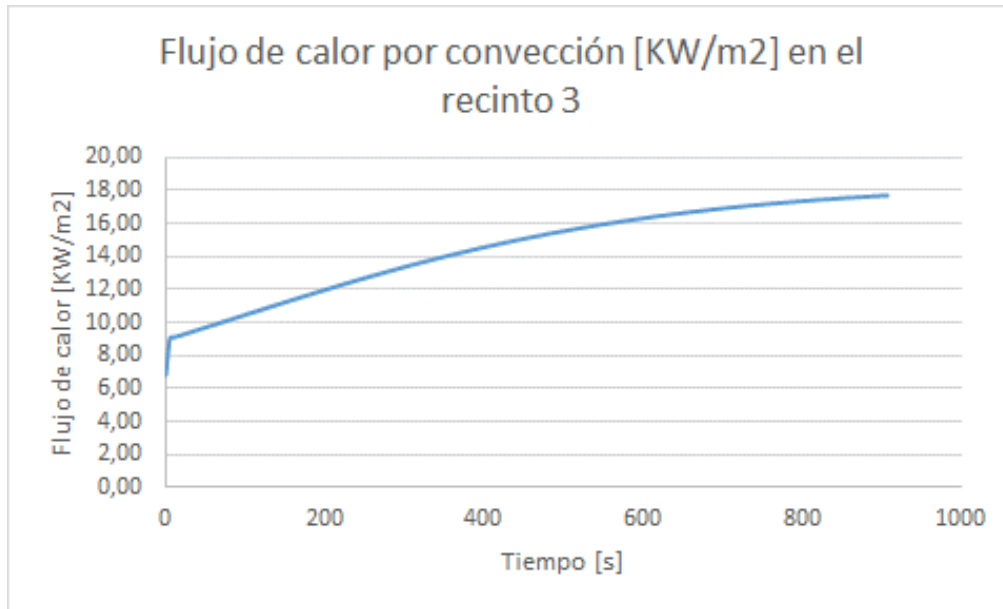


Gráfico 4.7.3.23.: “Flujo de calor por convección por unidad de área en función del tiempo para el recinto 3 con un coeficiente de calor de convección de 0,25[kW/m2].”

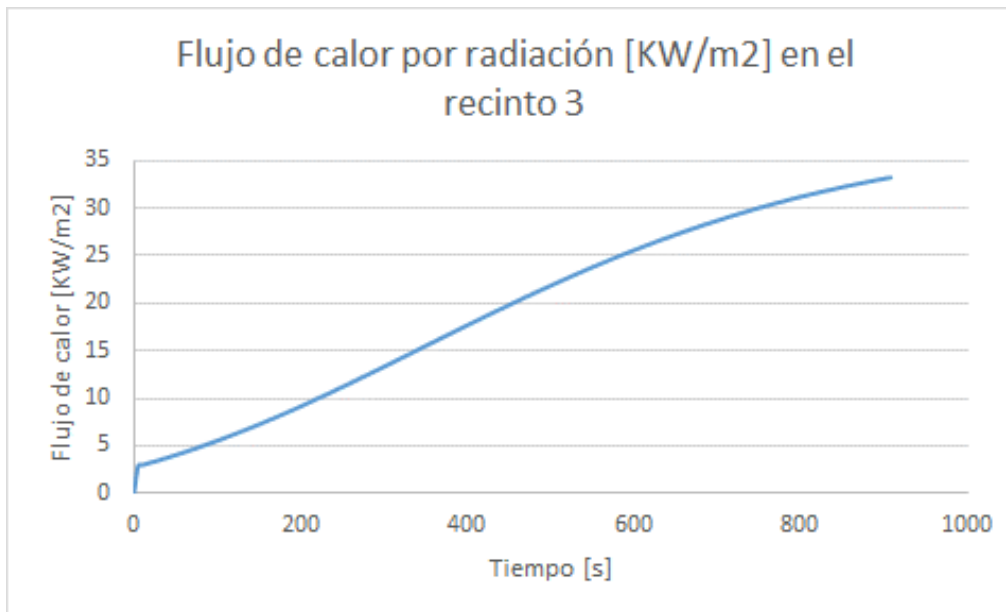


Gráfico 4.7.3.24.: “Flujo de calor por radiación por unidad de área en función del tiempo para el recinto 3.”

El flujo de calor, típico indicador del flashover es de 20 [kW/m2] aproximadamente. Éste se alcanza sobre los 1000 segundos para el flujo por convección y en 456 segundos en el caso del flujo por radiación.

- **ALTURA**

La altura promedio del recinto 3 es de 4,8 m.

- **MATERIAL DE LA ENVOLVENTE**

El material de la envolvente del recinto 3 es de hormigón armado y sus propiedades térmicas se muestran en detalle en la tabla 4.7.3.22.

Tabla 4.7.3.22.: “Propiedades térmicas la envolvente del recinto 3 de hormigón armado.”

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Hormigón	2200	837	1,4	0,761

4.7.3.2.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL INCENDIO

- **VELOCIDAD DE CRECIMIENTO**

De acuerdo al uso del recinto ocupación de pública concurrencia se tiene una velocidad ultrarrápida de crecimiento del fuego.

Tabla 4.7.3.23.: “Tipo de velocidad de propagación para el recinto 3.”

Occupancy	Growth rate
Dwellings	Fast
	Medium
	Medium
Schools, offices	Medium
	Medium
	Fast
Hotels, nursing homes etcetera	Fast
	Fast
Shopping centres, entertainment centres	Fast
	Fast
	Ultra-fast

- **EVOLUCIÓN DE HEAT RELEASE RATE DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

El valor de la tasa de crecimiento ultrarrápida del fuego α en el recinto 3 es 0,188.

- **PEAK HEAT RELEASE RATE EN UN INCENDIO CONTROLADO POR LA VENTILACIÓN**

El valor del área total de las aberturas es 8,8 m² y su altura promedio es de 2,2 m. Luego, la magnitud del peak heat release rate controlado por la ventilación del recinto 3 es $\dot{Q}_v = 8941 \text{ kW}$.

- **FLASHOVER**

La tasa de liberación de calor en el flashover del recinto 3 para el escenario 3A Q_{FO} es de 21526 KW. El detalle del cálculo de los de los parámetros usados para obtener el calor en el flashover está en la tabla 4.7.3.22 y 4.7.3.24.

Tabla 4.7.3.24.: “Parámetros para obtener la tasa de liberación de calor en el flashover del recinto 3.”

Espesor de la envolvente [m]	0,2
Tiempo de penetración térmica [s]	13140
Coefficiente de transferencia de calor efectivo[KW/m ² °K]	0,083
Tiempo en el que se alcanzan los 500 ° C [s]	1000

- **CURVA DE DISEÑO DE HRR**

El calor total generado por el fuego de los materiales combustibles del recinto 3 para el escenario 3B es de 3525 MJ. La forma en cómo se distribuye el calor generado entre las etapa de crecimiento ultrarrápido y el flashover se obtienen de la tabla 4.7.3.25.

Tabla 4.7.3.25.: “Parámetros del fuego generado para obtener la tasa de liberación de calor de diseño para el recinto 3.”

Calor total generado [KJ]	3525000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (33%)[KJ]	1175000,0
Calor total generado en la etapa de flashover (40%)[KJ]	1410000
Peak de tasa de liberación de calor controlado por la ventilación[KW]	8941,0
Tasa de liberación de calor en el flashover[KW]	21526,7

La curva de diseño de HRR se calcula utilizando la condición que $\int HRR_i = Q_i$ para cada etapa y que además se tiene un crecimiento ultrarrápido (ver gráfico 4.7.3.25).

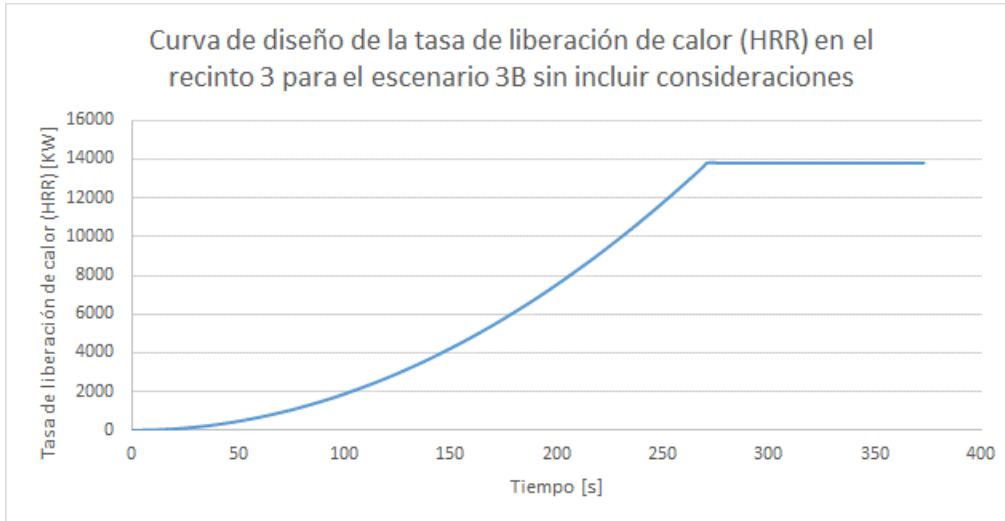


Gráfico 4.7.3.25.: “Curva de diseño de la tasa de liberación de calor del recinto 3 para el escenario 3B sin incluir consideraciones.”

Ahora, si incorporamos las consideraciones, tanto del peak Heat Release Rate controlado por la ventilación como el HRR en el flashover detallados en la tabla 4.7.3.25, se recalculan los valores para el calor generado en cada etapa (ver tabla 4.7.3.26).

Tabla 4.7.3.26.: “Parámetros modificados del fuego generado, para obtener la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 3B del recinto 3.”

Calor total generado [KJ]	3525000
Calor total generado en la etapa de crecimiento (18,4%)[KJ]	649241,2
Calor total generado en la etapa de flashover (51,6%)[KJ]	1818900

Finalmente, la curva definitiva de la tasa de liberación de calor de diseño para el escenario 3B es la expuesta en el gráfico 4.7.3.26.

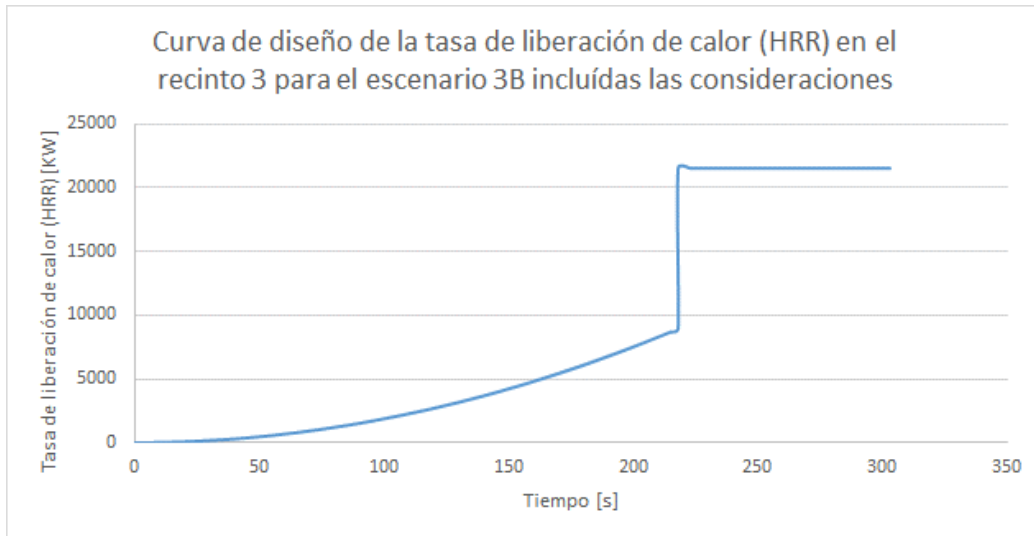


Gráfico 4.7.3.26.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor del recinto 3 para el escenario 3B sin incluir las consideraciones.”

4.7.3.2.2.5 ANÁLISIS COMPUTACIONAL EN BRANZFIRE

4.7.3.2.2.5.1 DATOS DE ENTRADA

- **GEOMETRÍA**

El problema sólo se puede abordar mediante geometrías cuadradas, por tanto, las dimensiones del recinto virtual 3 para el análisis computacional se detallan en la tabla 4.7.3.27.

Tabla 4.7.3.27.: “Dimensiones geométricas de la planta principal del recinto 3 virtual.”

Ancho [m]	11,2
Largo [m]	37,67
Volumen virtual del recinto [m3]	1481
Volumen total del recinto [m3]	1481

- **HRR DE DISEÑO**

La curva de diseño de la tasa de liberación de calor (HRR) para el escenario 3B está descrita en el gráfico 4.7.3.12.

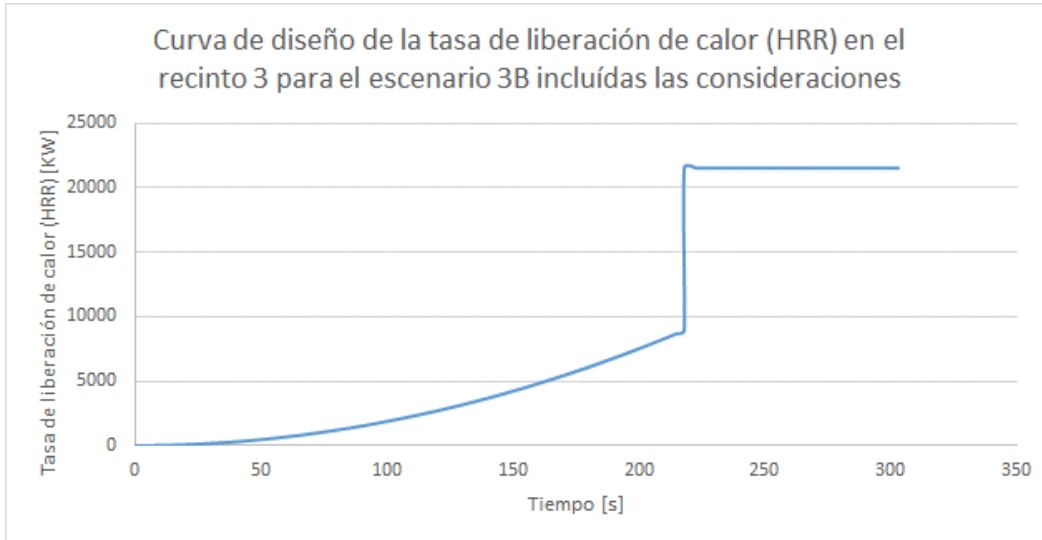


Gráfico 4.7.3.27.: “Curva definitiva de diseño de la tasa de liberación de calor de la planta principal del recinto 3 para el escenario de incendio 3B.”

- **RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS**

El detalle del cálculo desde el flujo de aire entrante hasta la tasa de producción de cada uno de los gases tóxicos, se obtienen de acuerdo al apartado 2.2.6.1.2. “Gases de incendio.”

Tabla 4.7.3.28.: “Resumen de los parámetros de entrada para el análisis del comportamiento del fuego dentro de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B.”

Velocidad de crecimiento del fuego	ultrarápida
α [KW/s ²]	0,188
Liberación máxima de calor [KW]	29051
Superficie máxima de incendio [m ²]	15
Superficie total del recinto [m ²]	423
Carga Total combustible [MJ]	3525
Densidad de carga combustible total [MJ/m ²]	8,3
Flujo de aire entrante [g/s]	6,5
Mass Loss Rate por unidad de área [g/m ² *s]	21,9
Flujo total de calor por unidad de área [KW/m ²]	70
Pérdida de calor por reirradiación por unidad de área	17,5
Calor de gasificación [KJ/g]	2,4
Mass Loss Rate [g/s]	328,1
Radio estequiométrico (1/r)	8,78
Radio equivalente (ϕ)	441
Condiciones de ventilación	Poca ventilación
Tasa de producción de CO [kg/kg]	1,41
Tasa de producción de CO ₂ [kg/kg]	2,21
Tasa de producción de HCN [kg/kg]	0,1
Tasa de producción de Hollín [kg/kg]	0,222

4.7.3.2.5.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD ⁽¹⁶⁾

Los resultados del análisis en Branzfire para el escenario de incendio 3B de alturas de capa de humo, fracción de dosis efectiva (FED), temperatura y visibilidad se encuentran en la tabla 4.7.3.29.

Tabla 4.7.3.29.: “Resultados del análisis en Branzfire para el análisis del comportamiento del fuego dentro la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B con respecto a los tiempos en los cuales las condiciones mínimas para la seguridad humana son sobrepasadas.”

PARÁMETROS MÍNIMOS DE SEGURIDAD HUMANA	Tiempo [s]
Altura de la capa de humo de 2 m	65,0
Temperatura de la capa de humo alcanza los 80°C	72
FED gases igual a 0,1	76
Visibilidad de 15 m a 2 metros del suelo	65

De acuerdo a la tabla anterior, para este escenario de incendio 3B el tiempo disponible para que los ocupantes evacúen el recinto es de 65 segundos (un poco más de 1 minuto) debido a que la altura de la capa de humo iguala a la altura crítica de seguridad humana en el segundo piso equivalente a 2 m de altura medidos desde la planta del primer piso, y además, la visibilidad de señales de emergencia se reduce a menos de 15 m, la capa de humo sobrepasa los 80°C y se está próximo a alcanzar los límites tolerables tanto de la FED.

- **GRÁFICOS**

ESPESOR DE LA CAPA DE HUMO

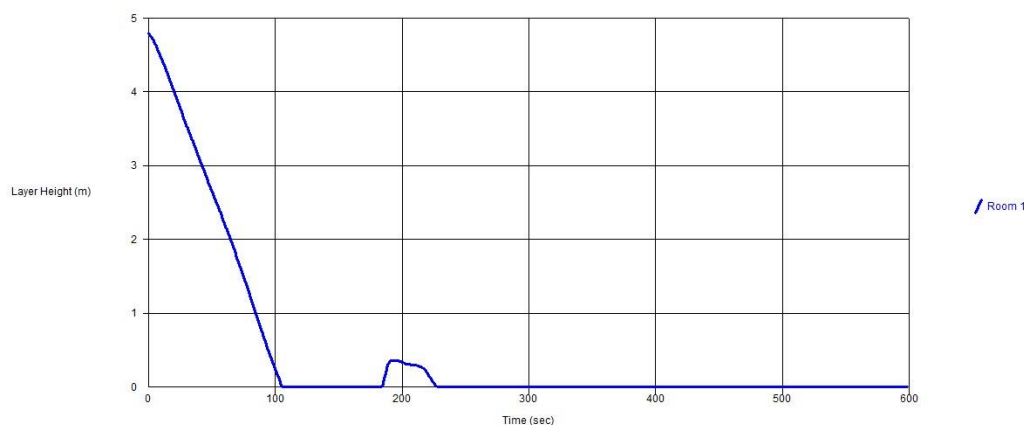


Gráfico 4.7.3.28.: “Evolución del espesor de la capa de humo dentro de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B según Branzfire.”

¹⁶ Ver resultados en apartado I.2.7 del Anexo I.

TEMPERATURA

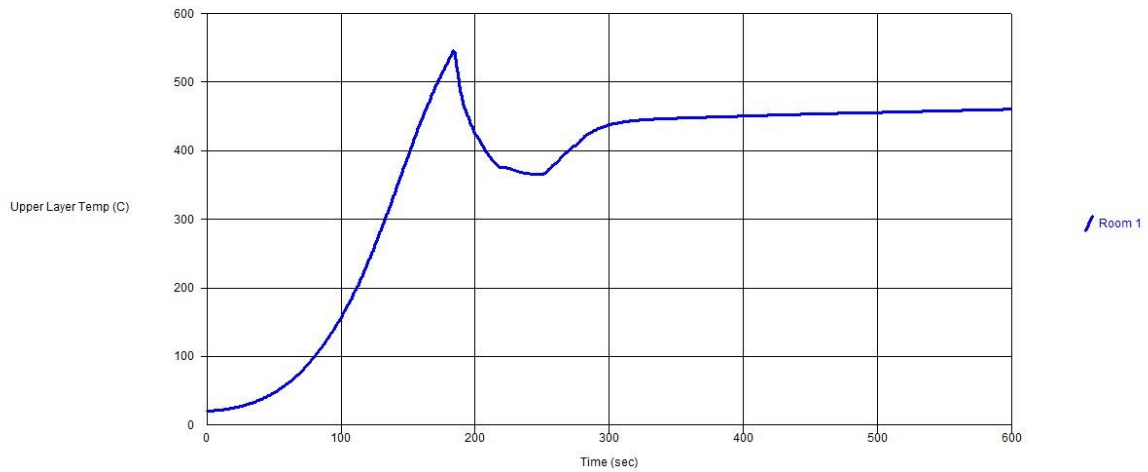


Gráfico 4.7.3.29.: “Evolución de la temperatura de la capa de humo en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B según Branzfire.”

DOSIS FRACCIONAL EFECTIVA (FED)

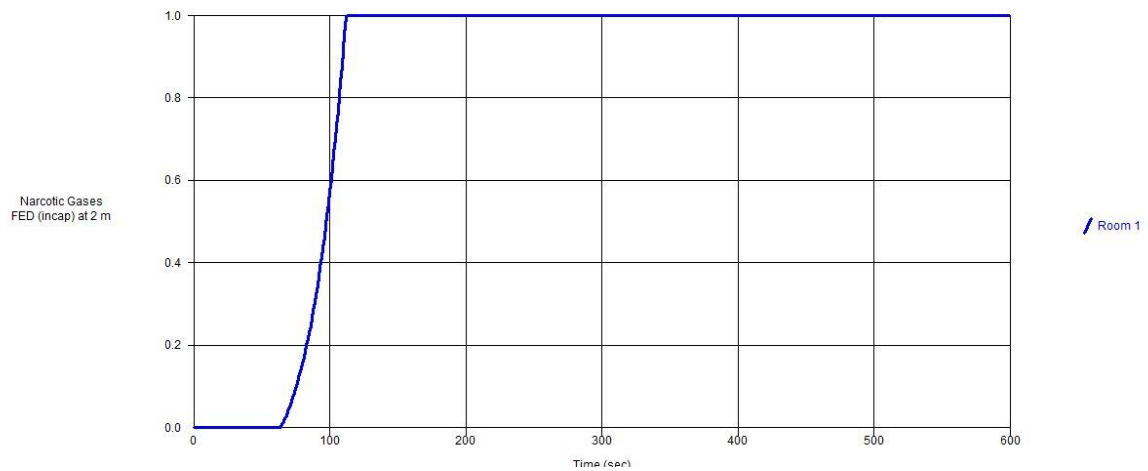


Gráfico 4.7.3.30.: “Evolución de FED de gases tóxicos en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B según Branzfire.”

VISIBILIDAD

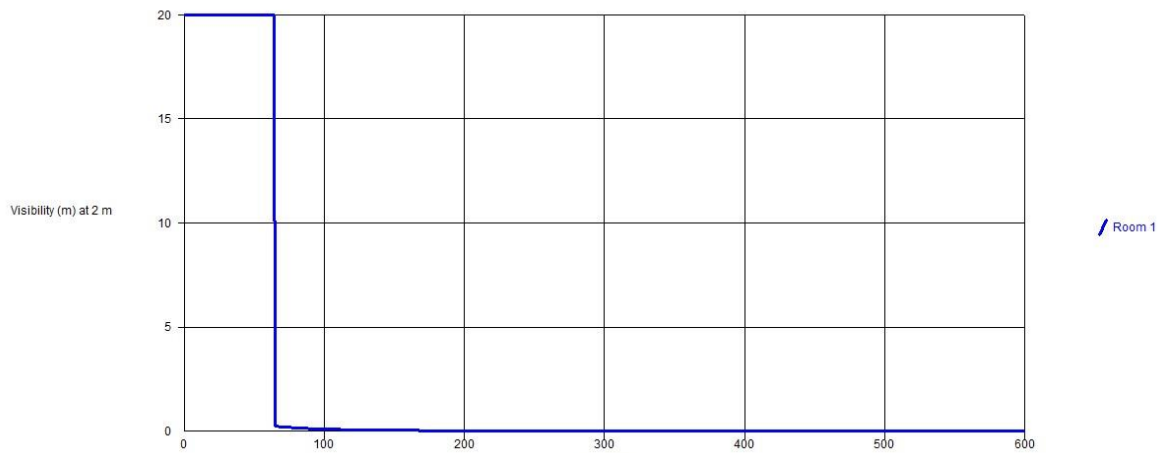


Gráfico 4.7.3.31.: “Evolución de la visibilidad a 2 metros sobre el suelo en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES-MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

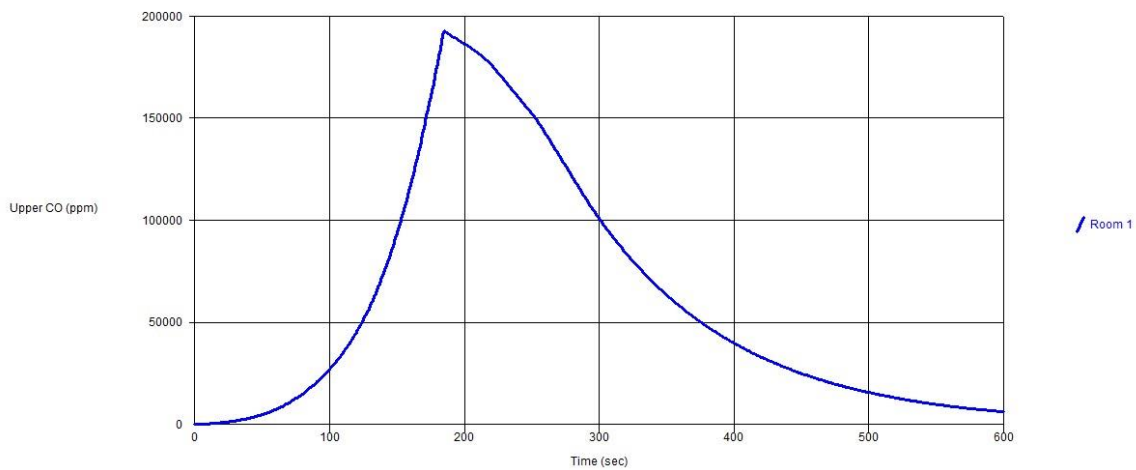


Gráfico 4.7.3.32.: “Evolución de la concentración de CO en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES-DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

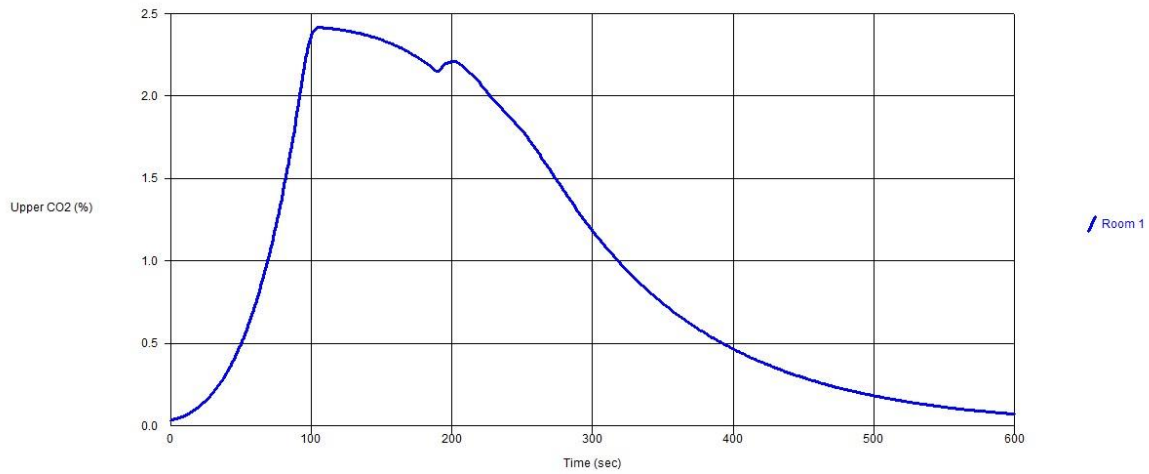


Gráfico 4.7.3.33.: “Evolución de la concentración de CO₂ en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES-ÁCIDO CIANHÍDRICO (HCN)

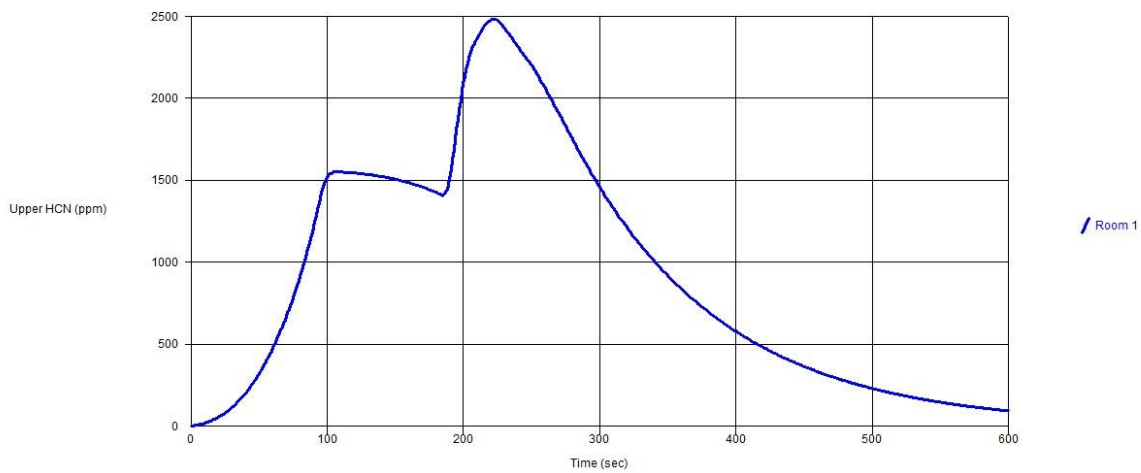


Gráfico 4.7.3.34.: “Evolución de la concentración de HCN en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B según Branzfire.”

CONCENTRACIÓN DE GASES-OXÍGENO (O₂)

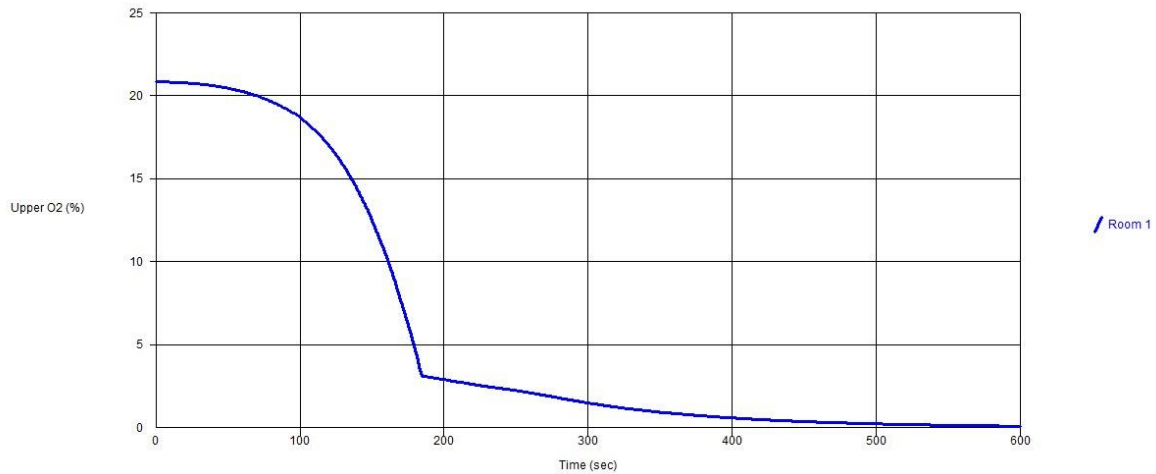


Gráfico 4.7.3.35.: “Evolución de la concentración de O₂ en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B según Branzfire.”

MASS LOSS RATE (MLR)

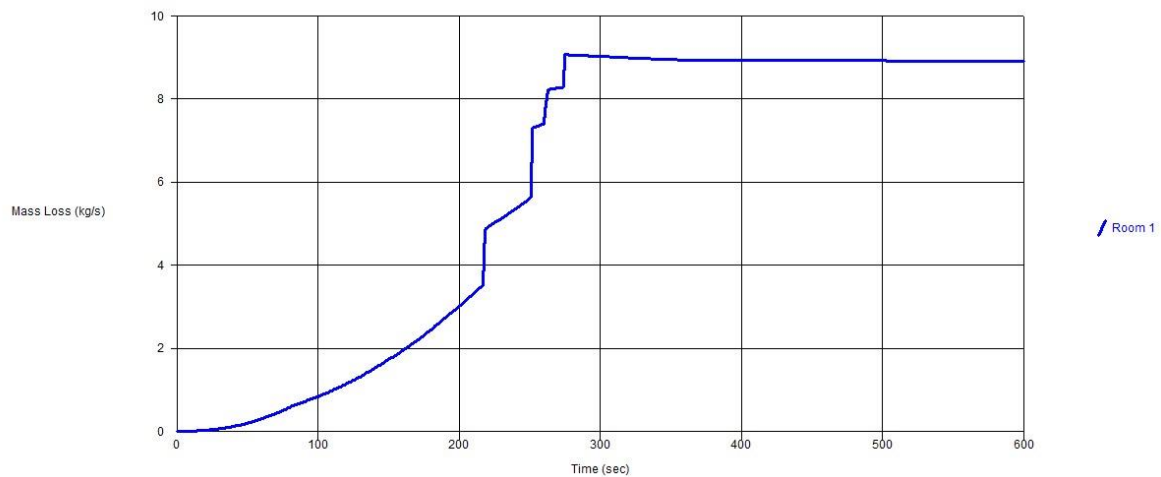


Gráfico 4.7.3.36.: “Evolución de mass loss rate (MLR) en el interior de la planta principal del recinto 3 para el escenario 3B según Branzfire.”

4.7.3.3 RSET (REQUIRED SAFE EVACUATION TIME) VERSUS ASET (AVAILABLE SAFE EVACUATION TIME)

De acuerdo a los valores obtenidos para el ASET en cada escenario de incendio 3A y 3B del recinto 3 (ver detalle en tabla 4.7.3.31.) y a los calculados en el estudio del RSET del lugar (ver detalle en tabla 4.7.3.30.), se analiza el desempeño ante un incendio mediante un enfoque de sensibilidad de las salidas, o sea, 3 casos posibles que son:

- una situación óptima de evacuación.
- bloqueo de salida 1.
- bloqueo de salida 2.

Tabla 4.7.3.30.: “Resumen de valores de RSET para todos los escenarios de evacuación del recinto 3.”

ESCENARIO DE EVACUACIÓN	RSET [s]
Todas las salidas disponibles	664
Bloqueo de salida 1	1377
Bloqueo de salida 2	692

Tabla 4.7.3.31.: “Resumen de valores de ASET para todos los escenarios de incendio del recinto 3.”

ESCENARIO DE INCENDIO	ASET [s]
3A	64
3B	65

Finalmente, los resultados del análisis por desempeño del recinto 3 son los siguientes:

- En una situación óptima de evacuación el tiempo requerido para que las personas abandonen la planta principal es de 664 segundos, y para el escenario 3A o 3B el tiempo disponible para la evacuación del recinto es de 64-65 segundos. Por lo anterior, bajo estas condiciones $ASET_{planta\ principal} < RSET_{planta\ principal}$.
- En una situación con bloqueo de la salida 1 el tiempo requerido para que las personas abandonen la planta principal sólo por la salida 2 es de 1377 segundos, y para el escenario 3A o 3B el tiempo disponible para la evacuación del recinto es de 64-65 segundos. Por lo anterior, bajo estas condiciones $ASET_{planta\ principal} < RSET_{planta\ principal}$.
- En una situación con bloqueo de la salida 2 el tiempo requerido para que las personas abandonen el segundo piso sólo por la salida 1 es de 692 segundos, y para el escenario 3A o 3B el tiempo disponible para la

evacuación de todo el recinto es de 48 segundos. el tiempo disponible para la evacuación del recinto es de 64-65 segundos. Por lo anterior, bajo estas condiciones $ASET_{planta\ principal} < RSET_{planta\ principal}$.

En conclusión, bajo ningún escenario, el recinto 3 tendría un buen desempeño frente al desarrollo de un incendio independiente del origen de éste.

4.7.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS PRESTACIONAL

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos del análisis prestacional aplicado a cada discoteca:

- En ningún caso estudiado se cumple la condición establecida de que $RSET < ASET$.
- El tiempo de premovimiento calculado para cada discoteca es alto debido a la inexistencia de sistemas detectores, de alarma y de notificación que permitan prever de forma categórica una respuesta instantánea frente a la emergencia.
- Las discotecas estudiadas producto de su escasa área de aberturas representadas por puertas y ventanas, experimentan incendios controlados por la ventilación cuya curva de crecimiento del fuego de diseño depende solamente del tipo de recinto y no del escenario de incendio asociado a una carga combustible en particular.
- La capacidad de egreso de los elementos de evacuación de los recintos es superada dados los resultados obtenidos de la evolución de las variables de locomoción a través de gráficas. Por lo anterior, las retenciones generadas representan los puntos más críticos de un estudio de evacuación en el caso que un recinto de este tipo no cuente con las herramientas de control de humo y fuego necesarias.
- Resultados críticos sobre la propagación del humo durante un fuego en este tipo de recintos, que requiere la instalación de elementos de control de humo que garanticen condiciones de vida mínimas de acuerdo a los estándares internacionales.
- De acuerdo a la tabla 4.7.3.7, el tiempo de movimiento del recinto 3 según el modelo en Pathfinder es de 484 seg. Luego, según la tabla 4.6.4.5 para el enfoque de JJ Fruins se obtiene un tiempo de 245 seg, para el modelo de Nelson y McLennan un tiempo de 1747 seg y el modelo dinámico estima un tiempo de 245 seg. Las diferencias entre los resultados del análisis computacional y los obtenidos para cada modelo se deben principalmente a las simplificaciones realizadas para estimar las funciones de evacuación con respecto a las distribuciones de espacio. Claramente el enfoque del modelo de Nelson y McLennan es el más conservador, sin embargo, aunque no es considerado para estimar tiempos si es utilizado para el prediseño de medios de evacuación como pasillos, puertas y escaleras. Además, el enfoque más alejado a la realidad corresponde al de JJ Fruins debido a que sus supuestos iniciales con respecto a la no variación de las magnitudes de locomoción no son los correctos. Por último, el enfoque dinámico parece ser el más cercano al que sigue Pathfinder, sumado a que la evolución de las magnitudes de locomoción son bastante similares para ambos, sin embargo, la diferencia de los tiempos obtenidos en cada caso no es menor. Por tanto, la utilidad del análisis del problema de la evacuación a través de herramientas computacionales que usen como base los supuestos del modelo de Nelson y McLennan es el más adecuado.

5 ANÁLISIS FINAL, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones obtenidas de los análisis realizados en los capítulos anteriores para la seguridad ante incendios en discotecas. Éstas se dividen según el tipo de análisis, ya sea prescriptivo, prestacional o a través de modelos de evacuación.

5.1 ANÁLISIS FINAL Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO PRESCRIPTIVO Y DE LOS MODELOS DE EVACUACIÓN

Las conclusiones finales y recomendaciones del diseño de la seguridad de la evacuación de discotecas en caso de incendios obtenidas de los resultados del análisis prescriptivo se agrupan de acuerdo al tipo de parámetro de seguridad, como por ejemplo: Medios de egreso, señalización, iluminación y protección activa/pasiva.

5.1.1 MEDIOS DE EGRESO

5.1.1.1 DIFERENCIAS EN EL DISEÑO DE VÍAS DE EGRESO ENTRE LOS MODELOS DE EVACUACIÓN SIN RECORRIDO Y LA VISIÓN DE LA OGUC-NFPA 101

5.1.1.1.1 MODELO HIDRÁULICO SIN RECORRIDO DE EVACUACIÓN – SFPE (H. NELSON y MCLENNAN)

Para el desarrollo de este modelo se adopta el concepto de ancho efectivo conocido como el espacio que realmente usan los ocupantes al momento de atravesar cualquier elemento de evacuación, este último, según JJ Pauls se obtiene de forma experimental a partir de la separación entre el flujo de personas y la envolvente de la zona de circulación. Los valores de separación se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 5.1.1.1.: “Valores de separación usado en el cálculo del ancho efectivo para cada elemento de evacuación.”

Elemento de evacuación	Separación (metros)
Pared escaleras	0,15
Pasamanos escaleras	0,09
Sillas o butacas teatros	0
Pared en rampas y pasillos	0,20
Vestibulos de pasillos amplios	0,46
Obstáculos en general	0,10
Dintel puerta	0,15

El ancho efectivo, es una magnitud virtual, y se define como:

$$(ec.) \ 5.1.1 \quad w_{je} = w_j - 2 * \text{separación}$$

donde:

$w_j =$ ancho mínimo medido en el elemento de evacuación [m]

Luego, para estimar las magnitudes de locomoción como la velocidad de circulación y el flujo específico según el modelo de JJ Fruins usamos las siguientes expresiones:

(ec.) 5.1.2
$$v(d) = \lambda * (1 - \alpha * d)$$

donde:

$v(d)$ = velocidad de desplazamiento horizontal en [m/s].

$\lambda = 1,4$ en el caso de circ. horizontal y de 1,0 para el descenso de escaleras.

$\alpha = 0,266$ [m²/pers.].

(ec.) 5.1.3
$$f(d) = d * v(d) = \lambda * (1 - \alpha * d) * d$$

donde:

$f(d)$ = flujo específico [pers./m * s].

Finalmente si queremos determinar un flujo de personas F en un determinado recorrido de evacuación, lo definimos como:

(ec.) 5.1.4
$$F(d) = w_{je} * f(d) = w_{je} * \lambda * (1 - \alpha * d) * d$$

donde:

$F(d)$ = Flujo de personas [pers./s]

w_{je} = ancho efectivo del elemento de evacuación [m]

En una primera aproximación, se estudia la evacuación para el caso de un modelo hidráulico sin recorrido de evacuación, es decir, cuando el total de los ocupantes están próximos a las salidas. Un ejemplo de esta situación es descrita en la figura 5.1.1.

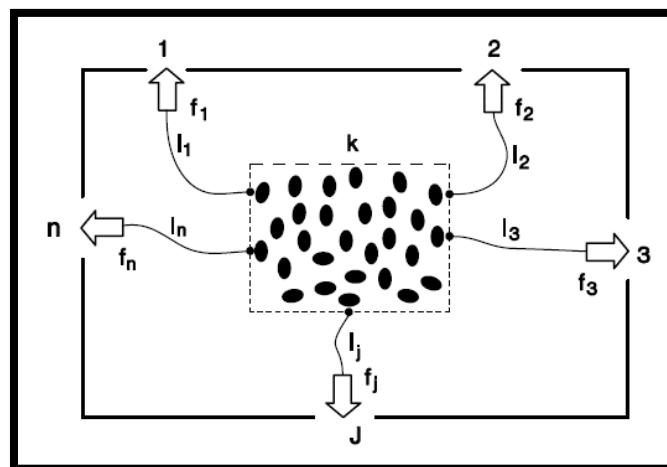


Figura 5.1.1.: “Ejemplo de evacuación de ocupantes de un recinto sin recorrido de evacuación.”

Por lo anterior, el tiempo que demoran los ocupantes en salir del recinto está dado sólo por el tiempo de paso por cada una de las salidas disponibles.

Usando la expresión (ec.5.1.4.), es posible obtener el tiempo de paso t_2 en segundos como:

$$(ec.) 5.1.5 \quad t_2 = \frac{x_j}{F(d)} = \frac{x_j}{w_{je} * \lambda * (1 - \alpha * d) * d} [s]$$

donde:

$F(d)$ = Flujo de personas [pers./s].

x_j = Numero de personas a evacuar [pers.].

w_{je} = ancho efectivo del elemento de evacuacion [m].

Ahora, si consideramos las recomendaciones con respecto al tiempo máximo de espera o evacuación asociado al pánico que es de aproximadamente 2,5 minutos (150 segundos), la (ec. 5.1.15) queda reordenada de la siguiente manera:

$$(ec.) 5.1.6 \quad t_2 = \frac{x_j}{F(d_j)} = \frac{x_j}{w_{je} * \lambda * (1 - \alpha * d_j) * d_j} < 150[s] = t_{panico}$$

Luego, si $d_j = x_j/a_j$ con a_j = área del recinto j :

$$(ec.) 5.1.7 \quad t_2 = \frac{a_j^2}{w_{je} * (\lambda * a_j - \lambda * \alpha * x_j)} < t_{panico}$$

Finalmente, la condición de ancho efectivo de diseño w_{je} de la salida j queda expresado:

$$(ec.) 5.1.8 \quad w_{je} \geq \frac{a_j^2}{(t_{panico}=150) * (\lambda * a_j - \lambda * \alpha * x_j)} [m]$$

Por lo tanto, de acuerdo a la (ec. 5.1.8), podemos concluir que el ancho efectivo w_{je} es una función de no sólo el número de personas que se encuentran en el interior del recinto a evacuar, sino también, del área útil de ocupación, el tiempo máximo de pánico y de constantes que identifican el tipo de movimiento horizontal o de descenso de escaleras.

En resumen:

$$(ec.) 5.1.9 \quad w_{je} = f(x_j, a_j, t_{panico}, \alpha, \lambda)$$

Con respecto a las variables incluidas en (ec. 5.1.9.), las constantes λ y α indican cuando se trata de un movimiento de circulación horizontal o de un descenso de escaleras y los valores de x_j y a_j están condicionados al tipo de ocupación del recinto que además indica la restricción de la densidad de ocupación. La densidad de ocupación utilizada en esta memoria es de 2,0 [pers./m²] según la OGUC [60].

El valor obtenido en (ec.5.1.8.) es equivalente a la suma de todos los anchos efectivos de las salidas disponibles en una situación ideal sin recorridos de evacuación y la ecuación (ec.5.1.8.) es utilizada para el análisis del modelo hidráulico de evacuación sin recorrido de evacuación aplicado a distintos elementos de evacuación como: pasillos, puertas de acceso-egreso y escaleras.

5.1.1.1.1 PASILLOS

En el caso del análisis de pasillos se usan las constantes de acuerdo a la tabla 5.1.1.2. para una circulación horizontal.

Tabla 5.1.1.2.: “Valores de las variables de entrada para un modelo hidráulico para pasillos sin recorrido de evacuación.”

d_j [pers/m ²]	2,0
λ [.]	1,40
α [m ² /pers]	0,266
Separación [cm]	2*20=40

Reemplazando los valores de la tabla 5.1.1.2. en (ec.5.1.8.) y (ec.5.1.1.) se obtienen valores de w_j para la circulación horizontal en pasillos sin recorrido de evacuación con un tiempo de espera en la cola inferior al tiempo de pánico y en función del número de personas N que se encuentran en el interior de un recinto (ver gráfico 5.1.1.1).

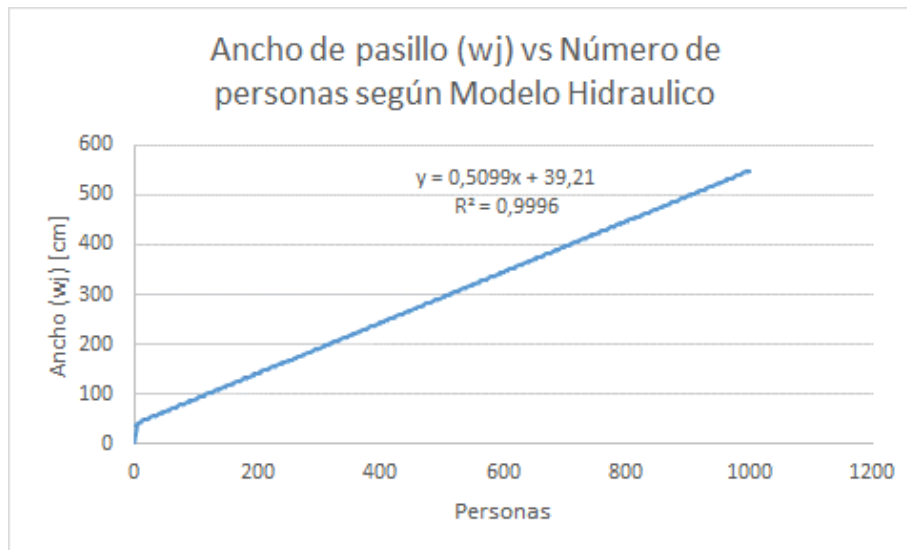


Gráfico 5.1.1.1.: “Ancho de pasillo en función del número de ocupantes según modelo hidráulico sin considerar recorridos de evacuación.”

Del gráfico anterior con un $R^2 = 0,996$ se obtiene una función lineal que entrega el valor del ancho w_j para un pasillo con una demanda de circulación específica de N ocupantes.

Finalmente, la función lineal w_j para pasillos es la siguiente:

(ec.) 5.1.10 $w_{j_{pasillos}}(N) = 0,509 * N + 39,21 [cm]$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

5.1.1.1.2 PUERTAS DE ACCESO/EGRESO

En el caso del análisis de puertas se usan las constantes de acuerdo a la tabla 5.1.1.3. para una circulación horizontal.

Tabla 5.1.1.3.: “Valores de las variables de entrada para un modelo hidráulico para puertas, sin recorrido de evacuación.”

$d_j [pers/m^2]$	2,0
$\lambda [.]$	1,40
$\alpha [m^2/pers]$	0,266
Separación [cm]	$2*15=30$

Reemplazando los valores de la tabla 5.1.1.3. en (ec.5.1.8.) y (ec.5.1.1.) se obtienen valores de w_j para la circulación horizontal en los arranques de puertas sin recorrido de evacuación con un tiempo de espera en la cola inferior al tiempo de pánico y en función del número de personas N que se encuentran en el interior de un recinto (ver gráfico 5.1.1.2).

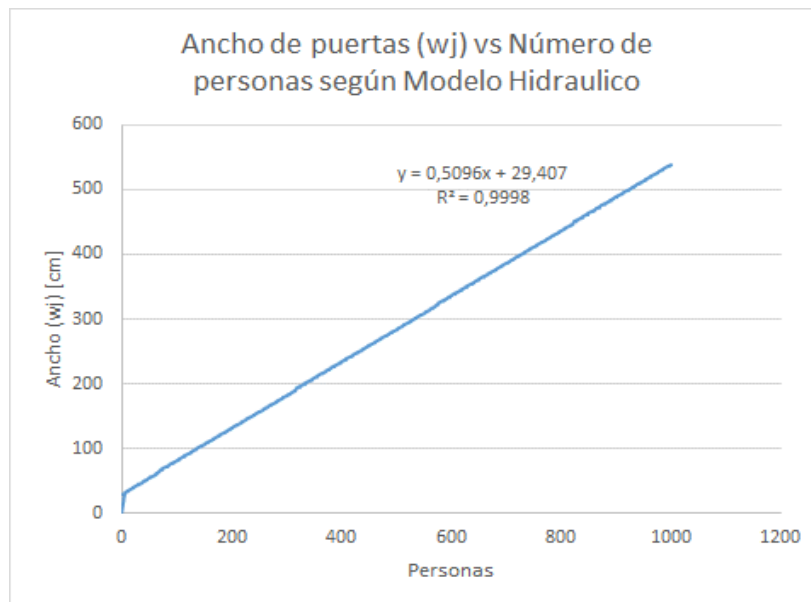


Gráfico 5.1.1.2.: “Ancho de puertas en función del número de ocupantes según modelo hidráulico sin considerar recorridos de evacuación.”

Del gráfico anterior con un $R^2 = 0,998$ se obtiene una función lineal que entrega el valor del ancho w_j para una puerta con una demanda de uso específica de N ocupantes.

Finalmente, la función lineal w_j para puertas es la siguiente:

(ec.) 5.1.11
$$w_{j_{puertas}}(N) = 0,509 + 29,47 * N \text{ [cm]}$$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

5.1.1.1.3 ESCALERAS (CIRCULACIÓN DE DESCENSO)

En el caso del análisis de escaleras se usan las constantes de acuerdo a la tabla 5.1.1.4 para un movimiento de descenso.

Tabla 5.1.1.4.: “Valores de las variables de entrada para un modelo hidráulico para escaleras, sin recorrido de evacuación.”

d_j [pers/m ²]	2,0
λ [.]	1,00
α [m ² /pers]	0,266
Separación [cm]	2*24=48

Reemplazando los valores de la tabla 5.1.1.4. en (ec.5.1.8.) y (ec.5.1.1.) se obtienen valores de w_j para la circulación de descenso de escaleras sin recorrido de evacuación con un tiempo de espera en la cola inferior al tiempo de pánico y en función del número de personas N que se encuentran en el interior de un recinto (ver gráfico 5.1.1.3).

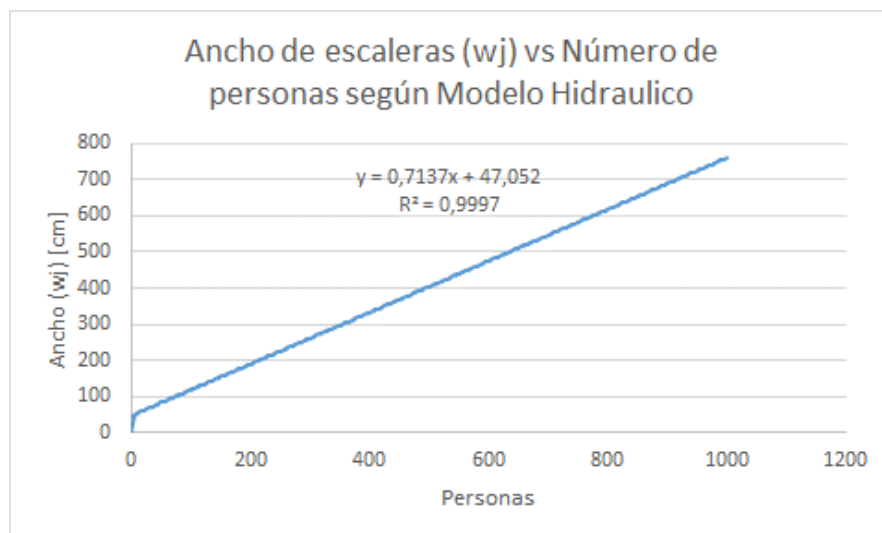


Gráfico 5.1.1.3.: “Ancho de escaleras en función del número de ocupantes según modelo hidráulico sin considerar recorridos de evacuación.”

Del gráfico anterior con un $R^2 = 0,999$ se obtiene una función lineal que entrega el valor del ancho w_j para una escalera con una demanda de uso específica de N ocupantes.

Finalmente, la función lineal w_j para escaleras es la siguiente:

(ec.) 5.1.12 $w_{j_{escaleras}}(N) = 0,713 * N + 47,052 \quad [cm]$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

5.1.1.1.2 VISION DE OGUC CON RESPECTO AL DISEÑO DE VÍAS DE EVACUACIÓN

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) [60] en los artículos del 4.2.17 al 4.2.19 del capítulo 2 - título 4 de la arquitectura entrega recomendaciones para el diseño de medios de evacuación agrupando los casos en puertas o pasillos y escaleras.

5.1.1.1.2.1 PASILLOS-PUERTAS

En el caso de pasillos se establece una aproximación lineal en base a una relación proporcional de $0,5 \text{ cm/persona}$ y un ancho mínimo no menor a $1,10 \text{ m}$ (ver gráfico 5.1.1.4).

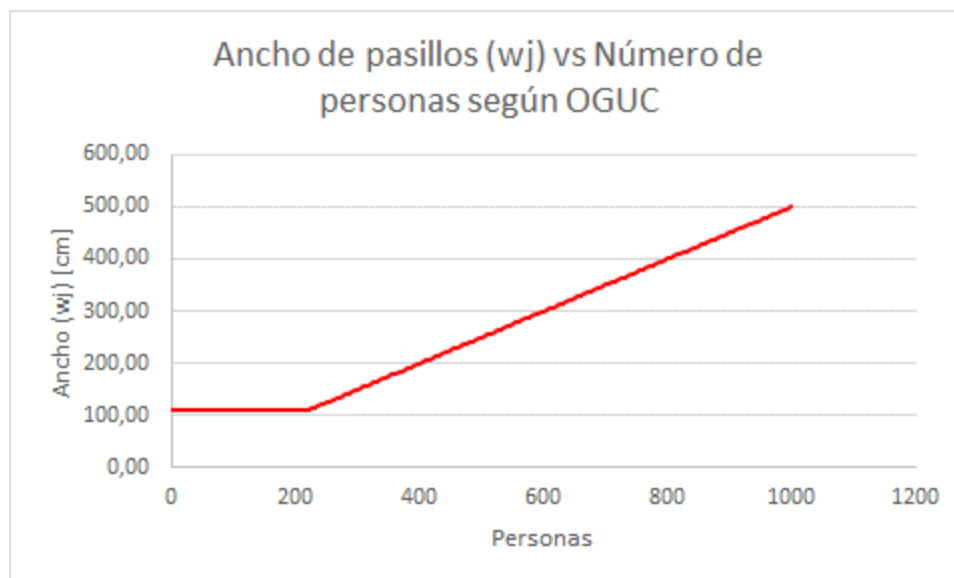


Gráfico 5.1.1.4.: “Ancho de pasillos y puertas en función del número de ocupantes según la OGUC [60].”

5.1.1.1.2.2 ESCALERAS

En el caso de escaleras se recomienda seguir las indicaciones de la tabla del artículo 4.2.10 del capítulo 2 - título 4 de la arquitectura las cuáles por cada aumento de 50 personas en la ocupación aumenta en 10 cm el ancho de una escalera. Además, para una cantidad superior a las 250 personas se estima la construcción de al menos dos unidades independientes de escaleras (ver gráfico 5.1.1.5).

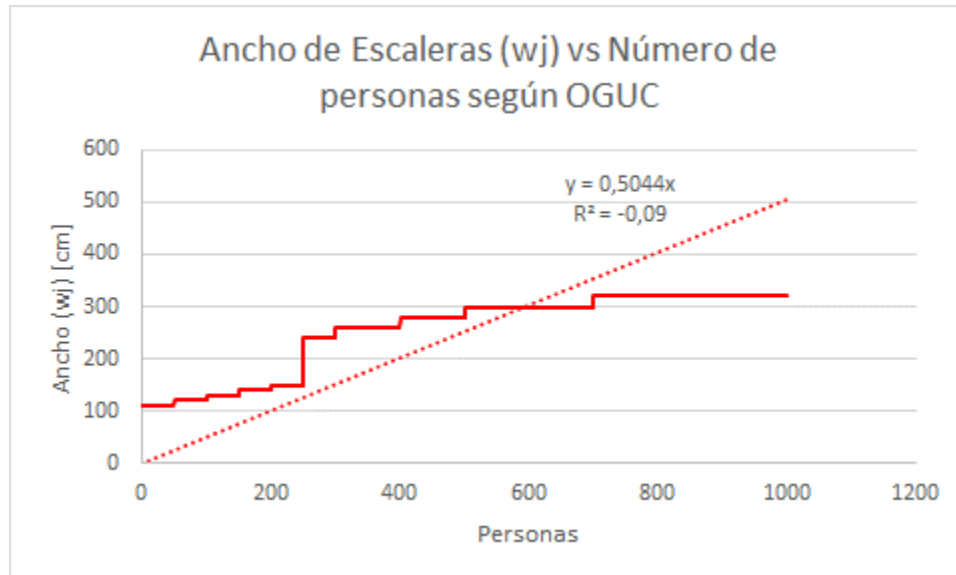


Gráfico 5.1.1.5.: “Ancho de escaleras en función del número de ocupantes según la OGUC [60].”

En este caso, si seguimos la lógica de encontrar una relación lineal entre el número de ocupantes y el ancho de la escalera se cometería un gran error, dado que si nos centramos en el coeficiente $R^2 = -0,09$ una muy baja cantidad de datos se encuentran representados por la relación establecida en el gráfico 5.1.1.5 que es:

(ec.) 5.1.13 $w_{j_{escaleras}}(N) = 0,504 * N [cm]$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

Por ende, buscar una expresión más simplificada del diseño de medios de evacuación a través de expresiones matemáticas no siempre mejora las restricciones impuestas por la OGUC [60].

5.1.1.1.3 VISION DE LA NFPA 101 CON RESPECTO AL DISEÑO DE ELEMENTOS DE VÍAS DE EVUACUACIÓN

La NFPA 101 [51] entrega recomendaciones para el diseño de medios de evacuación agrupando los casos en si el recinto cuenta con rociadores automáticos o no. Además, agrega la subdivisión sobre el tipo de uso del recinto relacionado con las características físicas de locomoción de los ocupantes según el apartado 7.3.3. de medios de egreso del capítulo 7 de la NFPA 101 [51]. De acuerdo al uso de los recintos incluidos en este estudio, éstos se clasifican en la tabla C.1.4. del Anexo C, como el caso “Restantes.”

5.1.1.1.3.1 PASILLOS-PUERTAS

Para el caso de pasillos, al igual que en la OGUC [60], se establece una aproximación lineal en base a una relación proporcional de $0,5 \text{ cm/persona}$, sin embargo, sólo se exige un ancho mínimo no menor a 91 cm (ver gráfico 5.1.1.6).

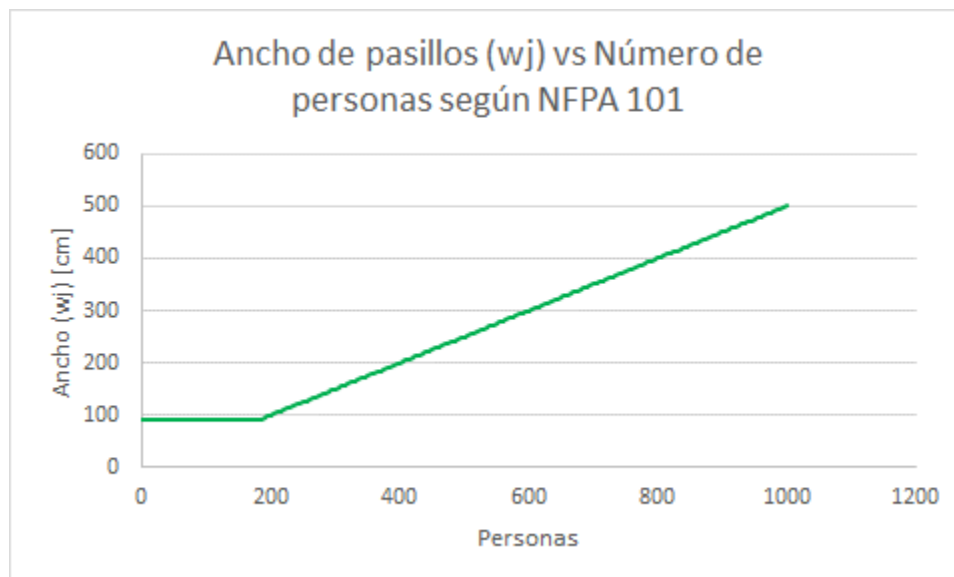


Gráfico 5.1.1.6.: “Ancho de pasillos y puertas en función del número de ocupantes según la NFPA 101 [51].”

Con respecto al número de pasillos, para una ocupación inferior a 500 personas se establece como mínimo dos unidades independientes y en el caso de más de 500 ocupantes se establece 3 como mínimo.

5.1.1.1.3.2 ESCALERAS

En el caso de escaleras, a diferencia de la OGUC [60] que dispone de una tabla de recomendaciones de ancho a partir de intervalos de ocupantes, se entrega un factor de capacidad de evacuación de un valor de $0,8 \text{ [cm/pers.]}$ en el que se excluye el

caso límite de ocupación para el cuál la cantidad mínima de escaleras es 2. El ancho mínimo al igual que para puertas y pasillos es de 91 cm.

Con respecto al número de escaleras, para una ocupación inferior a 500 personas se establece como mínimo dos unidades independientes y en el caso de más de 500 ocupantes se establece 3 como mínimo.

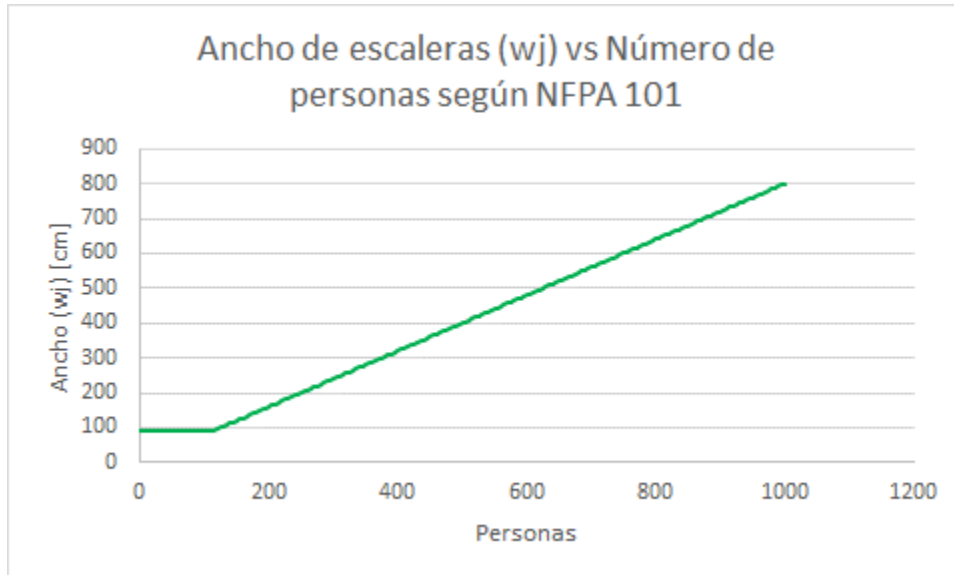


Gráfico 5.1.1.7.: “Ancho de escaleras en función del número de ocupantes según la NFPA 101 [51].”

5.1.1.1.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1.1.1.4.1 PASILLOS

A continuación se encuentra un resumen de las distintas expresiones obtenidas para el diseño del ancho w_j de pasillos sin recorrido de evacuación en función de un número N de ocupantes.

- **MODELO HIDRÁULICO**

(ec.) 5.1.14 $w_{j_{pasillos}}(N) = 0,509 * N + 39,21[cm]$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

- **OGUC**

(ec.) 5.1.15 $w_{j_{pasillos}}(N) = 0,500 * N [cm]$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

- **NFPA**

(ec.) 5.1.16 $w_{j_{pasillos}}(N) = 0,500 * N [cm]$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

Los anchos mínimos de pasillos o puertas están definidos como 91 cm y 110 cm para la NFPA 101 [51] y la OGUC [60] respectivamente, en cambio, el modelo hidráulico no establece mínimos.

Gráficamente, las distintas visiones del problema de evacuación a través de pasillos sin considerar recorrido se observan en el gráfico 5.1.1.8.

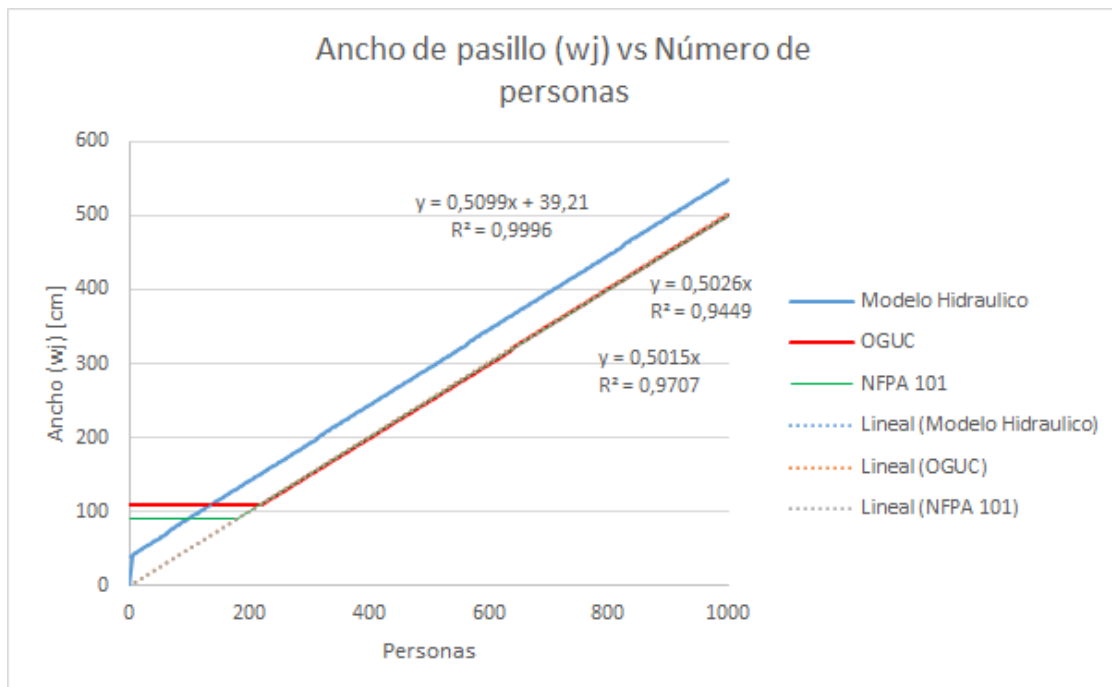


Gráfico 5.1.1.8.: “Ancho de pasillos-puertas en función del número de ocupantes según Modelo Hidráulico, OGUC [60] y NFPA 101 [51].”

Si bien la diferencia de pendientes entre las aproximaciones efectuadas por los distintos análisis es casi nula, las diferencias con respecto al coeficiente de posición significan casi 40 *cm* menos disponibles para la evacuación de hasta casi 200 personas y que en una situación de caos como un incendio pueden hacer la diferencia entre la cantidad de personas que puede evacuar con seguridad y cuáles no.

Además, el ancho mínimo impuesto por la OGUC [60] de 110 *cm* es el más conservador, por ende, es el recomendado para el diseño en un determinado rango de ocupación. Si según la OGUC [60], el ancho mínimo era usado hasta una cantidad de ocupantes cercana a las 220 personas, el modelo hidráulico, elegido como recomendación para el diseño final, lo restringe hasta 138 personas. A partir de ésta ocupación, la función de ancho w_j depende únicamente de la cantidad de ocupantes.

A continuación se detalla la función de ancho w_j por intervalos recomendada para pasillos-puertas:

$$\text{(ec.) 5.1.17} \quad w_{j_{\text{pasillos}}}(N) = 110[\text{cm}] \quad \text{para } N < 140 [\text{personas}]$$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

$$\text{(ec.) 5.1.18} \quad w_{j_{\text{pasillos}}}(N) = 0,509 * N + 39,21[\text{cm}] \quad \text{para } N \geq 140 [\text{personas}]$$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

Gráficamente la función de ancho w_j recomendada se describe en el gráfico 5.1.1.9.

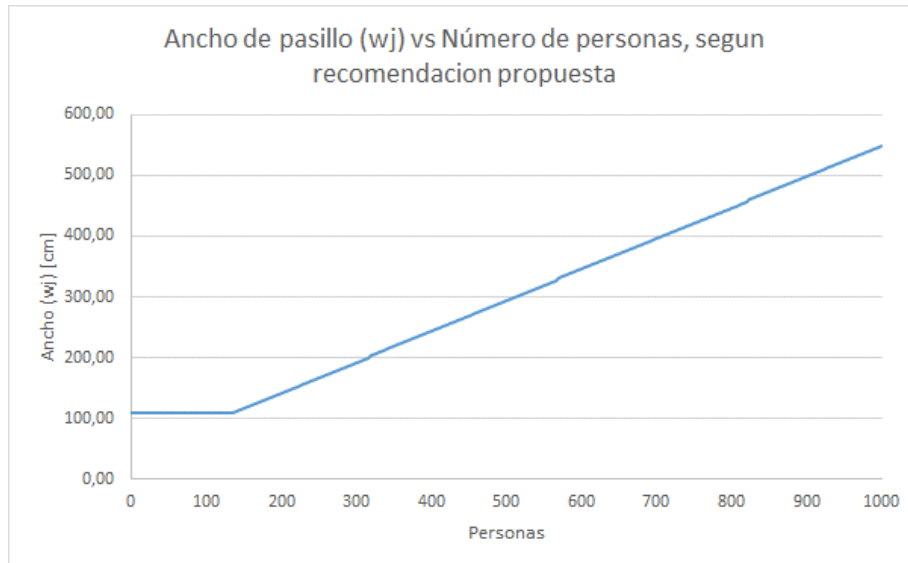


Gráfico 5.1.1.9.: “Ancho de pasillos-puertas en función del número de ocupantes según ecuación recomendada (ec. 5.1.17.) y (ec. 5.1.18.) .”

5.1.1.1.4.2 ESCALERAS

A continuación se encuentra un resumen de las distintas expresiones obtenidas para el diseño del ancho w_j de escaleras sin recorrido de evacuación en función de un número N de ocupantes.

- **MODELO HIDRÁULICO**

(ec.) 5.1.19 $w_{j_{escaleras}}(N) = 0,713 * N + 47,052[cm]$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

- **OGUC**

(ec.) 5.1.20 $w_{j_{escaleras}}(N) = 0,504 * N [cm]$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

- **NFPA**

(ec.) 5.1.21 $w_{j_{escaleras}}(N) = 0,8 * N [cm]$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

Los anchos mínimos de escaleras están definidos como 91 cm y 110 cm para la NFPA 101 [51] y la OGUC [60] respectivamente, en cambio, el modelo hidráulico no establece mínimos.

Gráficamente, las distintas visiones del problema de evacuación a través de pasillos sin considerar recorrido se observan en el gráfico 5.1.1.10.

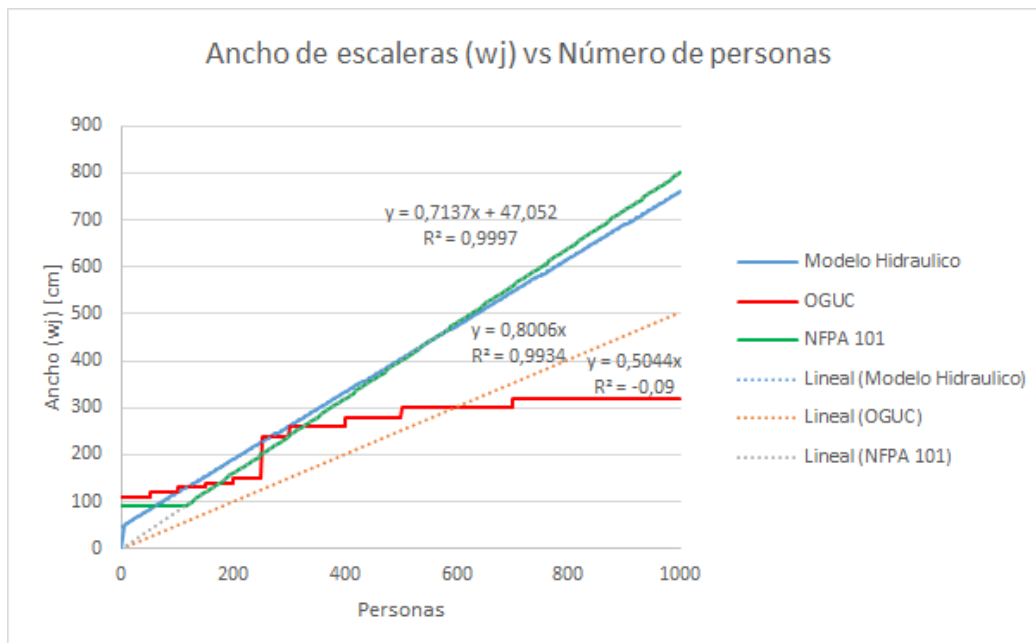


Gráfico 5.1.1.10.: “Ancho de escaleras en función del número de ocupantes según Modelo Hidráulico, OGUC [60] y NFPA 101 [51].”

Además, el ancho mínimo impuesto por la NFPA de 110 cm es el más conservador, por ende, es el recomendado para el diseño en un determinado rango de ocupación. Si según la NFPA 101 [51], el ancho mínimo de 110 cm era usado hasta una cantidad de ocupantes cercana a las 113 personas, el modelo hidráulico, elegido como recomendación para el diseño final, lo restringe hasta 138 personas. A partir de ésta ocupación, la función de ancho w_j depende únicamente de la cantidad de ocupantes.

A continuación se detalla la función de ancho w_j por intervalos recomendada para escaleras:

(ec.) 5.1.22 $w_{j_{escaleras}}(N) = 110[cm]$ para $N < 138$ [personas]

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

(ec.) 5.1.23 $w_{j_{escaleras}}(N) = 0,800 * N$ [cm] para $N \geq 138$ [personas]

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

Gráficamente la función de ancho w_j recomendada para escaleras se describe en el gráfico 5.1.1.11.

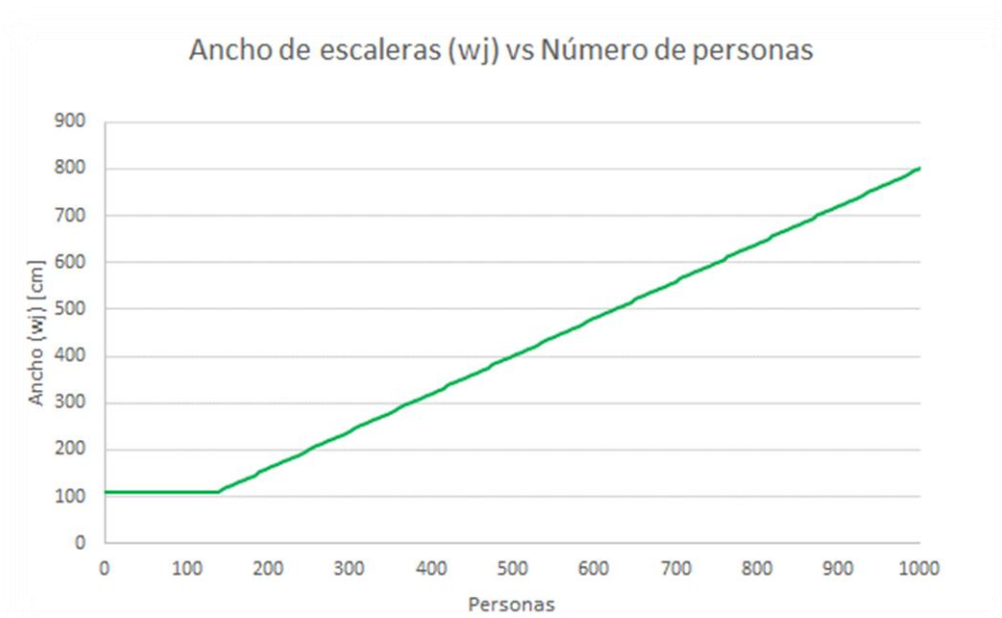


Gráfico 5.1.1.11.: “Ancho de escaleras en función del número de ocupantes según ecuación recomendada (ec. 6.1.16.) y (ec. 6.1.17.).”

5.1.1.2 DIFERENCIAS EN EL DISEÑO DE VÍAS DE EGRESO ENTRE LOS MODELOS DE EVACUACIÓN CON RECORRIDO Y LA VISIÓN DE LA OGUC-NFPA 101

5.1.1.2.1 MODELO HIDRÁULICO CON RECORRIDO DE EVACUACIÓN – SFPE (H. NELSON y MCLENNAN)

Considerando las variables de locomoción descritas para el caso sin recorrido de evacuación en la (ec. 5.1.1.) a la (ec. 5.1.4.), y además, la definición del tiempo de paso t_2 en (ec. 5.1.5.), calculamos el tiempo de recorrido hasta la salida t_{1j} como:

(ec.) 5.1.24
$$t_{1j} = \frac{l_j}{\lambda \times (1 - \alpha \times d_j)} [s]$$

En este caso se estudia la evacuación para el caso de un modelo hidráulico con recorrido de evacuación, es decir, cuando los ocupantes están en una sala cuyas salidas desembocan en los arranques de los pasillos de egreso. Un ejemplo de esta situación es descrita en la figura 5.1.2.

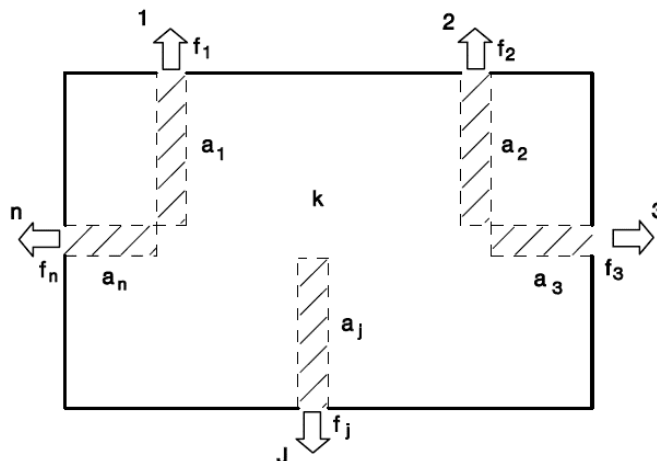


Figura 5.1.2.: “Ejemplo de evacuación de ocupantes de un recinto con recorrido de evacuación.”

Usando la (ec. 5.1.5.) y la (ec. 5.1.24.), el tiempo total de evacuación o función de evacuación $t_j(x_j)$ se define como:

(ec.) 5.1.25
$$t_j(x_j) = \frac{1}{v_j} \times \left(l_j + \frac{x_j}{d_j \times w_{ej}} \right)$$

donde:

$v(d)$ = Velocidad de circulación horizontal con $\alpha = 0,266$ y $\lambda = 1,40$ [pers./s].

l_j = long. de recorrido comun segun NFPA 101 (Ver figura C. 1.2.) = 6,1 [m].

x_j = Numero de personas a evacuar [pers.].

w_{je} = ancho efectivo del elemento de evacuacion [m].

Ahora, si consideramos las recomendaciones con respecto al tiempo máximo de espera o evacuación asociado al pánico que es de aproximadamente 2,5 minutos (150 segundos) y que según el apartado 2.5.5.2 (“Modelo de evacuación de un recinto en tiempo mínimo considerando recorridos y usando magnitudes de locomoción en función de la densidad de ocupación o circulación según la adaptación de Nelson y McLennan del modelo experimental de JJ Fruins) en el caso que el recorrido de evacuación coincida con el largo de la sección de la vía de evacuación el área involucrada en la circulación de los ocupantes a través de las vías de evacuación involucra largos de recorrido l_j y anchos efectivos w_{ej} , es decir, $a_{ej} = l_j \times w_{ej} \rightarrow \frac{a_{ej}}{w_{ej}} = l_j$, por lo tanto, la (ec.5.1.25) queda reordenada de la siguiente manera considerando los supuestos del modelo de :

$$(ec.) 5.1.26 \quad t_j = \frac{1}{v_j} \times \left(l_j + \frac{x_j}{d_j \times w_{ej}} \right) < 150[s] = t_{panico}$$

Reordenando la ecuación anterior:

$$(ec.) 5.1.27 \quad w_{je} \geq \frac{x_j}{(d_j \times v_j) \times \left(t_{panico} - \frac{l_j}{v_j} \right)} [cm]$$

De acuerdo a la expresión anterior, podemos concluir que el ancho efectivo w_{je} cuando existe un recorrido de evacuación horizontal es una función no sólo del número de personas que se encuentran en el interior del recinto a evacuar sino también del largo del recorrido, de la densidad de circulación, de la velocidad de movimiento de personas y del tiempo máximo de pánico:

$$(ec.) 5.1.28 \quad w_{je} = f(x_j, d_j, t_{panico}, l_j, v_j)$$

Con respecto a las variables incluidas en (ec.5.1.28.), el valores de x_j está condicionado al tipo de ocupación del recinto que además indica la restricción de la densidad de ocupación. La densidad de ocupación utilizada en esta memoria es de 2,0 [pers./m²] según la OGUC [60].

El valor de d_j , está condicionado a los límites entre los cuáles evoluciona la densidad de circulación durante la evacuación que en el peor escenario se encuentra entre 2,0 [pers./m²] y la máxima establecida por el modelo hidráulico que es de 3,5 [pers./m²]. Para simplificar el análisis se asumirá una densidad de 2,75 [pers./m²] que equivale al promedio de los límites superior e inferior anteriormente indicados.

El valor obtenido en (ec.5.1.28.) es equivalente a la suma de todos los anchos efectivos de las salidas disponibles en una situación ideal con recorridos de evacuación y la ecuación (ec.5.1.28.) es utilizada para el análisis del modelo hidráulico de evacuación con recorrido de evacuación aplicado a pasillos.

5.1.1.2.1 PASILLOS

En el caso del análisis de pasillos se usan las constantes de acuerdo a la tabla 5.1.1.5. para una circulación horizontal.

Tabla 5.1.1.5.: “Valores de las variables de entrada para un modelo hidráulico para pasillos-puertas, con recorrido de evacuación.”

d_j [pers/m ²]	2,75
λ [.]	1,40
α [m ² /pers]	0,266
Separación [cm]	2*20=40
v_j [m/s]	0,376
l_j [m]	6,1
t_{panico} [s]	150

Reemplazando los valores de la tabla 5.1.1.5. en (ec.5.1.28.) y (ec.5.1.1.) se obtienen valores de w_j para la circulación horizontal en pasillos con recorrido de evacuación con un tiempo de espera en la cola inferior al tiempo de pánico y en función del número de personas N que se encuentran en el interior de un recinto (ver gráfico 5.1.1.12).

Gráficamente, el ancho de un pasillo en función del número de ocupantes se ve de la siguiente forma:

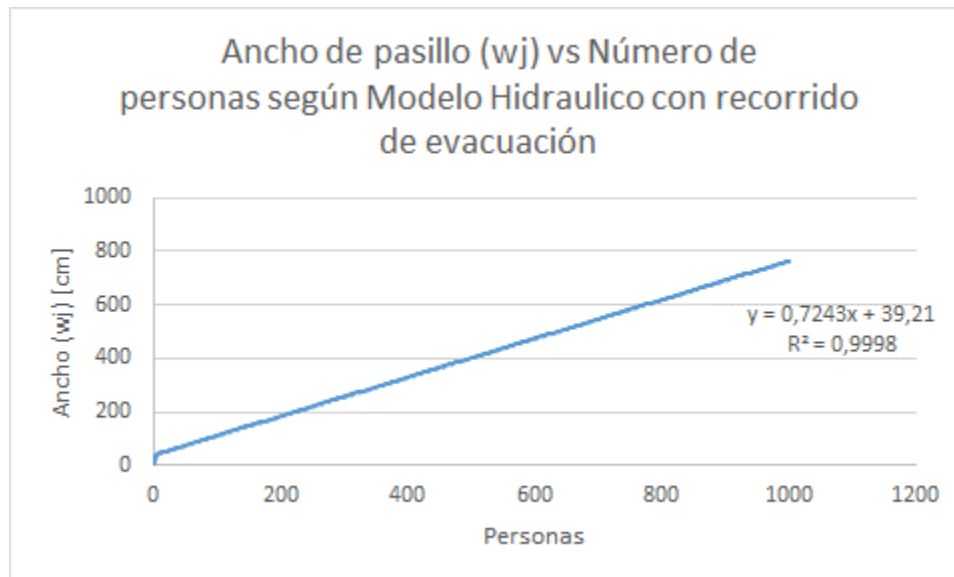


Gráfico 5.1.1.12.: “Ancho de pasillos-puertas en función del número de ocupantes según Modelo Hidráulico que incluye recorrido de evacuación.”

Del gráfico anterior con un $R^2 = 0,999$ se obtiene una función lineal que entrega el valor del ancho w_j para un pasillo con una demanda de circulación específica de N ocupantes.

Finalmente, la función lineal w_j para pasillos es la siguiente:

(ec.) 5.1.29
$$w_{j_{\text{pasillo}}}(N) = 0,724 * N + 39,21[\text{cm}]$$

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

5.1.1.2.2 VISIÓN DE OGUC CON RESPECTO AL DISEÑO DE VÍAS DE EVACUACIÓN

Ver apartado 5.1.1.1.2.

5.1.1.2.3 VISIÓN DE LA NFPA 101 CON RESPECTO AL DISEÑO DE ELEMENTOS DE VÍAS DE EVACUACIÓN

Ver apartado 5.1.1.1.3.

5.1.1.2.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1.1.2.4.1 PASILLOS

En el gráfico 5.1.1.13 se observan las diferencias entre el diseño de pasillos de evacuación del modelo hidráulico sin recorrido de evacuación (ec.5.1.10.) y el diseño de pasillos del modelo hidráulico con recorrido de evacuación (ec.5.1.29.).

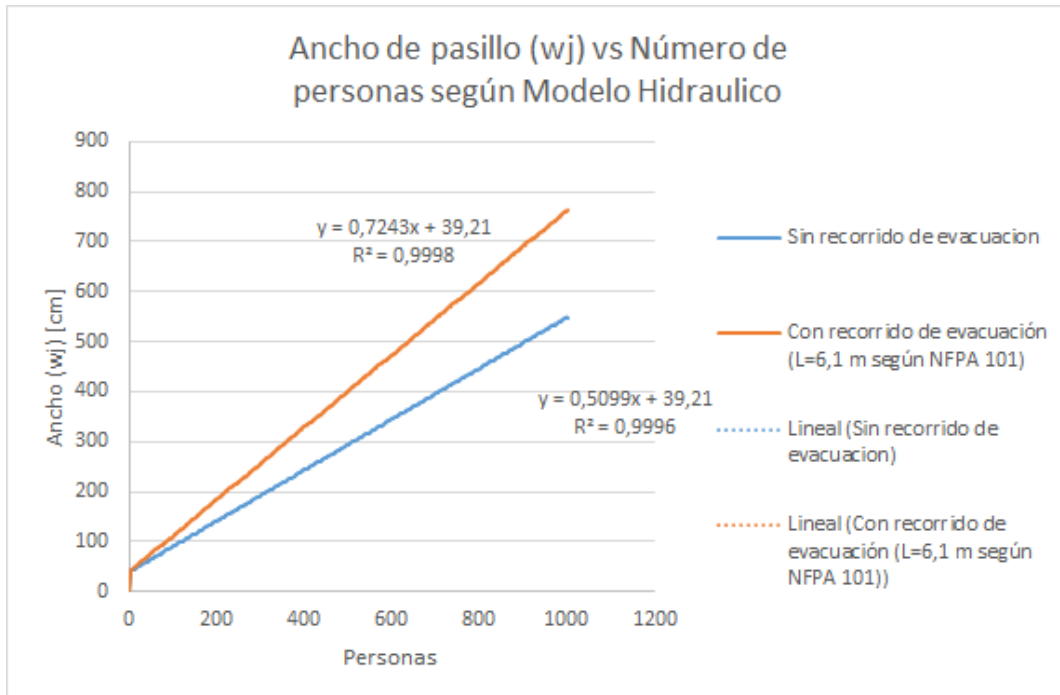


Gráfico 5.1.1.13.: “Comparación en el Ancho de pasillos-puertas en función del número de ocupantes según Modelo Hidráulico que no incluye recorrido de evacuación (ec. 5.1.10.) y que incluye recorrido de evacuación (ec. 5.1.29.)..”

Por ejemplo, para una ocupación típica de recintos con alta ocupación de 500 personas, las diferencias entre una situación con recorrido de evacuación y sin recorrido de evacuación lleva a un incremento en 112 cm aproximadamente para el caso que se incluya un recorrido común de 6,1 m.

Además, debido a diferencias notorias entre el enfoque del modelo hidráulico con recorrido de evacuación y las recomendaciones de OGUC [60] y NFPA 101 [51], se determina que el modelo hidráulico es el caso más conservador e ideal para el diseño adecuado de pasillos con recorrido horizontal de evacuación.

En resumen

(ec.) 5.1.30 $w_{j_{pasillo}}(N) = 0,724 * N + 39,21[cm]$ con recorrido de evacuación

donde:

N = Número de ocupantes [pers.].

5.1.1.3 NÚMERO DE ELEMENTOS DE EGRESO/EVACUACIÓN

Con respecto al número de salidas se adopta el criterio impuesto por la NFPA 101 [51] que recomienda un número mínimo de 2 salidas independiente de la cantidad de ocupantes y si la ocupación supera a las 500 personas se agrega una nueva salida.

Este criterio se ve sustentado, más aun, cuando en la mayoría de los casos analizados a lo largo de este estudio los medios de evacuación no están protegidos de la manera más óptima según recomendaciones de la NFPA 101 [51] para al control de humos, iluminación de emergencia e incombustibilidad de la envolvente.

5.1.2 SEÑALES DE EMERGENCIA

Las señales de emergencia, direccionales o de información [76], identificadas en dinteles de puertas, arranques de escaleras y pasillos, techos y muros de los recintos analizados son del tipo fotoluminiscente y se caracterizan basicamente por absorber energía radiante ante la presencia de la luz natural para luego liberar la energía almacenada en forma de luz en la oscuridad. Sin embargo, no existen señales indicadoras de obstáculos en los medios de egreso, como por ejemplo cambios de nivel del piso o pilares ubicados en las inmediaciones de las vías de evacuación.

En una situación de emergencia con ausencia de luz, la no visibilidad de los ocupantes de las particularidades en los recorridos descritas en el párrafo anterior, puede generar retrasos al momento de la evacuación de los ocupantes ya sea por la reducción de la velocidad de circulación o por la disminución del ancho efectivo. Caídas de personas en cadena, son las consecuencia de este tipo de situaciones para recintos con densidad de ocupación es relativamente alta.

El objetivo principal de la instalación de una señal de emergencia [67] es guiar a los ocupantes hacia las salidas aun cuando la iluminación se vea interrumpida ante el inicio de un fuego en un recinto cerrado. Es frecuente en discotecas y otros tipos de recintos la falta de sistemas de emergencia autónomos de iluminación.

Además, no solamente la ausencia de luz de emergencia justifica la instalación de señales adecuadas, sino también, la propagación del humo.

Ante un fuego incipiente, uno de los productos generados es el humo, el cuál al aumentar en cantidad disminuye gradualmente la visibilidad de las señales dado que al mezclarse el aire existente con las partículas sólidas que se liberan dificultan el paso de la luz.

Por lo tanto, el diseño de la ubicación y del tipo de señalética a instalar depende de la existencia de iluminación de emergencia, del volumen del recinto y de la masa y del tipo de materiales (madera o plásticos) de la carga combustible que se encuentra en el interior.

Con respecto a la evolución del humo dentro de un recinto cerrado desde el inicio hasta el desarrollo completo de un incendio (flashover), por temperatura y densidad, su volumen aumenta desde el techo o entepiso del lugar hacia el suelo. Esta capa de aire ubicada en la parte superior está caracterizada por la densidad del humo que se genera a medida que se quema la carga combustible, en cambio, en la parte de abajo, la cantidad de humo acumulada es muy inferior, y por ende, la densidad del humo es mucho menor. Por lo tanto, esta diferenciación de densidades de capas, superior e inferior, es útil para elegir el tipo de señal más adecuada según la altura de evacuación.

De acuerdo a la NFPA y OGUC [60], las señales de acuerdo a su tipo se ubican ya sea en la parte inferior, a media altura de los medios de egreso, o en la parte superior. Las señales direccionales, generalmente están ubicadas a los costados de los muros que forman parte de la envolvente del recinto. En cambio, las señales de información como "SALIDA" generalmente están ubicadas en lugares altos como dinteles de puertas y en el techo del arranque de escaleras no protegidas o pasillos.

Por otra parte, las discotecas tienen un uso de entretenimiento y su población flotante no tiene un conocimiento acabado de la arquitectura, como si lo tienen los ocupantes de un recinto con uso residencial, por ende, el grado de familiaridad de las personas con el lugar es escaso y en una situación con ausencia de luz y presencia de humo para las personas es similar a estar en un recinto a oscuras y con nula orientación. Por ende, la óptima ubicación de las señales se hace tan importante dado que la evacuación se hace un poco más compleja.

Para abordar la problemática de la elección del tipo de señal y de la distancia de separación que garantice una visibilidad óptima de los ocupantes al momento de la evacuación independiente del tipo de material que arda se estudia la siguiente situación.

Podemos hacer el ejercicio de calcular la visibilidad de una señal que emite luz y una que refleja luz al arder 1 kg. de combustible de origen plástico y otro de origen celulósico, en un recinto de geometría cuadrada de 15x15 m y de una altura de 5 metros.

Según un análisis simplificado a través del coeficiente de extinción específico Km , si utilizamos la tasa de producción de humo ε (ver tabla 2.2.6.7.) para cada tipo de material, la masa de humo M_s obtenida a partir de la masa total M del combustible es la siguiente [29]:

Tabla 5.1.2.1.: “Datos de entrada para el cálculo de la visibilidad de señales que emiten y reflejan luz para distintos tipos de humo usando el coeficiente de extinción específico K_m ”

Tipo de Material	Tasa de producción de humo (ϵ)	Masa Total (M) [g]	Masa de humo (Ms) [g]
Poliuretano	0,035	1000	35
Madera	0,12	1000	120

Luego, los resultados obtenidos del análisis usando la (ec. 2.2.38) y la (ec. 2.2.39) son los siguientes:

Tabla 5.1.2.2.: “Valores de la visibilidad de señales que emiten y reflejan luz para distintos tipos de humo usando el coeficiente de extinción específico K_m ”

Tipo de Material	Coficiente de extinción específico $K_m [m^2/g]$	Visibilidad S (Señales que emiten luz) [m]	Visibilidad S (Señales que reflejan luz) [m]
Poliuretano	7,6 (Flaming Combustión)	34	12,7
Madera	7,6 (Flaming Combustión)	9,8	3,7

(*): Los resultados anteriores fueron obtenidos en un recinto de un volumen de $1125 m^3$ en donde se genera un fuego de un material de masa inicial de 1 kg, usando el coeficiente de extinción K y la tasa de producción de humo de los materiales analizados.

Por otro lado, si usamos en el análisis la densidad óptica por masa (ver tabla 2.2.6.9), los datos de entrada son los siguientes:

Tabla 5.1.2.3.: “Datos de entrada para el cálculo de la visibilidad de señales que emiten y reflejan luz para distintos tipos de humo usando la densidad Óptica por masa D_m ”

Tipo de Material	Densidad Óptica por masa (D_m) [m^2/g]	Masa Total (M) [g]
Poliuretano	0,28	1000
Madera	0,6	1000

Y los resultados obtenidos para la visibilidad según la (ec. 2.2.40) y la (ec. 2.2.41) son los siguientes:

Tabla 5.1.2.4.: “Valores de la visibilidad de señales que emiten y reflejan luz para distintos tipos de humo, usando la densidad Óptica por masa D_m ”

Tipo de Material	Coficiente de extinción K [$1/m$]	Visibilidad S (Señales que emiten luz) [m]	Visibilidad S (Señales que reflejan luz) [m]
Poliuretano	0,57	14	5,3
Madera	1,226	6,5	2,5

(*): Los resultados anteriores fueron obtenidos en un recinto de un volumen de $1125 m^3$, en donde se genera un fuego de un material de masa inicial de 1 kg usando la relación entre la densidad óptica y el coeficiente de extinción K que equivale a $K = 2,3 D$.

Los resultados más conservadores de los análisis realizados son los que corresponde al enfoque de la densidad óptica por masa Dm , debido a que sólo usa un supuesto con respecto a la densidad del humo producido y no necesita considerar el porcentaje de la masa que arde que produce humo en un fuego latente.

Finalmente podemos concluir que claramente la visibilidad [21] para fuegos celulósicos es muy inferior si lo comparamos con los fuegos de origen plástico debido principalmente a que el tamaño de las partículas generadas por el humo que proviene de la pirólisis de la madera es casi 3 veces mayor que el tamaño de las que provienen por ejemplo del poliuretano, y además, las señales que emiten luz son las óptimas para el diseño de la señalización de las vías de egreso producto que para una misma densidad de humo la su visibilidad [21] es mayor comparada con las señales que sólo reflejan luz.

5.1.3 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

De acuerdo a las condiciones de seguridad de la OGUC [60] y la NFPA 101 [51], se recomienda la instalación de un sistema independiente de iluminación para los medios de egreso como pasillos y escaleras que garantice que las magnitudes de locomoción como velocidad y flujo específico dependan únicamente de la densidad de circulación y no se vean disminuidas aún más por la falta de iluminación adecuada. La totalidad de los recintos estudiados presentaron ausencia de sistemas alternativos de iluminación.

5.1.4 PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

5.1.4.1 EXTINTORES (SEPARACIÓN Y UBICACIÓN ESPACIAL)

El resumen de las recomendaciones de la NFPA y la DS N° 594 más la Nch1850, con respecto a extintores, es el siguiente:

- Separación máxima de 15 m.
- Distancia de recorrido no superior a 15 m.
- Ubicación espacial en las cercanías o en los medios de egreso.
- Agente de extinción de Polvo químico seco ABC.

Las restricciones anteriores son propias de lugares con destino habitacional dónde la existencia de divisiones interiores es aplicada en cada una de las plantas de ocupación.

En cambio, los recintos estudiados con uso de entretenimiento posee diferencias en la distribución de espacios interiores en comparación con los de uso habitacional. Por ejemplo, al no contar con divisiones interiores principales y sólo tener una gran

sala amplia similar a atrios en algunos casos, la restricción con respecto a la distancia de recorrido no es considerada puesto que la separación entre extintores mediante un análisis geométrico entrega directamente el recorrido máximo para cualquier persona.

Además, otro punto discutible está relacionado con la ubicación espacial de extintores, dado que tanto la OGUC [60] como la NFPA recomiendan presencia mayoritaria de extintores en las vías de evacuación.

Si consideramos el ejemplo de la evacuación del recinto 3 (ver figura 5.1.1) en el cuál una planta con una ocupación determinada está siendo evacuada a través de dos salidas debido a la activación de la señal de alarma, la densidad de ocupación tanto en como en las inmediaciones de las vías de egreso es tan alta que llega a ser imposible el desplazamiento a través de la masa de personas (adelantamiento) por la escasez de espacios y por la nula velocidad de movimiento. En ese sentido, suponer que una persona será capaz de identificar un punto inicial de ignición del fuego, desplazarse al lugar donde están los extintores asumiendo que todas las personas se dirigen a las salidas y posteriormente volver en contra del sentido del flujo y lograr llegar al lugar donde detectó el fuego y apagarlo, considerando que el tiempo de recorrido transcurrido de ida y vuelta es el suficiente para que la aplicación del extintor sea funcional, es cuestionable desde todo punto de vista.

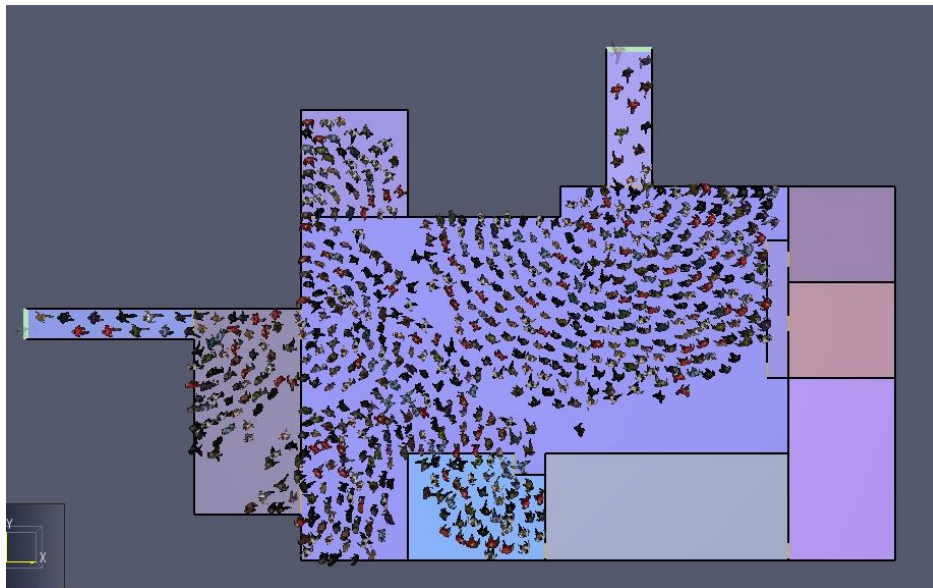


Ilustración 5.1.1.: “Representación gráfica de los círculos de Peschl¹⁷ en las inmediaciones del acceso a una salida de un recinto con dos salidas de evacuación analizado con el software Pathfinder.”

¹⁷ Referencia en una publicación de I.A.S.Z. Peschl del año 1971 “Doorstromings-capaciteit van deuropeningen panieksituaties”.

Claramente, la ubicación de los extintores en las vías de evacuación puede justificarse cuando existe un equipo de gestión de emergencia que en caso de incendio y posterior activación de la alarma se desplaza desde el exterior hacia el interior a través de las vías de egreso en sentido contrario al flujo de evacuación. Pero, considerar que un recinto tiene la alarma de activación en buenas condiciones y que su equipo de gestión sea capaz de avanzar y llegar al lugar dónde se ubican los extintores incluso en contra del flujo es poco probable.

5.1.4.2 DETECCIÓN, ALARMA Y NOTIFICACIÓN

El tiempo de evacuación de un recinto se divide en un tiempo de premovimiento y uno de movimiento propiamente tal. Si nos enfocamos en el tiempo de premovimiento, éste depende principalmente de la presencia y efectividad de elementos que detecten un fuego o un humo incipiente y trasmitan la señal a los ocupantes en el menor tiempo posible con el objetivo que las demoras antes de la circulación sean las mínimas.

Un recinto puede tener excelentes diseños con respecto a los anchos de evacuación, sin embargo, éste puede llegar ser inútil si no se garantiza que los ocupantes sean notificados de la emergencia antes que las condiciones de concentración de humo y temperatura comiencen a afectar el normal paso de los ocupantes a través de las vías de egreso.

5.1.4.2.1 DETECCIÓN

Según el apartado 9.6.2. de la NFPA 101 [51] se considera la instalación de un sistema de detección y alarma a través de un sistema de activación manual o de detección automático.

Para un sistema de activación manual, las recomendaciones de diseño de acuerdo a la NFPA 72 con respecto a ubicación espacial y separación son las siguientes:

- Ubicación en muros a una altura de no menos de 1,07 m y a no más de 1,22 m (ver figura H.1.5. del Anexo H).
- Longitud de recorrido inferior a 61 m.

Por otra parte, los sistemas automáticos de activación según la NFPA 72 pueden ser: detectores de humo o detectores de calor. En resumen los requisitos generales de este tipo de detectores son:

- Separación máxima de 9,15 m
- Área de servicio máxima de $83,7 m^2$

La distribución de detectores en un recinto está determinado por la magnitud de la diagonal del área de servicio que cubre cada detector. Si la diagonal del área es menor que $12,84 \text{ m}^2$, un sólo detector es capaz de cubrir tal área independiente que la separación con los restantes detectores sea mayor que $9,15 \text{ m}$.

El procedimiento para determinar el área admisible de servicio de un detector consiste en trazar un círculo de radio $6,4 \text{ m}$. Luego, como la mayoría de recintos son de geometría cuadrada o rectangular, todo cuadrado o rectángulo comprendido dentro del área de servicio del círculo está protegido por al menos un detector.

Un ejemplo de instalación de detectores en un pasillo de dimensiones $3 \times 25 \text{ m}^2$ se muestra a continuación:

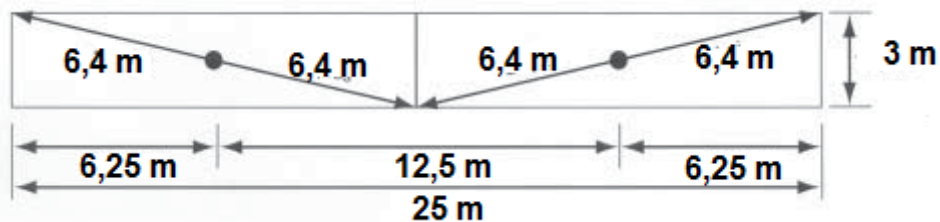


Figura 5.1.3.: “Distribución de detectores en un pasillo de dimensiones de 3 m de ancho y 25 m de largo, usando la recomendación del valor de la diagonal del área de servicio por detector inferior a $12,84 \text{ m}^2$.”

En este caso, si fijamos al principio la diagonal límite de $12,84 \text{ m}$, la geometría de la planta del pasillo nos entrega la configuración de la ubicación espacial de los detectores que en total son 2.

Con respecto a la instalación de detectores, se deben tomar especial cuidado en las esquinas de los recintos, por tanto, la ubicación de cada detector debe estar a un mínimo de 10 cm desde el muro y a no más de 30 cm desde el cielo raso según sea el caso (ver detalle en figura H.5.2. del Anexo H).

Finalmente, dado el tipo de actividades dentro de las discotecas puede ser frecuente la presencia de humo en recintos para fumadores o cuándo por razones del espectáculo, la emisión de humo puede ser parte de una escenografía típica de fiestas masivas. Lo descrito anteriormente pueden ser una causa directa de la actuación del sistema de activación ante falsas alarmas, por ende, para evitar tal problema es recomendable la instalación de detectores de calor ubicados alejados de zonas con iluminación fluorescente que afecta el normal funcionamiento de estos equipos y de sectores donde la presencia de altas temperaturas puede ser frecuente como cocinas interiores.

5.1.4.2.2 ALARMA Y NOTIFICACIÓN

Para los sistemas de notificación de alarma se encuentran los sistemas de notificación audible y visual [49].

5.1.4.2.2.1 NOTIFICACIÓN AUDIBLE

En el caso de la notificación audible, de acuerdo a la NFPA 72 los decibeles del sonido del emisor de la señal de alerta deben estar a lo menos 15 dB sobre el ruido ambiente del lugar en el caso de modalidad pública propio de lugares como discotecas, conciertos, etc.

El ruido ambiente de discotecas según la tabla A.2.1. del Código de conducta con orientaciones prácticas para el cumplimiento del Real Decreto 286/2006 (ver tabla H.5.1. del Anexo H) tiene un límite superior de 104 dB en la pista de baile propiamente tal. Además, se considera que en ningún caso una señal de alarma debe superar al umbral del dolor del oído humano que es de un valor de 130 dB.

En resumen, si agrupamos todas las restricciones antes descritas de la intensidad recomendada para elementos emisores de una señal de alarma audible obtenemos las siguientes expresiones:

$$(ec.) 5.1.31 \quad dB_{emisor} \leq dB_{umbral} = 130 \text{ dB}$$

$$(ec.) 5.1.32 \quad dB_{emisor} - \Delta dB_{atenuacion} \geq dB_{modalidad\ publica}$$

$$(ec.) 5.1.33 \quad dB_{modalidad\ publica} = dB_{discotecas} + 15dB = 119dB \text{ según NFPA 72}$$

donde

$\Delta dB_{atenuación}$ = función de la dist. al receptor (ver figura H.5.3. del Anexo H)

Si analizamos de la (ec. 5.1.32) a la (ec. 5.1.34) dada la mínima diferencia entre los decibeles de umbral del dolor y el ruido ambiente, los resultados obtenidos para la distancia a la cual la señal audible es percibida por cualquier ocupante son:

- Considerando un equipo de alarma con un nivel de presión sonora de 125 dB, usando la restricción impuesta por la NFPA 72 con respecto al ruido en modalidad pública, se tiene una presión sonora de 119 dB, el $\Delta dB_{atenuacion}$ nos entrega un valor de sólo 6 dB. La distancia máxima de separación de los equipos de alarma audible que garantiza que cada uno de los ocupantes del recinto recibe la señal correctamente es de 2 metros (ver figura H.5.3. del Anexo H).

Finalmente la recomendación con respecto a la instalación de señales de alarma audibles es:

- En el caso de discotecas dónde el nivel de presión de sonora supera los 100 dB específicamente en la pista de baile, la separación máxima de

señales de alarma audibles, con un nivel de presión sonora de no menos de 119 *dB* y de no más de 125 *dB*, es de 2 metros.

- Las alarmas sonoras localizadas en muros, tendrán una altura mínima de 2,29 m medidos desde el nivel del piso (ver figura H.5.4. del Anexo H).
- Según la NFPA 72, si el ruido ambiental de un recinto supera los 105 *dB*, entonces la introducción de señales visuales es más óptimo.

5.1.4.2.2 NOTIFICACIÓN VISUAL

En el caso de señales visuales, las recomendaciones de su instalación son las siguientes:

- Para el diseño de una alarma de señal visual es necesario definir tanto área de servicio como la altura del recinto. Existen dos formas de materializar la instalación de una alarma visual, una es en los muros y la otra es en el techo del lugar o entrepiso. Esto determina principalmente la luminosidad necesaria de la señal instalada.
- En la instalación en muros (ver tabla H.5.2. del Anexo H), para el cálculo de la luminosidad de la alarma, medida en candelas (cd), y de la cantidad de alarmas, sólo es necesario el cálculo del área de servicio, que se relaciona directamente con el área de ocupación del recinto. La altura de instalación de la señal en muros, según la figura H.5.5 del Anexo H, es de a lo menos de 2,03 m y a lo más 2,44 m medidos desde el nivel del suelo.
- Para la instalación en techos o cielos rasos, la luminosidad de la alarma, medida en cd (candelas), depende no sólo del área de servicio sino también de la altura (ver tabla H.5.3 del Anexo H). Ahora para el cálculo de la separación entre señales, si usamos el principio de visión periférica descrito en figura H.5.6. del Anexo H, la separación obtenida corresponde a la *altura del recinto*/ $\tan(15^\circ)$.

5.1.4.3 ROCIADORES AUTOMÁTICOS

Dentro de las recomendaciones del análisis prescriptivo no se incluye la instalación de rociadores automáticos. **[40] a [45]**.

5.1.4.4 VENTILACIÓN

Para recintos que cuenten con cielo raso, la recomendación de la instalación de claraboyas realizada por la OGUC **[60]** debe ser cumplida dado que durante el desarrollo de un fuego la liberación de humos tóxicos interfiere en el normal desplazamiento y en la toma de decisiones de los ocupantes.

5.2 ANÁLISIS FINAL Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO PRESTACIONAL

De acuerdo a los resultados observados para cada uno de los recintos analizados por el método prestacional, se vuelve necesaria la aplicación de medidas correctivas a la seguridad que disminuyan el riesgo de incendio presente. Éstas, apuntan principalmente a 3 parámetros de seguridad que son: detección, alarma y notificación, y protección activa/pasiva. Además, ninguno de los recintos estudiados contaba con eficaces sistemas de control de humo [23] ni rociadores.

En una curva típica de evacuación, que incluye el tiempo de premovimiento y el tiempo de movimiento (ver ejemplo en el gráfico 5.1.4.1.), podemos observar que un alto porcentaje del período de evacuación forma parte del tiempo de premovimiento (26%). Éste último es relativamente alto cuando un recinto no cuenta con sistema alguno de detección, alarma y notificación de emergencia. Sin embargo, la incorporación de un sistema de este tipo rebajaría de alguna forma este tiempo permitiendo que los ocupantes inicien su evacuación de manera inmediata.

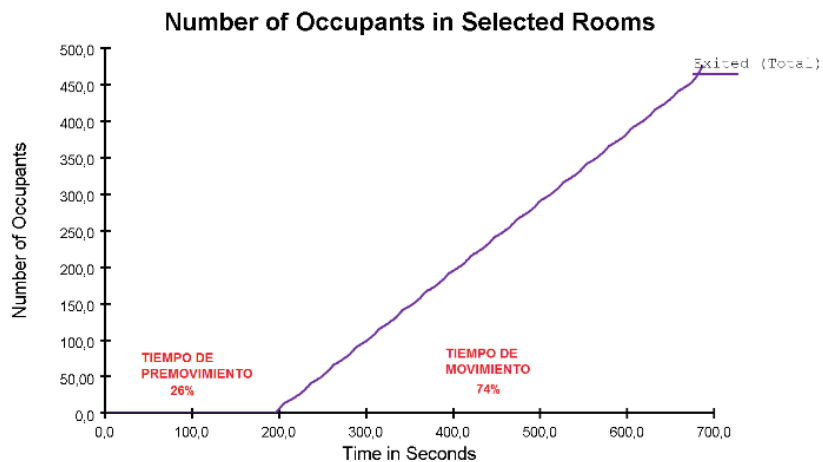


Gráfico 5.1.4.1.: “Distribución del tiempo total de evacuación del recinto 1.”

A diferencia del tiempo de premovimiento, el tiempo de movimiento es invariable dado que depende directamente de las condiciones de arquitectura del lugar que en definitiva no se pueden modificar fácilmente. Por ende, cualquier sistema de protección que se incorporé a un recinto construido (ingeniería expost) no disminuirá el tiempo de movimiento de sus ocupantes.

Por lo tanto, si el tiempo de movimiento es fijo independiente de cualquier medida correctiva que se adopte, el período disponible de evacuación debe experimentar un cambio que permita que los ocupantes evacúen en condiciones idóneas y en el mejor escenario aumente su valor incluso por sobre el tiempo total de evacuación. Una medida correctiva de este tipo debe tener como objetivo disminuir los efectos nocivos que el desarrollo de un fuego puede generar que son el humo y el calor. Bajo este criterio, existen dos opciones de atacar el problema. La primera considera el efecto del humo como el más negativo, y por tanto, la implementación de sistemas

de control de humo [23] es imprescindible [75]. La segunda, si el supuesto es que el humo es consecuencia de un fuego incipiente que se alimenta de una fuente de calor para su propagación, si se logra controlar o suprimir la tasa de liberación de calor, la tasa de producción de humos disminuirá también. En consecuencia, acotar la velocidad de liberación de calor de un fuego también genera una reducción del riesgo de vida de los ocupantes. Lo anterior, se materializa a través de la instalación de rociadores automáticos [42] dado que son los únicos que pueden suprimir o limitar el HRR de un incendio en un recinto cerrado.

En resumen, las medidas correctivas antes enunciadas, se agrupan de acuerdo a:

- **Disminución del tiempo de premovimiento:** sistemas de detección, alarma y notificación.
- **Aumento del tiempo disponible:** sistemas de control de humo, y de control de HRR a través de rociadores automáticos.

5.3 RECOMENDACIONES GENERALES

5.3.1 MEDIOS DE EGRESO Y NÚMERO DE ELEMENTOS DE EVACUACIÓN

El resumen de las recomendaciones para el diseño de medios de egreso se encuentra en la tabla H.1.1, tabla H.1.2 y tabla H.1.3. del Anexo H.

5.3.2 SEÑALES DE EMERGENCIA

En base a los resultados obtenidos, las recomendaciones con respecto al tipo de señales son las siguientes:

- Señales informativas de “SALIDA” de iluminación propia con un sistema de energía independiente del resto del recinto. [76]
- Señales direccionales y de señalización de obstáculos como pilares y cambios del nivel del suelo (escaleras de un solo escalón) del tipo fotoluminiscente, de acuerdo a figura 5.1.2.1. A este tipo de señales, se agregan los pasamanos de las escaleras y los bordes de cada uno de los escalones. Las características de las señales fotoluminiscentes deben estar certificadas de acuerdo a la UNE 23035/4:2003 de categoría A propia de señales de alta luminiscencia para lugares con alta concentración de público (ver figura H.1.2. del Anexo H). [77]
- De acuerdo al apartado 7.10.7.2. de la NFPA 101 [51], la iluminancia mínima para las señales de emergencia con iluminación propia es de 54 lux, además, la proporción de contraste requerida mínima debe ser mayor a 0,5. El contraste se obtiene de la diferencia entre la luminancia ⁽¹⁸⁾ promedio de las letras y el fondo de la señal (ver A.7.10.6.3. del anexo de la NFPA 101 [51]). El cálculo de la proporción de contraste se calcula de acuerdo a la ec.5.3.1.

(ec.) 5.3.1

$$\text{contraste} = \frac{L_g - L_e}{L_g}$$

donde

L_g = mayor luminancia [cd/m^2].

L_e = menor luminancia [cd/m^2]

Indicación: L_g o L_e pueden representar las letras, y la variable restante el fondo.

¹⁸ Luminancia: Cantidad de luz procedente de un objeto iluminado que el ojo humano percibe desde un punto de vista en particular, se mide en cd/m^2 .

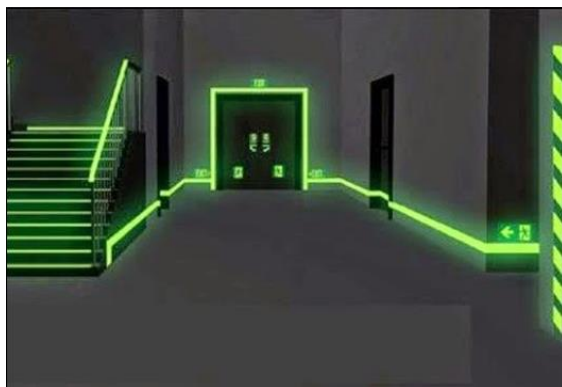


Figura 5.3.1.: “Representación gráfica de señales direccionales y señalización de obstáculos y elementos accesorios como pasamanos y escalones de escaleras del tipo fotoluminiscente.”

- Con respecto al servicio de una señal fotoluminiscente, según el apartado 7.10.7.2. de la NFPA 101 [51], su superficie debe estar constantemente iluminada dado que ésta necesita un flujo mínimo de luz para cargarse completamente, de lo contrario, puede no estar disponible en ausencia de luz al estar descargada.
- Los requisitos de la luminancia para una señal fotoluminiscente (ver figura H.2.2. del Anexo H) para recintos con alta cantidad de ocupantes se muestran en la tabla 5.3.2.1.

Tabla 5.3.2.1.: “Condiciones de luminancia para señales fotoluminiscentes según la UNE 23035-4(2003) para elementos Clase A.”

Tiempo	Valores de UNE 23035-4(2003): Clase A
Luminiscencia 10 minutos	210 [mcd/m^2]
Luminiscencia 60 minutos	29 [mcd/m^2]
Tiempo de atenuación	3000 minutos

Nota: 1 $mcd = 10^{-3}$ candela

Un ejemplo de una certificación de una señal fotoluminiscente se encuentra en la figura H.2.1 del anexo H en función de lo recomendado por la UNE 23035-4(2003) para señales Clase A. [78]

5.3.3 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

El desempeño de la iluminación de emergencia, de acuerdo al apartado 7.9.2.1. de la NFPA 101 [51], será de un mínimo de 90 minutos desde que se produce la falla del sistema normal, y la condiciones mínima de iluminancia (¹⁹) en los medios de egreso es a lo menos de 10 lux que corresponde a la iluminancia del alumbrado público.

Si usamos la relación entre potencia y luminosidad de distintas fuentes de iluminación (ver tabla H.3.1. del Anexo H), es posible obtener recomendaciones para una iluminancia mínima de 10 lux de acuerdo a la tabla 5.3.3.1. usando la relación de $10 \text{ lux} = 10[\text{cd}/\text{m}^2]$.

Tabla 5.3.3.1.: “Iluminancia medida en lux de distintas fuentes de iluminación en función de la potencia (W), la distancia desde la fuente considerada hasta el piso es de 2,5 m, por tanto, la superficie iluminada es de 6,25 m².”

Fuente de iluminación	Potencia Aproximada [W]	Luminancia unitaria [cd/m^2]	Unidades mínimas para un área de 6,25 [m^2]
Lámpara incandescente	40	6,4	2
Lámpara incandescente	100	20,8	1 (sobre el 200% de eficiencia)
Lámpara Fluorescente	40	32	1(sobre el 300 % de eficiencia)

5.3.4 PROTECCIÓN ACTIVA/PASIVA

5.3.4.1 EXTINTORES

Si asumimos el cumplimiento de la restricción de que en ningún momento un extintor puede ser cubierto de fuego o humo a través de otras medidas de protección activa/pasiva [47], se proponen las siguientes recomendaciones:

- Ubicación espacial de los extintores en la planta de ocupación en el lado opuesto diagonal al arranque de cualquier vía de egreso. La justificación radica en que las personas ante la presencia de angostamientos propios del paso a través de las salidas de evacuación, tienden a acumularse en forma de círculos. Estos círculos se denominan “Círculos de Peschl” (ver figura 5.3.2). Un análisis computacional de los puntos menos congestionados en

¹⁹ Iluminancia: Es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie, se mide en $\text{lux}=1 \text{ lumen}/\text{m}^2$.

una evacuación nos entrega los posibles lugares de ubicación de los extintores.

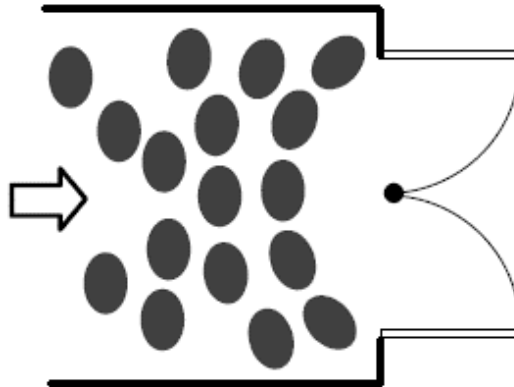


Figura 5.3.2.: “Representación gráfica de los círculos de Peschl en las inmediaciones del acceso a una salida.”

- La elección del agente extintor es el del tipo polvo químico seco A-B-C Multipropósito (ver figura H.4.1 y figura H.4.2 del Anexo H) y corresponde al exigido por DS N°594 para fuegos Clase A y B [15] en el caso que por algún motivo la carga combustible de estos recintos involucre también el almacenamiento de líquidos combustibles, es decir, fuego Clase B (ver tabla B.4. del Anexo B).
- La separación y área máxima de servicio por extintor, si la recomendación está compuesta por extintores portátiles con un potencial extintor inferior a 10A, se encuentra en la tabla B.5. del Anexo B.
- La elección de los tipos de extintores debe ser heterogénea, en el sentido de que si se necesita cubrir un área por ejemplo de 700 m² que es cumplida con la instalación de 2 extintores del mismo potencial extintor de 10A, sea reemplazada por 1 extintor de 10A y dos extintores de 6A aunque se sobrepase el área de servicio a cubrir. Las características técnicas de extintores de potencial 6A y 10A se encuentran disponibles en la tabla H.4.1, la tabla H.4.2. y la tabla H.4.3. del Anexo H.
- La instalación, señalización y mantención de los extintores instalados se deben regir por: DS N° 369, DS N° 594, Nch 933/97, Nch 934/94 [33], Nch 1429 [34], Nch 1430/97 [35], Nch 1433/78 [36], Nch 2111/99 [36], NCh1724.Of1997, NCh1735.Of1999 y NCh2056.Of1999.
- La señalización de extintores se recomienda realizarla con señalética del tipo fotoluminiscente, para más detalle ver las recomendaciones con respecto a este tipo de señales en los apartados anteriores (ver figura H.2.2.del Anexo H).

5.3.4.2 DETECCIÓN, ALARMA Y NOTIFICACIÓN

5.3.4.2.1 DETECCIÓN

Se recomienda utilizar tanto sistema de detección manual como automático de forma conservadora [74]. En el caso de la detección automática, la elección de detectores de calor evita la ocurrencia de falsas alarmas.

5.3.4.2.2 ALARMA Y NOTIFICACIÓN

El uso de alarmas visuales es el medio más eficaz de transmitir el mensaje de emergencia a los ocupantes en ambientes con ruidos superiores a los 100 dB.

5.3.4.3 ROCIADORES AUTOMÁTICOS

Instalación de rociadores automáticos [16] de acuerdo a Nch 2095: 1/2/3/4 [40] a [45] y a NFPA 13 [48] (ver detalle de requerimiento en la tabla C.3.1. del Anexo C). [31]

5.3.4.4 SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE HUMO

El método más óptimo de control de humo [50] para este tipo de recintos es la extracción de humo y consiste en la instalación de claraboyas en los techos de los recintos de sólo una planta principal [9] o de más de una planta con arquitectura en forma de atrio, y en la implementación de ventanas amplias y extractores en las partes más altas de los pisos para recintos de más de una planta. [6]

5.3.4.4.1 RECINTOS DE UNA PLANTA O MÁS DE UNA PLANTA EN FORMA DE ATRIO

Para este tipo de recintos de entretenimiento la envolvente hermética contribuye a la calidad del sonido en el interior, por ende, mantener claraboyas abiertas durante todo el tiempo de uso del lugar, no es factible. Por lo tanto, la activación de la claraboya sólo debe realizarse en caso de emergencia.

Existen dos formas de activación, activa y pasiva. La forma activa consiste en un sistema mecánico que trabaja asociado a un sistema detector de humo de ionización dado que son más sensibles a partículas de menor tamaño propio de elementos fabricados de poliuretano (ver apartado 2.2.6.2.2.4.) y ante cualquier eventualidad se activa y se abre, permitiendo así, el flujo de aire tóxico al exterior (ver ilustración 5.3.1.). En cambio, la forma pasiva, introduce la instalación de un techo de vidrio u otro material de baja resistencia al fuego, que en las etapas

tempranas del incendio luego de su destrucción ofrezca una salida al humo (ver figura 5.3.3).



Ilustración 5.3.1.: “Claraboyas mecánicas ubicadas en el techo de los recintos.” [23]



Figura 5.3.3.: “Salida al exterior del humo a través de un sistema protección pasivo (techo de un material de muy baja resistencia al fuego).” [23]

El sistema pasivo depende de que la generación de humo vaya acompañado a la liberación de calor que permita suprimir la resistencia al fuego del material del techo y falle. [52]

5.3.4.4.2 RECINTOS DE MÁS DE UNA PLANTA

En este caso, se efectúa la instalación de sistemas mecánicos de extracción de humo [7] ubicados en la envolvente del recinto o a través de la instalación de ventanales amplios con aberturas en las partes superiores abiertas de manera permanente (ver figura 5.3.4).



Figura 5.3.4.: “Ventanales amplios con aberturas superiores abiertas de manera permanente.” [23]

5.3.4.4.3 TIPOS DE SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE AIRE

Para la ventilación mecánica, se observan dos tipos de sistemas de extracción de aire: sistema C inteligente y sistema D descentralizado de extracción. [79]

5.3.4.4.3.1 SISTEMA C INTELIGENTE DE EXTRACCIÓN DE AIRE.

Las características de este tipo de sistema son:

- Admisión natural o mecánica.
- Extracción mecánica.
- Sistema descentralizado.
- Control por CO₂.
- Caudal óptimo.

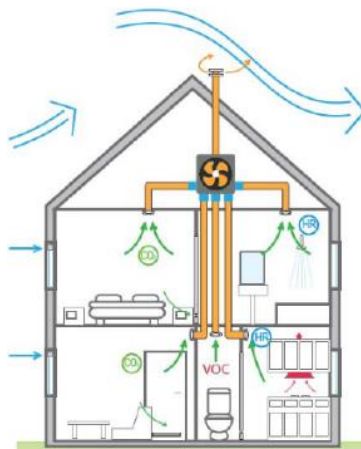


Figura 5.3.5.: “Sistema de extracción de aire tipo C inteligente. Fuente: Múltiples soluciones de admisión y extracción de aire; Jerry Vinkesteyn.”

5.3.4.4.3.2 SISTEMA D DESCENTRALIZADO DE EXTRACCIÓN DE AIRE

Las características de este tipo de sistema son:

- Admisión mecánica.
- Extracción mecánica.
- Sistema descentralizado.
- Control por CO2.
- Entrada por fachada.



Figura 5.3.6.: “Sistema de extracción de aire tipo D descentralizado Fuente: Múltiples soluciones de admisión y extracción de aire; Jerry Vinkesteyn.”

5.3.5 RECOMENDACIONES ADICIONALES

Las recomendaciones adicionales sobre la seguridad ante incendios para este tipo de recintos de uso de entretenimiento son las siguientes:

- Evitar tener sólo una vía de egreso o salida.
- No incorporar elementos media sobra (cielo falso) en el techo de los recintos o elementos de decoración fabricados de poliuretano.
- Evitar la construcción de elementos que pudieran constituir un posible punto de obstáculo para la normal evacuación.
- Prohibir para recintos de más de una planta la eliminación de ventanas de fachal apertura.

5.4 CONCLUSIONES GENERALES

Las discotecas fueron materia de análisis de esta investigación debido a que son los recintos de uso público de menores estándares de protección ante el fuego y de mayor riesgo para las personas. Por consiguiente, el análisis desarrollado y las recomendaciones propuestas perfectamente son aplicables a lugares de características similares como teatros, cines, auditorium e iglesias, con la salvedad que involucra algunos cambios en la arquitectura y en la densidad de carga combustible. Además, la importancia del profesional que exporte las recomendaciones de protección a otro recinto debe ser capaz de hacerlas viables frente a las nuevas restricciones de espacio y la nueva disposición de las cargas combustibles.

Un estudio prestacional acota parámetros de gran variabilidad al analizar un incendio, y por tanto, permite obtener diseños de seguridad más reales y aplicables.

Además, un análisis de evacuación teórico, experimental y computacional, puede ser útil para estudiar otros tipos de emergencia que no sean incendios, e incluso, puede tomarse como un instrumento válido para definir anchos de medios de evacuación óptimos, y no anchos estándar que generalmente están sobredimensionados [14], sin la necesidad de generar condiciones propias de simulacros reales, cuando las condiciones de servicio de un recinto, haga imposible modelar una situación de emergencia.

Entender la importancia del aporte de normas internacionales (enfoque prescriptivo) basadas en registros de accidentes pasados, como la NFPA, al análisis de incendios en los que los estudios prestacionales no son capaces de modelar o parametrizar incendios de complejo origen o propagación, como por ejemplo un fuego producto de la ignición de materiales de decoración de poliuretano caracterizado por una rápida velocidad de propagación y una elevada producción de humo.

La factibilidad de las recomendaciones generadas para los diferentes parámetros de seguridad de un recinto debe distinguir los casos cuando un lugar fue construido previamente y cuando no.

La falta de rigurosidad de algunos tópicos de la ordenanza si bien extiende el incumplimiento de normas básicas de seguridad a distintos recintos, el aumento de restricciones a los locales puede llegar a ser intrascendente si los organismos públicos a cargo de esta temática no velan por su cumplimiento.

El aparataje público encargado de los asuntos relacionados con la seguridad de las personas en recintos de uso masivo que en Chile recae en las municipalidades no debiera dar autorizaciones de funcionamiento a discotecas o recintos de uso público que no cumplan con al menos las normas básicas de la OGUC [60], que pese a ser no del todo específica, puede de alguna manera evitar accidentes con graves consecuencias.

El próximo paso en la tarea de mejorar las condiciones de seguridad, está relacionado con robustecer y acoplar las diferentes notas técnicas y recomendaciones, similar a la tarea que realiza la NFPA 101 [51], y que garantizaría tener lugares de ocupación pública con altos estándares de seguridad y evitaría posibles accidentes relacionados con las eventualidades. Sin embargo, la inversión en recursos para abordar estos temas puede llevar a considerar a los dueños de los recintos a simplemente ignorar las recomendaciones por el costo que esto implica.

Por ende, la capacidad de los profesionales de esta materia de matizar algunas restricciones de la seguridad, puede llevar a equilibrar la inversión de recursos con la disminución del riesgo, y lograr que los esfuerzos por mejorar los diseños de protección ante el fuego no sean en vano por razones económicas.

Es vital la necesidad de perfeccionar y robustecer la ordenanza general de urbanismo y construcción en parámetros de seguridad en función de la carga de ocupación. No hay claridad en cuanto varía el riesgo si a una misma densidad de carga combustible modificamos la capacidad de ocupación en un recinto. Si bien existen en ésta ciertos indicios de protección de la estructura de los recintos en función de la carga combustible, la protección de vidas en lugares públicos no se toma en cuenta en ningún momento, como por ejemplo no se habla de tiempos máximos de evacuación ni de cantidades tolerables de concentración de gases tóxicos admisibles para la salud humana.

Por tanto, avanzar en medidas de seguridad para recintos de uso público de alta concurrencia en el sentido de evolucionar del “recomendar” a “exigir” es un cambio, y en el mejor de los casos, lograr que el funcionamiento de un recinto sea vinculante a un estudio de seguridad basado en la OGUC [60] mejorada y en las normas técnicas existentes, serían situaciones hipotéticamente ideales.

Si bien existen en ésta ciertos indicios de protección de la estructura de los recintos en función de la carga combustible, la protección de vidas en lugares públicos no se toma en cuenta en ningún momento.

La importancia de las normas de protección radica en que si están correctamente diseñadas estarían a disposición de las personas para su adecuado uso, esto no es un capricho es más bien una necesidad que en caso de declarada cualquier emergencia toma demasiada relevancia para disminuir el efecto del fuego y el humo en las personas.

Por último, la introducción de una nueva reglamentación con restricciones a la construcción y funcionamiento de recintos en función de su uso sería útil para suplir la gran cantidad de vacíos que existen en la reglamentación chilena con respecto al desafío de la seguridad de personas. Un estudio detallado de los parámetros de seguridad existentes entrega falencias del diseño antes de la puesta en marcha de cualquier proyecto y por tanto su influencia en la toma de decisiones es concreta y efectiva.

5.5 COMENTARIOS FINALES

Nuestro país debe ser capaz de mirar tragedias asociadas a incendios en otros lugares del mundo especialmente en sudamérica y aprender de ellas, con el objeto de evitar que sucedan acá si ya existe evidencia de que las falencias en determinados factores de seguridad facilita la ocurrencia de fuegos que generan inevitables pérdidas humanas. El aprendizaje en esta materia no sólo se genera a través de estudios teóricos sino también a través de la experiencia de accidentes pasados.

Impulsar la reglamentación y el desarrollo de estudios de evacuación y de performance, generaría un aumento del capital humano debido principalmente a que se aumentan los estándares de seguridad de las personas. No sirve lamentarnos cuando ya las eventualidades suceden (caso incendio de la Torre Santa María), sino más bien, se debe investigar y reglamentar constantemente para de esta manera impulsar avances tecnológicos que permitan que en un futuro cercano si suceden las emergencias, las consecuencias no sean tan graves. Acá en Chile generalmente se actúa y se estudian los fenómenos luego de ocurridas las tragedias, lo óptimo sería adelantarnos y prevenir situaciones riesgosas.

Las medidas que se exigen a nivel nacional para la seguridad ante incendios deben ser tan rigurosas como las normas de edificación dado que si comparamos el riesgo de vida de los ocupantes ante un terremoto es similar al de un incendio.

Es difícil de entender que un dueño de un galpón de almacenamiento de productos de cualquier tipo comprenda que la seguridad de sus bienes no sólo dependa del diseño estructural sino también de la protección ante el fuego. Un incendio perfectamente puede consumir todo el contenido del recinto en un corto tiempo, sin embargo, incluso en edificios habitacionales con altos estándares en confort tal enfoque no es utilizado. Si bien las normas sísmicas se han perfeccionado los últimos años posterior al terremoto de Cobquecura del 2010 realizando una mejora en la categorización de suelos, la reglamentación ante incendios no se perfecciona a través de nuevas normas con mayores restricciones a las construcciones de uso distinto al habitacional, y no es por un tema de factibilidad económica, debido a que implementar a veces medidas contra el fuego tienen bajo costo, sino es un problema de enfoque en como el valor de la vida de las personas no es tomado en cuenta como si lo es el valor material.

La idea de introducir en la población la cultura de prevención del fuego sería un gran avance, por ejemplo, si somos los causantes de algún tipo de ignición debiéramos ser capaces de enfrentar el fuego incipiente. La situación antes descrita solamente puede concretarse si existe el correspondiente aumento de información disponible de prevención y protección tanto en los lugares como en el inconsciente colectivo y también un diseño responsable de parámetros de seguridad. Puesto que se suele responsabilizar a bomberos como los únicos que pueden actuar frente a un fuego, esto es cierto cuando un fuego está ya en desarrollo, sin embargo, si en los primeros segundos alguien actúa su acción tendrá mayor relevancia y mayor

eficacia para lograr apagar el fuego que cuando llegue bomberos dado que existe un intervalo suficiente para que el fuego esté en completo desarrollo sumado a que las labores de este último en un primer momento están más orientadas a socorrer a las personas que se encuentran en el interior y a controlar la expansión hacia los alrededores que en extinguirlo completamente.

Por ejemplo, en un caso cotidiano del incendio de un vehículo, si el conductor se da cuenta de la situación y decide apagar el fuego incipiente, la ubicación del extintor perjudica la eficacia de su acción dado que el tiempo que transcurre entre bajarse del vehículo y buscarlo en el maletero el fuego habrá avanzado lo suficiente en intensidad tal que su potencial extintor se ve perjudicado. Excluyendo por cierto a personas que por aversos al riesgo de quemaduras o al shock mismo de la situación, deciden no extinguir el fuego sencillamente y salvaguardar sus vidas. En este caso, se puede entender las razones psicológicas del no actuar porque al fin y al cabo es un bien material el que está en peligro. Sin embargo, en una situación donde se encuentra una gran cantidad de personas en un recinto público la acción de una persona incide directamente en la vida del resto, dado que si alguien se da cuenta de la situación siempre cuando existan correctas medidas de protección y señalización, el tiempo de acción puede convertirse en vital si se logra extinguir el fuego en la etapa de ignición o crecimiento.

Finalmente, conocer en profundidad las causas de un incendio y las causas de las muertes generadas, orientará a los profesionales en esta materia a centrar la mirada crítica de sus estudios en las causas más probables, y así, obtener resultados de modelaciones y procedimientos más cercanos a la realidad. Por lo tanto, fomentar un registro de este tipo como se realiza en EEUU sería un gran avance.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Anero Cárcamo, Mario. 2007. "Técnicas de investigación de incendios. Incendios de origen eléctrico." Proyecto Final de carrera, Universidad de Barcelona, España.
- [2] Astorga Izquierdo, Nathalie. 2009. "Criterios de diseño de la zona vertical de seguridad contra incendios en edificios en altura." Tesis de Pregrado, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- [3] Babrauskas, Vytenis. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 3: "Hazard Calculations", Cap. 1: "Heat Release Rates."
- [4] Babrauskas, Vytenis. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 3: "Hazard Calculations", Cap. 3: "The Cone Calorimeter."
- [5] Basset, Jose Miguel. "Flashover: Desarrollo y Control." Instrucción para flashover por el Raddningsverket.
- [6] Botta, Néstor. 2011. "Movimiento y control de humo." Red Proteger, Argentina.
- [7] British European Standards Specifications. BS EN 12101-6, 2005 "Smoke and heat control systems. Specification for pressure differential systems." Inglaterra
- [8] Bryan, John L. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 3: "Hazard Calculations", Cap. 12: "Behavioral Response to Fire and Smoke."
- [9] Capote Abreu, Jorge. "Estudio del movimiento de los humos en caso de incendios en grandes atrios de estaciones ferroviarias de pasajeros mediante modelado y simulación computacional." Proyecto I+D, Universidad de Cantabria, España.
- [10] Casadesus, Salvador. 2005. "Consideraciones en torno a los modelos para el estudio de la evacuación de edificios." Tesis de Doctor, Universidad Politécnica de Catalunya, España.
- [11] Comunidad de Bomberos de Madrid. "Desarrollo de un incendio: Flashover y Backdraft." Servicio de formación y técnica de intervención en interiores, España.
- [12] Cooper, Leonard Y. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 3: "Hazard Calculations", Cap. 10: "Compartment Fire-Generated Environment and Smoke Filling."

- [13] Cruz Garrido, Miguel Angel. 2011. "Anexo 8: Acciones para el análisis térmico." Universidad de J  en, España.
- [14] DB-SI: 1/2/3/4. 2008. "Documento básico de seguridad ante incendios." Ministerio de vivienda, España.
- [15] DS N  594. Articulo N  46. "Prevención y protección contra incendios-extintores."
- [16] Fleming, Russell P. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 4: "Design Calculations", Cap. 3: "Automatic Sprinkler System Calculations."
- [17] Gottuk, D. T.; Lattimer, B.Y. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 2: "Fire Dynamics", Cap. 5: "Effect of Combustion Conditions on Species Production."
- [18] Grewolls,Gerald, Grewolls Kathrin. 2014. "Presentation: Sensivility Analysis of Evacuation Smlulations." Dynardo (Dynamic software and engineering).
- [19] Heskestad, Gunnar. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 2: "Fire Dynamics", Cap. 1: "Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment."
- [20] IPUR (Asociación de la industria del poliuretano r  gido). "Manual contra incendios de PU Europe: Comportamiento de combustibilidad de los productos de aislamiento."
- [21] Jin, Tadahisa. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 2: "Fire Dynamics", Cap. 4: "Visibility and Human Behavior in Fire Smoke."
- [22] Klote, John H. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 4: "Design Calculations", Cap. 12: "Smoke Control."
- [23] Lacosta Berna, Jose Miguel. 1998. "El control de humo en caso de incendio." MAPFRE Seguridad N   71, España.
- [24] Lattimer, Brian Y. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 2: "Fire Dynamics", Cap. 14: "Heat Fluxes from Fires to Surfaces."
- [25] Lie, T. T. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 4: "Design Calculations", Cap. 8: "Fire Temperature-Time Relations."

- [26]** Marimon, Frederic. “Simulación mediante la mecánica computacional de fluidos de escenarios de incendios reales en recintos industriales.” Escuela técnica superior de ingeniería industrial de Barcelona y Departamento de Genie Mecanique Conception del Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Lyon.
- [27]** Méndez Alvarez, Silvia. 2011. “Análisis de evacuación de estación subterránea tipo usando distintas herramientas informáticas.” Tesis de Master, Escuela técnica superior de ingeniería, Madrid.
- [28]** Mowrer, Frederick W.; Nelson, Harold E. “Bud.” SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 3: “Hazard Calculations”, Cap. 14: “Emergency Movement.”
- [29]** Mulholland, George W. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 2: “Fire Dynamics”, Cap. 13: “Smoke Production and Properties.”
- [30]** Murty Kanury, A. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 2: “Fire Dynamics”, Cap. 11: “Flaming Ignition of Solid Fuels.”
- [31]** NBN S21-208-1: “Concepción y cálculo de las instalaciones de evacuación de humos y calor.”
- [32]** NCh 933. “Terminología.” Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [33]** NCh 934. “Clasificación de fuegos.” Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [34]** NCh 1429. “Extintores portátiles - Terminología y definiciones.” Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [35]** NCh 1430. “Extintores portátiles - Características y rotulación.” Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [36]** NCh 1433. “Ubicación y señalización de los extintores portátiles.” Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [37]** NCh 1914/1. “Ensaye de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción.” Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [38]** NCh 1914/2. “Ensaye de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general.” Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [39]** NCh 1916. “Determinación de cargas combustibles.” Norma Chilena, Instituto de Normalización.

- [40]** NCh 2095/1. "Sistemas de rociadores– Parte 1: Terminología, características y clasificación." Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [41]** NCh 2095/2. "Sistemas de rociadores- Parte 2: Equipos y componentes." Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [42]** NCh 2095/3. "Sistemas de rociadores- Parte 3: Requisitos de los sistemas y de instalación." Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [43]** NCh 2095/4. "Sistemas de rociadores- Parte 4: Diseño, planos y cálculos." Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [44]** NCh 2095/5. "Sistemas de rociadores- Parte 5: Suministro de agua." Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [45]** NCh 2095/6. "Sistemas de rociadores- Parte 6: Recepción del sistema y mantención." Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [46]** NCh 2111. "Prevención de incendios en edificios-Señalización." Norma Chilena, Instituto de Normalización.
- [47]** NFPA-10: "Norma para extintores portátiles contra incendios." National Fire Protection Association, EE.UU.
- [48]** NFPA-13: "Norma para la instalación de rociadores." National Fire Protection Association, EE.UU.
- [49]** NFPA-72: "Código de alarmas de incendios." National Fire Protection Association, EE.UU.
- [50]** NFPA-92: "Normas para sistemas de control de humo." National Fire Protection Association, EE.UU.
- [51]** NFPA-101: "Código de seguridad humana." National Fire Protection Association, EE.UU.
- [52]** NFPA-101A: "Guía sobre métodos alternativos a la seguridad humana." National Fire Protection Association, EE.UU.
- [53]** NFPA-101B: "Código para medios de egreso para edificios y estructuras." National Fire Protection Association, EE.UU.
- [54]** NFPA-170: "Normas para la seguridad contra incendios y símbolos de emergencia." National Fire Protection Association, EE.UU.
- [55]** NTP–46 [206]: "Evacuación de edificios." Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, España.

[56] NTP-390 [30]: “La conducta humana ante situaciones de emergencia: análisis de proceso de conducta individual.” Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, España.

[57] NTP-395 [31]: “La conducta humana ante situaciones de emergencia: la conducta colectiva.” Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, España.

[58] NTP-436 [122]: “Cálculo estimativo de vías y tiempos de evacuación.” Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, España.

[59] Norma Belga, NBN S21-208-2: “Protección de los edificios contra incendios: Concepción y cálculo de las instalaciones de evacuación de humos y calor.”

[60] OGUC, 2015 -“Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Capítulo 3: De las Condiciones de Seguridad Contra Incendio.”

[61] Pizarro Santamaría, Samuel. 2011. “Estudio de evacuación de un edificio en altura.” Tesis de Master, Escuela técnica superior de ingeniería, Madrid.

[62] Poon, L. 2011. “Predicting Time of Flashover.” BHP Research Melbourne, Australia.

[63] Proulx, Guylène. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 3: “Hazard Calculations”, Cap. 13: “Movement of People: The Evacuation Timing.”

[64] Purser, David A. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 2: “Fire Dynamics”, Cap. 6: “Toxicity Assessment of Combustion Products.”

[65] Quintiere, James G. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 2: “Fire Dynamics”, Cap. 12: “Surface Flame Spread.”

[66] Ramírez Cifuentes, Adrián. 2012. “Estudio de la evacuación de ocupantes y control de humos en edificio en altura.” Tesis de Master, Escuela técnica superior de ingeniería, Madrid.

[67] Rodríguez Jaque, G. 1991. “Señalización en edificios para la prevención de incendios.” Revista CNS, Prevención de riesgos N°30.

[68] Rodríguez Jaque, G. 2012. “Incendios en discotecas y centros de gran afluencia de pública.” Revista CNS, Prevención de riesgos.

[69] Rodríguez Jaque, G. 2014. “CI5554: Diseño de edificios contra incendios: apuntes.”

- [70] Ruegg, Hubert; Arvidsson, Tommy. 2009. "European Guideline: Fire safety engineering concerning evacuation from building."
- [71] Santis, Andrés. 2015; "Seminario de Protección contra el fuego en edificaciones."
- [72] Schifiliti, Robert P.; Meacham, Brian J.; Custer, Richard L. P. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 4: "Design Calculations", Cap. 1: "Design of Detection Systems."
- [73] Staffanson, Leif. 2010. "Selecting Design Fires." Department of fire safety engineering and systems safety Lund University, Sweden.
- [74] Syscom, Departamento de ingeniería en seguridad electrónica. "Componentes de un Sistema de detección de incendio."
- [75] UNE 23585:04. "Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos."
- [76] UNE 23033/1981: "Colores, formas y pictogramas de las señales."
- [77] UNE 23034/1988: "Medidas y pictogramas para la evacuación."
- [78] UNE 23033/1981: "Partes 1,2,3,4: Señalización Fotoluminiscente."
- [79] Vinkesteyn, Jerry. 2014 "Múltiples soluciones de admisión y extracción de aire."
- [80] Walton, William D.; Thomas, Philip H. SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering, 3th Edition, 2002); Section 3: "Hazard Calculations", Cap. 6: "Estimating Temperatures in Compartment Fires."
- [81] www.quenoserepita.com.ar. 2011 "Los 7 años de la tragedia de Cromagnon."

ANEXOS

A ANEXO A: MARCO TEÓRICO

A.1 Determinación de las cargas combustibles según Nch 1916. of 1999 [39].

Tabla A.1.1.(a): “Extracto de valores de calor de combustión para distintos materiales combustibles según Nch 1916. Of 1999 [39]”.

Material	Calor de combustión	
	MJ/kg	Mcal/kg
Glicerina	18,0	4,3
Goma dura (ebonita)	33,6	8,0
Grafito	31,5	7,5
Granos o gajos de uva	16,8	4,0
Grasas	41,9	10,0
Gutapercha	46,0	11,0
Harina	16,8	4,0
Hemetileno	46,0	11,0
Heno comprimido	16,8	4,0
Heno libre	16,8	4,0
Heptano	46,0	11,0
Hexametileno	46,0	11,0
Hexano	46,0	11,0
Hidrógeno	142,3	34,0
Hidroquinona	24,8	5,9
Hidróxido de magnesio	16,8	4,0
Hidróxido de sodio	8,4	2,0
Hidruro de aluminio	20,9	5,0
Hidruro de magnesio	16,8	4,0
Isobutano	45,8	10,9
Isopentano	45,4	10,8
Lana comprimida	20,9	5,0
Lana de madera	16,8	4,0
Lana natural	22,8	5,4
Leche en polvo	16,8	4,0
Libros y carpetas	16,8	4,0
Lignito	18,0 a 24,3	4,3 a 5,8
Lino	16,8	4,0
Linóleo	20,9	5,0
Madera de álamo	16,8	4,0
Madera de coníferas	16,8	4,0
Madera de contraplaca	16,8	4,0
Madera de haya (helecho)	20,9	5,0
Madera de hoguera, fuego	16,8	4,0

(Continúa)

Tabla A.1.1.(b): “Extracto de valores de calor de combustión para distintos materiales combustibles según Nch 1916. Of 1999[39]”.

Material	Calor de combustión	
	MJ/kg	Mcal/kg
Madera de pino seco	16,8	4,0
Madera de roble	16,8	4,0
Madera dura exótica	16,8	4,0
Magnesio	25,1	6,0
Maicena	16,8	4,0
Malta	16,8	4,0
Malta, maíz	16,8	4,0
Mantequilla	37,8	9,0
Metacrilato de metilo	25,5	6,1
Metano (gas)	55,7	13,3
Metanol	20,9	5,0
Metanol (alcohol metílico)	20,9	5,0
Metilamina	40,3	9,6
Metil butil cetona	34,9	8,3
Metil etil cetona	31,5	7,5
Metil propil cetona	33,2	7,9
Monóxido de carbono	8,4	2,0
Monóxido de carbono sulfurado	8,4	2,0
Naftaleno	39,1	9,3
Naftalina en cristales	40,2	9,6
Nitrobenceno	24,4	5,8
Nitrocelulosa	8,4	2,0
Nitroetano	16,4	3,9
Nitrometano	10,5	2,5
Nueces, avellanas	16,8	4,0
Nuez de coco (sacos)	20,9	5,0
Octano	46,0	11,0
Oxido de carbono	9,2	2,2
Oxido de etileno	26,9	6,4
Paja natural	14,0	3,3
Paja de madera	16,8	4,0
Papel	16,8	4,0
Parafina	46,0	11,0
Pentano	50,2	12,0

(Continúa)

Tabla A.1.1.(c): “Extracto de valores de calor de combustión para distintos materiales combustibles según Nch 1916. Of 1999[39]”.

Material	Calor de combustión	
	MJ/kg	Mcal/kg
Pescado seco	12,6	3,0
Petróleo	41,9	10,0
Piperidina	37,8	9,0
Placa de aglomerado de madera	16,8	4,0
Poliamida	29,3	7,0
Policarbonato	29,3	7,0
Poliéster	25,1	6,0
Poliestireno	40,2	9,6
Poliestireno (estiro) en espuma	41,9	10,0
Poliétileno	46,5	11,1
Poliformaldehído	16,8	4,0
Polisobutileno	46,0	11,0
Polisopreno (goma natural sin vulcanizar)	45,2	10,8
Polipropileno	46,0	11,0
Politetrafluoretileno	4,2	1,0
Poliuretano	25,1	6,0
Polivinilo acetato	20,9	5,0
Polyamida	29,3	7,0
Propano	50,2	12,0
Propileno	45,8	10,9
Resina de cresol	25,1	6,0
Resina de fenol	25,1	6,0
Resina de urea	12,6	3,0
Resina sintética	41,9	10,0
Ron 75%	20,9	5,0
Seda	20,9	5,0
Seda de acetato	16,8	4,0
Sisal	16,8	4,0
Sodio	4,2	1,0
Sulfito de carbonilo	8,4	2,0
Sulfuro de carbono	12,6	3,0
Tabaco	16,8	4,0
Té	16,8	4,0

(Continúa)

Tabla A.1.1.(d): “Extracto de valores de calor de combustión para distintos materiales combustibles según Nch 1916. Of 1999[39]”.

(CONCLUSIÓN)

Material	Calor de combustión	
	MJ/kg	Mcal/kg
Tejido de algodón	16,7	4,0
Tetrahydrobenzol	46,0	11,0
Tolueno	42,3	10,1
Toluol	41,9	10,0
Triacetato	16,8	4,0
Tributilamina	40,3	9,6
Trietilamina	39,9	9,5
Trimetil amina	37,8	9,0
Turba	25,1	6,0
Turba seca y prensada	16,7	4,0
Urea	8,4	2,0
Xilol	41,9	10,0

NOTA – Los materiales que según la norma NCh1914/1 resulten clasificados como *no combustibles* se consideran con valor de calor de combustión igual a cero.

A.2 Modelo experimental de JJ. Fruins.

Tabla A.2.1.: “Nivel de servicio de ocupación, módulo, densidades de ocupación y separación entre personas [10].”

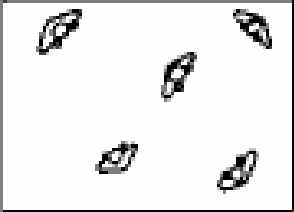
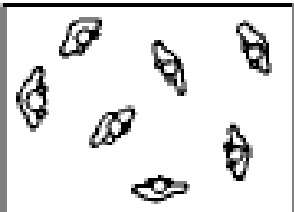
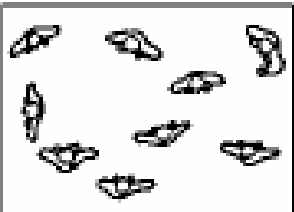
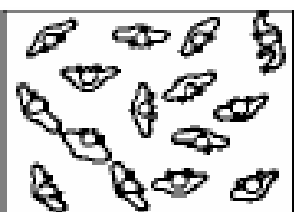


OCUPACIÓN DE RECINTOS	
<u>Modelo</u>	<u>Descripción</u>
	<p>A Espera con libertad de circulación. No se producen interferencias en el movimiento de los ocupantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo: 1,21 m²/Pers. o más - Densidad: 0,83 Pers./m² o menos - Separación: 1,22 m o más
	<p>B Espera con movimientos parcialmente restringidos, son probables molestias entre los ocupantes que se hallan en espera.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo: 0,93 – 1,21 m²/Pers. - Densidad: 1,08 – 0,83 Pers./m² - Separación: 1,07 - 1,22 m
	<p>C Espera con circulación restringida molestias entre los ocupantes de la cola, separación límite para el confort personal en espera.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo: 0,65 - 0,93 m²/ Pers. - Densidad: 1,54 – 1,08 Pers./ m² - Separación 0,91 – 1,07 m
	<p>D Espera con posible contacto entre ocupantes, circulación restringida, sólo es posible el movimiento en grupo. Espera en la cola poco confortable.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo: 0,28 – 0,65 m²/ Pers. - Densidad: 3,56 – 1,54 Pers./ m² - Separación 0,61 – 0,91 m
	<p>E Espera con contacto inevitable entre los ocupantes, circulación imposible, en esta situación las esperas deben reducirse al mínimo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo: 0,19 – 0,28 m²/ Pers. - Densidad: 5,38 – 3,56 Pers./ m² - Separación: 0,61 m o menos
	<p>F Espera con contacto permanente entre los ocupantes de la cola, situación muy incómoda. Situación de angustia. Peligro de pánico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo: 0,19 m²/ Pers. o menos - Densidad: 5,38 Pers./ m² o más - Separación: Nula, contacto entre los ocupantes

Tabla A.2.2.: “Nivel de servicio para la circulación en pasillos, módulos, densidades de circulación, velocidades de circulación y flujos específicos [10].”

CIRCULACIÓN EN PASILLOS

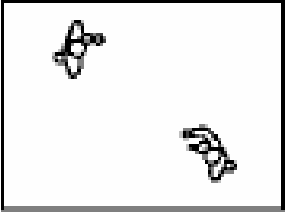
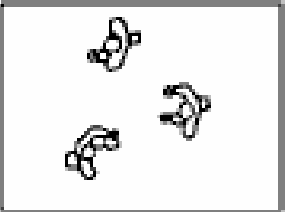
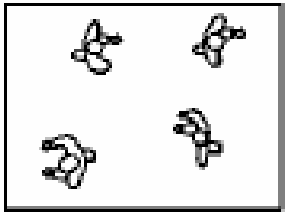
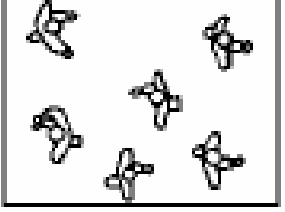
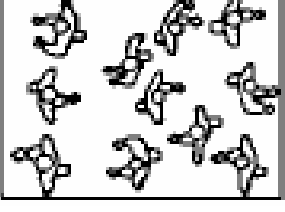
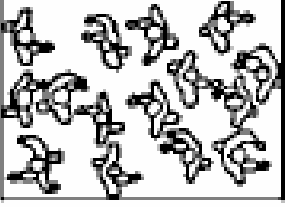
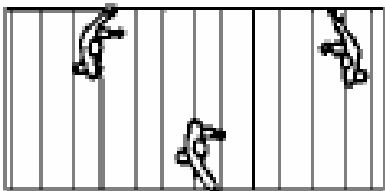
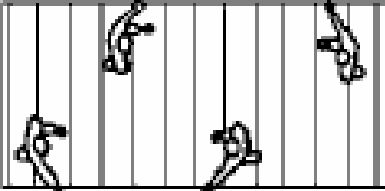
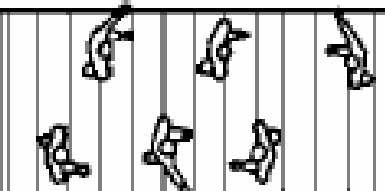

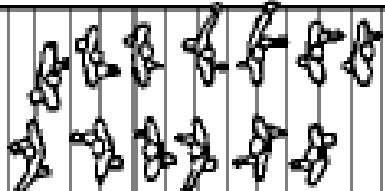
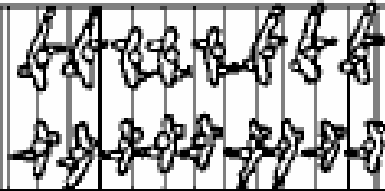
<u>Modelo</u>	<u>Descripción</u>
	<p>A Circulación libre sin restricciones. Movimiento rápido. Los adelantamientos no presentan dificultad.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 3,25 m² /Pers. o más - Densidad 0,31 Pers./m² o menos - Velocidad 79,25 m/min o más - Flujo 22,97 Pers./m min o más
	<p>B Velocidad de circulación normal. Circulación en ambos sentidos. Interferencias ocasionales en adelantamientos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 2,32 - 3,25 m² /Pers. - Densidad 0,43 – 0,31 Pers./m² - Velocidad 76,20 - 79,25 m/min - Flujo 22,97 - 32,81 Pers./m min
	<p>C La velocidad de circulación condicionada entre los ocupantes. Adelantamiento con dificultades, pero son posibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 1,39 - 2,32 m² /Pers. - Densidad 0,72 – 0,43 Pers./m² - Velocidad 70,10 - 76,20 m/min - Flujo 32,81 – 49,21 Pers./m min
	<p>D Reducción de la velocidad de circulación. Densidad crítica. Los adelantamientos presentan dificultad y pueden resultar conflictivos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 0,93 – 1,39 m² /Pers. - Densidad 1,08 – 0,72 Pers./m² - Velocidad 60,96 – 70,10 m/min - Flujo 49,21 – 65,62 Pers./m min
	<p>E Circulación con posibles retenciones. Máximo flujo. Adelantamientos muy conflictivos o imposibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 0,46 - 0,93 m²/Pers - Densidad 2,17 – 1,08 Pers./m² - Velocidad 33,53 – 60,96 m/min - Flujo 65,62 - 82,02 Pers./m min
	<p>F Velocidad reducida, contacto físico inevitable, adelantamientos imposibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 0,46 m² /Pers. o menos - Densidad 2,17 Pers./m² o más - Velocidad 33,53 m/min o menos - Flujo 82,02 Pers./m min o más

Tabla A.2.3.: “Nivel de servicio para el descenso de escaleras, módulos, densidades de circulación, velocidades de circulación y flujos específicos [10].”

CIRCULACIÓN EN DESCENSO POR ESCALERAS

<u>Modelo</u>	<u>Descripción</u>
	<p>A Circulación sin restricciones. Libertad de movimiento. Posible circulación en ambos sentidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 1,86 m² /Pers. - Densidad 0,54 Pers./m² - Velocidad 38,1 m/min o más - Flujo 16,40 Pers./m min
	<p>B Velocidad condicionada. Los adelantamientos crean interferencias. Flujo en sentido contrario crea conflictos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 1,39 – 1,86 m² /Pers. - Densidad 0,72 – 0,54 Pers./m² - Velocidad 36,58 - 38,10 m/min ó más - Flujo 16,40 – 22,97 Pers./m min
	<p>C Velocidad parcialmente restringida. Adelantamientos y flujo inverso restringido.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 0,93 – 1,39 m² /Pers. - Densidad 1,07 – 0,72 Pers./m² - Velocidad 35,05 – 36,58 m/min - Flujo 22,97 – 32,81 Pers./m min.
	<p>D Velocidad restringida. Adelantamientos muy dificultosos. Flujo inverso complicado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 0,66 – 0,93 m² /Pers. - Densidad 1,52 – 1,07 Pers./m² - Velocidad 32,00 – 35,05 m/min - Flujo 32,81 – 42,65 Pers./m min
	<p>E Circulación densa. Imposibilidad de adelantamientos. Probables paradas ocasionales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 0,37 – 0,66 m² / Pers. - Densidad 2,70 – 1,52 Pers./m² - Velocidad 25,91 – 32,00 m/min - Flujo 42,65 – 55,77 Pers./m min
	<p>F Velocidad severamente restringida. Circulación con contacto entre los ocupantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulo 0,37 m² /Pers. o menos - Densidad 2,70 Pers./ m² - Velocidad 25,91 m/min o menos - Flujo 55,77 Pers./m min. o más

B ANEXO B: REQUISITOS DE SEGURIDAD ESTIPULADOS EN LA ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN-OGUC Y EN LA NORMATIVA NACIONAL (D.S. Y/O Nch)

B.1 Condiciones generales de seguridad ante incendios en recintos públicos [60].

Tabla B.1. (a): Checklist de requisitos generales según OGUC [60].

DISCOTECA	PUNTO	APARTADO	REQUISITO	DESCRIPCION	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	1	4.2.4.	Carga de ocupación	La superficie de la edificación o del sector de ella que señala la tabla B.2. se considerará ocupada por personas para la determinación de la carga de ocupación. En edificios cuyo destino no sea residencial u oficinas, cuando se contemple un número fijo de ocupantes, podrán descontarse de la carga de ocupación aplicable a las salidas comunes aquellos recintos que tendrán una ocupación no simultánea, tales como auditorios o laboratorios en establecimientos educacionales, o salas de reunión o casinos en establecimientos industriales.	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	*****	*****
	2	4.7.20	Existencia de corrientes encontradas de tránsito	No se permitirán pasillos, escaleras, corredores, o similares que puedan originar corrientes encontradas de tránsito, ni instalaciones de quioscos, mostradores, mamparas giratorias o no, o cualquiera otra instalación que entorpezca la fácil y rápida desocupación de los locales en casos de incendio o pánico.	PASILLOS/ ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO		
	3	4.2.5	Ancho mínimo de las vías de evacuación	El ancho mínimo de cualquier sección de una vía de evacuación se determinará en base a la carga de ocupación de la superficie que sirve dicha sección. Cuando se contemplen dos o más vías de salida, la superficie servida por dichas vías se dividirá según el número de salidas.	CUALQUIER MEDIO DE EGRESO	MEDIO DE EGRESO		
	4	4.2.10	Anchos mínimos de escaleras	Ver tabla B.3.	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO		
	5	4.2.12	Ancho mínimo de escaleras que llegan a planta de evacuación	Las escaleras interiores de evacuación terminarán en el piso de salida del edificio en un vestíbulo, galería o pasillo de un ancho mínimo de 1,80 m, el cual debe mantenerse hasta un espacio exterior comunicado a la vía pública.	ESCALERAS INTERIORES DE PLANTA DE EVACUACION	MEDIO DE EGRESO		
	6	4.7.5	Ancho mínimo de salidas de evacuación para recintos de más de 1 piso	Los teatros que no tengan su sala principal en primer piso deberán cumplir los requisitos siguientes: 1. El edificio debe construirse en su totalidad de las clases A o B de la presente Ordenanza. 2. Los vestíbulos, pasadizos y escaleras que conduzcan a las salas de espectáculos y demás destinadas al público deben ser independientes de los locales situados en primer piso. 3. No podrán consultarse recintos bajo o encima del ocupado por la sala del teatro, que puedan destinarse a depósito o para la venta de productos o materiales inflamables, o que puedan originar incendios. 4. Las escaleras que den acceso a los recintos del piso principal del teatro serán de tramos rectos separados por descansos y tendrán un ancho no inferior a 2 m. No habrá más de 16 gradas por tramo y la altura de éstas no será mayor de 0,16 m y el ancho no inferior a 0,30 m, debiendo mantenerse la condición: $2h + a = 0,62$ m si se adoptaren cifras distintas de esos límites. 5. El ancho total de los pasillos o zaguanes de salida, así como el de las puertas de acceso a los recintos para el público, será equivalente a 1 m por cada 125 espectadores que puedan transitar por ellos.	ALMACENAMIENTO DE MATERIAL COMBUSTIBLE ESCALERAS DE ACCESO PASILLOS	GENERAL MEDIO DE EGRESO MEDIO DE EGRESO		
	7	4.2.13	Distancia máxima desde llegada de una escalera de evacuación hasta una salida	La distancia máxima desde la primera grada de la escalera hasta dicho espacio exterior no será mayor de 20 m. No obstante, dicha longitud podrá llegar hasta 40 m cuando el espacio al que se accede presente un riesgo de incendio muy reducido, por estar revestido con materiales no combustibles y tener una densidad de carga combustible inferior a 100 MJ/m ² , determinada conforme a la norma NCh 1916. En los pisos distintos al de salida del edificio, la distancia máxima desde la puerta de un departamento, oficina o local, hasta una escalera de evacuación en el mismo piso, será de 40 m. En edificaciones que cuenten con sistema de rociadores automáticos, avalado por un Estudio de Seguridad, la distancia señalada en el inciso anterior será de hasta 60 m.	RECORRIDO DE EVACUACION EN PLANTA DISTINTA A LA DE EVACUACION RECORRIDO TOTAL DE EVACUACION EN LA PLANTA DE SALIDA	MEDIO DE EGRESO MEDIO DE EGRESO		
	8	4.7.18	Requisitos de escaleras de evacuación	Las escaleras deben cumplir con los siguientes requisitos: 1. Entregarán a vestíbulos que estén en comunicación directa con las aposentaduras que sirvan y serán de ancho libre no menor de 1,20 m. 2. Serán de tramos rectos, separados por descansos de longitud no inferior a 1,20 m. Los descansos en los cambios de dirección no tendrán un largo inferior al ancho de la escalera. 3. Cada tramo podrá tener hasta 16 gradas y cada una de éstas no tendrá más de 0,16 m de altura, ni ancho menor de 0,30 m. 4. Cuando el ancho de la escalera sea superior a 3 m, se deberá agregar a los pasamanos laterales un doble pasamanos central que la divida en dos secciones paralelas. 5. Las aposentaduras superiores o inferiores al primer piso, con cabida superior a 500 personas, deberán estar provistas de dos escaleras, ubicadas en lados opuestos. 6. Las escaleras y cajas de escaleras que sirvan los locales destinados al público no podrán tener comunicación alguna con los subterráneos o pisos en el subsuelo del edificio.	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO		

Tabla B.1. (b): Checklist de requisitos generales según OGUC [60] (Continuación).

DISCOTECA	PUNTO	APARTADO	REQUISITO	DESCRIPCION	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	9	4.2.11	Presencia de pasamanos en escaleras de evacuación	Las escaleras de evacuación deben contar pasamanos en un costado a lo menos.	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO		
	10	4.2.18	Ancho libre de pasillos	Los pasillos tendrán un ancho libre mínimo de medio centímetro por persona, calculado conforme a la carga de ocupación de la superficie servida, con un ancho mínimo de 1,10 m.	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO		
	11	4.7.14	Ancho de pasillos	El ancho de los pasillos, puertas interiores, corredores, escaleras, puertas de calle y demás pasos y salidas, ubicados en el trayecto que deben seguir las personas al desalojar un teatro o sala de reuniones, se determinará a razón de 1 m por cada 125 personas que por ellos deban pasar, de acuerdo con la cabida correspondiente. Las puertas exteriores del frente principal y las de acceso a las salas de espectáculos de los teatros, cualquiera que sea su cabida, tendrán un ancho no inferior a 2 m y la suma total de sus anchos deberá cumplir con lo dispuesto en el párrafo anterior,	PASILLOS ACCESOS PRINCIPALES	MEDIO DE EGRESO MEDIO DE EGRESO		
	12	4.2.19	Elementos de seguridad ubicados en muros de vías de evacuación	Los pasillos o galerías que formen parte de una vía de evacuación carecerán de obstáculos en el ancho requerido, salvo que se trate de elementos de seguridad ubicados en las paredes que no reduzcan en más de 0,15 m el ancho requerido.	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	13	4.2.23	Relación entre el ancho de puertas y pasillos afluentes	El ancho mínimo requerido no podrá ser inferior al ancho mínimo requerido para los pasillos que sirven a las puertas.	PUERTAS	MEDIO DE EGRESO		
	14	4.2.26	Apertura de puertas en el sentido de la evacuación	Las puertas de escape deben abrir en el sentido de la evacuación siempre que el área que sirvan tenga una carga de ocupación superior a 50 personas.	ACCESOS	MEDIO DE EGRESO		
	15	4.3.7	Señalización de puertas de acceso y egreso	Las puertas de acceso o egreso, en todos los pisos, deberán ser de cierre automático y con resistencia a la acción del fuego, tanto la hoja como sus componentes, correspondientes a la clase F-60. Todas ellas deberán estar señalizadas con el distintivo "SALIDA DE EMERGENCIA" por la cara que corresponda.	ACCESO PRINCIPAL	SEÑALIZACION		
	16	4.7.1	Ancho del acceso principal	Los edificios destinados a teatros, salas de audiciones musicales y salas de exhibiciones cinematográficas, comprendidas todas ellas bajo la denominación genérica de teatros y otras salas destinadas a reuniones públicas, deben cumplir los requisitos siguientes: 1. Los locales con cabida superior a 1.000 personas deben tener acceso a dos calles de ancho no inferior a 12 m o bien a una calle de ancho no inferior a 12 m y a un espacio libre que comunique directamente con una calle y que tenga un ancho superior a 3 m, siempre que los muros colindantes de este espacio sean sísmicos y con resistencia a la acción del fuego correspondiente a lo menos a la clase F-60, según la norma NCh 935/1, o la que la reemplace. 2. Los locales con cabida mayor de 500 y menor de 1.000 personas deben tener un acceso principal directamente a una calle y, además, uno de sus costados, con acceso directo a calle por medio de un espacio libre o patio de un ancho no menor de 2,60 m siempre que los muros colindantes de este patio o espacio libre sean sísmicos y con resistencia a la acción del fuego correspondiente a lo menos a la clase F-60, según la norma NCh 935/1, o la que la reemplace. Podrá aceptarse el acceso a una sola calle cuando el eje principal de la sala de espectáculos sea paralelo a aquella y ninguna localidad (asiento de una sala de espectáculos) diste más de 25 m de la puerta de salida a dicha calle. 3. Los locales con cabida inferior a 500 personas deben tener su acceso principal directamente a una calle o a un espacio libre de ancho no menor de 9 m. 4. Sin embargo, todos los locales con cabida inferior a 1.000 personas podrán tener acceso a calle por medio de dos pasillos independientes de ancho no menor de 3 m, o por un espacio libre de ancho no menor a 5 m, siempre que los edificios que rodean los pasillos o espacios libres sean sísmicos y construidos con resistencia mínima al fuego de tipo b.	ACCESO PRINCIPAL	MEDIO DE EGRESO		
	17	4.7.15	Funcionamiento de puertas de salida	Las puertas de los locales destinados al público deberán abrirse hacia afuera y estar provistas de dispositivos de suspensión que permitan abrirlas o eliminarlas con toda rapidez en los casos de alarma.	ACCESO PRINCIPAL	MEDIO DE EGRESO		

Tabla B.1. (c): Checklist de requisitos generales según OGUC [60] (Continuación).

DISCOTECA	PUNTO	APARTADO	REQUISITO	DESCRIPCION	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	18	4.7.16	Señalética de puertas de salida	Las puertas laterales y de escape, y las de pasillos y vestíbulos que conduzcan a las escaleras, tendrán letreros luminosos sobre su dintel con la indicación de "Salida".	ACCESO PRINCIPAL	SEÑALIZACION		
	19	4.7.6	Capacidad volumétrica del interior	La capacidad volumétrica de los locales destinados a los espectadores no será inferior a 3 m3 por persona, debiendo, en todo caso, establecerse la ventilación de manera que se aseguren las condiciones higiénicas que prescriban las normas oficiales correspondientes. No obstante, podrá disminuirse esta capacidad cúbica en caso de emplearse medios mecánicos adecuados.	CAPACIDAD VOLUMETRICA	PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	20	4.7.11	Existencia de claraboyas	En la techumbre del escenario se dispondrán claraboyas de cierre hermético, que puedan abrirse o romperse en caso de incendio. Estas claraboyas tendrán una superficie equivalente a 1/10 del área de dicho local.	CLARABOYAS	PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	21	4.7.23	Existencia de sistemas de ventilación	Las salas destinadas a los espectadores estarán provistas de dispositivos eficaces o de instalaciones mecánicas de ventilaciones y de calefacción, proyectadas en consideración a las condiciones climáticas locales.	VENTILACION	PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	22	4.3.26	Recintos que no requieren protección contra el fuego	No requerirán protección contra el fuego las edificaciones de un piso realizadas con elementos de construcción no combustibles, que cumplan con los siguientes requisitos: 1. Tener una carga de ocupación inferior a 100 personas. 2. Contemplar en todos sus recintos una carga combustible media inferior a 250 MJ/m2. 3. Asegurar su ocupación sólo por personas adultas que puedan valerse por si mismas. 4. Tener destino de equipamiento. 5. Estar separada de los deslindes por una distancia no inferior a 4 m.	SIN PROTECCION	PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	23	4.3.28	Accesibilidad por parte de bomberos a la red pública de agua	Deben contar con un grifo de agua contra incendio conectado a la red pública y accesible al Cuerpo de Bomberos, los siguientes edificios o establecimientos: 1. Los cines, teatros, auditorios y discotecas con una carga de ocupación superior a 1.000 personas. 2. Los recintos deportivos cubiertos con una carga de ocupación superior a 2.000 personas. 3. Los de uso comercial o de estacionamiento con una carga de ocupación superior a 3.000 personas. 4. Los de uso hospitalario o educacional, con una carga de ocupación superior a 2.000 personas. 5. Cualquier edificio o establecimiento no mencionado anteriormente con una carga de ocupación mayor a 10 m2 por persona y con una superficie construida de más de 10.000 m2.	ACCESO A RED PUBLICA DE AGUA	PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	24	4.7.9	Existencia de grifos	La autoridad municipal podrá hacer instalar, por cuenta del propietario, grifos contra incendio en la acera contigua al teatro o sala de reuniones de cabida superior a 300 personas. Estos grifos se ubicarán a una distancia aproximada de 50 m de la puerta principal del edificio.	GRIFOS	PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	25	4.7.4	Presencia de muros cortafuegos en el perímetro	Los locales o salas destinadas a uso público deberán estar totalmente rodeados de muros cortafuego	MUROS CORTAFUEGO	PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	26	4.2.29	Señalización de todas las vías de ocupación y sus accesos	Todas las vías de evacuación y sus accesos deben identificarse mediante señales de gráfica adecuada. En cada caso deben contemplarse las señales necesarias para facilitar la evacuación de los ocupantes hasta el exterior, minimizando cualquier posibilidad de confusión durante el recorrido de escape en situaciones de emergencia.	SEÑALES	SEÑALIZACION		
	27	4.7.12	Funcionamiento de luz de emergencia	Los teatros y salas de reunión estarán dotados de doble instalación de luz; una especial de seguridad, destinada a la sala de espectáculos, vestíbulos, corredores, pasillos y puertas de escape, que se establecerá con artefactos protegidos y de manera que no quede expuesta a interrupciones por ninguna causa de origen interno; y la instalación general, que deberá funcionar independientemente de la anterior, de acuerdo con la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.	INSTALACIONES ELECTRICAS INDEPENDIENTE PARA MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION		

Tabla B.2. (*): Factor de carga de ocupantes en función del uso del recinto [60].

Educación:	
Salones, auditorios	0,5
Salas de uso múltiple, casino	1,0
Salas de clase	1,5
Camarines, gimnasios	4,0
Talleres, Laboratorios, Bibliotecas	5,0
Oficinas administrativas	7,0
Cocina	15,0
Salud (Hospitales y Clínicas):	
Áreas de servicios ambulatorios y diagnóstico	6,0
Sector de habitaciones (superficie total)	8,0
Oficinas administrativas	10,0
Áreas de tratamiento a pacientes internos	20,0
Salud (Consultorios, Policlínicos) :	
Salas de espera	0,8
Consultas	3,0
Otros :	
Recintos de espectáculos (área para espectadores de pie)	0,25
Capillas, Discotecas	0,5
Salones de reuniones	0,8
Área para público en bares, cafeterías, pubs	1,0
Restaurantes (comedores), salones de juego	1,5
Salas de exposición	3,0
Hogares de niños	3,0
Gimnasios, Academias de danza	4,0
Hogares de ancianos	6,0
Estacionamientos de uso común o públicos (superficie total)	16,0
Hoteles (superficie total)	18,0
Bodegas, Archivos	40,0

Nota: Los valores del factor de carga de ocupantes están en $m^2/persona$.

Tabla B.3. ():** Cantidad y ancho mínimo de vías de escaleras en función de la cantidad de ocupantes [60].

N° de Personas	Cantidad y ancho mínimo	
hasta 50	1	1,10 m
Desde 51 hasta 100	1	1,20 m
Desde 101 hasta 150	1	1,30 m
Desde 151 hasta 200	1	1,40 m
Desde 201 hasta 250	1	1,50 m
Desde 251 hasta 300	2	1,20 m
Desde 301 hasta 400	2	1,30 m
Desde 401 hasta 500	2	1,40 m
Desde 501 hasta 700	2	1,50 m
Desde 701 hasta 1.000	2	1,60 m

(*) Tabla B.2. Corresponde a la tabla 4.2.4. de la OGUC.

(**) Tabla B.3. Corresponde a la tabla 4.2.10. de la OGUC.

Tabla B.4.: “Agente de extinción en función del tipo de fuego”. (Artículo 50 del DS N° 594) [15].

TIPO DE FUEGO	AGENTES DE EXTINCION
CLASE A Combustibles sólidos comunes tales como madera, papel, género, etc.	Agua presurizada Espuma Polvo químico seco ABC
CLASE B Líquidos combustibles o inflamables, grasas y materiales similares.	Espuma Dióxido de carbono (CO ₂) Polvo químico seco ABC -BC
CLASE C Inflamación de equipos que se encuentran energizados eléctricamente.	Dióxido de carbono (CO ₂) Polvo químico seco ABC - BC
CLASE D Metales combustibles tales como sodio, titanio, potasio, magnesio, etc.	Polvo químico especial

Tabla B.5. : “Superficie máxima de servicio por extintor y distancia máxima de traslado a partir del Potencial de extinción mínimo.”(Artículo 46 del DS N° 594) [15].

Superficie de cubrimiento máxima por extintor (m²)	Potencial de extinción mínimo	Distancia máxima de traslado del extintor (m)
150	4A	9
225	6A	11
375	10A	13
420	20A	15

C ANEXO C: REQUISITOS DE SEGURIDAD DISPUESTOS EN NFPA

C.1 Código de seguridad ante incendios – NFPA 101 [51].

Tabla C.1.1.(a): Checklist de requerimientos generales de seguridad de incendios para recintos existentes para reuniones publicas según NFPA-101.

DISCOTECA	PUNTO	APARTADO	REQUISITO	DESCRIPCION	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	1	3.3.134.2+7.3.1.	Ocupación de un sitio para reunión publica	Recinto que es: (1) utilizado para albergar a 50 personas o más, para deliberaciones, culto, entretenimiento, comida, bebida, diversión, espera de transporte o usos similares, o (2) utilizada como edificio especial de diversiones, independientemente de su carga de ocupantes. Carga de ocupantes del recinto usando factores de capacidad de la tabla C.1.2. dependiendo del uso.	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL		
	2	12.1.1	Requisitos de un sitio definido como existentes para ocupaciones publicas	Los requisitos se aplican a los siguientes: (1) Edificios nuevos o secciones de los mismos usados como ocupaciones para reuniones públicas (2) Adiciones hechas en, o utilizadas como, una ocupación para reuniones públicas (3) Modificaciones, modernizaciones o renovaciones de las ocupaciones para reuniones públicas existentes (4) Edificios existentes o secciones de los mismos que al cambiar su ocupación se convierten en una ocupación para reuniones públicas	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL		
	3	7.4.1.1.	Número mínimo de salidas	El número de los medios de egreso desde cualquier balcón, entresuelo, planta o sección de la misma, deberá ser dos. El número mínimo de los medios de egreso desde cualquier planta o sección de la misma, salvo en los edificios ya existentes , deberá ser como sigue: (1) Carga de ocupantes de más de 500 pero de no más de 1000 - no menor que 3 (2) Carga de ocupantes de más de 1000 - no menor que 4	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO		
	4	7.5.1.3. + 7.5.1.4.	Proximidad de salidas de evacuación y separación entre las salidas (ver FIG. C.1.1.)	Quando se requiera más de una salida desde un edificio o parte del mismo, dichas salidas se deberán encontrar alejadas entre si y deberán estar dispuestas y construidas para minimizar la posibilidad de que más de una de ellas tenga el potencial de quedar bloqueada por un incendio u otra condición de emergencia. Cuando se requieran dos salidas o puertas de acceso a las salidas, deberán estar situadas entre si a una distancia igual a por lo menos la mitad de la longitud de la máxima dimensión diagonal extrema del área del edificio a ser servida, medida en una línea recta entre el borde más cercano de las puertas de salida o las puertas de los accesos a las salidas. Cuando existan cerramientos de salidas como salidas requeridas y están interconectadas por un corredor evaluado de resistencia al fuego de por lo menos 1 hora, se deberá permitir que la separación de la salida se mida a lo largo de la línea del recorrido dentro del corredor. Cuando se requieran más de dos salidas o puertas de acceso a las salidas por lo menos dos de las salidas o las puertas requeridas deberán estar dispuestas de manera que cumplan con lo anterior. Las salidas o puertas restantes deberán estar dispuestas de manera tal que si una resultara bloqueada, las otras queden disponibles.	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO		
	5	12.2.6	Distancia máxima de recorrido común y total hasta las salidas (ver tabla C.1.3. y FIG. C.1.2.)	En todas las ocupaciones para reuniones públicas las salidas deberán estar dispuestas de manera tal que la distancia total y común de recorrido desde cualquier punto hasta llegar a una salida no supere ciertos límites dependiendo del tipo de recinto. La distancia del recorrido hacia una salida deberá medirse sobre el piso u otra superficie de tránsito, a lo largo de la línea central del sendero de recorrido natural, comenzando desde el punto más distante sometido a la ocupación, doblando en cualesquiera esquinas u obstrucciones dejando un espacio de 1 pie (0,3 m), y terminando en el centro del vano de la puerta u otro punto en el que comience la salida. Cuando incluyan escaleras, las mediciones se deberán realizar en el plano del rebatido de los escalones.	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO		
	6	7.2.1.2.3.+ 12.2.3.3.+ 12.2.5.1.	Capacidad de Egreso de entrada/salida principal y de puertas interiores (ver tabla C.1.4.).	Las salidas deberán estar separadas entre si y dispuestas para minimizar la posibilidad de su bloqueo en caso de una emergencia. Las aberturas de las puertas en medios de egreso deberán ser de por lo menos 32pulg. (81 cm) en el ancho del claro. Cuando exista un par de puertas, una de ellas, por lo menos, deberá ofrecer una abertura de claro de por lo menos 32 pulg. (81 cm) de ancho. Todas las ocupaciones para reuniones públicas deberán estar provistas de una entrada/salida principal. El ancho de la entrada/salida principal deberá ser suficiente para acomodar la mitad de la carga total de ocupantes y deberá estar en el mismo nivel que la descarga de las salidas o deberá conectar con una escalera o rampa que desemboque en la calle. Cada nivel de una ocupación para reuniones públicas deberá tener buen acceso a la entrada/salida principal, y tal acceso deberá tener la suficiente capacidad como para acomodar el 50 por ciento de la carga total de ocupantes de dichos niveles.	SALIDA PRINCIPAL Y OTRAS	MEDIO DE EGRESO		
	7	7.2.1.3.	Variaciones del nivel de piso en puertas	La elevación de la superficie del piso a ambos lados de una puerta no deberá variar en más de 1/4 pulg. (13 mm). La elevación se deberá mantener a ambos lados del vano de la puerta para una distancia por lo menos igual al ancho de la hoja más ancha. Los escalones en los vanos de puertas no deberán tener más de 1/4 pulg. (13 mm) de altura. Los escalones y los cambios de nivel del piso en los vanos de puertas de más de 1/4 pulg. (6,4 mm) deberán ser biselados con una pendiente con una inclinación no mayor de 1 e 2.	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO		
	8	7.2.1.4.3.	Balaceo de puertas y salidas en el sentido del recorrido de egreso	Las puertas deberán balancearse en el sentido del recorrido de egreso cuando se usen en el cerramiento de una salida o cuando sirvan un área con contenido de alto riesgo, a menos que sea la puerta de una unidad de vivienda individual que abre directamente hacia un cerramiento de salida.	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO		

Tabla C.1.1.(b): Checklist de requerimientos generales de seguridad de incendios para recintos existentes para reuniones públicas según NFPA-101 (continuación).

DISCOTECA	PUNTO	APARTADO	REQUISITO	DESCRIPCION	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	9	tabla 12.2.3.2.	Capacidad de egreso de pasillos y anchos libres mínimos	Ver tabla C.1.5.	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO		
	10	7.2.2.1. + A.7.2.2.1. (ver tabla C.1.6.)	Criterio dimensional de escaleras existentes	Se deben efectuar mejoras al nivel de seguridad que sean razonables y factibles con un costo mínimo. Las mejoras incluyen, por ejemplo, la adición de pasamanos.	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO		
	11	7.2.2.4.2.	Presencia de pasamanos a ambos lados de escaleras y detalles del montaje (ver Fig.C.1.3.)	Las escaleras y las rampas deberán tener pasamanos a ambos lados. Además, deberán existir pasamanos dentro de las 30 pulg. (76 cm) de todas las porciones del ancho de egreso requerido de las escaleras. El ancho de egreso deberá acompañar el camino natural del recorrido. (1) Los pasamanos de las escaleras deberán estar por lo menos a 36 pulg. (86 cm) y a no más de 38 pulg. (96 cm) por encima de la superficie de los escalones, medidos verticalmente desde el borde del umbral del escalón hasta la parte superior de los pasamanos. (2) *Los pasamanos nuevos deberán presentar un espacio de por lo menos 1½ pulg. (3,8 cm) entre ellas y la pared a la que están sujetas. (3) *Los pasamanos deberán tener una sección circular transversal con un diámetro externo de por lo menos 1¼ pulg. (3,2 cm) y de no más de 2 pulg.(5 cm).	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO		
	12	7.2.2.5.3.	Espacios utilizables de escaleras	No deberá haber espacios utilizables ocupados en el cerramiento de una salida, incluyendo los espacios bajo las escaleras, y ningún espacio abierto dentro del cerramiento deberá utilizarse para cualquier propósito que tenga el potencial de interferir con el egreso.	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO		
	13	7.10.1.2.	Señalización de acceso a salidas de evacuación	Las salidas, diferentes a las salidas exteriores principales las cuales son claramente identificadas como tales, deberán estar marcadas mediante un signo aprobado, fácilmente visible desde cualquier dirección del acceso de la salida. Verificar el cumplimiento de los siguientes casos siguiendo el esquema de la figura C.1.4. : (1): Salida con letrero en la parte superior. (2): Salida con letrero indicador ubicado en la dirección perpendicular a la dirección del flujo. (3): Letrero indicador como mezcla de los casos 1 y 2.	SEÑALES DE ACCESO A SALIDAS	SEÑALIZACION		
	14	7.10.1.4.	Señalización de salidas de evacuación	El acceso a las salidas deberá estar marcado por signos aprobados, fácilmente visibles en todos los casos cuando la salida o el camino para alcanzarla no sea fácilmente evidente para los ocupantes. El emplazamiento de la señal deberá ser tal que ningún punto en el corredor del acceso a la salida esté a más de 100 pies (30 m) del signo iluminado externamente más cercano y no esté más alejado de la capacidad indicada de los signos iluminados internamente. Para ello el tamaño de letra es de aproximadamente 15,2 cm.	SEÑALES DE SALIDAS	SEÑALIZACION		
	15	7.10.1.5. + A.7.10.3.	Ubicación de señales de salidas en las proximidades al suelo y en puertas	Cuando los recintos requieran señales de salida en la proximidad del piso, las señales de salida se deberán ubicar cerca del nivel del piso además de las señales requeridas para las puertas o los corredores y estar iluminadas. La parte inferior de la señal deberá estar por lo menos a 6 pulg. (15,2 cm) y a no más de 8 pulg. (20,3 cm) por encima del piso. Para las puertas de salida, la señal se deberá montar sobre la puerta o adyacente a ésta, con el borde más cercano dentro de las 4 pulg. (10,2 cm) el marco de la puerta. Si se utilizan gráficos, se deben emplear los símbolos de la norma NFPA 170, Standard for Fire Safety Symbols. Dichos letreros deben ser igualmente visibles y estar igualmente iluminados.	SEÑALES DE DIRECCION A SALIDAS	SEÑALIZACION		
16	7.10.1.7.	Requisitos de visibilidad para señales de medios de egreso	Cada señal deberá tener una ubicación, dirección, color distintivo, y diseño para que sea fácilmente visible y deberá contrastar con la decoración, los acabados interiores, u otras señales. No deberán permitirse decoraciones, mobiliario o equipos que dificulten la visibilidad de una señal de salida, ni deberá haber ninguna señal iluminada brillantemente (para propósitos distintos de los de salida), pantallas u objetos en o cerca de la línea de la señal de salida requerida, de características tales que puedan desviar la atención de la señal de salida. (Ver NFPA 170)	VISIBILIDAD DE SEÑALES	SEÑALIZACION			

Tabla C.1.1.(c): Checklist de requerimientos generales de seguridad de incendios para recintos existentes para reuniones públicas según NFPA-101 (continuación).

DISCOTECA	PUNTO	APARTADO	REQUISITO	DESCRIPCION	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	17	7.10.6.2.	Tamaño y ubicación de señales direccionales, tipo chevron	El indicador direccional deberá estar ubicado fuera de la leyenda "SALIDA", a no menos de 3/8 pulg. (1 cm) de cualquier letra. El indicador direccional deberá ser del tipo chevron ver Figura C.1.5. El indicador direccional deberá ser identificable como indicador direccional a una distancia mínima de 40 pies (12,2 m). Indicadores direccionales más grandes que el mínimo establecido en este párrafo deberán tener ancho, rasgos y espacios en proporción a su altura. Los indicadores direccionales deberán estar ubicados en el extremo final de la señalización para la dirección indicada. las ubicaciones aceptables para los indicadores direccionales con respecto a la orientación izquierda y derecha. Se permite que los indicadores direccionales estén colocados debajo del trazo horizontal de la letra T, siempre que se mantenga el espacio de no menos de pulg.(1 cm) de los trazos horizontal y vertical de la letra T.	UBICACIÓN DE SEÑALES DIRECCIONALES	SEÑALIZACION		
	18	7.10.8.	Señalizaciones especiales: NO salida	Cualquier puerta, pasaje o escalera que no sea una salida ni un camino de acceso a una salida y que esté ubicada o dispuesta de manera que pueda ser confundida con una salida deberá estar identificada con una señalización con la leyenda siguiente: NO SALIDA. Dicha identificación deberá tener la palabra "NO" en letras de 2 pulg. (5 cm) de altura con caracteres de un ancho de 3/8 pulg. (1 cm) y la palabra "SALIDA" en letras de 1 pulg. (2,5 cm) de altura, con la palabra "SALIDA" bajo la palabra "NO".	SEÑALÉTICA DE NO SALIDA	SEÑALIZACION		
	19	7.8.1.1.	Iluminación presente en todos los medios de egreso, entiéndase escaleras, pasillos, rampas	La iluminación de los medios de egreso deberá ser provista para los accesos de las salidas que deberán incluir únicamente las escaleras, pasillos, corredores, rampas, escaleras mecánicas y pasajes designados conducentes a una salida. Para los efectos de este requisito, las desembocaduras de las salidas deberán incluir únicamente las escaleras, pasillos, corredores, rampas, escaleras mecánicas, senderos y pasajes de salidas designados, conducentes a una vía pública.	ILUMINACION DE MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION		
	20	7.8.1.2.	Iluminación continua	La iluminación de los medios de egreso deberá ser continua durante el tiempo que las condiciones de la ocupación requieran que los medios de egreso se encuentren disponibles para el uso. La iluminación artificial se deberá utilizar en dichos lugares y durante los periodos de tiempo requeridos para mantener la iluminación a los mínimos valores.	ILUMINACION CONTINUA MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION		
	21	A.7.8.1.3	Ubicación de la iluminación de los medios de egreso	Una forma recomendable de iluminar los medios de egreso es mediante luces empotradas en los muros aproximadamente un pie (30 cm) sobre el piso. No es probable que estas luces sean oscurecidas por el humo.	UBICACIÓN DE LA ILUMINACION	ILUMINACION		
	22	7.8.2. + A.7.8.2.1.	Fuentes de energía de la iluminación de medios de egreso	La iluminación de los medios de egreso deberá provenir de una fuente considerada confiable. Un ejemplo de una fuente de energía que posee una confiabilidad razonablemente garantizada es el servicio público de energía eléctrica.	FUENTE DE ENERGIA	ILUMINACION		
	23	7.9.2.1.	Desempeño del sistema de iluminación de emergencia	La iluminación de emergencia se deberá proporcionar por un periodo de 1½ hora en el caso de falla en la iluminación normal. Las facilidades de la iluminación de emergencia deberán estar dispuestas de para proporcionar una iluminación inicial que sea por lo menos el promedio de 1 pie bujía (10 lux) y un mínimo en cualquier punto de 0,1 pie bujía (1 lux) medido a lo largo del sendero de egreso al nivel del suelo. Se deberá permitir que los niveles de iluminación declinen a un promedio no menor que 0,6 pie bujía (6 lux) y un mínimo en cualquier punto de 0,06 pies bujía (0,6 lux) al final de la duración de la iluminación de emergencia. No se deberá exceder un índice de uniformidad de iluminación máxima a mínima de 40 a 1.	SISTEMA DE EMERGENCIA	ILUMINACION		
	24	A.7.10.4	Iluminación de emergencia de señales	La intención no es requerir iluminación de emergencia, sino solamente que el letrero esté iluminado por la iluminación de emergencia si se requiere y provee iluminación de emergencia.	SEÑALES	ILUMINACION		

Tabla C.1.1.(d): Checklist de requerimientos generales de seguridad de incendios para recintos existentes para reuniones publicas según NFPA-101 (continuación).

DISCOTECA	PUNTO	APARTADO	REQUISITO	DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARÁMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
	25	7.10.5.2.	Iluminación continua e intermitente de las señales	Cada señal que requiera ser iluminada deberá estar continuamente iluminada. Sin embargo, durante la emergencia los letreros intermitentes, cuando son activados por el sistema de alarma de incendio, pueden resultar de utilidad.	SEÑALES ILUMINADAS INTERMITENTES	ILUMINACION		
	26	7.10.6.3. + A.7.10.6.3.(ver FIG. C.1.6. para calculo de contraste)	Nivel de iluminación de señales iluminadas exteriormente	Las señales iluminadas exteriormente deberán estar iluminadas por no menos de 5 pies bujias (54 lux) en la superficie iluminada y deberán utilizar una proporción de contraste no menor que 0,5. Una combinación que presenta buen contraste son las letras de color rojo o verde sobre un fondo blanco mate. Se deben evitar los fondos brillantes y los colores brillantes para las letras. La luminancia media de las letras y el fondo se mide en pie-lambert.	NIVEL DE ILUMINACION DE SEÑALES	ILUMINACION		
	27	7.10.7.2 + A.7.10.7.2.	Señales iluminadas interiormente (Tipo foto luminiscente)	La superficie de las señales foto luminiscentes deberán iluminarse continuamente mientras el edificio se encuentra ocupado. Los niveles de iluminación sobre la superficie de las señales foto luminiscentes deberán estar en conformidad con su listado. La iluminación cambiante deberá ser una fuente de iluminación confiable según lo determine la autoridad competente. La fuente de iluminación cambiante deberá ser de un tipo especificado en la marcación del producto. Los letreros foto luminiscentes necesitan un nivel mínimo específico de luz sobre la cara del letrero para asegurar que el letrero está cargado para la operación de emergencia y la legibilidad tanto en el modo normal como en el de emergencia. La fuente de luz que se está cargando no debe estar conectada a temporizadores automáticos, debido a que se necesita la continua iluminación del letrero, en caso contrario, la iluminación del letrero no estaría disponible porque estaría descargada.	SEÑALES FOTO-LUMINISCENTES	ILUMINACION		
	28	9.6.2.+9.6.2.1.+ 12.3.4.1.	Sistema de alarma y detección contra incendios	Las ocupaciones para reuniones públicas con cargas de ocupantes mayores que 300, y todos los teatros con más de una sala para espectáculos deberán estar equipados con un sistema de alarmas de incendio. El recinto debe contar con un sistema de iniciación de la señal de la forma: (1) iniciación manual de alarma (2) Detección Automática	Detección, alarma y comunicación- sistemas de alarma	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	29	9.6.2.2.2+9.6.2.2.3.+9.6.2.4.	Iniciación manual de la alarma contra incendios	Las cajas manuales de alarmas contra incendios deben estar aprobadas. Debe haber una caja manual contra incendios en las vías naturales de acceso a las salidas o cerca de cada salida requerida. Las cajas manuales contra incendios deben estar separados a una distancia máxima de 60 metros en una misma planta desde cualquier punto del recinto.	Detección, alarma y comunicación- cajas activadoras de emergencia	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
PANDEMONIUM	30	9.6.2.10.1.+ 12.3.4.2.2.	Detección automática: Alarmas de detección (ver detalle en NFPA 72)	En ocupaciones para reuniones públicas con cargas de ocupantes superiores a 300 se deberá instalar detección automática en todas las áreas de riesgo que normalmente no están ocupadas, a menos que dichas áreas estén protegidas en su totalidad mediante un sistema de rociadores automáticos. Según la variable detectada los sistemas de detección automática pueden ser los siguientes: (1) Detección de humo (2) Detección de gases de combustión (3) Detección de temperatura (4) Detección de radiación	Detección, alarma y comunicación- sistemas de detección de humo o fuego	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	31	9.6.3.8.+ 12.3.4.3. + 12.3.4.4.	Notificación a los ocupantes, tipo de señal activada pregrabada o manual	Los ocupantes deberán ser notificados por medio de señales visuales y anuncios verbales, ya sea en vivo o grabados con anterioridad, iniciados por la persona en la ubicación permanentemente atendida. Los anuncios se deberán hacer mediante un sistema aprobado de comunicaciones verbales o un sistema para dirigirse al público, provisto de una fuente de poder de emergencia, que sea audible por encima del nivel de ruido ambiental de la ocupación para reuniones públicas. Cuando la autoridad competente determine que no resulta práctico tener una ubicación permanentemente atendida, se deberá emplear un sistema de alarmas de incendio que cumpla con los siguientes criterios: (1) Deberá ser iniciado desde estaciones manuales u otros medios aprobados de iniciación. (2) Deberá emitir automáticamente instrucciones de evacuación pregrabadas.	Detección, alarma y comunicación- Instrucciones de evacuación	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	32	9.6.6.	Controles de emergencia	Existencia de acciones que en caso de la emergencia deben ser activadas: (1) Dispositivos que mantienen abiertas las puertas de egreso (2) Presurización (3) Sistema de control de humo (4) Control de iluminación	Detección, alarma y comunicación- sistemas de mitigación de la emergencia	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	33	12.3.5.	Sistema de extinción (ver NFPA 10 Y NFPA 13)	Los edificios que contengan ocupaciones para reuniones públicas con una carga de ocupación mayor que 300 deberán estar protegidos mediante un sistema de rociadores automáticos de la siguiente manera : (1) Por todo el piso que incluye la ocupación para reuniones públicas (2) Por todos los pisos por debajo del piso que incluye la ocupación para reuniones públicas (3) En el caso de una ocupación para reuniones públicas ubicada por debajo del nivel de descarga de la salida, por todos los pisos intermedios entre ese piso y el nivel de descarga de la salida, incluyendo el nivel de descarga de la salida.	Extinción	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		

Tabla C.1.2.(*): Factor de carga de ocupantes en función del uso del recinto.

Uso	pies ² (por persona)	m ² (por persona)
Para Reuniones		
Públicas		
Uso concentrado, sin asientos fijos	7 netos	0,65 netos
Menor uso concentrado, sin asientos fijos	15 netos	1,4 netos
Gradas	1 persona cada 18 pulg. lineales	1 persona cada 45,7 cm lineales
Asientos fijos	número de asientos fijos	número de asientos fijos
Espacios de espera	<i>Ver 12.1.7.2 y 13.1.7.2.</i>	<i>Ver 12.1.7.2 y 13.1.7.2.</i>
Cocinas	100	9,3
Bibliotecas, áreas de estanterías	100	9,3
Bibliotecas, áreas de lectura	50 netos	4,6 netos
Piscinas de natación	50 - de superficie de agua	4,6 - de superficie de agua
Cubiertas de piscinas	30	2,8
Salas de ejercicios con equipos	50	4,6
Salas de ejercicios sin equipos	15	1,4
Escenarios	15 netos	1,4 netos
Pasarelas, galerías y andamios para iluminación y acceso	100 netos	9,3 netos
Casinos y áreas de juego similares	11	1
Pistas de patinaje	50	4,6
Uso Educativo		
Aulas	20 netos	1,9 netos
Talleres, laboratorios y salas vocacionales	50 netos	4,6 netos
Uso Guarderías	35 netos	3,3 netos
Uso Cuidado de la Salud		
Tratamiento de pacientes internos	240	22,3
Dormitorios	120	11,1

(*) Tabla C.1.2. Corresponde a la tabla 7.3.1.2. de la NFPA 101.

Tabla C.1.3.():** Límites sobre caminos de recorrido común, espacios sin salida y distancias a recorrer (según ocupación).

Tipo de Ocupación	Límite del Camino de Recorrido Común		Límite de los Espacios sin Salida		Límite de la Distancia a Recorrer	
	Sin Rociadores pies (m)	Con Rociadores pies (m)	Sin Rociadores pies (m)	Con Rociadores pies (m)	Sin Rociadores pies (m)	Con Rociadores pies (m)
Para Reuniones Públicas						
Nueva	20/75 (6,1/23) ^{a,b}	20/75 (6,1/23) ^{a,b}	0/20 (0/6,1) ^b	0/20 (0/6,1) ^b	150 (45) ^e	200 (60) ^e
Existente	20/75 (6,1/23) ^{a,b}	20/75 (6,1/23) ^{a,b}	0/20 (0/6,1) ^b	0/20 (0/6,1) ^b	150 (45) ^e	200 (60) ^e
Educativas						
Nueva	75 (23)	100 (30)	20 (6,1)	50 (15)	150 (45)	200 (60)
Existente	75 (23)	100 (30)	20 (6,1)	50 (15)	150 (45)	200 (60)
Guarderías y Hogares de Día						
Guardería nueva	75 (23)	100 (30)	20 (6,1)	50 (15)	150 (45) ^d	200 (60) ^d
Guardería existente	75 (23)	100 (30)	20 (6,1)	50 (15)	150 (45) ^d	200 (60) ^d
Sanitarias						
Nueva	N.R.	N.R.	30 (9,1)	30 (9,1)	N.A.	200 (60) ^d
Existente	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	150 (45) ^d	200 (60) ^d
Sanitarias Para Pacientes Ambulatorios						
Nueva	75 (23) ^a	100 (30) ^a	20 (6,1)	50 (15)	150 (45) ^a	200 (60) ^a
Existente	75 (23) ^a	100 (30) ^a	50 (15)	50 (15)	150 (45) ^d	200 (60) ^d
Penitenciarias y Correccionales						
Nueva - Condiciones de uso II, III, IV	50 (15)	100 (30)	50 (15)	50 (15)	150 (45) ^d	200 (60) ^d
Nueva Condición de uso V	50 (15)	100 (30)	20 (6,1)	20 (6,1)	150 (45) ^d	200 (60) ^d
Existente - Condiciones de uso II, III, IV, V	50 (15) ^f	100 (30) ^f	N.R.	N.R.	150 (45) ^d	200 (60) ^d
Residenciales						
Viviendas uni y bifamiliares	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
Albergues y pensiones	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
Hoteles y dormitorios						

^a 20 pies (6,1 m) para recorrido común que sirve >50 personas; 75 pies (23 m) para recorrido común que sirve ≤ 50 personas.

^b Los corredores sin salida no están permitidos; están permitidos los pasillos sin salida de 20 pies (6,1 m).

Tabla C.1.4.(*):** Factores de capacidad para distintos medios de egreso dependiendo del uso del recinto.

Área	Escaleras (ancho por persona)		Componentes y Rampas (ancho por persona)	
	pulg	cm	pulg	cm
Asilos y centro de acogida	0,4	1,0	0,2	0,5
Cuidado de la salud, con sistemas de rociadores	0,3	0,8	0,2	0,5
Cuidado de la salud, sin sistemas de rociadores	0,6	1,5	0,5	1,3
Contenidos de alto riesgo	0,7	1,8	0,4	1,0
Restantes	0,3	0,8	0,2	0,5

(**) Tabla C.1.3. Corresponde a la tabla A.7.6.1. de la NFPA 101.

(***) Tabla C.1.4. Corresponde a la tabla 7.3.3.1. de la NFPA 101.

Tabla C.1.5.(4): Factores para el cálculo de la capacidad.

No. de Asientos	Tiempo Nominal de Flujo (seg)	Pulgadas de Ancho Libre por Asiento Servido	
		Escaleras	Pasadizos, Rampas y Puertas
Ilimitado	200	0,300 <i>AB</i>	0,220 <i>C</i>

Unidades del SI: 1 pulg = 2,54 cm.

Tabla C.1.6.(5): Características de escaleras existentes de Clase A y B.

Característica	Clase A	Clase B
Ancho mínimo del claro para todas las obstrucciones, excepto las proyecciones de no más de 3½ pulg. (8,9 cm) en o por debajo de las barandillas en cada lado	44 pulg. (112 cm)	44 pulg. (112 cm)
Altura máxima del frente de los peldaños	7½ pulg. (19,1 cm)	8 pulg. (20,3 cm)
Profundidad mínima de los peldaños	10 pulg. (25,4 cm)	9 pulg. (22,9 cm)
Altura de paso mínima	6 pies 8 pulg. (203 cm)	6 pies 8 pulg. (203 cm)
Altura máxima entre rellanos	12 pies (3,7 m)	12 pies (3,7 m)
Rellanos	(Ver 7.2.1.3 y 7.2.1.4.4)	

(4) Tabla C.1.5. Corresponde a la tabla 12.2.3.2..de la NFPA 101.

(5) Tabla C.1.6. Corresponde a la tabla 7.2.2.2.1. de la NFPA 101.

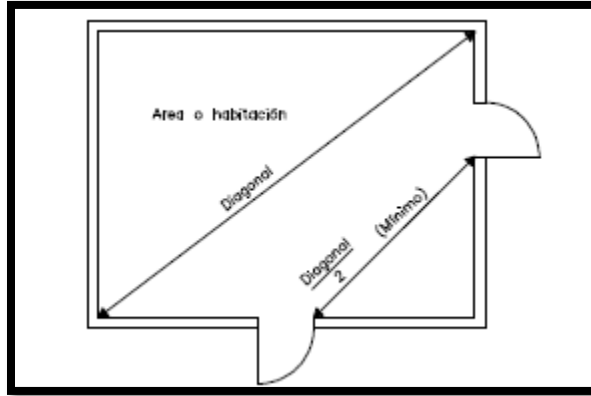


Figura C.1.1.(a)⁽⁶⁾: Regla de la diagonal para la distancia de las salidas.

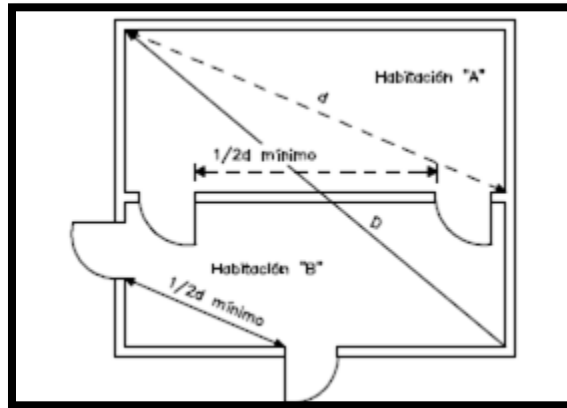


Figura C.1.1.(b) ⁽⁶⁾: Regla de la diagonal para la distancia de las salidas y de los accesos a las salidas.

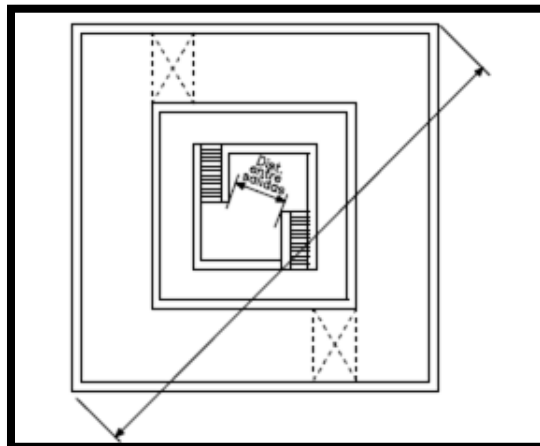


Figura C.1.1.(c) ⁽⁶⁾: Separación de las salidas y medida de la diagonal del área servida.

⁽⁶⁾ Figura C.1.1.(a)(b)(c) Corresponde a la Figura A.7.5.1. de la NFPA 101.

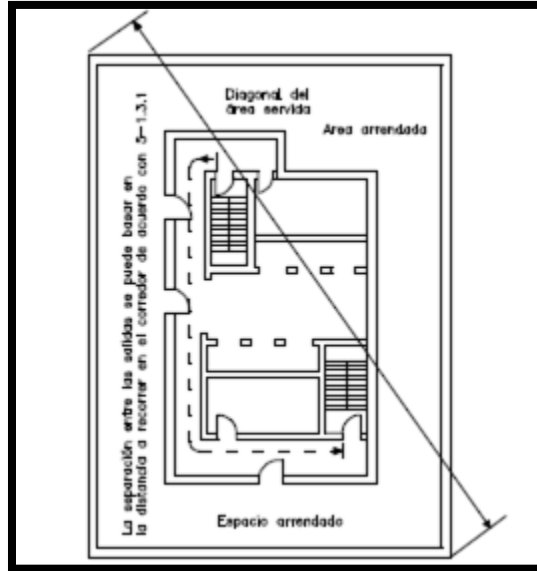


Figura C.1.1.(d)⁽⁶⁾: Separación de las salidas medida a lo largo del recorrido del corredor.

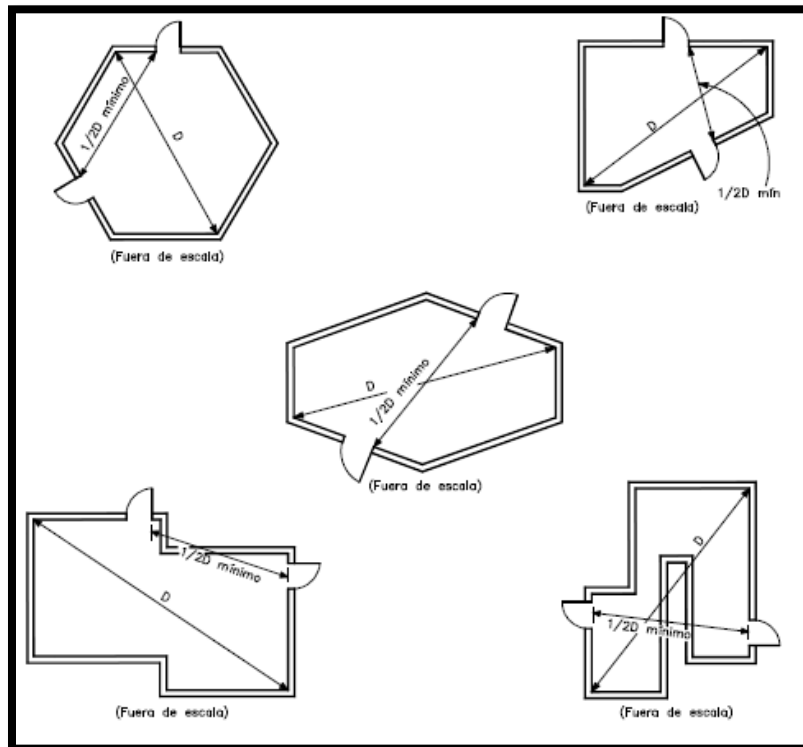


Figura C.1.1.(e)⁽⁶⁾: Separación de las salidas medida a lo largo del recorrido del corredor.

⁽⁶⁾ Figura C.1.1(d). Corresponde a la Figura A.7.5.1. de la NFPA 101.

⁽⁶⁾ Figura C.1.1(d). Corresponde a la Figura A.7.5.1. de la NFPA 101.

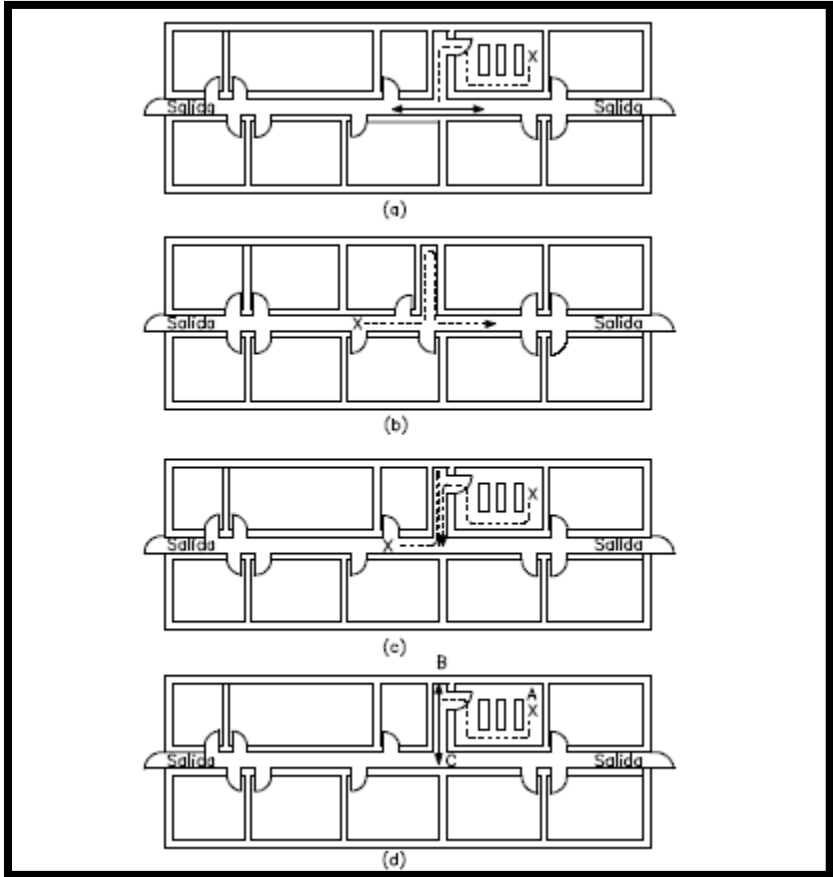


Figura C.1.2.(7): Caminos de recorrido común y corredores sin salida.

(7) Figura C.1.2. Corresponde a la Figura A.7.5.1.6. de la NFPA 101.

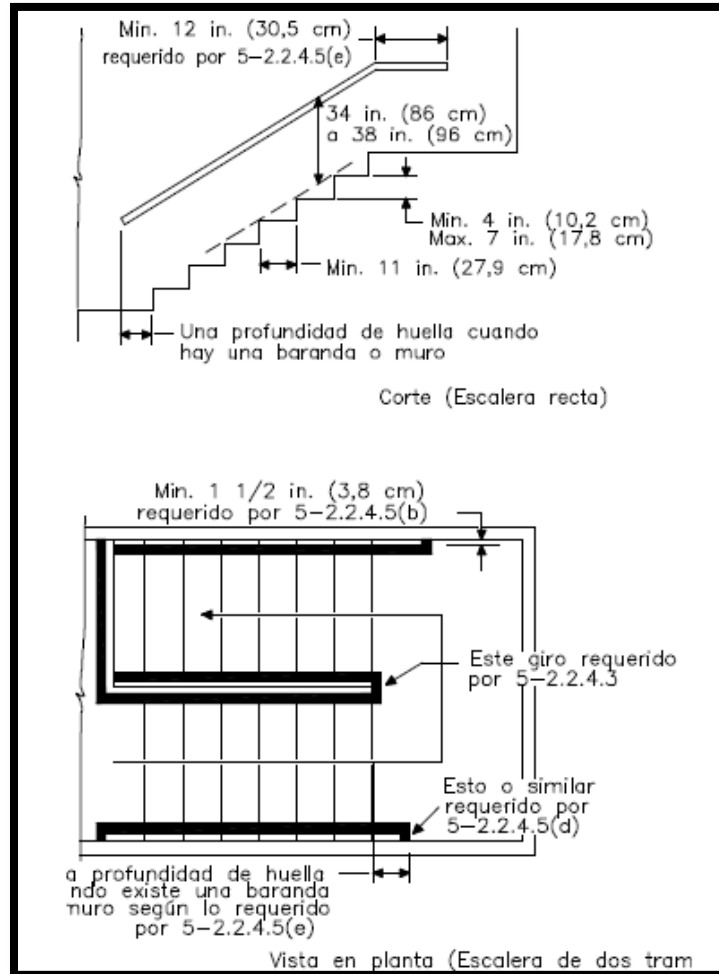


Figura C.1.3.⁽⁸⁾: Detalles de los pasamanos.

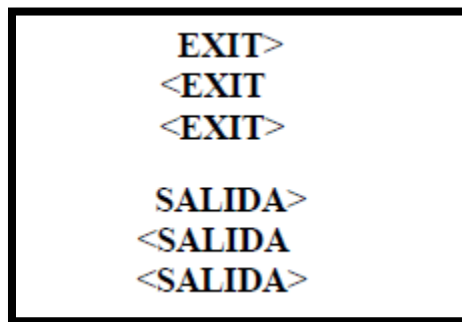


Figura C.1.4.⁽⁹⁾: Indicadores direccionales del tipo Chevron.

⁽⁸⁾ Figura C.1.3. Corresponde a la Figura A.7.2.2.4.5. de la NFPA 101.

⁽⁹⁾ Figura C.1.4. Corresponde a la Figura A.7.10.6.2. de la NFPA 101.

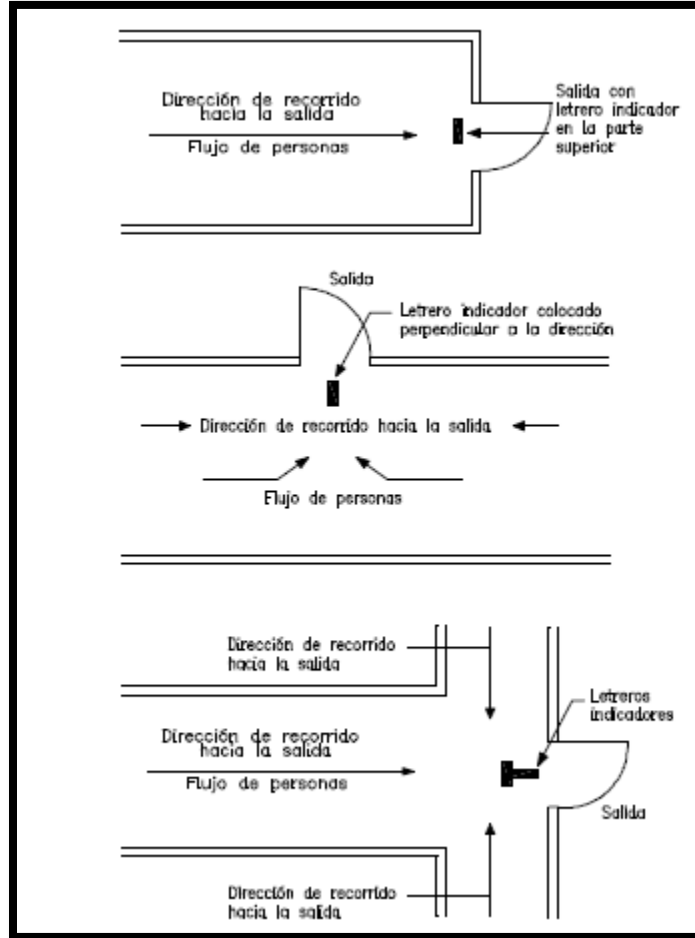


Figura C.1.5.⁽¹⁰⁾: Ubicación de los letreros indicadores de las salidas.

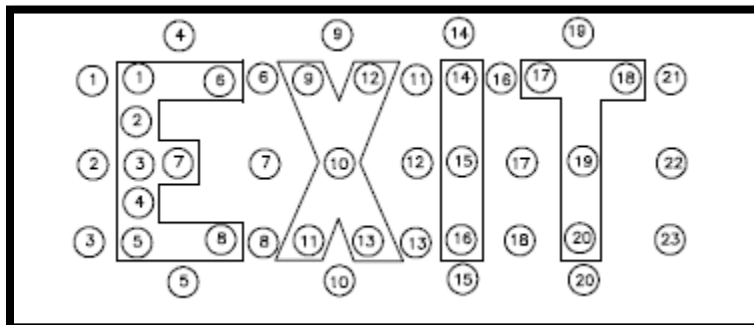


Figura C.1.6.⁽¹¹⁾: Medición de la luminancia de los letreros indicadores de salidas.

⁽¹⁰⁾ Figura C.1.5. Corresponde a la Figura A.7.10.1.2. de la NFPA 101.

⁽¹¹⁾ Figura C.1.6. Corresponde a la Figura A.7.10.6.3. de la NFPA 101.

C.2 Requisitos para Extintores portátiles – NFPA 10 [47].

Tabla C.2.1.: Checklist de requisitos para extintores portátiles según NFPA-10

DISCOTECA	PUNTO	APARTADO EN NFPA 10	REQUISITO	DESCRIPCION	ELEMENTO DE SEGURIDAD	TIPO DE PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
	1	1.4.	Clasificación del riesgo de ocupación	El riesgo dependiendo del tipo de ocupación del local, es decir, su actividad, se divide en : (1)Riesgo Leve: Lugares donde el total de materiales combustibles de Clase A que incluyen muebles, decoraciones y contenidos, es de menor cantidad. Estos pueden incluir edificios o cuartos ocupados como oficinas, salones de asambleas, etc. Esta clasificación prevé que la mayoría de los artículos contenidos son o no combustibles o están dispuestos de tal forma que no se de una rápida propagación del fuego. Están incluidos también pequeñas cantidades de inflamables de Clase C, siempre que se mantengan en envases sellados y estén seguramente almacenados. (2) Riesgo Ordinario: Lugares donde la cantidad total de combustible de Clase A e inflamables de Clase C están presentes en una proporción mayor que la esperada en lugares con riesgo leve(Cajó). Estas localidades podrían consistir en comedores, tiendas de mercadería y el almacenamiento correspondiente, manufactura ligera. (3) Riesgo Extra (Alto) Lugares donde la cantidad total de combustible de Clase A e inflamables de Clase C están presentes en almacenamiento, en producción y/o como productos terminados, en cantidad sobre y por encima de aquellos esperados y clasificados como riesgos ordinarios. Estos podrían consistir en talleres de carpintería, salones de exhibición de productos individuales.	Riesgo	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	2	1.5.1.	Requisitos generales	La clasificación de extintores consistirá en una letra que indica las clases de incendio para el cual un extintor ha sido encontrado efectivo, precedido por un numero de clasificación (Clase A o B solamente) que indica la efectividad relativa de extinción.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	3	1.5.3.	Ubicación óptima	Los extintores deben estar localizados donde sean accesibles con presteza y disponibles inmediatamente en el momento del incendio. Deben estar localizados preferentemente a lo largo de las trayectorias normales de tránsito incluyendo las salidas del área.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	4	1.5.10.	Altura óptima de ubicación	Los extintores con un peso bruto no superior a 18,4 kg deben estar instalados de tal forma que su parte superior no este a mas de 1,53 m por encima del piso. Los extintores con un peso superior a 18,4 kg deben estar instalados de tal forma que la parte superior no este a mas de 1,07 m por encima del piso.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	5	1.5.11.	Instrucciones de operación	Las instrucciones de operación del extintor deben estar localizados en el frente del extintor y deben estar claramente visibles. Las etiquetas de mantenimiento cada 6 años y de las pruebas de hidrostática no deben estar localizados en el frente del extintor.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	6	3.3.4.	Clasificación de la clase de fuego a extinguir	Fuegos Clase A: Son los fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos. Fuegos Clase B: Son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, alcohol y gases inflamables. Fuegos Clase C: Son incendios donde están presentes equipos eléctricos y energizados y donde la no conductividad eléctrica del medio de extinción es importante. Fuegos Clase D: Son aquellos fuegos en metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio. Fuegos Clase K: Fuegos en aparatos de cocina que involucran un medio combustible para cocinar (aceites y grasas).	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	7	6.2.1.	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.2.)	Los tamaños mínimos de extintores para los grados de riesgo deben ser suministrados en base a la tabla B.2.2. que son 2A (1 extintor de 9,46 L de agua puede ser utilizado para satisfacer los requisitos de un extintor clasificado como 2A). Los extintores deben estar localizados de tal forma que las distancias máximas a recorrer no excedan las especificadas en la tabla B.2.2., que es de 22,7 m.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	8	5.2.3.	Cantidad mínima de extintores	Si el área del piso de un establecimiento es menor que la especificada en la tabla C.2.2., al menos debe ser instalado un extintor del tamaño mínimo recomendado.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	9	5.2.4.	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida	Los requisitos de protección pueden cumplirse con extintores de una clasificación mas alta, teniendo en cuenta que la distancia recorrida a los extintores así estos sean mas grande no exceda los 22,7 m.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	10	5.3.1.	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.3)	Los tamaños mínimos de extintores para los grados de riesgo deben ser suministrados en base a la tabla B.2.3. Los extintores deben estar localizados de tal forma que las distancias máximas a recorrer no excedan las especificadas en la tabla C.2.3.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	11	5.3.4.	Extintores de menor clasificación	No deben ser utilizados dos o mas extintores de menor clasificación para llenar los requisitos de la tabla C.2.3.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		
	12	5.3.5.	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida	Los requisitos de protección pueden ser llevados a cabo con extintores de clasificaciones mas altas teniendo en cuenta que la distancia de recorrido a los extintores mas grandes no exceda los 15,25 m.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA		

Tabla C.2.2.(*): Tamaño y localización para extintores de Clase A.

	Ocupación Riesgo Leve (bajo)	Ocupación Riesgo Ordín. (moderado)	Ocupación Riesgo Extra (alto)
Clasificación mínima Extintor individual	2.A*	2.A*	4.A†
Area máxima por Unidad de A	3.000 pies ² 280 m ²	1.500 pies ² 140 m ²	1.000 pies ² 93 m ²
Area máxima cubierta por extintor	11.250 pies ² ‡ 1.045 m ²	11.250 pies ² ‡ 1.045 m ²	11.250 pies ² ‡ 1.045 m ²
Distancia máxima a recorrer hasta el extintor	75 pies 22.7 m	75 pies 22.7 m	75 pies 22.7 m

* Dos Extintores de 2½ gal. (9.46 L) de agua pueden ser utilizados para satisfacer los requisitos de un extintor de clasificación 4.A.
† Ver apéndice E.3.3.

‡ Hasta dos extintores de agua con clasificación 1.A pueden usarse para llenar el requisito de un extintor 2.A para riesgos leves.

NOTA: 1 pie = 0.305 m.
1 pie cuadrado = 0.0929 m²

Tabla C.2.3. (**): Tamaño y localización de extintores para riesgos Clase B

Tipo de Riesgo	Clasificación Básica Mínima del Extintor	Distancia Máxima a recorrer hasta el Extintor	
		(pies)	(m)
Leve (bajo)	5B	30	9.15
	10B	50	15.25
Ordinario (moderado)	10B	30	9.15
	20B	50	15.25
Extra (alto)	40B	30	9.15
	80B	50	15.25

NOTAS

(1) Las clasificaciones especificadas no implican que ocurran incendios de las magnitudes indicadas por estas clasificaciones, pero más bien dan al operador mayor tiempo y potencial de extinción para manejar fuegos difíciles en derrames que puedan ocurrir.

(2) Para fuegos que involucren líquidos inflamables solubles en agua. Ver 4.3.4.

(3) Para aplicación a riesgos específicos. Ver sección 4.3.

(*) Tabla C.2.2. Corresponde a la tabla 5.2.1. de la NFPA 10.

(**) Tabla C.2.3. Corresponde a la tabla 5.3.1. de la NFPA 10.

C.3 Requisitos para Rociadores Automáticos – NFPA 13 [48].

Tabla C.3.1.: Checklist de requerimientos para rociadores automáticos según NFPA-13.

DISCOTECA	PUNTO EN NFPA 10	APARTADO REQUISITO	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO DE SEGURIDAD	TIPO DE PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
	1	1.4.	Clasificación del riesgo de ocupación	El riesgo dependiendo del tipo de ocupación del local, es decir, su actividad, se divide en : (1)Riesgo Leve: Lugares donde el total de materiales combustibles de Clase A que incluyen muebles, decoraciones y contenidos, es de menor cantidad. Estos pueden incluir edificios o cuartos ocupados como oficinas, salones de asambleas, etc. Esta clasificación prevé que la mayoría de los artículos contenidos son o no combustibles o están dispuestos de tal forma que no se de una rápida propagación del fuego. Están incluidos también pequeñas cantidades de inflamables de Clase C, siempre que se mantengan en envases sellados y estén seguramente almacenados. (2) Riesgo Ordinario: Lugares donde la cantidad total de combustible de Clase A e inflamables de Clase C están presentes en una proporción mayor que la esperada en lugares con riesgo leve(Cajo). Estas localidades podrían consistir en comedores, tiendas de mercadería y el almacenamiento correspondiente, manufactura ligera. (3) Riesgo Extra (Alto) Lugares donde la cantidad total de combustible de Clase A e inflamables de Clase C están presentes en almacenamiento, en producción y/o como productos terminados, en cantidad sobre y por encima de aquellos esperados y clasificados como riesgos ordinarios. Estos podrían consistir en talleres de carpintería, salones de exhibición de productos individuales.	Riesgo	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	2	1.5.1.	Requisitos generales	La clasificación de extintores consistirá en una letra que indica la clases de incendio para el cual un extintor ha sido encontrado efectivo, precedido por un numero de clasificación (Clase A o B solamente) que indica la efectividad relativa de extinción.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	3	1.5.3.	Ubicación óptima	Los extintores deben estar localizados donde sean accesibles con presteza y disponibles inmediatamente en el momento del incendio. Deben estar localizados preferentemente a lo largo de las trayectorias normales de tránsito incluyendo las salidas del área.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	4	1.5.10.	Altura óptima de ubicación	Los extintores con un peso bruto no superior a 18,4 kg deben estar instalados de tal forma que su parte superior no este a mas de 1,53 m por encima del piso. Los extintores con un peso superior a 18,4 kg deben estar instalados de tal forma que la parte superior no este a mas de 1,07 m por encima del piso.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	5	1.5.11.	Instrucciones de operación	Las instrucciones de operación del extintor deben estar localizados en el frente del extintor y deben estar claramente visibles. Las etiquetas de mantención cada 6 años y de las pruebas de hidrostática no deben estar localizados en el frente del extintor.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	6	3.3.4.	Clasificación de la clase de fuego a extinguir	Fuegos Clase A: Son los fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos. Fuegos Clase B: Son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, alcohol y gases inflamables. Fuegos Clase C: Son incendios donde están presentes equipos eléctricos y energizados y donde la no conductividad eléctrica del medio de extinción es importante. Fuegos Clase D: Son aquellos fuegos en metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio. Fuegos Clase K: Fuegos en aparatos de cocina que involucran un medio combustible para cocinar (aceites y grasas).	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	7	5.2.1.	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.2.)	Los tamaños mínimos de extintores para los grados de riesgo deben ser suministrados en base a la tabla B.2.2. que son 2A (1 extintor de 9,46 L de agua puede ser utilizado para satisfacer los requisitos de un extintor clasificado como 2A). Los extintores deben estar localizados de tal forma que las distancias máximas a recorrer no excedan las especificadas en la tabla B.2.2., que es de 22,7 m.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	8	5.2.3.	Cantidad mínima de extintores	Si el área del piso de un establecimiento es menor que la especificada en la tabla C.2.2., al menos debe ser instalado un extintor del tamaño mínimo recomendado.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	9	5.2.4.	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida	Los requisitos de protección pueden cumplirse con extintores de una clasificación mas alta, teniendo en cuenta que la distancia recorrido a los extintores así estos sean mas grande no exceda los 22,7 m.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	10	5.3.1.	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.3)	Los tamaños mínimos de extintores para los grados de riesgo deben ser suministrados en base a la tabla B.2.3. Los extintores deben estar localizados de tal forma que las distancias máximas a recorrer no excedan las especificadas en la tabla C.2.3.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	
	11	5.3.4.	Extintores de menor	No deben ser utilizados dos o mas extintores de menor clasificación para llenar los requisitos de la tabla C.2.3.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION	
	12	5.3.5.	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la	Los requisitos de protección pueden ser llevados a cabo con extintores de clasificaciones mas altas teniendo en cuenta que la distancia de recorrido a los extintores mas grandes no exceda los 15,25 m.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	

Tabla C.3.2.(*): Limitaciones al área máxima de protección del sistema en la misma planta según el tipo de riesgo.

Riesgo Leve	52.000 pies ² (4.831 m ²)
Riesgo Ordinario	52.000 pies ² (4 831 m ²)
Riesgo Extra	
Sistema Tabulado	25.000 pies ² (2.323 m ²)
Sistema Hidráulicamente	
Calculado	40.000 pies ² (3.716 m ²)
Almacenamiento - en Pilas de Gran Altura (tal como se define en 1-4.2) y Almacenamiento cubierto por otras normas NFPA	40.000 pies ² (3.716 m ²)

Tabla C.3.3. (**): Área Protegida y Espaciamiento máximo (Rociadores Normales Montantes y Rociadores Normales Pendientes).

Tipo de Construcción	Riesgo Leve		Riesgo ordinario		Riesgo Extra		Almacenamiento en Pilas Altas	
	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)
	pies ²	pies	pies ²	pies	pies ²	pies	pies ²	pies
No combustible obstruida y sin obstrucciones, y combustible sin obstrucciones	225	15	130	15	100	12	100	12
Combustible obstruida	168	15	130	15	100	12	100	12

Para unidades SI: $1\text{pie}^2 = 0,029\text{m}^2$; $1\text{pie} = 0,3048\text{m}$

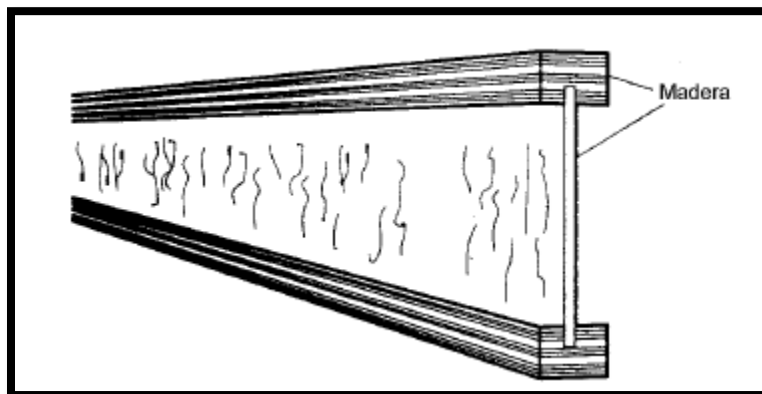


Figura C.3.1.(a) (**): Ejemplos de obstáculos constructivo-Construcción típica con viguetas de madera compuestas.

(*) Tabla C.3.2. Corresponde a la tabla 4.2. de la NFPA 13.

(**) Tabla C.3.3. Corresponde a la tabla 4.6.2 de la NFPA 13.

(***) Figura C.3.1.(a) Corresponde a la figura A1.4.6(a) de la NFPA 13.

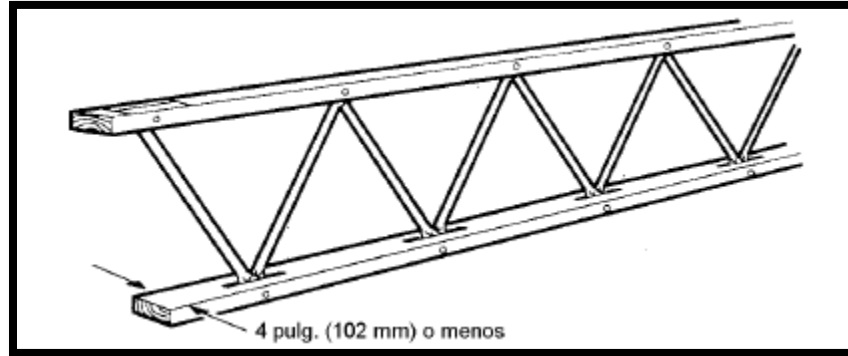


Figura C.3.1.(b) (****): Ejemplos de obstáculos constructivos-construcción con viguetas de celosía de madera.

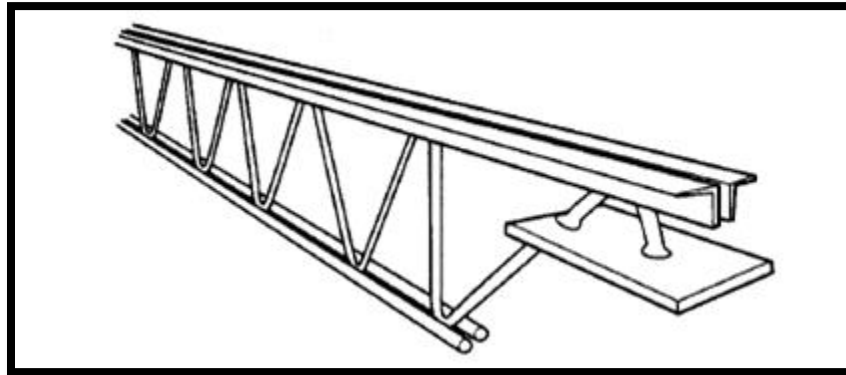


Figura C.3.1.(c) (****): Ejemplos de obstáculos constructivos-construcción con viguetas de celosía con alma abierta.

(****) Figura C.3.1.(b) Corresponde a la figura A1.4.6(b)(i)1 de la NFPA 13.
(****) Figura C.3.1.(c) Corresponde a la figura A1.4.6(b)(i)2 de la NFPA 13.

C.4 Requisitos para Señales de Seguridad contra Fuegos – NFPA 170 [54].

Tabla C.4.1.: Checklist de requisitos para señales según NFPA-170.

DISCOTECA/PUNTO	APARTADO EN NFPA 170	REQUISITO	DESCRIPCION	SIMBOLO DE SEGURIDAD	TIPO DE SIMBOL O	OBSERVACIONE RESUMEN S
1	3.2.1.	Salida de emergencia	Características: Campo cuadrado, fondo verde, abertura de la puerta blanca; imagen en verde o negro. Aplicación: Identificación y localización de una salida de emergencia. Ejemplo: La localización de una salida para una emergencia.		Símbolos de uso general	
2	3.2.2.	Ruta de salida de emergencia	Características: Para flecha: Forma cuadrada, fondo blanco, flecha en verde o negro. Aplicación: La identificación y localización de una ruta para ser usada en una emergencia. Ejemplo: La dirección hacia la salida de incendio.			
3	3.2.5.	NO es salida	Características: Campo Cuadrado, fondo blanco, marco puerta verde, abertura puerta en blanco, imagen verde o negro; círculo y raya diagonal roja. Aplicación: La identificación de puertas que no conducen a una salida. Ejemplo: Una puerta interior que conduce a un armario, cuarto interior, patio o rótulo.			
4	3.2.11.	Alarma iniciadoras activadas manualmente	Características: Campo rectangular, fondo blanco, llama roja, mano negra, caja roja, corneta roja, ondas sonoras rojas. Aplicación: Una instrucción para actuar una alarma, elemento iniciador en una emergencia. Ejemplo: Colocado encima de un elemento iniciador activado manualmente.			
5	4.2.3.	Conexión al sistema de gabinetes (standpipe)	Característica: Campo cuadrado, fondo rojo, símbolo blanco. Aplicación: La identificación y localización de la conexión de un Cuerpo de Bomberos a un sistema de gabinetes. Ejemplo: • La localización de la conexión a sistemas de gabinetes en edificios y otras estructuras.		Símbolos de uso para el cuerpo de bomberos	
6	4.2.5.	Hidrantes	Características: Campo cuadrado, fondo rojo, símbolo blanco. Aplicación: La identificación y localización de un hidrante de incendio. Ejemplo: La localización de hidrantes de piso, de muro, bajo tierra y otras fuentes de agua para combate de incendios.			
7	4.2.9.	Mangueras contra incendios y gabinetes	Características: campo cuadrado, fondo rojo, símbolo blanco. Aplicación: Localización de gabinetes, carreteles con mangueras y salidas para combate de incendio. Ejemplos: • Localización en interiores de Gabinetes con mangueras contra incendio y salidas de agua en edificios y estructuras. • Localización en puentes y estructuras elevadas.			
8	4.2.10.	Extintores	Características: Campo cuadrado, fondo rojo, símbolo blanco. Aplicación: Localización de extintores Ejemplo: • Localización de extintores en edificio y en ubicaciones exteriores.			
9	4.2.11.	Flecha direccional	Características: Campo cuadrado, fondo (rojo o azul) que corresponda con el signo acompañante o símbolo blanco. Aplicación: Orienta hacia la ubicación de equipo contra incendio o de elementos. Siempre usado junto con y adyacente a otros símbolos indicadores de los equipos particulares o los elementos.			
10	4.2.12.	Flechas direccionales diagonales	Características: Campo cuadrado, fondo (rojo o Azul) que corresponda con el signo acompañante, símbolo blanco. Aplicación: Dirección hacia la ubicación de equipo de protección contra incendio. Siempre usado junto con y adyacente a otros símbolos indicadores del equipo o elemento particular.			

D ANEXO D: APOYO VISUAL DE RECINTOS

D.1 DISCOTECA PANDEMONIUM



Ilustración D.1.1.: Vista General de fachada principal de discoteca Pandemonium.



Ilustración D.1.2.: Vista superior de escaleras de acceso desde terraza (cota +5,00).



Ilustración D.1.3.: Vista general de terraza de acceso (cota +5,00 m, obstáculos visibles en la mitad de la terraza).



Ilustración D.1.4.: Vista lateral de entrada principal.



Ilustración D.1.5.: Vista de segundo piso desde pista central (cota +5,00 m).



Ilustración D.1.6.: Vista del recinto desde la entrada (cota +5,00 m)



Ilustración D.1.7.: Vista de salida de evacuación desde pista central.



Ilustración D.1.8.: Vista acceso desde terraza (elemento de protección activa presente en el muro de la fallada del recinto)



Ilustración D.1.9.: Vista general de techo del recinto desde pista central (cota +5,00 m).



Ilustración D.1.10.: Vista pista principal hacia otro sector del segundo piso del recinto (cota +5,00 m)



Ilustración D.1.11.: Vista segundo piso desde escenario.



Ilustración D.1.12.: Vista general de segundo piso (cota +7,50 m)



Ilustración D.1.13.: Vista superior de pista central desde segundo piso (cota +7,50 m)

D.2 DISCOTECA EXFABRICA



Ilustración D.2.1.: Vista general de fachada principal de discoteca EX Fábrica – 2 accesos (cota +0,00 m).



Ilustración D.2.2.: Vista general del pasillo central de la primera planta desde pasillo de entrada (cota +0,00 m).



Ilustración D.2.3.: Vista general del pasillo central de la primera planta desde escalera de acceso a segundo piso (cota +0,00 m).

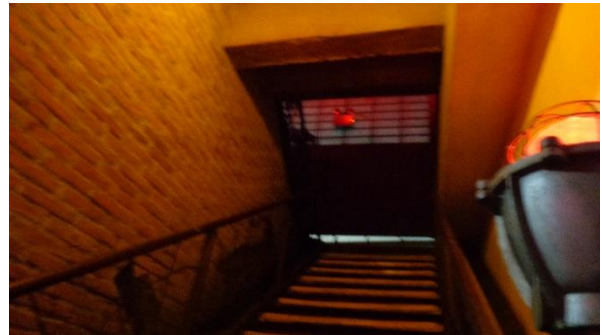


Ilustración D.2.4.: Vista inferior de escalera acceso a segundo piso (cota +0,00 m).

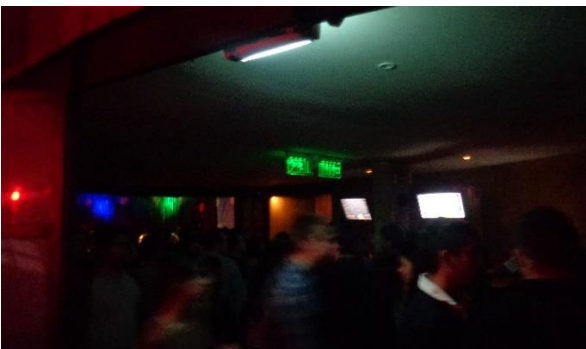


Ilustración D.2.5.: Vista general, desde ingreso de escalera acceso, de pasillo que comunica a ambas pistas centrales (cota +3,50 m).

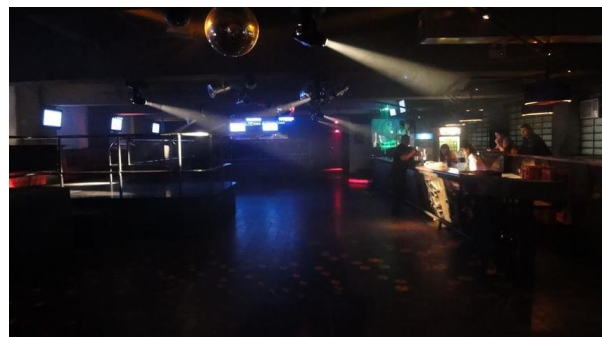


Ilustración D.2.6.: Vista general desde pasillo central del segundo piso de la pista central 1 (cota +3,50 m).



Ilustración D.2.7.: Vista general de pista central 1 del segundo piso hacia el pasillo central (cota +3,50 m).



Ilustración D.2.8.: Vista general del vip del segundo piso desde pasillo central (cota +3,50 m).



Ilustración D.2.9.: Vista general de vip del segundo piso hacia pasillo central – presencia de mobiliario (cota +3,50 m).

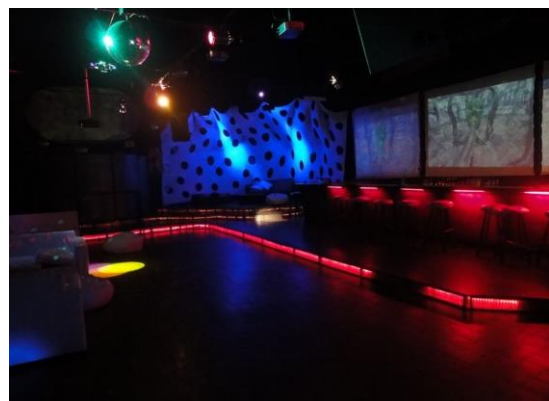


Ilustración D.2.10.: Vista general de la pista central 2 del segundo piso – presencia de mobiliario (cota +3,50 m).



Ilustración D.2.11.: Vista general de la sala de estar del segundo piso – presencia de mobiliario (cota +3,50 m).



Ilustración D.2.12.: Vista general de pista central 2 del segundo piso hacia el pasillo central (cota +3,50 m).



Ilustración D.2.13.: Vista general, desde ingreso de escalera acceso, de pasillo que comunica a ambas pistas centrales – señales direccionales perpendiculares al flujo del tipo foto luminiscente ubicadas en el techo (cota +3,50 m).



Ilustración D.2.15.: Vista general desde pasillo central del segundo piso de la pista central 1 –señales de emergencia del tipo foto luminiscente ubicadas en el techo (cota +3,50 m).



Ilustración D.2.14.: Vista inferior de escalera acceso a segundo piso - pasamanos a ambos lados (cota +0,00 m).

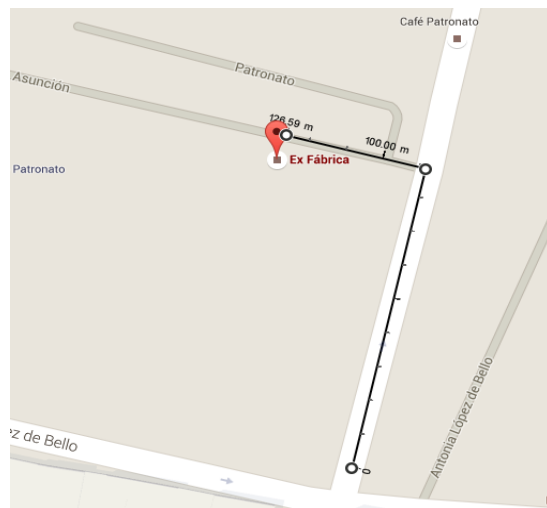


Ilustración D.2.16.: Vista general de la ubicación del grifo más cercano al recinto (L= 126,59 m).

D.3 DISCOTECA CLUB MATTA



Ilustración D.3.1.: Vista general de la pista central de discoteca Club Matta –desde la entrada interior (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.3.: Vista general de la pista central desde arranque de pasillo lateral (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.5.: Vista superior de pista central hacia pasillo lateral.



Ilustración D.3.2.: Vista general salida lateral desde pista central (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.4.: Presencia de mobiliario en sector vip del recinto a un costado de pista central (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.6.: Vista general de acceso interior desde la pista central de discoteca Club Matta –presencia de señales fotoluminiscentes y sin iluminación propia ubicadas en la dirección del flujo sobre la salida interior (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.7.: Vista general de pista central hacia acceso lateral (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.9.: Vista general de pista central desde acceso lateral – cielo con presencia de abundante material de fácil combustión y rápida propagación (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.11.: Vista general de pista central desde acceso lateral (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.8.: Vista general de pasillo hacia acceso lateral desde pista central – presencia de extintor, señalética, material combustible (poliuretano) en el cielo y desnivel en el suelo (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.10.: Vista general de señalética de forma perpendicular a la evacuación en forma deficiente sin iluminación propia ni del tipo foto luminiscente (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.12: Vista inferior del detalle del cielo de la pista del segundo piso con presencia de material combustible como poliuretanos entre otros (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.13.: Vista inferior de sistema de extracción de humo desde sector vip (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.14.: Vista de extintor ubicado en el sector de guardarropía de la pista central (cota +0,00 m).



Ilustración D.3.15.: Grifo ubicado a una distancia inferior a 50 m desde la salida del acceso lateral (cota +0,00 m).

E ANEXO E: DETALLES DE LOS RESULTADOS DEL CHECKLIST APLICADO A LOS RECINTOS SEGÚN OGUC [60].

E.1 DISCOTECA PANDEMONIUM.

Tabla E.1.(a): Resultados del checklist según OGUC aplicado a discoteca Pandemonium.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	1	Carga de ocupación	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	En base a la información dispuesta por la discoteca, su ocupación máxima es de 475 personas aprox, lo que nos un factor de ocupación de 0,44 [m ² /persona]. Este valor es menor que el límite establecido como mínimo por la OGUC, que es de 0,50 [m ² /persona] para este tipo de recintos.	NO CUMPLE
	2	Existencia de corrientes encontradas de tránsito	PASILLOS/ ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO	No se observan posibles corrientes encontradas.	CUMPLE
	3	Ancho mínimo de las vías de evacuación	CUALQUIER MEDIO DE EGRESO	MEDIO DE EGRESO	Los accesos principales cumplen la condición de tener un ancho adecuado para un total de 167 personas (obtenidas de dividir el total de ocupantes (500) por el número de salidas(3)). También lo cumple el pasillo-terraza, con un ancho de 3,10 m(recomendado de 3,00 m). Lo mismo sucede para las escaleras, de ancho 1,24 m cada una.	CUMPLE
	4	Anchos mínimos de escaleras	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO	Las 2 escaleras cumple el ancho mínimo requerido de 1,10 m para una demandad de circulación inferior a las 50 personas.	CUMPLE
	5	Ancho mínimo de escaleras que llegan a planta de evacuación	ESCALERAS INTERIORES DE PLANTA DE EVACUACION	MEDIO DE EGRESO	Las escaleras que llegan al piso principal, tienen un ancho de 1,24 m c/u. Por ende, no cumplen el mínimo de 1,80 m.	NO CUMPLE
	6	Ancho mínimo de salidas de evacuación para recintos de más de 1 piso	ALMACENAMIENTO DE MATERIAL COMBUSTIBLE	GENERAL	El punto 3, con respecto al almacenamiento y venta de alcohol en el segundo piso, es incumplido, dado que si existe tal actividad como en la mayoría de este tipo de recintos.	NO CUMPLE
	ESCALERAS DE ACCESO		MEDIO DE EGRESO	El punto 4, que trata del ancho recomendado de 2 m para escaleras de acceso, es cumplido, dado que se tiene un ancho de escalera acceso desde la cota inferior a la planta principal de un ancho de 2,80 m.	CUMPLE	
	PASILLOS		MEDIO DE EGRESO	En el punto 5, se exige un ancho de 1 m por cada 125 espectadores para los pasillos. El recinto no tiene pasillos como tal, sin embargo, la terraza exterior posee esta función, su ancho es de 3,10 m. Su función es evacuar a un total de 475 personas y si seguimos la recomendación antes descrita, debiera tener un ancho de 3,8 m en todo su largo.	NO CUMPLE	
	7	Distancia máxima desde llegada de una escalera de evacuación hasta una salida	RECORRIDO DE EVACUACION EN PLANTA DISTINTA A LA DE EVACUACION	MEDIO DE EGRESO	Se permite una distancia máxima de 40 m, la cual no es sobrepasada, dado que dependiendo del punto de partida mas desfavorable se tienen distancias no superiores a 27 m. (Recorridos 1,2,3,4,5,6)	CUMPLE
	RECORRIDO TOTAL DE EVACUACION EN LA PLANTA DE SALIDA		MEDIO DE EGRESO	En el caso de situarse en la misma planta de evacuación, la distancia de recorrido hasta el lugar seguro no debe sobrepasar los 40 m, por tanto, los recorridos 3 y 4 son los mas riesgosos al presentar distancias de 47 m y 41 m respectivamente.	NO CUMPLE	
8	Requisitos de escaleras de evacuación	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO	El punto 1, que recomienda tener anchos libres no menores a 1,20 m, es cumplido, dado que las dos escaleras interiores poseen dimensiones de 1,24 m c/u. En el punto 5, se establece la construcción de dos escaleras ubicadas en posiciones opuestas; el recinto solo cuenta con solo una escalera principal de acceso que es ocupada por casi 500 personas.	NO CUMPLE	

Tabla E.1.(b): Resultados del checklist según OGUC aplicado a discoteca Pandemonium (Continuación).

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	9	Presencia de pasamanos en escaleras de evacuación	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO	Todas las escaleras del recinto tienen pasamanos.	CUMPLE
	10	Ancho libre de pasillos	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO	El recinto no cuenta con pasillos, sin embargo, la terraza existente es usada como pasillo, De acuerdo a la recomendación, se exige 2,38 m; la terraza posee un ancho de 3,10; por tanto, este sobredimensionado según este criterio	CUMPLE
	11	Ancho de pasillos	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO	Dado que solo se observa un pasillo-terraza, el ancho de este ultimo debe cubrir lo dispuesto por este punto que es de 3,80 m, sin embargo, el ancho de la terraza es inferior, 3,10 m.	NO CUMPLE
			ACCESOS PRINCIPALES	MEDIO DE EGRESO	De acuerdo a este punto, el criterio establece una relación de 1 m por cada 125 personas, si la ocupación máxima es de 475 personas, esto nos entrega un ancho total de 3,8 m, los cuales, deben ser cubiertos por la suma de los anchos de todas las salidas. Si sumamos el ancho de todas las salidas, S01, S02 Y S03 da un valor de 6 m aprox.. Por ende, el ancho recomendado esta cubierto.	CUMPLE
	12	Elementos de seguridad ubicados en muros de vías de evacuación	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Existencia de elementos de arquitectura (plantas), ubicadas al medio de la terraza que disminuye el ancho efectivo de evacuación. Además, el elemento de seguridad de mangueras contra incendios, posee un ancho superior a 15 cm,	NO CUMPLE
	13	Relación entre el ancho de puertas y pasillos afluentes	PUERTAS	MEDIO DE EGRESO	En el interior del recinto no se observan pasillos que desemboquen en una puerta o salidas.	N/A
	14	Apertura de puertas en el sentido de la evacuación	ACCESOS	MEDIO DE EGRESO	Las puertas de acceso abren en el sentido de la evacuación.	CUMPLE
	15	Señalización de puertas de acceso y egreso	ACCESO PRINCIPAL	SEÑALIZACION	1 de 3 accesos principales cuenta con la señal indicada en el interior del recinto.	NO CUMPLE
	16	Ancho del acceso principal	ACCESO PRINCIPAL	MEDIO DE EGRESO	La ocupación máxima es inferior a 500 personas, y el acceso principal al local desde el nivel del suelo, es a través de una escalera que desemboca en una terraza de un ancho superior a 9 m.	CUMPLE
	17	Funcionamiento de puertas de salida	ACCESO PRINCIPAL	MEDIO DE EGRESO	Todas las puertas presentes se abren hacia afuera pero no tienen dispositivos de suspensión	NO CUMPLE

Tabla E.1.(c): Resultados del checklist según OGUC aplicado a discoteca Pandemonium (Continuación).

PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
18	Señalética de puertas de salida	ACCESO PRINCIPAL	SEÑALIZACION	1 de 3 accesos principales cuenta con la señal indicada en el interior del recinto.	NO CUMPLE
19	Capacidad volumétrica del interior	CAPACIDAD VOLUMETRICA	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	De acuerdo a la recomendación de ventilación por persona de 3 m3, si analizamos la ocupacion maxima del recinto como 475 personas, nos da una capacidad volumétrica de 1425 m3. Si usamos el área total del recinto, 397,43 m2, y su altura promedio de 5 m , nos da un volumen del recinto de 1987 m3 aproximadamente, lo que excede a lo recomendado por la normativa y no se hace necesario la instalación de mecanismos de ventilación.	CUMPLE
20	Existencia de claraboyas	CLARABOYAS	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El techo del recinto es hermético, por tanto, no se observa la instalación de claraboyas.	NO CUMPLE
21	Existencia de sistemas de ventilación	VENTILACION	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No presenta instalaciones mecánicas de ventilación en su interior.	NO CUMPLE
22	Recintos que no requieren protección contra el fuego	SIN PROTECCION	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El recinto debe contar con sistemas de protección dado que el punto 1 no se cumple dado que posee un capacidad cercana a las 500 personas.	NO CUMPLE
23	Accesibilidad por parte de bomberos a la red pública de agua	ACCESO A RED PUBLICA DE AGUA	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	La capacidad del recinto es de menos de 1000 personas, por tanto, no es necesario que un grifo este conectado a la red publica de agua.	CUMPLE
24	Existencia de grifos	GRIFOS	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	La capacidad del recinto al ser de 500 personas, superior a las 300 que exige este apartado, indica que es necesario que la autoridad municipal instale un grifo a cuenta del propietario a una distancia máx. de 50 m.	CUMPLE
25	Presencia de muros cortafuegos en el perímetro	MUROS CORTAFUEGO	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No posee muros cortafuegos.	NO CUMPLE
26	Señalización de todas las vías de ocupación y sus accesos	SEÑALES	SEÑALIZACION	No hay un conjunto de señales adecuadas en el interior del recinto para todos lo medios de egreso, solo un a puerta de acceso cuenta con señalética.	NO CUMPLE
27	Funcionamiento de luz de emergencia	INSTALACIONES ELECTRICAS INDEPENDIENTE PARA MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION	No cuenta con un sistema aislado de emergencia para iluminar adecuadamente medios de egreso en el interior.	NO CUMPLE

E.2 DISCOTECA EX FABRICA.

Tabla E.2.(a): Resultados del checklist según OGUC aplicado a discoteca ExFabrica.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
Ex-Fabrica	1	Carga de ocupación	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	En base a la información dispuesta por la discoteca, su ocupación máxima es de 800 personas aproximadamente, lo que nos da un factor de ocupación de 0,46 [m ² /persona]. Este valor es menor que el mínimo establecido por la OGUC, que es de 0,50 [m ² /persona] para este tipo de recintos.	NO CUMPLE
	2	Existencia de corrientes encontradas de tránsito	PASILLOS/ ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO	Alta probabilidad de corrientes encontradas en el pasillo que une ambas pistas centrales en el segundo piso al momento que los ocupantes encuentren alguna escalera bloqueada debido a la alta densidad de ocupación en el arranque de estas.	NO CUMPLE
	3	Ancho mínimo de las vías de evacuación	CUALQUIER MEDIO DE EGRESO	MEDIO DE EGRESO	Los accesos principales cumplen la condición de tener un ancho adecuado para un total de 800 personas dado que son 2 accesos de 2,90 m cada uno.	CUMPLE
	4	Anchos mínimos de escaleras	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO	Las 2 escaleras deben evacuar a un total de 550 personas ubicadas en el segundo piso del local, c/u tiene un ancho de 1,64 m, y según lo exigido por OGUC, para este nivel de ocupación, deben ser 2 escaleras de ancho mínimo de 1,50 m.	CUMPLE
	5	Ancho mínimo de escaleras que llegan a planta de evacuación	ESCALERAS INTERIORES DE PLANTA DE EVACUACION	MEDIO DE EGRESO	Las escalera que llegan al piso principal, que además es de salida, tienen un ancho de 1,64 m. Por ende, no cumplen el mínimo de 1,80 m.	NO CUMPLE
	6	Ancho mínimo de salidas de evacuación para recintos de más de 1 piso	ALMACENAMIENTO DE MATERIAL COMBUSTIBLE	GENERAL	El punto 3, con respecto al almacenamiento y venta de alcohol en el segundo piso, es incumplido, dado que si existe tal actividad como en la mayoría de este tipo de recinto tanto en la primera como segunda planta.	NO CUMPLE
	ESCALERAS DE ACCESO		MEDIO DE EGRESO	La planta principal posee la misma cota que el acceso desde el exterior.	N/A	
	PASILLOS		MEDIO DE EGRESO	En el punto 5, se exige un ancho de 1 m por cada 125 espectadores para los pasillos. En el segundo piso el total de ocupantes es de 550 personas, si el pasillo central que une los sectores de pista central 1 y 2, es utilizado solo por las personas ubicadas en pista central 2 (200 personas), el ancho del pasillo debiera tener un ancho mínimo de 1,6 m, esto se cumple, dado que posee un ancho de 4,5 m. En la primera planta, la demanda de personas por los pasillos de entrada es la ocupación máxima de 800 personas, por lo anterior, el ancho mínimo total recomendado es de 6,40 m. Esto es incumplido, dado que los 2 pasillos de acceso suman un ancho de 5,8 m.	NO CUMPLE	
	7	Distancia máxima desde llegada de una escalera de evacuación hasta una salida	RECORRIDO DE EVACUACION EN PLANTA DISTINTA A LA DE EVACUACION	MEDIO DE EGRESO	Se permite una distancia máxima de 40 m, la cual es sobrepasada solo por el recorrido 2 por algo mas de 1 metro, en cambio, el recorrido 2 cumple tal condición.	CUMPLE
	RECORRIDO TOTAL DE EVACUACION EN LA PLANTA DE SALIDA		MEDIO DE EGRESO	En la misma planta de evacuación, la distancia máxima a recorrer por los ocupantes no supera los 40 m dado que recorrido 1 es de 13 m y recorrido 2 de 34 m.	CUMPLE	
8	Requisitos de escaleras de evacuación	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO	El punto 1, que recomienda tener anchos libres no menores a 1,20 m, las escaleras poseen un ancho de 1,64 m. En el punto 5, se establece la construcción de dos escaleras ubicadas en posiciones opuestas, el recinto cuenta con dos escaleras en esquinas opuestas de la planta principal para ser usada por la ocupación total del segundo piso del recinto que es de 550 personas aproximadamente.	CUMPLE	

Tabla E.2.(b): Resultados del checklist según OGUC aplicado a discoteca ExFabrica (Continuación).

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
Ex-Fabrica	9	Presencia de pasamanos en escaleras de evacuación	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO	Todas las escaleras del recinto tienen pasamanos.	CUMPLE
	10	Ancho libre de pasillos	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO	El recinto cuenta con pasillos de entrada de 2,90 m cada uno (2 en total). Dada la demanda de 800 personas, y si consideramos la condición de 0,5 cm por persona, esta ultima se cumple, dado que la restricción solo exige 4,0 m. Para el pasillo del segundo piso, tal condición también se cumple.	CUMPLE
	11	Ancho de pasillos	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO	El ancho de pasillos correspondiente a la indicación da un valor total de 6,4 m como mínimo. Para los pasillos en la entrada, esto no se cumple, dado que estos últimos suman un ancho 5,8 m. Para el caso del pasillo de la segunda planta, para una carga de 200 personas el ancho observado es de 4,5 m (para un valor recomendado de 1,6 m)	NO CUMPLE
			ACCESOS PRINCIPALES	MEDIO DE EGRESO	De acuerdo a este punto, el criterio establece una relación de 1 m por cada 125 personas, si la ocupación máxima del recinto es de 800 personas, esto nos entrega un ancho total de 6,4 m. Los cuales, deben ser cubiertos por la suma de los anchos de todas las salidas, esto ultimo da un valor de 5,80 m. Por ende, el ancho recomendado no esta cubierto.	NO CUMPLE
	12	Elementos de seguridad ubicados en muros de vías de evacuación	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No se observan elementos que interfieran la normal evacuación de los ocupantes	CUMPLE
	13	Relación entre el ancho de puertas y pasillos afluentes	PUERTAS	MEDIO DE EGRESO	En el interior del recinto no se observan pasillos que desemboquen en una puerta o salidas.	N/A
	14	Apertura de puertas en el sentido de la evacuación	ACCESOS	MEDIO DE EGRESO	Las puertas de acceso (2) abren en el sentido de la evacuación.	CUMPLE
	15	Señalización de puertas de acceso y egreso	ACCESO PRINCIPAL	SEÑALIZACION	Todos los accesos principales cuenta con la señal indicada en el interior del recinto.	CUMPLE
	16	Ancho del acceso principal	ACCESO PRINCIPAL	MEDIO DE EGRESO	Con una ocupación máxima de 800 pers. (entre 500 y 1000), el lugar no cumple, dado que el local solo accede a un paseo el cual conecta a una calle a menos de 50 m. Si bien el eje principal del recinto es paralelo a ese callejon, el recorrido de evacuación mas largo es de 60 m, por tanto, estaría incumpliendo la condición de que el desplazamiento máximo permitido es de 25 m a la salida.	NO CUMPLE
	17	Funcionamiento de puertas de salida	ACCESO PRINCIPAL	MEDIO DE EGRESO	Todas las puertas de acceso presentes se abren hacia afuera pero no tienen dispositivos de suspensión.	NO CUMPLE

Tabla E.2.(c): Resultados del checklist según OGUC aplicado a discoteca ExFabrica (Continuación).

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
Ex-Fabrica	18	Señalética de puertas de salida	ACCESO PRINCIPAL	SEÑALIZACION	Las puerta de egreso del segundo piso junto con el pasillo que conduce al arranque de la escalera 2 cuentan con señalética tanto en el dintel en el caso de la puerta y en el techo en el caso del pasillo.	CUMPLE
	19	Capacidad volumétrica del interior	CAPACIDAD VOLUMETRICA	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	De acuerdo a la recomendación de ventilación por persona de 3 m3, si analizamos la ocupación máxima del recinto para 800 personas, nos da una capacidad volumétrica de 2400 m3. Si usamos el área total del recinto (primer y segundo piso), 664,73 m2, y su altura promedio de 3,5 m, nos da un volumen del recinto de 2327 m3 aproximadamente. Si bien, este ultima es insuficientes, se asume que son casi idénticas, y por tanto, cumple la exigencia y no es necesaria la instalación de ventilación mecánica adicional.	CUMPLE
	20	Existencia de claraboyas	CLARABOYAS	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El entrepiso del recinto esta construido en base a losa de hormigón, por ende, la instalación de claraboyas es infactible.	N/A
	21	Existencia de sistemas de ventilación	VENTILACION	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No presenta instalaciones mecánicas de ventilación en su interior.	NO CUMPLE
	22	Recintos que no requieren protección contra el fuego	SIN PROTECCION	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El recinto debe contar con sistemas de protección dado que el punto 1 no se cumple dado que posee un capacidad mayor a 500 personas.	NO CUMPLE
	23	Accesibilidad por parte de bomberos a la red pública de agua	ACCESO A RED PUBLICA DE AGUA	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	La capacidad del recinto es de menos de 1000 personas, por tanto, no es necesario que un grifo este conectado a la red publica de agua.	CUMPLE
	24	Existencia de grifos	GRIFOS	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	La ocupación máxima del lugar es de 800 personas, superior a las 300 que exige este apartado para la existencia de grifos, esto indica que es necesario que la autoridad municipal instale un grifo a cuenta del propietario a una distancia máx. de 50 m.	NO CUMPLE
	25	Presencia de muros cortafuegos en el perímetro	MUROS CORTAFUEGO	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los muros exteriores del recinto son de hormigón armado que hace imposible la propagación del fuego hacia sectores colindantes con el recinto.	CUMPLE
	26	Señalización de todas las vías de ocupación y sus accesos	SEÑALES	SEÑALIZACION	Hay un conjunto de señales tanto en puertas, accesos como en pasillos que permiten la clara visión de estas ayudado por la tecnología foto luminiscente de estos.	CUMPLE
	27	Funcionamiento de luz de emergencia	INSTALACIONES ELECTRICAS INDEPENDIENTE PARA MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION	No se observa un sistema independiente de luz para los medios de egreso, esto se observa al momento de subir o bajar escaleras, estas no poseen ningún tipo de iluminación cuando las luces del segundo piso están en OFF.	NO CUMPLE

E.3 DISCOTECA CLUB MATTA.

Tabla E.3. (a): Resultados del checklist según OGUC aplicado a discoteca Club Matta.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
CLUB MATTA	1	Carga de ocupación	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	En base a la información dispuesta por la discoteca, su capacidad de ocupación es de 1000 personas aproximadamente, lo que nos da una capacidad de ocupación de 0,375 [m ² /persona]. Este valor es inferior a lo establecido por la OGUC, que es de 0,50 [m ² /persona] para este tipo de recintos.	NO CUMPLE
	2	Existencia de corrientes encontradas de tránsito	PASILLOS/ ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO	La aparición de probables corrientes encontradas debido principalmente a que la dirección del flujo de ocupantes en los pasillos es siempre hacia a las salidas.	CUMPLE
	3	Ancho mínimo de las vías de evacuación	CUALQUIER MEDIO DE EGRESO	MEDIO DE EGRESO	Los accesos principales cumplen la condición de tener un ancho adecuado para un total de 1000 personas dado que son 2 accesos que tienen un ancho total de 4,00 m.	CUMPLE
	4	Anchos mínimos de escaleras	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO		N/A
	5	Ancho mínimo de escaleras que llegan a planta de evacuación	ESCALERAS INTERIORES DE PLANTA DE EVACUACION	MEDIO DE EGRESO		N/A
	6	Ancho mínimo de salidas de evacuación para recintos de más de 1 piso	ALMACENAMIENTO DE MATERIAL COMBUSTIBLE	GENERAL		N/A
			ESCALERAS DE ACCESO	MEDIO DE EGRESO	La planta principal posee la misma cota que el acceso desde el exterior.	N/A
			PASILLOS	MEDIO DE EGRESO		N/A
7	Distancia máxima desde llegada de una escalera de evacuación hasta una salida	RECORRIDO DE EVACUACION EN PLANTA DISTINTA A LA DE EVACUACION	MEDIO DE EGRESO		N/A	
		RECORRIDO TOTAL DE EVACUACION EN LA PLANTA DE SALIDA	MEDIO DE EGRESO	Se incumple esta condición debido a que el recinto no cuenta con rociadores automáticos y por ende la distancia max. De recorrido debiera ser inferior a 40 m y existe un recorrido cuya distancia esta cerca de los 57 m.	NO CUMPLE	
8	Requisitos de escaleras de evacuación	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO		N/A	

Tabla E.3.(b): Resultados del checklist según OGUC aplicado a discoteca Club Matta (Continuación).

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
CLUB MATTA	9	Presencia de pasamanos en escaleras de evacuación	ESCALERAS INTERIORES	MEDIO DE EGRESO		N/A
	10	Ancho libre de pasillos	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO	El recinto cuenta con pasillos de entrada de 2,35 m y 1,65 m m. Dada la demanda de 1000 personas, y si consideramos la condición de 0,5 cm por persona, cada pasillo debiera tener un ancho de 2,5 m si consideramos que el flujo se divide 50/50 entre cada pasillo. Ningun pasillo cumple el ancho mínimo.	NO CUMPLE
	11	Ancho de pasillos	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO	El ancho de pasillos recomendado según esta indicación supone que para un total de 1000 ocupantes, 500 por cada pasillo, es de 4,0 m cada uno. Ninguno de los pasillos cumple dado que poseen anchos de 2,35 m y 1,65.	NO CUMPLE
			ACCESOS PRINCIPALES	MEDIO DE EGRESO	El acceso principal posee un ancho mayor a 2 m y cumple según lo indicado.	CUMPLE
	12	Elementos de seguridad ubicados en muros de vías de evacuación	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No se observan elementos que interfieran la normal evacuación de los ocupantes	CUMPLE
	13	Relación entre el ancho de puertas y pasillos afluentes	PUERTAS	MEDIO DE EGRESO	En el interior del recinto no se observan pasillos que desemboquen en una puerta o salidas.	N/A
	14	Apertura de puertas en el sentido de la evacuación	ACCESOS	MEDIO DE EGRESO	Las puertas de acceso (2) abren en el sentido de la evacuación.	CUMPLE
	15	Señalización de puertas de acceso y egreso	ACCESO PRINCIPAL	SEÑALIZACION	Todos los accesos principales (2) cuenta con la señal indicada en el interior del recinto.	CUMPLE
	16	Ancho del acceso principal	ACCESO PRINCIPAL	MEDIO DE EGRESO	El recinto cumple con la condición de que su salida principal da directamente a una calle, además la otra salida también conecta con otra calle principal. Sin embargo, se exige un ancho de 3 m para cada pasillo, cuestión que no cumple.	NO CUMPLE
17	Funcionamiento de puertas de salida	ACCESO PRINCIPAL	MEDIO DE EGRESO	Todas las puertas de acceso presentes se abren hacia afuera pero no tienen dispositivos de suspensión	NO CUMPLE	

Tabla E.3.(c): Resultados del checklist según OGUC aplicado a discoteca Club Matta (Continuación).

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
CLUB MATTA	18	Señalética de puertas de salida	ACCESO PRINCIPAL	SEÑALIZACION	Las puerta de egreso del piso principal cuentan con señalética en los dinteles de las puertas o costados de muro en el caso de un arranque de pasillo.	CUMPLE
	19	Capacidad volumétrica del interior	CAPACIDAD VOLUMETRICA	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	De acuerdo a la recomendación de ventilación por persona de 3 m3, si analizamos la capacidad del recinto para 1000 personas, nos da una capacidad volumétrica de 3000 m3. Si usamos el área total del recinto, 555 m2, y su altura promedio de 3,5 m , nos da un volumen del recinto de 2666 m3 aproximadamente,por tanto, es necesaria la instalación de ventilación mecánica adicional. El local, en el sector vip presenta un sistema de extracción o ventilación mecanico.	CUMPLE
	20	Existencia de claraboyas	CLARABOYAS	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay presencia de claraboyas en el techo del recinto	NO CUMPLE
	21	Existencia de sistemas de ventilación	VENTILACION	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No presenta instalaciones mecánicas de ventilación en su interior.	NO CUMPLE
	22	Recintos que no requieren protección contra el fuego	SIN PROTECCION	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El recinto debe contar con sistemas de protección dado que el punto 1 no se cumple dado que posee un capacidad mayor a 500 personas.	NO CUMPLE
	23	Accesibilidad por parte de bomberos a la red pública de agua	ACCESO A RED PUBLICA DE AGUA	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	La capacidad del recinto es de menos de 1000 personas, por tanto, no es necesario que un grifo este conectado a la red publica de agua.	CUMPLE
	24	Existencia de grifos	GRIFOS	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	La capacidad del recinto al ser de 700 personas, superior a las 300 que exige este apartado, indica que es necesario que la autoridad municipal instale un grifo a cuenta del propietario a una distancia máx.. de 50 m.	CUMPLE
	25	Presencia de muros cortafuegos en el perímetro	MUROS CORTAFUEGO	PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los muros exteriores del recinto son de albañilería y cumplen la condición de OGUC para muros cortafuegos con las propiedades colindantes.	CUMPLE
	26	Señalización de todas las vías de ocupación y sus accesos	SEÑALES	SEÑALIZACION	Deficiencia en algunas señales direccionales e indicadoras de salida al no contar con la iluminación indicada que ante la ausencia de luz no son visibles a cortas distancias.	NO CUMPLE
	27	Funcionamiento de luz de emergencia	INSTALACIONES ELECTRICAS INDEPENDIENTE PARA MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION	No se observa un sistema independiente de luz para los medios de egreso.	NO CUMPLE

F ANEXO F: DETALLES DE LOS RESULTADOS DEL CHECKLIST APLICADO A LOS RECINTOS SEGÚN NFPA

F.1 DISCOTECA PANDEMONIUM según NFPA

Tabla F.1.1.(a): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca Pandemonium.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	1	Ocupación de un sitio para reunión pública	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	La ocupación máxima del recinto es de 475 ocupantes, y dado que su uso es de entretenimiento-diversión, el factor de carga de ocupación recomendado es de 0,65 [m ² /persona], sin embargo, según lo observado el factor de ocupación es de 0,44 [m ² /persona].	NO CUMPLE
	2	Requisitos de un sitio definido como existentes para ocupaciones públicas	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	El recinto cumple el punto 1, dado que se trata de un edificio nuevo usado para reuniones públicas.	CUMPLE
	3	Número mínimo de salidas	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	La carga de ocupantes del recinto es de cerca de 500 personas, por ende, el número de salidas recomendado es de 3. El local cuenta con 3 salidas, por tanto, cumple la restricción.	CUMPLE
	4	Proximidad de salidas de evacuación y separación entre las salidas (ver FIG. C.1.1.)	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	De acuerdo a la disposición geométrica de la planta del recinto, la diagonal da un valor de 18,58 m, por tanto, la distancia recomendada entre salidas es de 9,29 m. Lo observado es que la distancia entre salidas es de 10,86 m. Se puede aceptar, dado que la diferencia es de aproximadamente 1,50 m.	CUMPLE
	5	Distancia máxima de recorrido común y total hasta las salidas (ver tabla C.1.3. y FIG. C.1.2.)	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	Los caminos de recorrido común observados son 3, 2 en el segundo piso de dimensiones 13,15 m y 26,17 m, y en el sector de la terraza desde el acceso 2 hasta la escalera de acceso de largo 8,64 m. Si usamos las recomendaciones de camino recorrido común, nos da un valor de 6,1 m, por tanto, no se cumple la restricción dado que estas distancias están dadas dado que no se observan ningún tipo de sistema de rociadores automáticos. Con respecto a camino total de evacuación, el valor recomendado es de 45 m, la ruta de mayor largo posee un largo de 67 m, por ende, tampoco cumple lo anterior.	NO CUMPLE
	6	Capacidad de Egreso de entrada/salida principal y de puertas interiores (ver tabla C.1.4.).	SALIDA PRINCIPAL Y OTRAS	MEDIO DE EGRESO	Los anchos de las salidas del recinto son: 2 de 2,25 m y 1 de 1,55 m. Esto cumple los anchos mínimos recomendados de 81 cm tanto para la salida principal como para las otras.	CUMPLE
	7	Variaciones del nivel de piso en puertas	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	No se observan variación en el nivel de piso al atravesar cualquier salida.	CUMPLE
	8	Balanceo de puertas y salidas en el sentido del recorrido de egreso	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	Todas las puertas,3 en total, se abren en el sentido de la evacuación.	CUMPLE

Tabla F.1.1.(b): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca Pandemonium.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	9	Capacidad de egreso de pasillos y anchos libres mínimos	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO	El ancho es cubierto de acuerdo al factor que entrega la recomendación.	CUMPLE
	10	Criterio dimensional de escaleras existentes	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO	El ancho recomendado de escaleras es de 1,12 m, las dos escaleras tienen un ancho de 1,24 m c/u.	CUMPLE
	11	Presencia de pasamanos a ambos lados de escaleras y detalles del montaje (ver Fig.C.1.3.)	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO	Las 2 escaleras observadas en el interior del recinto presentan pasamanos a ambos lados	CUMPLE
	12	Espacios utilizables de escaleras	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO	Los espacios utilizables de las escaleras, no son usados como lugares de almacenamiento de objetos combustibles.	CUMPLE
	13	Señalización de acceso a salidas de evacuación	SEÑALES DE ACCESO A SALIDAS	SEÑALIZACION	Se observan las señales de salidas solo de manera frontal y no cuando se transita de manera perpendicular en las inmediaciones.	NO CUMPLE
	14	Señalización de salidas de evacuación	SEÑALES DE SALIDAS	SEÑALIZACION	Solo 1 de 3 salidas presenta señalética adecuada	NO CUMPLE
	15	Ubicación de señales de salidas en las proximidades al suelo y en puertas	SEÑALES DE DIRECCION A SALIDAS	SEÑALIZACION	No cuenta el recinto con señalética de proximidad a salidas	NO CUMPLE
	16	Requisitos de visibilidad para señales de medios de egreso	VISIBILIDAD DE SEÑALES	SEÑALIZACION	No cuenta con señales distintivas suficientes.	NO CUMPLE

Tabla F.1.1.(c): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca Pandemonium.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	17	Tamaño y ubicación de señales direccionales, tipo chevron	UBICACIÓN DE SEÑALES DIRECCIONALES	SEÑALIZACION	No cuenta con señales direccionales.	NO CUMPLE
	18	Señalizaciones especiales: NO salida	SEÑALETICA DE NO SALIDA	SEÑALIZACION	El recinto no cuenta con espacios indicadores de No salida	CUMPLE
	19	Iluminación presente en todos los medios de egreso, entiéndase escaleras, pasillos, rampas	ILUMINACION DE MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION	Cuenta con iluminación solo de terraza y escalera de acceso.	NO CUMPLE
	20	Iluminación continua	ILUMINACION CONTINUA MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION	No hay iluminación continua dado que cuando el recinto esta con las luces en OFF, no se observa ningún tipo de luz en los medios de egreso.	NO CUMPLE
	21	Ubicación de la iluminación de los medios de egreso	UBICACIÓN DE LA ILUMINACION	ILUMINACION	No cuenta con luces empotradas en muros	NO CUMPLE
	22	Fuentes de energía de la iluminación de medios de egreso	FUENTE DE ENERGIA	ILUMINACION	No existe tal fuente, puesto que hay un sistema unificado de luz para todo el recinto.	NO CUMPLE
	23	Desempeño del sistema de iluminación de emergencia	SISTEMA DE EMERGENCIA	ILUMINACION	No cuenta con sistema de emergencia	NO CUMPLE
	24	Iluminación de emergencia de señales	SEÑALES	ILUMINACION	No hay presencia de señales que cuenten con iluminación propia	NO CUMPLE











Tabla F.1.1.(d): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca Pandemonium.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
PANDEMONIUM	25	Iluminación continua e intermitente de las señales	SEÑALES ILUMINADAS INTERMITENTES	ILUMINACION	No existen señales del tipo intermitente	CUMPLE
	26	Nivel de iluminación de señales iluminadas exteriormente	NIVEL DE ILUMINACION DE SEÑALES	ILUMINACION		N/A
	27	Señales iluminadas interiormente (Tipo foto luminiscente)	SEÑALES FOTO-LUMINISCENTES	ILUMINACION	Existe solo una salida con señal foto luminiscente, sin embargo, hay falta de señales de este tipo para las restantes salidas	NO CUMPLE
	28	Sistema de alarma y detección contra incendios	Detección, alarma y comunicación-sistemas de alarma	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El recinto tiene una capacidad cercana a 500 personas y no cuenta con un sistema de iniciación de señal.	NO CUMPLE
	29	Iniciación manual de la alarma contra incendios	Detección, alarma y comunicación-cajas activadoras de emergencia	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay presencia de cajas manuales iniciadores de alarma.	NO CUMPLE
	30	Detección automática: Alarmas de detección (ver detalle en NFPA 72)	Detección, alarma y comunicación-sistemas de detección de humo o fuego	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay sistema de detección automática de fuego o humo en lugares dentro del recinto con nulo factor de ocupación.	NO CUMPLE
	31	Notificación a los ocupantes, tipo de señal activada pregrabada o manual	Detección, alarma y comunicación-Instrucciones de evacuación	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay un protocolo de emergencia, en el cual, las recomendaciones para una correcta evacuación sean asumidas por personal del recinto con visión superior general del recinto (Encargado de la música-DJ)	NO CUMPLE
	32	Controles de emergencia	Detección, alarma y comunicación-sistemas de mitigación de la emergencia	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El recinto no cuenta con sistemas de activos para el control de la propagación de humo o fuego.	NO CUMPLE
	33	Sistema de extinción (ver NFPA 10 Y NFPA 13)	Extinción	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No existe un sistema de rociadores automáticas, pese a ser un recinto de ocupación publica con capacidad de ocupación cercana a 500 personas,	NO CUMPLE

Tabla F.1.2.: Resultados del checklist según NFPA 10 [47] aplicado a discoteca Pandemonium.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTO DE SEGURIDAD	TIPO DE PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
DISCOTECA	1	Clasificación del riesgo de ocupación	Riesgo	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Se observan elementos combustibles como mobiliario y decoraciones en cielo y muros del recinto con materiales de origen plástico como poliuretano. RIESGO LEVE	CUMPLE
	2	Requisitos generales	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores observados son del tipo polvo químico multipropósito A-B-C.	CUMPLE
	3	Ubicación óptima	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores del primer piso estan ubicados, uno al lado del escenario y el otro al lado de la barra, alejados de las salidas de evacuacion. En cambio, en el segundo piso, solo hay 1 extintor en el vip 2 que no es visible desde el medio de egreso disponible(escalera). El vip 1 no tiene extintor.	NO CUMPLE
	4	Altura óptima de ubicación	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores, de peso equivalente a 9,1 kg, poseen una altura de ubicación menor de 1,53 m.	CUMPLE
	5	Instrucciones de operación	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	La orientación de los extintores es la óptima, es decir, las instrucciones son visibles para los ocupantes.	CUMPLE
	6	Clasificación de la clase de fuego a extinguir	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Presencia preferente de materiales de madera como mobiliarios y de plástico como decoraciones y telas(para el primer piso). Fuego Clase A	CUMPLE
PANDEMONIUM	7	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.2.)	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores observados son del tipo multipropósito A-B-C (10A-40B), por tanto, cumplen el requisito mínimo de 2A para ocupaciones de riesgo leve. En el primer piso estan distanciados a 20 m cada uno, sin embargo, los recorridos máximos de alcance dan distancias inferiores a 17 m. Por ende, dado que la recomendación es que no se excedan los 22,7 m, ambos extintores cumplen la normativa.	CUMPLE
	8	Cantidad mínima de extintores	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los 3 extintores del tipo multipropósito A-B-C que se encuentran en el lugar, poseen un potencial total extintor de 6A, y son capaces de cubrir un área de 6 veces 280 m2. Por tanto, dado que existen tres extintores, el área total del recinto de 400 m2 es cubierta.	CUMPLE
	9	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores multipropósitos A-B-C tienen una capacidad mayor a la recomendada de 2A. La distancia de recorrido es de 20 m.	CUMPLE
	10	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.3)	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No se observan extintores de capacidad menor a la recomendada de 2A.	N/A
	11	Extintores de menor clasificación	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No se observan extintores de capacidad menor a la recomendada de 2A.	N/A
	12	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Si bien los extintores multipropósito A-B-C tienen un potencial superior a 4A y el riesgo del recinto es leve, considerar que la gran cantidad de personas que albergan estos recintos puede aumentar el riesgo aunque no haya un cambio de materiales. Por tanto, la distancia de recorrido no debe exceder los 15,25 m. La separación observada entre los extintores del primer piso es de 20 m.	NO CUMPLE

Tabla F.1.3.: Resultados del checklist según NFPA 170 [54] aplicado a discoteca Pandemonium.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	SIMBOLO DE SEGURIDAD	TIPO DE SIMBOL O	OBSERVACIONE S	RESUMEN
PANDEMONUM	1	Salida de emergencia		Símbolos de uso general	No se observa	NO CUMPLE
	2	Ruta de salida de emergencia			No se observan señales direccionales.	NO CUMPLE
	3	NO es salida			N/A	
	4	Alarma iniciadoras activadas manualmente			No se observa	NO CUMPLE
	5	Conexión al sistema de gabinetes (standpipe)		N/A		
	6	Hidrantes		Símbolos de uso para el cuerpo de bomberos	No se observa	NO CUMPLE
	7	Mangueras contra incendios y gabinetes			Se encuentra a un lado de la terraza exterior, sin la señal característica.	NO CUMPLE
	8	Extintores			No se observa	NO CUMPLE
	9	Flecha direccional			No se observa	NO CUMPLE
	10	Flechas direccionales diagonales		N/A		

F.2 DISCOTECA EXFABRICA

Tabla F.2.1. (a): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca EXFABRICA

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
EXFABRICA	1	Ocupación de un sitio para reunión pública	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	La ocupación máxima del recinto es de 800 ocupantes, y dado que su uso es de entretenimiento-diversión, el factor de carga de ocupación recomendado es de 0,65 [m ² /persona], sin embargo, según lo observado para 800 personas, el factor de carga de ocupación es de 0,47 [m ² /persona]	NO CUMPLE
	2	Requisitos de un sitio definido como existentes para ocupaciones públicas	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	El recinto cumple el punto 4, dado que se trata de un edificio existente que luego de algunos cambios en su interior cambio a una ocupación para reuniones públicas.	CUMPLE
	3	Número mínimo de salidas	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	La carga de ocupantes del recinto es de más de 800 personas, por ende, el número de salidas recomendado es de 3. El local cuenta solo con 2 salidas principales.	NO CUMPLE
	4	Proximidad de salidas de evacuación y separación entre las salidas (ver FIG. C.1.1.)	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	Para el segundo piso, la diagonal da un resultado de 40,19 m, esto significa que D/2 da un valor mínimo para la distancia entre salidas del piso de 20 m aprox. En este piso, las salidas son dos: una es el arranque de la escalera 2 y la otra es el acceso 1 que da al arranque de la escalera 1 y están distanciados por 17,02 m, valor inferior al recomendado. Además para el primer piso de diagonal 25,08 m, entrega un valor mínimo de distancia entre salidas de 12,25 m. Los accesos principales están ubicados uno al lado del otro, por lo anterior, tampoco cumplen la condición de D/2.	NO CUMPLE
	5	Distancia máxima de recorrido común y total hasta las salidas (ver tabla C.1.3. y FIG. C.1.2.)	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	Los caminos de recorrido común se observan solo en la segunda planta en el caso que tanto el flujo de pista central 1 y 2 evacúen en dirección al arranque de la escalera 2. En este caso, el recorrido común se considera como el ancho del pasillo entre ambos espacios, lo que da un valor de 5,50 m, y es inferior a los 6,1 m recomendado. Para el recorrido total se observa el caso más riesgoso entre un valor en distancia de 59,18 m lo que excede lo recomendado para recintos sin protección de rociadores automáticos que es de 45 m,	NO CUMPLE
	6	Capacidad de Egreso de entrada/salida principal y de puertas interiores (ver tabla C.1.4.).	SALIDA PRINCIPAL Y OTRAS	MEDIO DE EGRESO	Los anchos de las salidas del recinto son: 2 de 2,90 m cada una. Esto cumple los anchos mínimos recomendados de 81 cm para salidas principales.	CUMPLE
	7	Variaciones del nivel de piso en puertas	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	No se observan variación en el nivel de piso al atravesar cualquier salida.	CUMPLE
	8	Balaceo de puertas y salidas en el sentido del recorrido de egreso	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	Todas las puertas, 3 en total, se abren en el sentido de la evacuación.	CUMPLE

Tabla F.2.1. (b): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca EXFABRICA

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
EXFABRICA	9	Capacidad de egreso de pasillos y anchos libres minimos	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO	El factor de capacidad para pasillos en cm, da un valor recomendado de 0,5 cm/persona. Para los pasillos de entrada que presentan la mayor demanda de personas, entrega un flujo para cada pasillo de 400 personas. Y el ancho observado es de 290 cm para cada uno. Esto nos da un valor de 0,73 cm/personas y por ende, excede lo recomendado.	CUMPLE
	10	Criterio dimensional de escaleras existentes	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO	El ancho recomendado de escaleras es de 1,12 m y las dos escaleras poseen anchos de 1,64 m cada una.	CUMPLE
	11	Presencia de pasamanos a ambos lados de escaleras y detalles del montaje (ver Fig.C.1.3.)	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO	Las 2 escaleras observadas en el interior del recinto presentan pasamanos a ambos lados	CUMPLE
	12	Espacios utilizables de escaleras	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO	La escalera 2 presenta en el espacio debajo de esta acumulación de mobiliario.	NO CUMPLE
	13	Señalización de acceso a salidas de evacuación	SEÑALES DE ACCESO A SALIDAS	SEÑALIZACION	Se observan señales de salida de manera frontal y perpendicular tanto en las salidas como en el acceso a estas.	CUMPLE
	14	Señalización de salidas de evacuación	SEÑALES DE SALIDAS	SEÑALIZACION	Todas las salidas de piso presentan señalética adecuada y además son visibles desde distancias inferiores a 30 m.	CUMPLE
	15	Ubicación de señales de salidas en las proximidades al suelo y en puertas	SEÑALES DE DIRECCION A SALIDAS	SEÑALIZACION	El recinto con señalética de proximidad a salidas	CUMPLE
	16	Requisitos de visibilidad para señales de medios de egreso	VISIBILIDAD DE SEÑALES	SEÑALIZACION	El recinto cuenta con un conjunto de señales foto luminiscentes que hacen visible las salidas desde cualquier punto de la planta 1 y 2.	CUMPLE

Tabla F.2.1. (c): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca EXFABRICA

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
EXFABRICA	17	Tamaño y ubicación de señales direccionales, tipo chevron	UBICACIÓN DE SEÑALES DIRECCIONALES	SEÑALIZACION	No cuenta con señales direccionales.	NO CUMPLE
	18	Señalizaciones especiales: NO salida	SEÑALETICA DE NO SALIDA	SEÑALIZACION	El recinto no cuenta con espacios indicadores de No salida	CUMPLE
	19	Iluminación presente en todos los medios de egreso, entiéndase escaleras, pasillos, rampas	ILUMINACION DE MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION	La escalera 1 y 2 no cuentan con un sistema independiente de iluminación y además poseen muy poca luz.	NO CUMPLE
	20	Iluminación continua	ILUMINACION CONTINUA MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION	No hay iluminación continua dado que cuando el recinto esta con las luces en OFF, no se observa ningún tipo de luz en los medios de egreso, como escaleras.	NO CUMPLE
	21	Ubicación de la iluminación de los medios de egreso	UBICACIÓN DE LA ILUMINACION	ILUMINACION	No cuenta con luces empotradas en muros	NO CUMPLE
	22	Fuentes de energía de la iluminación de medios de egreso	FUENTE DE ENERGIA	ILUMINACION	No existe tal fuente, puesto que hay un sistema unificado de luz para todo el recinto.	NO CUMPLE
	23	Desempeño del sistema de iluminación de emergencia	SISTEMA DE EMERGENCIA	ILUMINACION	No cuenta con sistema de emergencia	NO CUMPLE
	24	Iluminación de emergencia de señales	SEÑALES	ILUMINACION	No hay presencia de señales que cuenten con iluminación de emergencia.	NO CUMPLE











Tabla F.2.1. (d): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca EXFABRICA

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
EXFABRICA	25	Iluminación continua e intermitente de las señales	SEÑALES ILUMINADAS INTERMITENTES	ILUMINACION	No existen señales del tipo intermitente	NO CUMPLE
	26	Nivel de iluminación de señales iluminadas exteriormente	NIVEL DE ILUMINACION DE SEÑALES	ILUMINACION		N/A
	27	Señales iluminadas interiormente (Tipo foto luminiscente)	SEÑALES FOTO-LUMINISCENTES	ILUMINACION	Todas las señales observadas son del tipo foto luminiscente.	CUMPLE
	28	Sistema de alarma y detección contra incendios	Detección, alarma y comunicación-sistemas de alarma	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El recinto tiene una capacidad superior a 500 personas y no cuenta con un sistema de iniciación de señal.	NO CUMPLE
	29	Iniciación manual de la alarma contra incendios	Detección, alarma y comunicación-cajas activadoras de emergencia	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay presencia de cajas manuales iniciadores de alarma.	NO CUMPLE
	30	Detección automática: Alarmas de detección (ver detalle en NFPA 72)	Detección, alarma y comunicación-sistemas de detección de humo o fuego	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay sistema de detección automática de fuego o humo en lugares dentro del recinto con nulo factor de ocupación.	NO CUMPLE
	31	Notificación a los ocupantes, tipo de señal activada pregrabada o manual	Detección, alarma y comunicación-Instrucciones de evacuación	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay un protocolo de emergencia, en el cual, las recomendaciones para una correcta evacuación sean asumidas por personal del recinto con visión superior general del recinto. (Encargado de la música-DJ)	NO CUMPLE
	32	Controles de emergencia	Detección, alarma y comunicación-sistemas de mitigación de la emergencia	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El recinto no cuenta con sistemas de activos para el control de la propagación de humo o fuego.	NO CUMPLE
	33	Sistema de extinción (ver NFPA 10 Y NFPA 13)	Extinción	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No existe un sistema de rociadores automáticas, pese a ser un recinto de ocupación pública con capacidad de ocupación mayor a 500 personas,	NO CUMPLE

Tabla F.2.2.: Resultados del checklist según NFPA 10 [47] aplicado a discoteca EXFABRICA

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	DESCRIPCION	ELEMENTO DE SEGURIDAD	TIPO DE PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
	1	Clasificación del riesgo de ocupación	El riesgo dependiendo del tipo de ocupación del local, es decir, su actividad, se divide en : (1)Riesgo Leve: Lugares donde el total de materiales combustibles de Clase A que incluyen muebles, decoraciones y contenidos, es de menor cantidad. Estos pueden incluir edificios o cuartos ocupados como oficinas, salones de asambleas, etc. Esta clasificación prevé que la mayoría de los artículos contenidos son o no combustibles o están dispuestos de tal forma que no se de una rápida propagación del fuego. Están incluidos también pequeñas cantidades de inflamables de Clase C, siempre que se mantengan en envases sellados y estén seguramente almacenados. (2) Riesgo Ordinario: Lugares donde la cantidad total de combustible de Clase A e inflamables de Clase C están presentes en una proporción mayor que la esperada en lugares con riesgo leve(Cajo). Estas localidades podrían consistir en comedores, tiendas de mercadería y el almacenamiento correspondiente, manufactura ligera. (3) Riesgo Extra (Alto) Lugares donde la cantidad total de combustible de Clase A e inflamables de Clase C están presentes en almacenamiento, en producción y/o como productos terminados, en cantidad sobre y por encima de aquellos esperados y clasificados como riesgos ordinarios. Estos podrían consistir en talleres de carpintería, salones de exhibición de productos individuales.	Riesgo	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Se observan elementos combustibles como mobiliario y decoraciones en cielo y muros del recinto con materiales de origen plástico como poliuretano. RIESGO LEVE	CUMPLE
	2	Requisitos generales	La clasificación de extintores consistirá en una letra que indica las clases de incendio para el cual un extintor ha sido encontrado efectivo, precedido por un número de clasificación (Clase A o B solamente) que indica la efectividad relativa de extinción.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores observados son del tipo polvo químico multipropósito A-B-C.	CUMPLE
	3	Ubicación óptima	Los extintores deben estar localizados donde sean accesibles con presteza y disponibles inmediatamente en el momento del incendio. Deben estar localizados preferentemente a lo largo de las trayectorias normales de tránsito incluyendo las salidas del área.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El extintor del piso 1 esta ubicado adecuadamente frente a la llegada de la escalera al piso y es visible desde toda la planta. En cambio, en el segundo piso, el extintor disponible no esta en un lugar visible fácilmente para los ocupantes	NO CUMPLE
	4	Altura óptima de ubicación	Los extintores con un peso bruto no superior a 18,4 kg deben estar instalados de tal forma que su parte superior no este a mas de 1,53 m por encima del piso. Los extintores con un peso superior a 18,4 kg deben estar instalados de tal forma que la parte superior no este a mas de 1,07 m por encima del piso.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores, de peso equivalente a 9,1 kg, poseen una altura de ubicación menor de 1,53 m.	CUMPLE
	5	Instrucciones de operación	Las instrucciones de operación del extintor deben estar localizados en el frente del extintor y deben estar claramente visibles. Las etiquetas de mantención cada 6 años y de las pruebas de hidrostática no deben estar localizados en el frente del extintor.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	La orientación de los extintores es la óptima, es decir, las instrucciones son visibles para los ocupantes.	CUMPLE
	6	Clasificación de la clase de fuego a extinguir	Fuegos Clase A: Son los fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos. Fuegos Clase B: Son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, alcohol y gases inflamables. Fuegos Clase C: Son incendios donde están presentes equipos eléctricos y energizados y donde la no conductividad eléctrica del medio de extinción es importante. Fuegos Clase D: Son aquellos fuegos en metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio Fuegos Clase K: Fuegos en aparatos de cocina que involucran un medio combustible para cocinar (aceites y grasas).	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Presencia preferente de materiales de madera como mobiliarios y de plástico como decoraciones y telas(para el primer piso). Fuego Clase A	CUMPLE
EXFABRICA	7	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.2.)	Los tamaños mínimos de extintores para los grados de riesgo deben ser suministrados en base a la tabla B.2.2. que son 2A (1 extintor de 9,46 L de agua puede ser utilizado para satisfacer los requisitos de un extintor clasificado como 2A) . Los extintores deben estar localizados de tal forma que las distancias máximas a recorrer no excedan las especificadas en la tabla B.2.2. , que es de 22,7 m.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores observados son del tipo multipropósito A-B-C (10A-40B), por tanto, cumplen el requisito mínimo de 2A para ocupaciones de riesgo leve. En el caso de las distancias máximas de recorrido de alcance se tienen 23 m para el primer piso y de 24,6 m para el segundo piso. Por ende, dado que la recomendación es que no se excedan los 22,7 m, el extintor del segundo piso no cumple.	NO CUMPLE
	8	Cantidad mínima de extintores	Si el área del piso de un establecimiento es menor que la especificada en la tabla C.2.2. , al menos debe ser instalado un extintor del tamaño mínimo recomendado.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los 2 extintores del tipo multipropósito A-B-C que se encuentran en el lugar, poseen un potencial extintor de 4A y son capaces de cubrir un área de 4 veces 280 m ² . Por tanto, para el primer piso de área 241,92 m ² y el segundo piso de área 422,81 m ² , se cumple el requerimiento.	CUMPLE
	9	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida	Los requisitos de protección pueden cumplirse con extintores de una clasificación mas alta, teniendo en cuenta que la distancia recorrida a los extintores así estos sean mas grande no exceda los 22,7 m.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores multipropósitos A-B-C tienen una capacidad mayor a la recomendada de 2A. La distancia de recorrido máxima es de 24 m. Se asume que 2 m no es una diferencia muy grande.	CUMPLE
	10	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.3)	Los tamaños mínimos de extintores para los grados de riesgo deben ser suministrados en base a la tabla B.2.3. Los extintores deben estar localizados de tal forma que las distancias máximas a recorrer no excedan las especificadas en la tabla C.2.3.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No se observan extintores de capacidad menor a la recomendada de 2A.	N/A
	11	Extintores de menor clasificación	No deben ser utilizados dos o mas extintores de menor clasificación para llenar los requisitos de la tabla C.2.3.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No se observan extintores de capacidad menor a la recomendada de 2A.	N/A
	12	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida	Los requisitos de protección pueden ser llevados a cabo con extintores de clasificaciones mas altas teniendo en cuenta que la distancia de recorrido a los extintores mas grandes no exceda los 15,25 m.	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Si bien los extintores multipropósito A-B-C tienen un potencial superior a 4A y el riesgo del recinto es leve, considerar que la gran cantidad de personas que albergan estos recintos puede aumentar el riesgo aunque no haya un cambio de materiales. Por tanto, la distancia de recorrido no debe exceder los 15,25 m. No se cumple, dado que los recorridos observados están cerca de los 24 m.	NO CUMPLE

Tabla F.2.3.: Resultados del checklist según NFPA 170 [54] aplicado a discoteca EXFABRICA

DISCOTECA/PUNTO	REQUISITO	SÍMBOLO DE SEGURIDAD	TIPO DE SÍMBOLO	OBSERVACIONES	RESUMEN
EXFABRICA	1 Salida de emergencia		Símbolos de uso general	No se observa	NO CUMPLE
	2 Ruta de salida de emergencia			Se observa en cercanía de salidas de evacuación y en accesos a salidas con los requerimientos de color y aplicación recomendada.	CUMPLE
	3 NO es salida			NO CUMPLE	
	4 Alarma iniciadoras activadas manualmente		No se observa	NO CUMPLE	
	5 Conexión al sistema de gabinetes (standpipe)		NA		
	6 Hidrantes		Símbolos de uso para el cuerpo de bomberos	No se observa	NO CUMPLE
	7 Mangueras contra incendios y gabinetes			NA	
	8 Extintores			No se observa	NO CUMPLE
	9 Flecha direccional			No se observa	NO CUMPLE
	10 Flechas direccionales diagonales		NA		

F.3 DISCOTECA CLUB MATTA.

Tabla F.3.1.(a): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca CLUB MATTA.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
CLUB MATTA	1	Ocupación de un sitio para reunión pública	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	La capacidad del recinto aproximadamente es de 1000 ocupantes, y dado que su uso es de entretenimiento-diversión, el factor de carga de ocupación recomendado es de 0,65 [m ² /persona], sin embargo, según lo observado el factor carga es de 0,375 [m ² /persona].	NO CUMPLE
	2	Requisitos de un sitio definido como existentes para ocupaciones públicas	DENSIDAD DE OCUPACION	GENERAL	El recinto cumple el punto 4, dado que se trata de un edificio existente que luego de algunos cambios en su interior cambio a una ocupación para reuniones públicas.	CUMPLE
	3	Número mínimo de salidas	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	La carga de ocupantes del recinto es de mas de 500 y menos de 1000 personas en el mejor escenario, por ende, el numero de salidas recomendado es de 3. El local cuenta solo con 2 salidas principales.	NO CUMPLE
	4	Proximidad de salidas de evacuación y separación entre las salidas (ver FIG. C.1.1.)	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	La diagonal de la planta del recinto da un resultado de 41,58 m, esto significa que D/2 da un valor mínimo para la distancia entre salidas del piso de 20,79 m aprox. Por ende, las salidas que son el acceso principal y el lateral deberían estar distanciados a lo menor por 20,79 m, sin embargo, presentan un valor superior de distanciamiento de 30,55 m y cumplen la condición de D/2.	CUMPLE
	5	Distancia máxima de recorrido común y total hasta las salidas (ver tabla C.1.3. y FIG. C.1.2.)	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	Los caminos de recorrido común se plantean como parte del recorrido total cuando los ocupantes deciden a que acceso dirigirse. Bajo este supuesto, el máximo recorrido común esta dado por la mitad de la diagonal de la pista central, dado que para un grupo de personas que se encuentren en alguna de las esquinas de esta solo cuando estén frente a la línea central del pasillo principal podrán decidir por cual lugar evacuar. Esto da un valor de 9,45 m y debiera ser inferior a 6,1 m que es lo recomendado, pero por asuntos prácticos se asume que se cumple tal condición. Para el recorrido total se observa el caso mas riesgoso tiene un valor en distancia de 56,4 m lo que excede los recomendado para recintos sin protección de rociadores automáticos que es de 45 m.	NO CUMPLE
	6	Capacidad de Egreso de entrada/salida principal y de puertas interiores (ver tabla C.1.4.).	SALIDA PRINCIPAL Y OTRAS	MEDIO DE EGRESO	Los anchos de las salidas del recinto son: 2 , una de 2,35 m y otra de 1,65 m. Esto cumple los anchos mínimos recomendados de 81 cm para salidas principales.	CUMPLE
	7	Variaciones del nivel de piso en puertas	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	Se observan variaciones en el nivel de piso al atravesar el acceso principal interior y al entrar al pasillo lateral.	NO CUMPLE
	8	Balaceo de puertas y salidas en el sentido del recorrido de egreso	SALIDAS	MEDIO DE EGRESO	Todas las puertas,3 en total, se abren en el sentido de la evacuación.	CUMPLE

Tabla F.3.1.(b): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca CLUB MATTA.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
CLUB MATTA	9	Capacidad de egreso de pasillos y anchos libres mínimos	PASILLOS	MEDIO DE EGRESO	El factor de capacidad para pasillos en cm, da un valor recomendado de 0,5 cm/persona. Si asumimos que el flujo total se divide 50/50 a cada pasillo, el ancho recomendado es de 2,5 m por cada pasillo. En ningún caso los pasillos de salida/entrada superan la recomendación dado que presentan un ancho de 2,35 m y 1,65 m.	NO CUMPLE
	10	Criterio dimensional de escaleras existentes	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO		N/A
	11	Presencia de pasamanos a ambos lados de escaleras y detalles del montaje (ver Fig.C.1.3.)	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO		N/A
	12	Espacios utilizables de escaleras	ESCALERAS	MEDIO DE EGRESO		N/A
	13	Señalización de acceso a salidas de evacuación	SEÑALES DE ACCESO A SALIDAS	SEÑALIZACION	Se observan señales de salida de manera frontal y perpendicular tanto en las salidas como en el acceso a estas.	CUMPLE
	14	Señalización de salidas de evacuación	SEÑALES DE SALIDAS	SEÑALIZACION	Todas las salidas de piso presentan señalética adecuada y además son visibles desde distancias inferiores a 30 m.	CUMPLE
	15	Ubicación de señales de salidas en las proximidades al suelo y en puertas	SEÑALES DE DIRECCION A SALIDAS	SEÑALIZACION	El recinto cuenta con señalética de proximidad a salidas	CUMPLE
	16	Requisitos de visibilidad para señales de medios de egreso	VISIBILIDAD DE SEÑALES	SEÑALIZACION	Las señales ubicadas en los dinteles del acceso principal interior y del inicio del pasillo lateral son del tipo foto luminiscente y presentan buena visibilidad desde cualquier lugar del interior del recinto, sin embargo, señales ubicadas en los accesos a estas en columnas y muros carecen de visibilidad optima.	NO CUMPLE

Tabla F.3.1.(c): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca CLUB MATTA.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
CLUB MATTA	17	Tamaño y ubicación de señales direccionales, tipo chevron	UBICACIÓN DE SEÑALES DIRECCIONALES	SEÑALIZACION	No cuenta con señales direccionales.	NO CUMPLE
	18	Señalizaciones especiales: NO salida	SEÑALETICA DE NO SALIDA	SEÑALIZACION		N/A
	19	Iluminación presente en todos los medios de egreso, entiéndase escaleras, pasillos, rampas	ILUMINACION DE MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION	La iluminación de pasillos que conducen a las salidas cuentan con una iluminación adecuada cuando el resto del recinto posee las luces en ON.	CUMPLE
	20	Iluminación continua	ILUMINACION CONTINUA MEDIOS DE EGRESO	ILUMINACION	No hay iluminación continua dado que cuando el recinto esta con las luces en OFF, no se observa ningún tipo de luz en los medios de egreso, como pasillo lateral.	NO CUMPLE
	21	Ubicación de la iluminación de los medios de egreso	UBICACIÓN DE LA ILUMINACION	ILUMINACION	No cuenta con luces empotradas en muros	NO CUMPLE
	22	Fuentes de energía de la iluminación de medios de egreso	FUENTE DE ENERGIA	ILUMINACION	No existe tal fuente, puesto que hay un sistema unificado de luz para todo el recinto.	NO CUMPLE
	23	Desempeño del sistema de iluminación de emergencia	SISTEMA DE EMERGENCIA	ILUMINACION	No cuenta con sistema de emergencia	NO CUMPLE
24	Iluminación de emergencia de señales	SEÑALES	ILUMINACION	No hay presencia de señales que cuenten con iluminación de emergencia.	NO CUMPLE	











Tabla F.3.1.(d): Resultados del checklist según NFPA 101 [51] aplicado a discoteca CLUB MATTA.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTOS DE SEGURIDAD	PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
CLUB MATTA	25	Iluminación continua e intermitente de las señales	SEÑALES ILUMINADAS INTERMITENTES	ILUMINACION	No existen señales del tipo intermitente	NO CUMPLE
	26	Nivel de iluminación de señales iluminadas exteriormente	NIVEL DE ILUMINACION DE SEÑALES	ILUMINACION		N/A
	27	Señales iluminadas interiormente (Tipo foto luminiscente)	SEÑALES FOTO-LUMINISCENTES	ILUMINACION	Las señales observadas del tipo foto luminiscente cuentan con buena luminosidad.	CUMPLE
	28	Sistema de alarma y detección contra incendios	Detección, alarma y comunicación-sistemas de alarma	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El recinto tiene una capacidad superior a 500 personas y no cuenta con un sistema de iniciación de señal.	NO CUMPLE
	29	Iniciación manual de la alarma contra incendios	Detección, alarma y comunicación-cajas activadoras de emergencia	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay presencia de cajas manuales iniciadores de alarma.	NO CUMPLE
	30	Detección automática: Alarmas de detección (ver detalle en NFPA 72)	Detección, alarma y comunicación-sistemas de detección de humo o fuego	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay sistema de detección automática de fuego o humo en lugares dentro del recinto con nulo factor de ocupación.	NO CUMPLE
	31	Notificación a los ocupantes, tipo de señal activada pregrabada o manual	Detección, alarma y comunicación-Instrucciones de evacuación	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No hay un protocolo de emergencia, en el cual, las recomendaciones para una correcta evacuación sean asumidas por personal del recinto con visión superior general del recinto (Encargado de la música-DJ)	NO CUMPLE
	32	Controles de emergencia	Detección, alarma y comunicación-sistemas de mitigación de la emergencia	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	El recinto no cuenta con sistemas de activación para el control de la propagación de humo o fuego.	NO CUMPLE
	33	Sistema de extinción (ver NFPA 10 Y NFPA 13)	Extinción	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No existe un sistema de rociadores automáticas, pese a ser un recinto de ocupación pública con capacidad de ocupación mayor a 500 personas,	NO CUMPLE

Tabla F.3.2.: Resultados del checklist según NFPA 10 [47] aplicado a discoteca CLUB MATTA.

DISCOTECA	PUNTO	REQUISITO	ELEMENTO DE SEGURIDAD	TIPO DE PARAMETRO DE SEGURIDAD	OBSERVACION	RESUMEN
	1	Clasificación del riesgo de ocupación	Riesgo	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Se observan elementos combustibles como mobiliario en las zonas vip del lugar y decoraciones especialmente en el techo con materiales de origen plástico como poliuretano. RIESGO LEVE	CUMPLE
	2	Requisitos generales	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores observados son del tipo polvo químico multipropósito A-B-C.	CUMPLE
	3	Ubicación óptima	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores están ubicados a un costado del sector de guardarropía lejos de un acceso o medio de egreso, y a un lado del arranque del pasillo lateral, cubierto por una tela que dificulta su visión.	NO CUMPLE
	4	Altura óptima de ubicación	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores, de peso equivalente a 9,1 kg, poseen una altura de ubicación menor de 1,53 m.	CUMPLE
	5	Instrucciones de operación	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	La orientación de los extintores es la óptima, es decir, las instrucciones son visibles para los ocupantes.	CUMPLE
	6	Clasificación de la clase de fuego a extinguir	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Presencia preferente de materiales de madera como mobiliarios y de plástico como decoraciones y telas. Fuego Clase A	CUMPLE
CLUB MATTA	7	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.2.)	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores observados son del tipo multipropósito A-B-C (10A-40B), por tanto, cumplen el requisito mínimo de 2A para ocupaciones de riesgo leve. En total existen 2 distanciados a 27 m cada uno, sin embargo, los recorridos máximos de alcance dan distancias inferiores a 17 m. Por ende, dado que la recomendación es que no se excedan los 22,7 m, ambos extintores cumplen la normativa.	CUMPLE
	8	Cantidad mínima de extintores	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los 2 extintores del tipo multipropósito A-B-C que se encuentran en el lugar, poseen un potencial extintor de 4A y son capaces de cubrir un área de 4 veces 280 m2. Por tanto, dado que existen dos extintores, el área total del recinto de 555 m2 es cubierta.	CUMPLE
	9	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Los extintores multipropósitos A-B-C tienen una capacidad mayor a la recomendada de 2A. La distancia de recorrido es de 17 m.	CUMPLE
	10	Tamaño mínimo de extintores de Clase A y distancia máxima de recorrido hasta cualquier extintor. (ver tabla C.2.3)	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No se observan extintores de capacidad menor a la recomendada de 2A.	N/A
	11	Extintores de menor clasificación	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	No se observan extintores de capacidad menor a la recomendada de 2A.	N/A
	12	Distancia máxima de separación entre extintores de capacidad superior a la requerida	extintores	SISTEMA DE PROTECCION ACTIVA/PASIVA	Si bien los extintores multipropósito A-B-C tienen un potencial superior a 4A y el riesgo del recinto es leve, considerar que la gran cantidad de personas que albergan estos recintos puede aumentar el riesgo aunque no haya un cambio de materiales. Por tanto, la distancia de recorrido no debe exceder los 15,25 m. Se asume que se cumple, dado que la diferencia es solo de 2 m de acuerdo a lo observado.	CUMPLE

Tabla F.3.3.: Resultados del checklist según NFPA 170 [54] aplicado a discoteca CLUB MATTA.

DISCOTECA/PUNTO	REQUISITO	SIMBOLO DE SEGURIDAD	TIPO DE SIMBOL O	OBSERVACIONES	RESUMEN	
CLUB MATTA	1	Salida de emergencia		Simbolos de uso general	No se observa	NO CUMPLE
	2	Ruta de salida de emergencia			Se observan estas señales en alrededores de las salidas de evacuación pero no cumplen los requerimientos de contraste de color (fondo blanco+flecha verde). Solo las señales de tipo fotoluminiscente ubicadas en salidas de evacuación cumplen el requisito de contraste.	NO CUMPLE
	3	NO es salida			N/A	
	4	Alarma iniciadoras activadas manualmente			No se observa	NO CUMPLE
	5	Conexión al sistema de gabinetes (standpipe)		Simbolos de uso para el cuerpo de bomberos	N/A	
	6	Hidrantes			No se observa	NO CUMPLE
	7	Mangueras contra incendios y gabinetes			N/A	
	8	Extintores			1 de los 2 extintores disponibles cuenta con la señal adecuada.	NO CUMPLE
	9	Flecha direccional			No se observa	NO CUMPLE
	10	Flechas direccionales diagonales			N/A	

G ANEXO G: DETALLES DE LAS UBICACIONES EN PLANTA DE EXTINTORES PORTATILES, SEÑALES DE SEGURIDAD Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN DISCOTECAS ANALIZADAS

G.1 DISCOTECA PANDEMONIUM

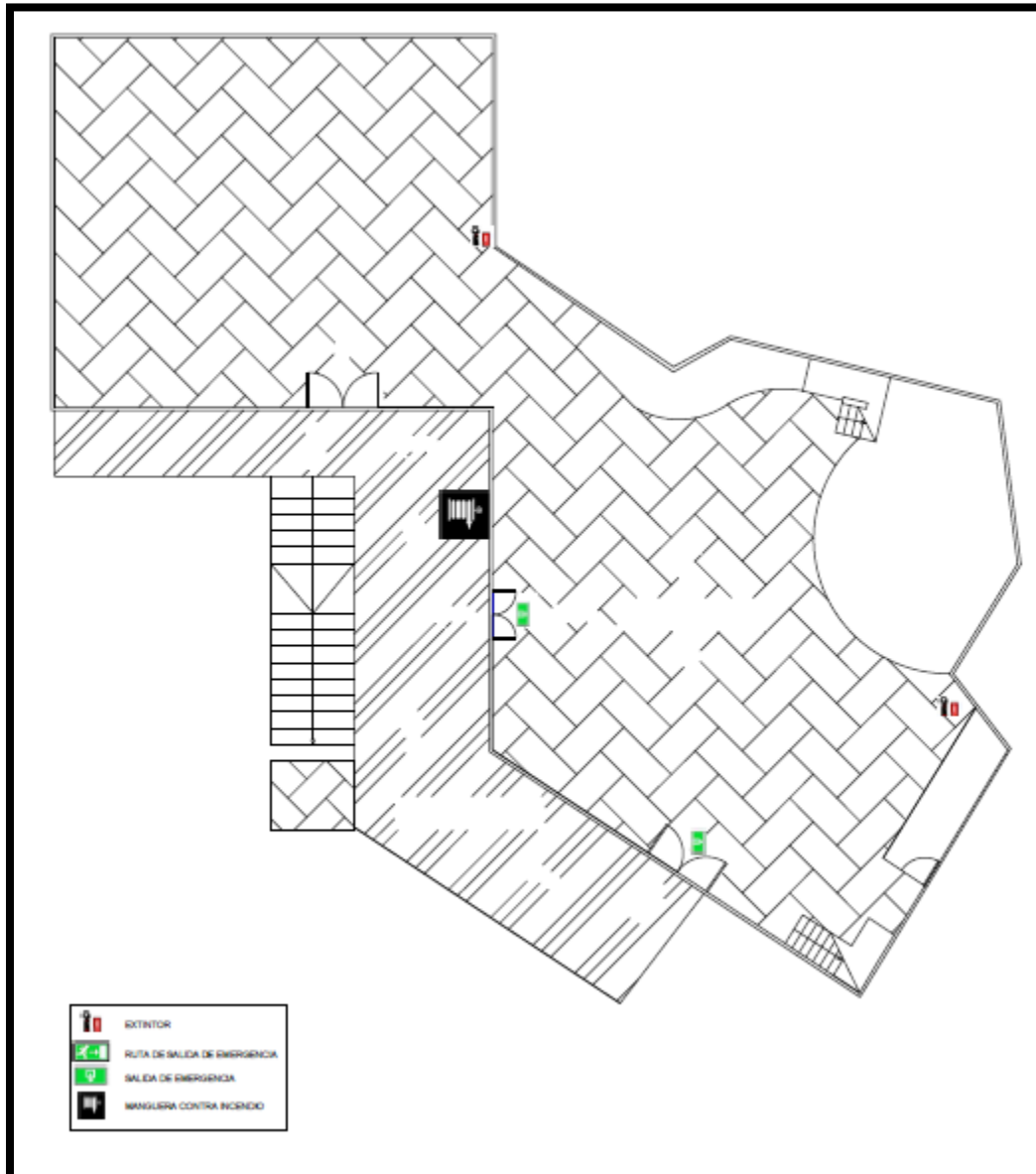


Figura G.1.1.(a): Ubicación espacial en planta de extintores y señales de emergencia en primer piso de discoteca Pandemonium.(cota +5,00 m).

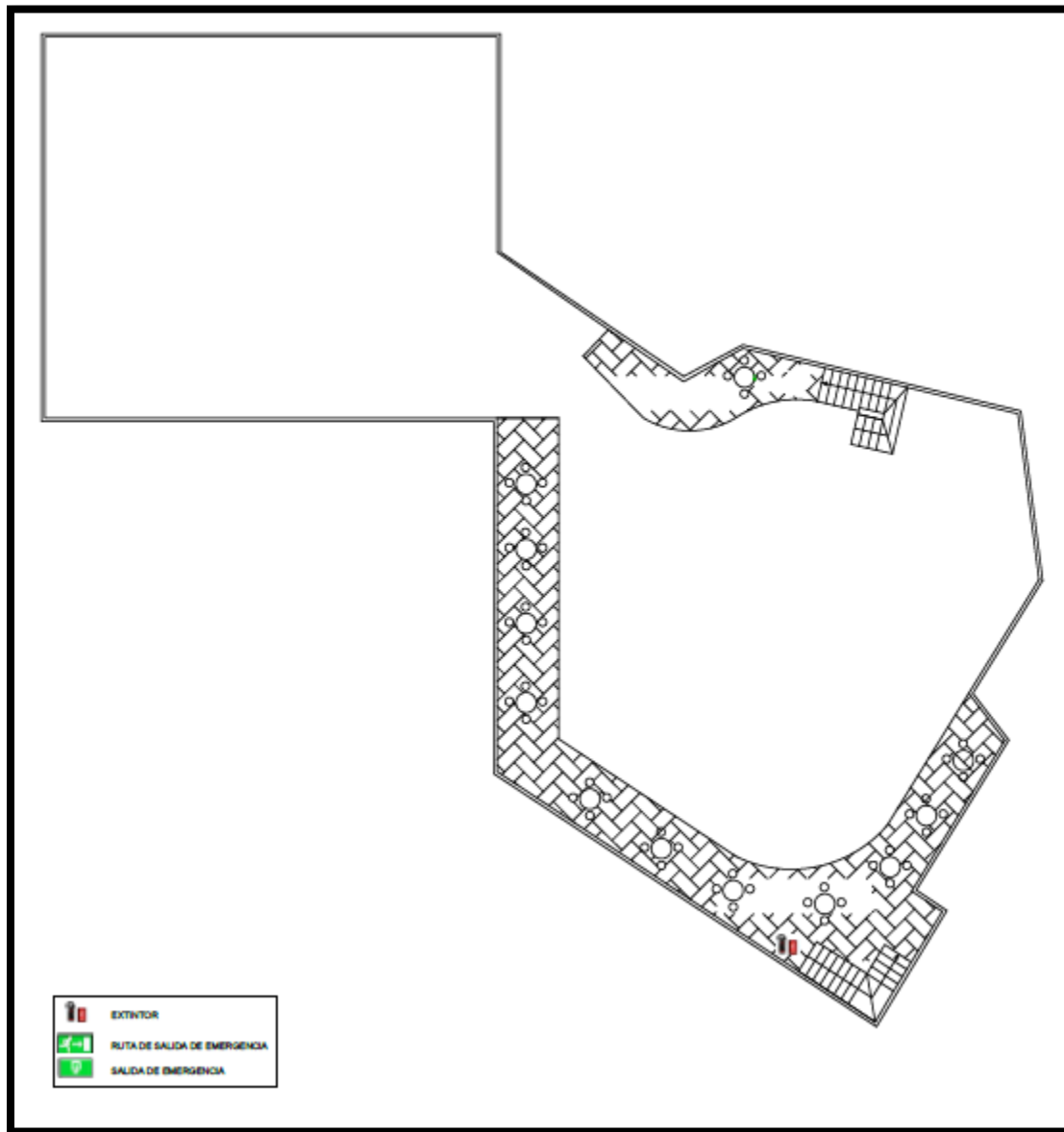


Figura G.1.1.(b): Ubicación espacial en planta de extintores y señales de emergencia en segundo piso de discoteca Pandemonium.(cota +7,50 m).

G.2 DISCOTECA EXFÁBRICA

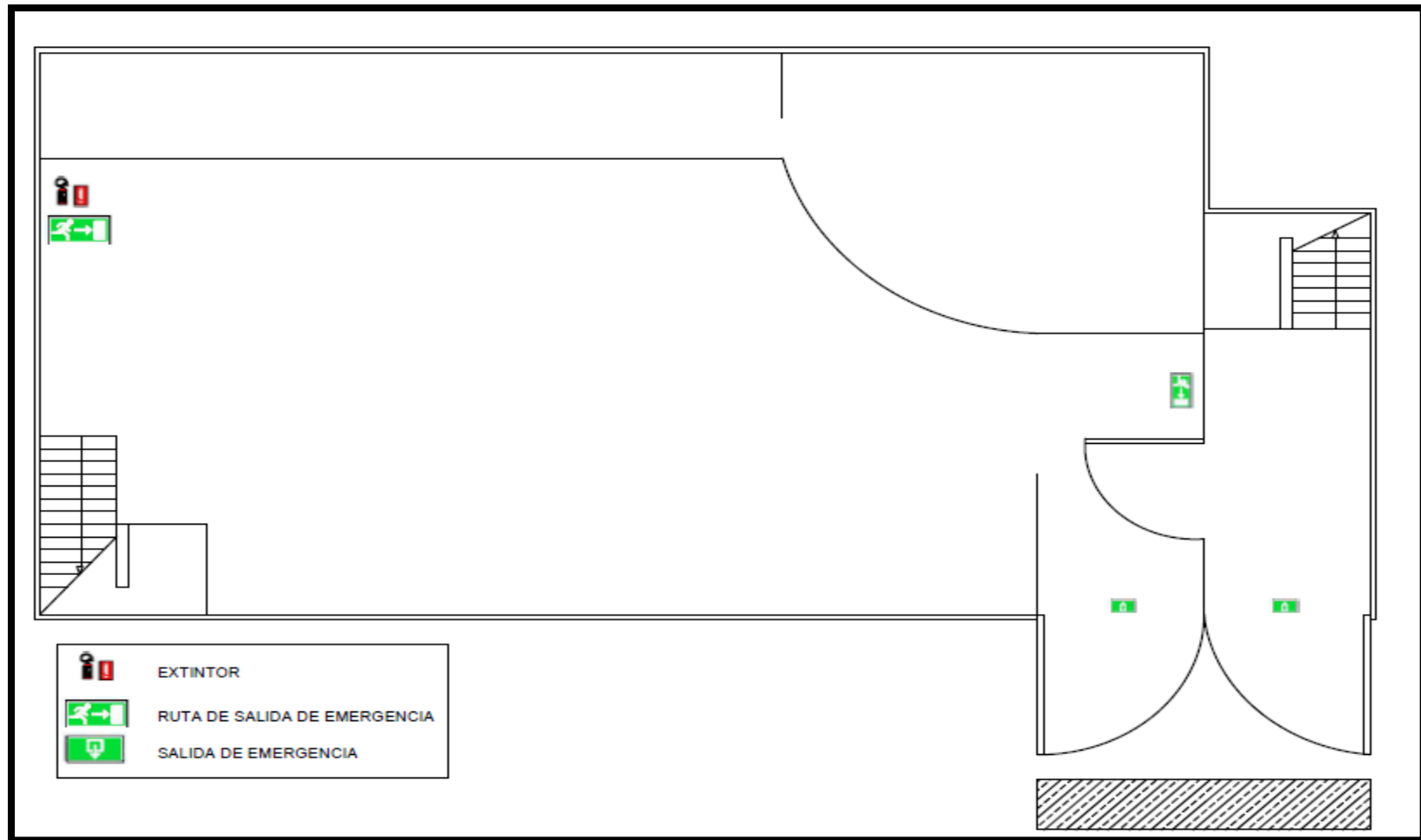


Figura G.2.1.(a): Ubicación espacial en planta de extintores y señales de emergencia en primer piso de discoteca EXFÁBRICA.(cota +0,00 m).

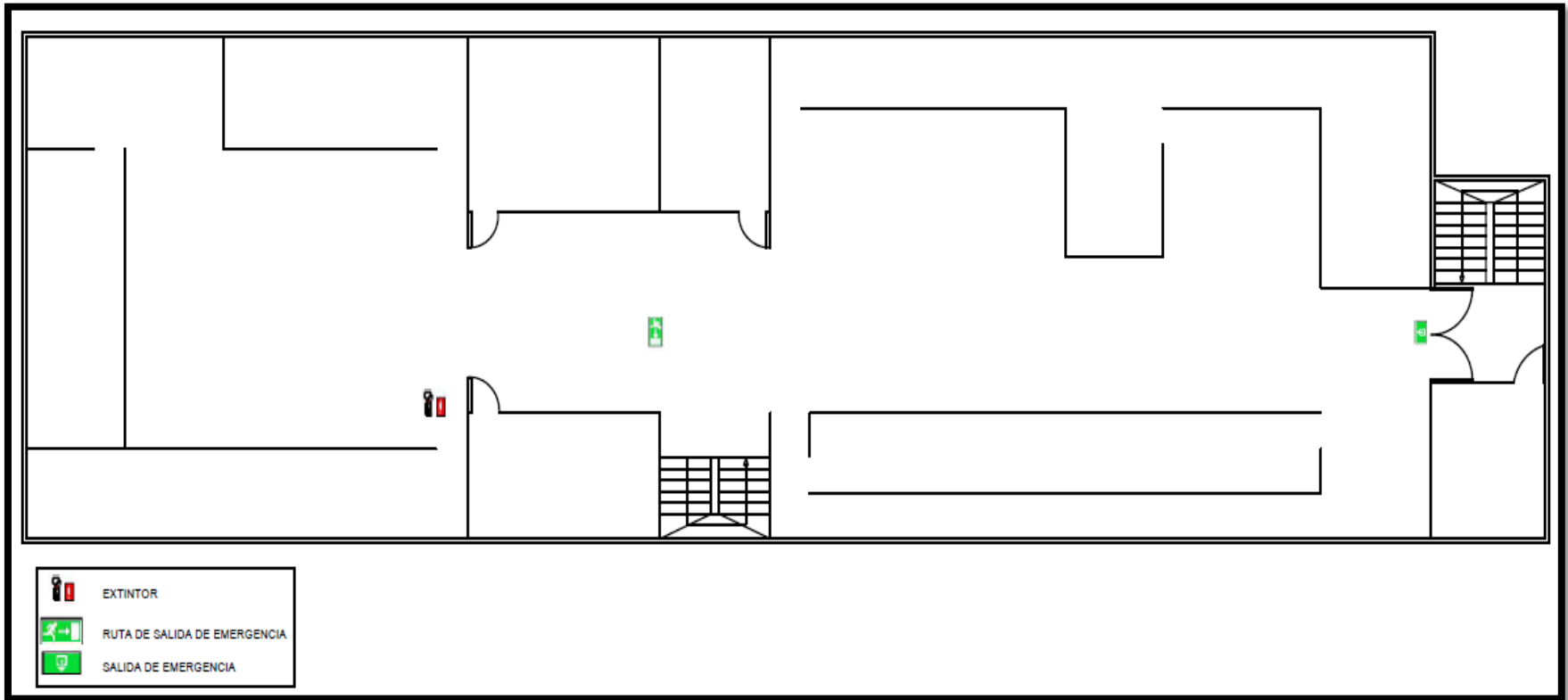


Figura G.2.1.(b): Ubicación espacial en planta de extintores y señales de emergencia en segundo piso de discoteca EXFÁBRICA.(cota +3,50 m).

G.3 DISCOTECA CLUB MATTA

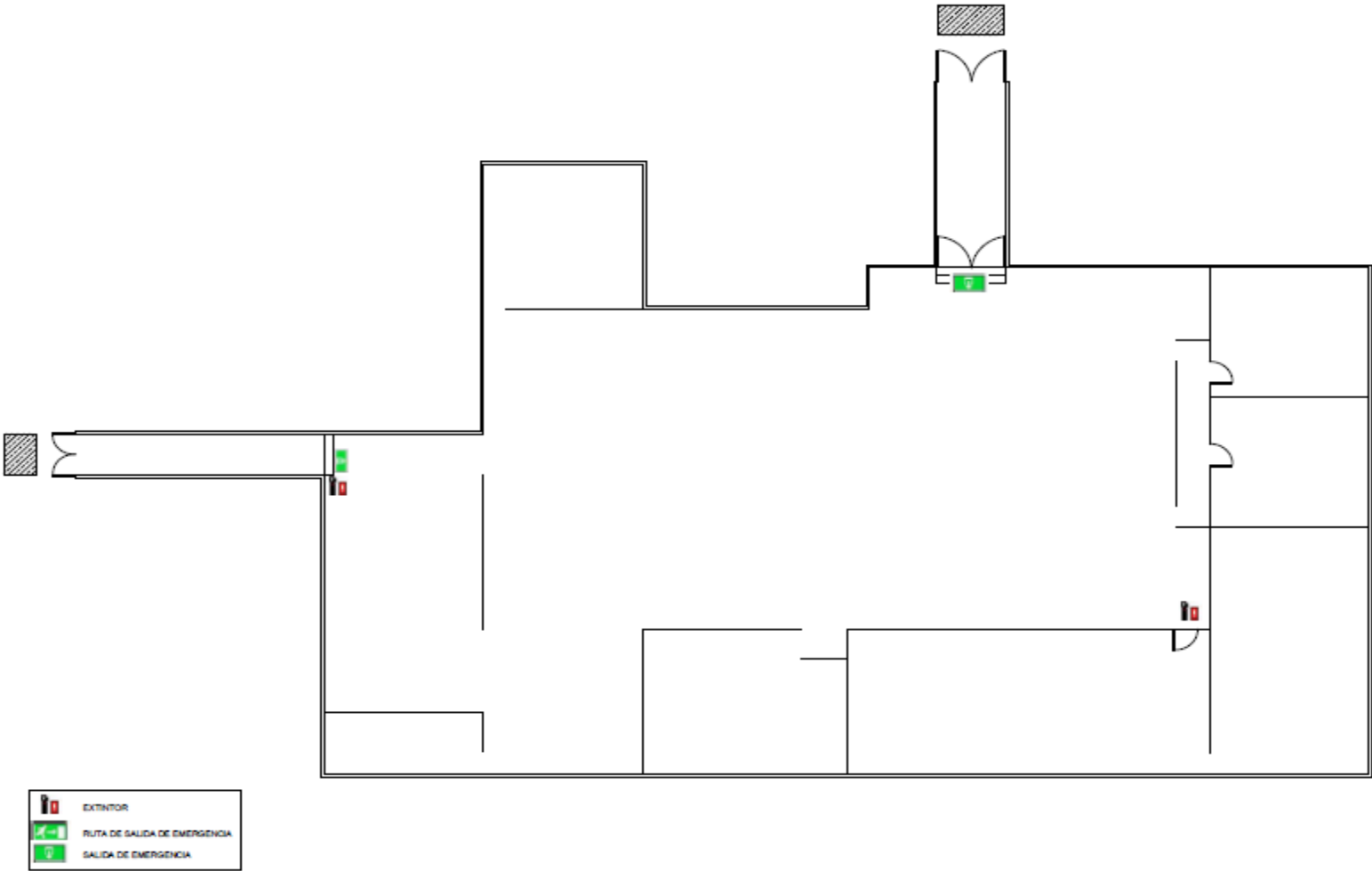


Figura G.3.1.: Ubicación espacial en planta de extintores y señales de emergencia de discoteca CLUB MATTA.

H ANEXO H: DETALLES DE RECOMENDACIONES GENERADAS DEL ANÁLISIS PRESCRIPTIVO Y PRESTACIONAL

H.1 MEDIOS DE EGRESO

Ver tablas H.1.1., H.1.2. y H.1.3.

Tabla H.1.1.: “Ancho mínimo de pasillos sin recorrido de evacuación”.

N° de Ocupantes	Ancho Total [cm]	N° mínimo de vías	Ancho de elementos por unidad [cm]			Eficiencia (sobre la recomendación)
			1	2	3	
0	110	2	110	110	0	100,00%
5	110	2	110	110	0	100,00%
10	110	2	110	110	0	100,00%
15	110	2	110	110	0	100,00%
20	110	2	110	110	0	100,00%
25	110	2	110	110	0	100,00%
30	110	2	110	110	0	100,00%
35	110	2	110	110	0	100,00%
40	110	2	110	110	0	100,00%
45	110	2	110	110	0	100,00%
50	110	2	110	110	0	100,00%
55	110	2	110	110	0	100,00%
60	110	2	110	110	0	100,00%
65	110	2	110	110	0	100,00%
70	110	2	110	110	0	100,00%
75	110	2	110	110	0	100,00%
80	110	2	110	110	0	100,00%
85	110	2	110	110	0	100,00%
90	110	2	110	110	0	100,00%
95	110	2	110	110	0	100,00%
100	110	2	110	110	0	100,00%
105	110	2	110	110	0	100,00%
110	110	2	110	110	0	100,00%
115	110	2	110	110	0	100,00%
120	110	2	110	110	0	100,00%
125	110	2	110	110	0	100,00%
130	110	2	110	110	0	100,00%
135	110	2	110	110	0	100,00%
140	111	2	110	110	0	97,80%
145	114	2	110	110	0	93,37%
150	116	2	110	110	0	89,15%
155	119	2	110	110	0	85,10%
160	121	2	110	110	0	81,22%
165	124	2	110	110	0	77,50%
170	126	2	110	110	0	73,93%
175	129	2	110	110	0	70,50%
180	132	2	110	110	0	67,20%
185	134	2	110	110	0	64,03%
190	137	2	110	110	0	60,98%
195	139	2	110	110	0	58,04%
200	142	2	110	110	0	55,20%
205	144	2	110	110	0	52,47%
210	147	2	110	110	0	49,83%
215	149	2	110	110	0	47,27%
220	152	2	110	110	0	44,81%
225	154	2	110	110	0	42,42%
230	157	2	110	110	0	40,12%
235	160	2	110	110	0	37,88%
240	162	2	110	110	0	35,72%
245	165	2	110	110	0	33,62%
250	167	2	110	110	0	31,59%
255	170	2	110	110	0	29,62%
260	172	2	110	110	0	27,70%
265	175	2	110	110	0	25,84%
270	177	2	110	110	0	24,04%
275	180	2	110	110	0	22,29%
280	182	2	110	110	0	20,58%
285	185	2	110	110	0	18,92%
290	188	2	110	110	0	17,31%
295	190	2	110	110	0	15,74%
300	193	2	110	110	0	14,21%
305	195	2	110	110	0	12,72%
310	198	2	110	110	0	11,27%
315	200	2	110	110	0	9,86%
320	203	2	110	110	0	8,48%
325	205	2	110	110	0	7,14%
330	208	2	110	110	0	5,83%
335	210	2	110	110	0	4,55%
340	213	2	110	110	0	3,30%
345	216	2	110	110	0	2,08%
350	218	2	110	110	0	0,89%
355	221	2	110	110	0	mínimo
360	223	2	112	112	0	mínimo
365	226	2	113	113	0	mínimo
370	228	2	114	114	0	mínimo
375	231	2	115	115	0	mínimo
380	233	2	117	117	0	mínimo
385	236	2	118	118	0	mínimo
390	238	2	119	119	0	mínimo
395	241	2	120	120	0	mínimo
400	244	2	122	122	0	mínimo
405	246	2	123	123	0	mínimo
410	249	2	124	124	0	mínimo
415	251	2	126	126	0	mínimo
420	254	2	127	127	0	mínimo
425	256	2	128	128	0	mínimo
430	259	2	129	129	0	mínimo
435	261	2	131	131	0	mínimo
440	264	2	132	132	0	mínimo
445	266	2	133	133	0	mínimo
450	269	2	134	134	0	mínimo
455	271	2	136	136	0	mínimo
460	274	2	137	137	0	mínimo
465	277	2	138	138	0	mínimo
470	279	2	140	140	0	mínimo
475	282	2	141	141	0	mínimo
480	284	2	142	142	0	mínimo
485	287	2	143	143	0	mínimo
490	289	2	145	145	0	mínimo
495	292	2	146	146	0	mínimo
500	294	3	110	110	110	12,10%
505	297	3	110	110	110	11,14%
510	299	3	110	110	110	10,20%
515	302	3	110	110	110	9,27%
520	305	3	110	110	110	8,36%
525	307	3	110	110	110	7,46%
530	310	3	110	110	110	6,59%
535	312	3	110	110	110	5,71%
540	315	3	110	110	110	4,85%
545	317	3	110	110	110	4,01%
550	320	3	110	110	110	3,19%
555	322	3	110	110	110	2,37%
560	325	3	110	110	110	1,57%
565	327	3	110	110	110	0,78%

570	330	3	110	110	110	minimo
575	333	3	111	111	111	minimo
580	335	3	112	112	112	minimo
585	338	3	113	113	113	minimo
590	340	3	113	113	113	minimo
595	343	3	114	114	114	minimo
600	345	3	115	115	115	minimo
605	348	3	116	116	116	minimo
610	350	3	117	117	117	minimo
615	353	3	118	118	118	minimo
620	355	3	118	118	118	minimo
625	358	3	119	119	119	minimo
630	361	3	120	120	120	minimo
635	363	3	121	121	121	minimo
640	366	3	122	122	122	minimo
645	368	3	123	123	123	minimo
650	371	3	124	124	124	minimo
655	373	3	124	124	124	minimo
660	376	3	125	125	125	minimo
665	378	3	126	126	126	minimo
670	381	3	127	127	127	minimo
675	383	3	128	128	128	minimo
680	386	3	129	129	129	minimo
685	388	3	129	129	129	minimo
690	391	3	130	130	130	minimo
695	394	3	131	131	131	minimo
700	396	3	132	132	132	minimo
705	399	3	133	133	133	minimo
710	401	3	134	134	134	minimo
715	404	3	135	135	135	minimo
720	406	3	135	135	135	minimo
725	409	3	136	136	136	minimo
730	411	3	137	137	137	minimo
735	414	3	138	138	138	minimo
740	416	3	139	139	139	minimo
745	419	3	140	140	140	minimo
750	422	3	141	141	141	minimo
755	424	3	141	141	141	minimo
760	427	3	142	142	142	minimo
765	429	3	143	143	143	minimo
770	432	3	144	144	144	minimo
775	434	3	145	145	145	minimo
780	437	3	146	146	146	minimo
785	439	3	146	146	146	minimo
790	442	3	147	147	147	minimo
795	444	3	148	148	148	minimo
800	447	3	149	149	149	minimo
805	450	3	150	150	150	minimo
810	452	3	151	151	151	minimo
815	455	3	152	152	152	minimo
820	457	3	152	152	152	minimo
825	460	3	153	153	153	minimo
830	462	3	154	154	154	minimo
835	465	3	155	155	155	minimo
840	467	3	156	156	156	minimo
845	470	3	157	157	157	minimo
850	472	3	157	157	157	minimo
855	475	3	158	158	158	minimo
860	478	3	159	159	159	minimo
865	480	3	160	160	160	minimo
870	483	3	161	161	161	minimo
875	485	3	162	162	162	minimo
880	488	3	163	163	163	minimo
885	490	3	163	163	163	minimo
890	493	3	164	164	164	minimo
895	495	3	165	165	165	minimo
900	498	3	166	166	166	minimo
905	500	3	167	167	167	minimo
910	503	3	168	168	168	minimo
915	506	3	169	169	169	minimo
920	508	3	169	169	169	minimo
925	511	3	170	170	170	minimo
930	513	3	171	171	171	minimo
935	516	3	172	172	172	minimo
940	518	3	173	173	173	minimo
945	521	3	174	174	174	minimo
950	523	3	174	174	174	minimo
955	526	3	175	175	175	minimo
960	528	3	176	176	176	minimo
965	531	3	177	177	177	minimo
970	533	3	178	178	178	minimo
975	536	3	179	179	179	minimo
980	539	3	180	180	180	minimo
985	541	3	180	180	180	minimo
990	544	3	181	181	181	minimo
995	546	3	182	182	182	minimo
1000	549	3	183	183	183	minimo

Tabla H.1.2.: “Ancho mínimo de pasillos con recorrido de evacuación igual a 6,1 m, de acuerdo a la recomendación de NFPA 101 [51] para recorridos en común”.

N° de Ocupantes	Ancho Total [cm]	N° mínimo de vías	Ancho de elementos por unidad [cm]			Eficiencia (sobre la recomendación)
			1	2	3	
0	110	2	110	110	0	100,00%
5	110	2	110	110	0	100,00%
10	110	2	110	110	0	100,00%
15	110	2	110	110	0	100,00%
20	110	2	110	110	0	100,00%
25	110	2	110	110	0	100,00%
30	110	2	110	110	0	100,00%
35	110	2	110	110	0	100,00%
40	110	2	110	110	0	100,00%
45	110	2	110	110	0	100,00%
50	110	2	110	110	0	100,00%
55	110	2	110	110	0	100,00%
60	110	2	110	110	0	100,00%
65	110	2	110	110	0	100,00%
70	110	2	110	110	0	100,00%
75	110	2	110	110	0	100,00%
80	110	2	110	110	0	100,00%
85	110	2	110	110	0	100,00%
90	110	2	110	110	0	100,00%
95	110	2	110	110	0	100,00%
100	112	2	110	110	0	95,88%
105	116	2	110	110	0	89,77%
110	120	2	110	110	0	84,03%
115	123	2	110	110	0	78,63%
120	127	2	110	110	0	73,53%
125	130	2	110	110	0	68,72%
130	134	2	110	110	0	64,17%
135	138	2	110	110	0	59,85%
140	140	2	110	110	0	57,37%
145	145	2	110	110	0	51,87%
150	148	2	110	110	0	48,18%
155	152	2	110	110	0	44,65%
160	156	2	110	110	0	41,29%
165	159	2	110	110	0	38,09%
170	163	2	110	110	0	35,02%
175	167	2	110	110	0	32,09%
180	170	2	110	110	0	29,28%
185	174	2	110	110	0	26,59%
190	177	2	110	110	0	24,01%
195	181	2	110	110	0	21,54%
200	185	2	110	110	0	19,16%
205	188	2	110	110	0	16,87%
210	192	2	110	110	0	14,67%
215	195	2	110	110	0	12,54%
220	199	2	110	110	0	10,50%
225	203	2	110	110	0	8,53%
230	206	2	110	110	0	6,63%
235	210	2	110	110	0	4,79%
240	214	2	110	110	0	3,02%
245	217	2	110	110	0	1,30%
250	221	2	110	110	0	mínimo
255	224	2	112	112	0	mínimo
260	228	2	114	114	0	mínimo
265	232	2	116	116	0	mínimo
270	235	2	118	118	0	mínimo
275	239	2	119	119	0	mínimo
280	242	2	121	121	0	mínimo
285	246	2	123	123	0	mínimo
290	250	2	125	125	0	mínimo
295	253	2	127	127	0	mínimo
300	257	2	128	128	0	mínimo
305	261	2	130	130	0	mínimo
310	264	2	132	132	0	mínimo
315	268	2	134	134	0	mínimo
320	271	2	136	136	0	mínimo
325	275	2	138	138	0	mínimo
330	279	2	139	139	0	mínimo
335	282	2	141	141	0	mínimo
340	286	2	143	143	0	mínimo
345	289	2	145	145	0	mínimo
350	293	2	147	147	0	mínimo
355	297	2	148	148	0	mínimo
360	300	2	150	150	0	mínimo
365	304	2	152	152	0	mínimo
370	308	2	154	154	0	mínimo
375	311	2	156	156	0	mínimo
380	315	2	157	157	0	mínimo
385	318	2	159	159	0	mínimo
390	322	2	161	161	0	mínimo
395	326	2	163	163	0	mínimo
400	329	2	165	165	0	mínimo
405	333	2	166	166	0	mínimo
410	336	2	168	168	0	mínimo
415	340	2	170	170	0	mínimo
420	344	2	172	172	0	mínimo
425	347	2	174	174	0	mínimo
430	351	2	175	175	0	mínimo
435	355	2	177	177	0	mínimo
440	358	2	179	179	0	mínimo
445	362	2	181	181	0	mínimo
450	365	2	183	183	0	mínimo
455	369	2	185	185	0	mínimo
460	373	2	186	186	0	mínimo
465	376	2	188	188	0	mínimo
470	380	2	190	190	0	mínimo
475	383	2	192	192	0	mínimo
480	387	2	194	194	0	mínimo
485	391	2	195	195	0	mínimo
490	394	2	197	197	0	mínimo
495	398	2	199	199	0	mínimo
500	402	3	134	134	134	mínimo
505	405	3	135	135	135	mínimo
510	409	3	136	136	136	mínimo
515	412	3	137	137	137	mínimo
520	416	3	139	139	139	mínimo
525	420	3	140	140	140	mínimo
530	423	3	141	141	141	mínimo
535	427	3	142	142	142	mínimo
540	431	3	144	144	144	mínimo
545	434	3	145	145	145	mínimo
550	438	3	146	146	146	mínimo
555	441	3	147	147	147	mínimo
560	445	3	148	148	148	mínimo
565	449	3	150	150	150	mínimo

570	452	3	151	151	151	mínimo
575	456	3	152	152	152	mínimo
580	459	3	153	153	153	mínimo
585	463	3	154	154	154	mínimo
590	467	3	156	156	156	mínimo
595	470	3	157	157	157	mínimo
600	474	3	158	158	158	mínimo
605	478	3	159	159	159	mínimo
610	481	3	160	160	160	mínimo
615	485	3	162	162	162	mínimo
620	488	3	163	163	163	mínimo
625	492	3	164	164	164	mínimo
630	496	3	165	165	165	mínimo
635	499	3	166	166	166	mínimo
640	503	3	168	168	168	mínimo
645	506	3	169	169	169	mínimo
650	510	3	170	170	170	mínimo
655	514	3	171	171	171	mínimo
660	517	3	172	172	172	mínimo
665	521	3	174	174	174	mínimo
670	525	3	175	175	175	mínimo
675	528	3	176	176	176	mínimo
680	532	3	177	177	177	mínimo
685	535	3	178	178	178	mínimo
690	539	3	180	180	180	mínimo
695	543	3	181	181	181	mínimo
700	546	3	182	182	182	mínimo
705	550	3	183	183	183	mínimo
710	553	3	184	184	184	mínimo
715	557	3	186	186	186	mínimo
720	561	3	187	187	187	mínimo
725	564	3	188	188	188	mínimo
730	568	3	189	189	189	mínimo
735	572	3	191	191	191	mínimo
740	575	3	192	192	192	mínimo
745	579	3	193	193	193	mínimo
750	582	3	194	194	194	mínimo
755	586	3	195	195	195	mínimo
760	590	3	197	197	197	mínimo
765	593	3	198	198	198	mínimo
770	597	3	199	199	199	mínimo
775	600	3	200	200	200	mínimo
780	604	3	201	201	201	mínimo
785	608	3	203	203	203	mínimo
790	611	3	204	204	204	mínimo
795	615	3	205	205	205	mínimo
800	619	3	206	206	206	mínimo
805	622	3	207	207	207	mínimo
810	626	3	209	209	209	mínimo
815	629	3	210	210	210	mínimo
820	633	3	211	211	211	mínimo
825	637	3	212	212	212	mínimo
830	640	3	213	213	213	mínimo
835	644	3	215	215	215	mínimo
840	647	3	216	216	216	mínimo
845	651	3	217	217	217	mínimo
850	655	3	218	218	218	mínimo
855	658	3	219	219	219	mínimo
860	662	3	221	221	221	mínimo
865	666	3	222	222	222	mínimo
870	669	3	223	223	223	mínimo
875	673	3	224	224	224	mínimo
880	676	3	225	225	225	mínimo
885	680	3	227	227	227	mínimo
890	684	3	228	228	228	mínimo
895	687	3	229	229	229	mínimo
900	691	3	230	230	230	mínimo
905	694	3	231	231	231	mínimo
910	698	3	233	233	233	mínimo
915	702	3	234	234	234	mínimo
920	705	3	235	235	235	mínimo
925	709	3	236	236	236	mínimo
930	713	3	238	238	238	mínimo
935	716	3	239	239	239	mínimo
940	720	3	240	240	240	mínimo
945	723	3	241	241	241	mínimo
950	727	3	242	242	242	mínimo
955	731	3	244	244	244	mínimo
960	734	3	245	245	245	mínimo
965	738	3	246	246	246	mínimo
970	741	3	247	247	247	mínimo
975	745	3	248	248	248	mínimo
980	749	3	250	250	250	mínimo
985	752	3	251	251	251	mínimo
990	756	3	252	252	252	mínimo
995	760	3	253	253	253	mínimo
1000	763	3	254	254	254	mínimo

Tabla H.1.3.: “Ancho mínimo de escaleras no protegidas”.

N° de Ocupantes	Ancho Total [cm]	N° mínimo de vías	Ancho de elementos por unidad [cm]			Eficiencia (sobre la recomendación)
			1	2	3	
0	110	2	110	110	0	100,00%
5	110	2	110	110	0	100,00%
10	110	2	110	110	0	100,00%
15	110	2	110	110	0	100,00%
20	110	2	110	110	0	100,00%
25	110	2	110	110	0	100,00%
30	110	2	110	110	0	100,00%
35	110	2	110	110	0	100,00%
40	110	2	110	110	0	100,00%
45	110	2	110	110	0	100,00%
50	110	2	110	110	0	100,00%
55	110	2	110	110	0	100,00%
60	110	2	110	110	0	100,00%
65	110	2	110	110	0	100,00%
70	110	2	110	110	0	100,00%
75	110	2	110	110	0	100,00%
80	110	2	110	110	0	100,00%
85	110	2	110	110	0	100,00%
90	110	2	110	110	0	100,00%
95	110	2	110	110	0	100,00%
100	110	2	110	110	0	100,00%
105	110	2	110	110	0	100,00%
110	110	2	110	110	0	100,00%
115	110	2	110	110	0	100,00%
120	110	2	110	110	0	100,00%
125	110	2	110	110	0	100,00%
130	110	2	110	110	0	100,00%
135	110	2	110	110	0	100,00%
138	110	2	110	110	0	100,00%
145	116	2	110	110	0	89,66%
150	120	2	110	110	0	83,33%
155	124	2	110	110	0	77,42%
160	128	2	110	110	0	71,88%
165	132	2	110	110	0	66,67%
170	136	2	110	110	0	61,76%
175	140	2	110	110	0	57,14%
180	144	2	110	110	0	52,78%
185	148	2	110	110	0	48,65%
190	152	2	110	110	0	44,74%
195	156	2	110	110	0	41,03%
200	160	2	110	110	0	37,50%
205	164	2	110	110	0	34,15%
210	168	2	110	110	0	30,95%
215	172	2	110	110	0	27,91%
220	176	2	110	110	0	25,00%
225	180	2	110	110	0	22,22%
230	184	2	110	110	0	19,57%
235	188	2	110	110	0	17,02%
240	192	2	110	110	0	14,58%
245	196	2	110	110	0	12,24%
250	200	2	110	110	0	10,00%
255	204	2	110	110	0	7,84%
260	208	2	110	110	0	5,77%
265	212	2	110	110	0	3,77%
270	216	2	110	110	0	1,85%
275	220	2	110	110	0	minimo
280	224	2	112	112	0	minimo
285	228	2	114	114	0	minimo
290	232	2	116	116	0	minimo
295	236	2	118	118	0	minimo
300	240	2	120	120	0	minimo
305	244	2	122	122	0	minimo
310	248	2	124	124	0	minimo
315	252	2	126	126	0	minimo
320	256	2	128	128	0	minimo
325	260	2	130	130	0	minimo
330	264	2	132	132	0	minimo
335	268	2	134	134	0	minimo
340	272	2	136	136	0	minimo
345	276	2	138	138	0	minimo
350	280	2	140	140	0	minimo
355	284	2	142	142	0	minimo
360	288	2	144	144	0	minimo
365	292	2	146	146	0	minimo
370	296	2	148	148	0	minimo
375	300	2	150	150	0	minimo
380	304	2	152	152	0	minimo
385	308	2	154	154	0	minimo
390	312	2	156	156	0	minimo
395	316	2	158	158	0	minimo
400	320	2	160	160	0	minimo
405	324	2	162	162	0	minimo
410	328	2	164	164	0	minimo
415	332	2	166	166	0	minimo
420	336	2	168	168	0	minimo
425	340	2	170	170	0	minimo
430	344	2	172	172	0	minimo
435	348	2	174	174	0	minimo
440	352	2	176	176	0	minimo
445	356	2	178	178	0	minimo
450	360	2	180	180	0	minimo
455	364	2	182	182	0	minimo
460	368	2	184	184	0	minimo
465	372	2	186	186	0	minimo
470	376	2	188	188	0	minimo
475	380	2	190	190	0	minimo
480	384	2	192	192	0	minimo
485	388	2	194	194	0	minimo
490	392	2	196	196	0	minimo
495	396	2	198	198	0	minimo
500	400	3	133	133	133	minimo
505	404	3	135	135	135	minimo
510	408	3	136	136	136	minimo
515	412	3	137	137	137	minimo
520	416	3	139	139	139	minimo
525	420	3	140	140	140	minimo
530	424	3	141	141	141	minimo
535	428	3	143	143	143	minimo
540	432	3	144	144	144	minimo
545	436	3	145	145	145	minimo
550	440	3	147	147	147	minimo
555	444	3	148	148	148	minimo
560	448	3	149	149	149	minimo
565	452	3	151	151	151	minimo

570	456	3	152	152	152	mínimo
575	460	3	153	153	153	mínimo
580	464	3	155	155	155	mínimo
585	468	3	156	156	156	mínimo
590	472	3	157	157	157	mínimo
595	476	3	159	159	159	mínimo
600	480	3	160	160	160	mínimo
605	484	3	161	161	161	mínimo
610	488	3	163	163	163	mínimo
615	492	3	164	164	164	mínimo
620	496	3	165	165	165	mínimo
625	500	3	167	167	167	mínimo
630	504	3	168	168	168	mínimo
635	508	3	169	169	169	mínimo
640	512	3	171	171	171	mínimo
645	516	3	172	172	172	mínimo
650	520	3	173	173	173	mínimo
655	524	3	175	175	175	mínimo
660	528	3	176	176	176	mínimo
665	532	3	177	177	177	mínimo
670	536	3	179	179	179	mínimo
675	540	3	180	180	180	mínimo
680	544	3	181	181	181	mínimo
685	548	3	183	183	183	mínimo
690	552	3	184	184	184	mínimo
695	556	3	185	185	185	mínimo
700	560	3	187	187	187	mínimo
705	564	3	188	188	188	mínimo
710	568	3	189	189	189	mínimo
715	572	3	191	191	191	mínimo
720	576	3	192	192	192	mínimo
725	580	3	193	193	193	mínimo
730	584	3	195	195	195	mínimo
735	588	3	196	196	196	mínimo
740	592	3	197	197	197	mínimo
745	596	3	199	199	199	mínimo
750	600	3	200	200	200	mínimo
755	604	3	201	201	201	mínimo
760	608	3	203	203	203	mínimo
765	612	3	204	204	204	mínimo
770	616	3	205	205	205	mínimo
775	620	3	207	207	207	mínimo
780	624	3	208	208	208	mínimo
785	628	3	209	209	209	mínimo
790	632	3	211	211	211	mínimo
795	636	3	212	212	212	mínimo
800	640	3	213	213	213	mínimo
805	644	3	215	215	215	mínimo
810	648	3	216	216	216	mínimo
815	652	3	217	217	217	mínimo
820	656	3	219	219	219	mínimo
825	660	3	220	220	220	mínimo
830	664	3	221	221	221	mínimo
835	668	3	223	223	223	mínimo
840	672	3	224	224	224	mínimo
845	676	3	225	225	225	mínimo
850	680	3	227	227	227	mínimo
855	684	3	228	228	228	mínimo
860	688	3	229	229	229	mínimo
865	692	3	231	231	231	mínimo
870	696	3	232	232	232	mínimo
875	700	3	233	233	233	mínimo
880	704	3	235	235	235	mínimo
885	708	3	236	236	236	mínimo
890	712	3	237	237	237	mínimo
895	716	3	239	239	239	mínimo
900	720	3	240	240	240	mínimo
905	724	3	241	241	241	mínimo
910	728	3	243	243	243	mínimo
915	732	3	244	244	244	mínimo
920	736	3	245	245	245	mínimo
925	740	3	247	247	247	mínimo
930	744	3	248	248	248	mínimo
935	748	3	249	249	249	mínimo
940	752	3	251	251	251	mínimo
945	756	3	252	252	252	mínimo
950	760	3	253	253	253	mínimo
955	764	3	255	255	255	mínimo
960	768	3	256	256	256	mínimo
965	772	3	257	257	257	mínimo
970	776	3	259	259	259	mínimo
975	780	3	260	260	260	mínimo
980	784	3	261	261	261	mínimo
985	788	3	263	263	263	mínimo
990	792	3	264	264	264	mínimo
995	796	3	265	265	265	mínimo
1000	800	3	267	267	267	mínimo

H.2 SEÑALES FOTOLUMINISCENTES.

1 y 2 EMPRESA FABRICANTE: IMPLASER 99
POL. BORAÑO NORTE, nave 5A ALFAJARÍN (ZARAGOZA)

3.- TIPO DE PRODUCTO: (norma UNE 23035:2003): SEÑAL LUMINISCENTE CLASE B

4.- IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO (norma UNE 23035:2003):

Implanorm
907/940-K-W UNE 23035
D 49,3mm H 1.000/600-05/19

5.- CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DE LUMINISCENCIA DECLARADAS:

Luminiscencia 10 minutos:	50 mcd/m ² UNE 23035-4 (2003):	40 mcd/m ²
Luminiscencia 60 minutos:	7 mcd/m ² UNE 23035-4 (2003):	5,6 mcd/m ²
Tiempo de atenuación:	940 minutos UNE 23035-4 (2003):	800 minutos

6, 7, 8 y 9 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES: Glaspac (PVC Rígido) Espesor: 0,7 mm + Material luminiscente + Protección exterior UV . El espesor total es de 0.8 mm
Apta para exteriores, lavable con agua y detergentes neutros. **NO SE ENNEGRECE AL SOL**

10, 11, 12, 13 y 14.- CERTIFICADOS de ensayos realizados según UNE 23035 y EN LABORATORIOS AUTORIZADOS POR EL COMITÉ TÉCNICO DE CERTIFICACIÓN DE AENOR (CTC/011) :

RADIOACTIVIDAD: LABORATORIO AFITI-LICOF
TOXICIDAD: LAS PINTURAS Y TINTAS UTILIZADAS NO SON TOXICAS
CAMARA DE NIEBLA SALINA: LABORATORIO DE OPTICA AIDO
LUMINISCENCIA: LABORATORIO DE OPTICA AIDO
AUTOEXTINGUIBILIDAD: LABORATORIO AFITI-LICOF

15.- NORMATIVA: **Cumple con las Normas:**
UNE 23033-1:1981
UNE 23034:1988 (Identificadas en catálogo)

UNE 23035-1:2003
UNE 23035-4:2003

UNE 1115:1985
UNE 53127:200.

16. – LEGISLACIÓN
Cumple con RD 485/1997 sobre señalización de seguridad.
Cumple con la NBE CPI 1996 (aprobada por RD 2177/1996) (Las que cumplan con UNE 23034:1988)
Cumple con el RSCIEI 2003 (aprobado por RD 2267/2004) (Las que cumplan con UNE 23034:1988)

17.- INSTRUCCIONES DE INSTALACION DE LAS SEÑALES IMPLANORM
Para su correcto funcionamiento la señal deberá estar instalada:
1.- en zonas directamente afectadas por iluminación solar o bien dentro de zona de influencia de luminarias
2.- una señal instalada en zona de sombra, no funcionará con buenos rendimientos. Es necesario el aporte inicial de energía para que la señal pueda devolverla en forma de luz.
LA ENERGÍA NI SE CREA NI SE DESTRUYE, ÚNICAMENTE SE TRANSFORMA.
3.- Una señal bien conservada tiene ciclos de carga y descarga ilimitados.

Figura H.2.1.: “Ejemplo de Ficha Técnica de señalización luminiscente de acuerdo a UNE 23035-4(2003)”.

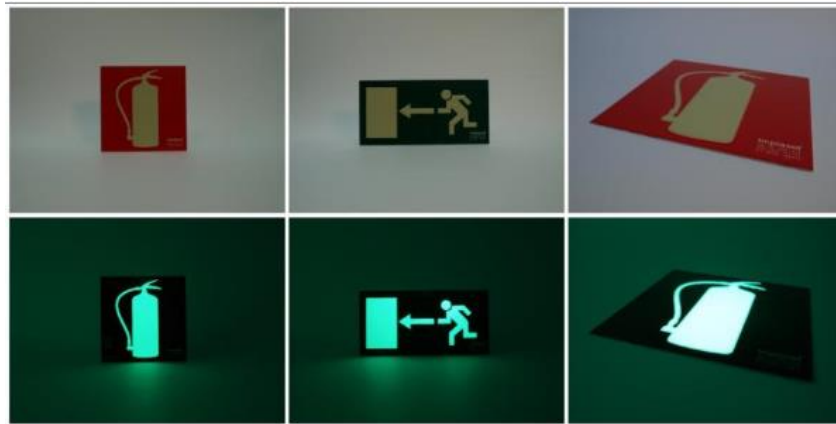





Figura H.2.2.: “Señales Foto luminiscentes”.

H.3 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

Tabla H.3.1.: “Luminosidad (cd) de distintas fuentes de iluminación en función de la potencia (W)”.

Fuente de iluminación	Potencia Aproximada [W]	Luminosidad [cd]	Ejemplos
Lámpara incandescente	40 W	40 cd	
Lámpara incandescente	100 W	130 cd	
Lámpara Fluorescente	40 W	200 cd	

H.4 EXTINTORES

Tabla H.4.1.: “Características técnicas de Extintor de potencial extintor de 10A”.

Naturaleza del Agente	Polvo Químico Seco Multipropósito
Nombre químico	Fosfato mono amónico
Potencial de extinción	10A-40B:C
Contenido porcentual nominal del compuesto activo	90%
Contenido nominal	6kg
Masa aprox. cargado	9,1 kg
Masa aprox. Descargado	3,1 kg
Aislante eléctrico	Hasta 100.000 volt.
T° limite de operación	-20°C + 60°C
Presión de trabajo	13,7 kg / cm ²
Presión de ensayo	41,1 kg / cm ²
Gas propulsor	N2 (Nitrógeno)
Altura del equipo	530 mm
Diámetro del equipo	160 mm
Tiempo nominal de descarga	22 s

Tabla H.4.2.: “Características técnicas de Extintor de potencial extintor de 10A”.

Naturaleza del Agente	Polvo Químico Seco Multipropósito
Nombre químico	Fosfato mono amónico
Potencial de extinción	10A-40B:C
Contenido porcentual nominal del compuesto activo	90%
Contenido nominal	6kg
Masa aprox. cargado	9,1 kg
Masa aprox. Descargado	3,1 kg
Aislante eléctrico	Hasta 100.000 volt.
T° limite de operación	-20°C + 60°C
Presión de trabajo	13,7 kg / cm ²
Presión de ensayo	41,1 kg / cm ²
Gas propulsor	N2 (Nitrógeno)
Altura del equipo	530 mm
Diámetro del equipo	160 mm
Tiempo nominal de descarga	22 s

Tabla H.4.3.: “Características técnicas de Extintor de potencial extintor de 6A”.

Naturaleza del Agente	Polvo Químico Seco Multipropósito
Nombre químico	Fosfato mono amónico
Contenido porcentual nominal del compuesto activo	90%
Potencial de Extinción	6A-30B:C
Contenido nominal	4 kg
Masa aprox. cargado	6,8 kg
Masa aprox. Descargado	2,8 kg
Aislante eléctrico	Hasta 100.000 volt.
T° limite de operación	-20°C + 60°C
Presión de trabajo	13,7 kg / cm ²
Presión de ensayo	41,1 kg / cm ²
Gas propulsor	N2 (Nitrógeno)
Altura del equipo	430 mm
Diámetro del equipo	160 mm
Tiempo nominal de descarga	16 s



Figura H.4.1.: “Extintores Polvo Químico Seco Multipropósito A-B-C”.

TIPO DE EXTINTORES							
	A Agua	AB Agua + Espuma Química	ABC Polvo Químico Seco	BC Dióxido de carbono (CO2)	ABC Halotron 1	D Polvo Químico D	K Potasio
A Sólidos	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO
B Líquidos	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
C Eléctricos	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO
D Metales	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
K Grasas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI

Figura H.4.2.: “Tipos de Extintores Portátiles”.

H.5 DETECCIÓN, NOTIFICACIÓN Y ALARMA.

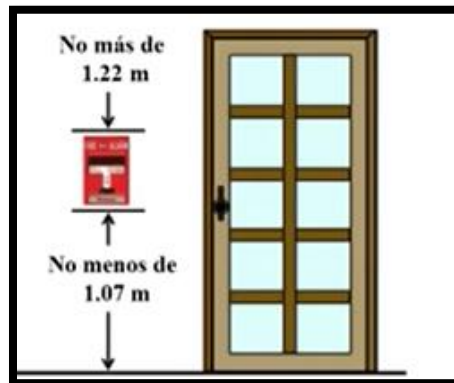


Figura H.5.1.: "Ubicación en muros de sistemas de detección manual según NFPA 72 [49]".

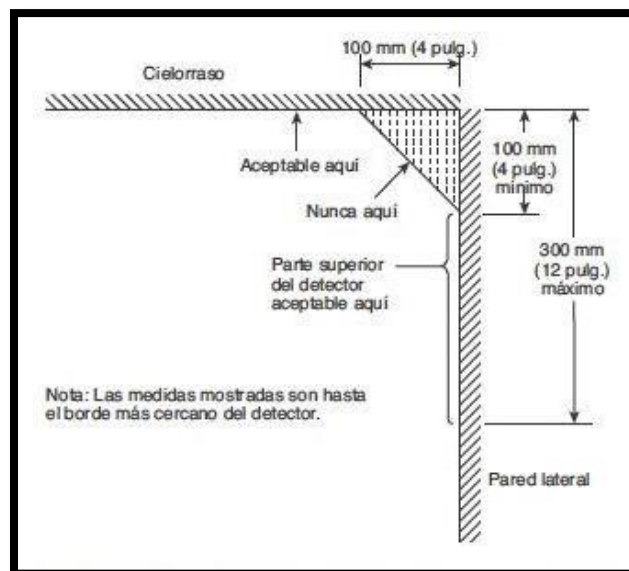


Figura H.5.2.: "Ubicación apropiada de detectores de humo o calor en las esquinas de los recintos según NFPA 72 [49]".

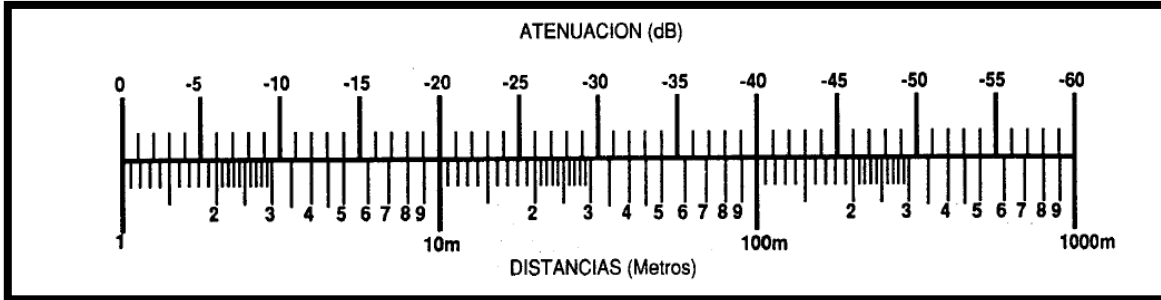


Figura H.5.3.: “Valores de atenuación del nivel de presión sonora en función de la distancia”.

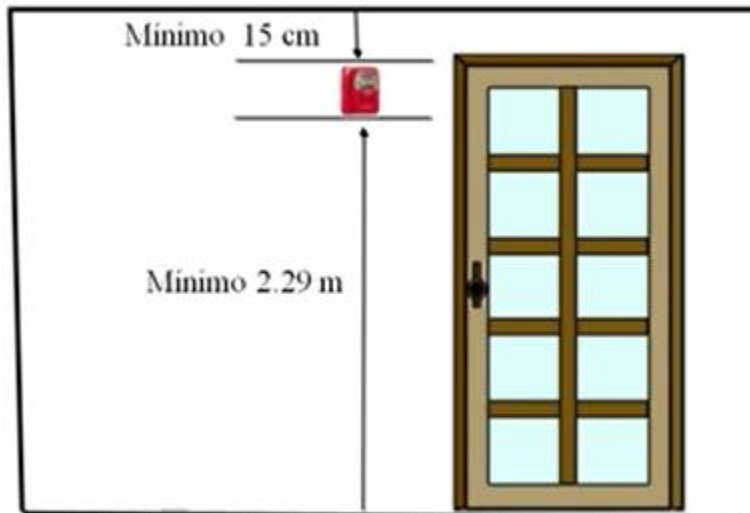


Figura H.5.4.: “Ubicación en muros de alarmas sonoras según NFPA 72 [49]”.

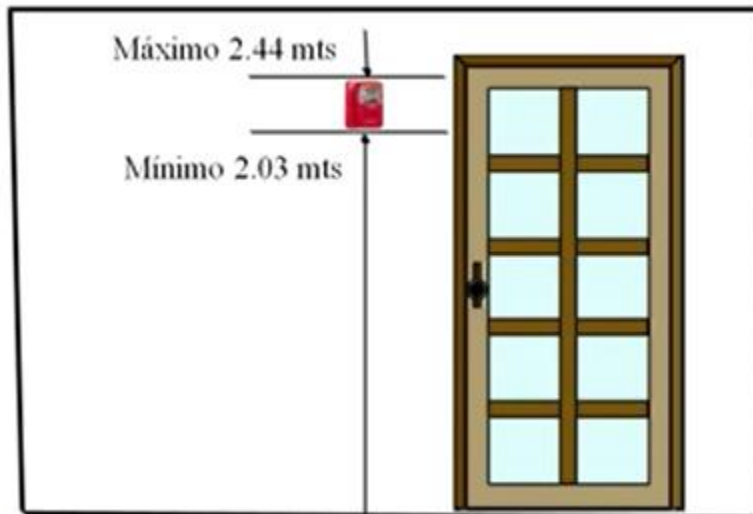


Figura H.5.5.: “Ubicación en muros de alarmas visuales según NFPA 72 [49]”.

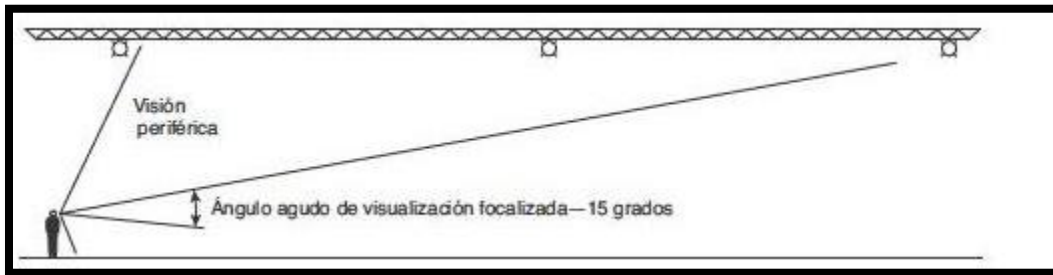


Figura H.5.6.: “Cono de visión extendido para el cálculo del ángulo de visión focalizada según NFPA 72 [49]”.

Tabla H.5.1.: “Niveles de presión sonora (dB) típicos en discotecas, según el tipo de lugar en el que se encuentran los ocupantes”.

Puesto de trabajo	dB(A)
Personal de barra	89 - 99
Recogevasos	90 - 100
Camareros	102
Disc-jockeys	93 - 99
Técnicos de iluminación	104
Personal de seguridad	97
Personal de control de accesos	84
Pista de baile	94 - 104

Tabla H.5.2.: “Luminosidad (cd) de alarmas visuales instaladas en muros en función del área del tamaño máximo del recinto según NFPA 72 [49]”.

Tamaño máximo de la sala		Salida lumínica mínima requerida [Intensidad efectiva (cd)]		
		Una luz por sala	Dos luces por sala (ubicadas en muros opuestos)	Cuatro luces por sala (una luz por muro)
pies	metros			
20 × 20	6.10 × 6.10	15	NA	NA
28 × 28	8.53 × 8.53	30	Desconocido	NA
30 × 30	9.14 × 9.14	34	15	NA
40 × 40	12.2 × 12.2	60	30	15
45 × 45	13.7 × 13.7	75	Desconocido	19
50 × 50	15.2 × 15.2	94	60	30
54 × 54	16.5 × 16.5	110	Desconocido	30
55 × 55	16.8 × 16.8	115	Desconocido	28
60 × 60	18.3 × 18.3	135	95	30
63 × 63	19.2 × 19.2	150	Desconocido	37
68 × 68	20.7 × 20.7	177	Desconocido	43
70 × 70	21.3 × 21.3	184	95	60
80 × 80	24.4 × 24.4	240	135	60
90 × 90	27.4 × 27.4	304	185	95
100 × 100	30.5 × 30.5	375	240	95
110 × 110	33.5 × 33.5	455	240	135
120 × 120	36.6 × 36.6	540	305	135
130 × 130	39.6 × 39.6	635	375	185

NA: No aceptable.

Tabla H.5.3.: “Luminosidad (cd) de alarmas visuales instaladas en cielo raso en función del área del tamaño máximo y de la altura del recinto según NFPA 72 [49]”.

Tamaño máximo de la sala		Altura máxima del lente		Salida lumínica mínima requerida (intensidad efectiva); una luz (cd)
pies	m	pies	m	
20 × 20	6.1 × 6.1	10	3.0	15
30 × 30	9.1 × 9.1	10	3.0	30
40 × 40	12.2 × 12.2	10	3.0	60
44 × 44	13.4 × 13.4	10	3.0	75
50 × 50	15.2 × 15.2	10	3.0	95
53 × 53	16.2 × 16.2	10	3.0	110
55 × 55	16.8 × 16.8	10	3.0	115
59 × 59	18.0 × 18.0	10	3.0	135
63 × 63	19.2 × 19.2	10	3.0	150
68 × 68	20.7 × 20.7	10	3.0	177
70 × 70	21.3 × 21.3	10	3.0	185
20 × 20	6.1 × 6.1	20	6.1	30
30 × 30	9.1 × 9.1	20	6.1	45
44 × 44	13.4 × 13.4	20	6.1	75
46 × 46	14.0 × 14.0	20	6.1	80
50 × 50	15.2 × 15.2	20	6.1	95
53 × 53	16.2 × 16.2	20	6.1	110
55 × 55	16.8 × 16.8	20	6.1	115
59 × 59	18.0 × 18.0	20	6.1	135
63 × 63	19.2 × 19.2	20	6.1	150
68 × 68	20.7 × 20.7	20	6.1	177
70 × 70	21.3 × 21.3	20	6.1	185
20 × 20	6.1 × 6.1	30	9.1	55
30 × 30	9.1 × 9.1	30	9.1	75
50 × 50	15.2 × 15.2	30	9.1	95
53 × 53	16.2 × 16.2	30	9.1	110
55 × 55	16.8 × 16.8	30	9.1	115
59 × 59	18.0 × 18.0	30	9.1	135
63 × 63	19.2 × 19.2	30	9.1	150
68 × 68	20.7 × 20.7	30	9.1	177
70 × 70	21.3 × 21.3	30	9.1	185

I ANEXO I: DETALLES DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS PRESTACIONAL

I.1 RSET (Tiempo requerido para la evacuación segura).

I.1.1 DETALLE DE DATOS DE SALIDA DE LA MODELACIÓN EN PATHFINDER PARA EL RECINTO 1.

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***

Simulation: disco1_final_final
 Version: 2016.1.0229
 Mode: SFPE (Basic)
 Total Occupants: 475
 Exit Times (s):
 Min: 15,4
 Max: 506,1
 Average: 264,9
 StdDev: 144,7

Travel Distances (m):
 Min: 15,1
 Max: 57,2
 Average: 29,7
 StdDev: 8,4

[Components] All: 35
 [Components] Doors: 17
 Triangles: 160
 Startup Time: 3,7s
 CPU Time: 38,3s

ROOM/DOOR FIRST IN LAST OUT TOTAL USE FLOW AVG.
 (s) (s) (pers) (pers/s)

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW (pers/s)	AVG.
Floor 0,0 m->destino seguro	13,6	506,1	475		
Floor 0,0 m->escalera acceso 1	8,4	504,3	475		
escalera acceso 1 door 1	13,6	504,3	475	0,97	
escalera acceso 1 door 2	8,4	497,6	475	0,97	
Floor 0,0 m->salida DS	15,4	506,1	475	0,97	
Floor 2,5 m->bajada de escalera de acceso		7,1	497,6		475
Floor 2,5 m->escalera acceso 2	2,9	496,3	475		
escalera acceso 2 door 1	7,1	496,3	475	0,97	
escalera acceso 2 door 2	2,9	481,7	475	0,99	

Floor 5,0 m->terraza exterior	0,3	481,7	475	
Floor 5,0 m->pista central	0,0	147,6	475	
Floor 5,0 m->barra	0,0	0,0	0	
Floor 5,0 m->escalera 1 parte inferior		5,2	73,3	25
escalera 1 parte inferior door 1	6,8	73,3	25	0,38
escalera 1 parte inferior door 2	5,2	71,7	25	0,38
Floor 5,0 m->escalera 2 parte inferior		4,4	138,5	50
escalera 2 parte inferior door 1	6,9	138,5	50	0,38
escalera 2 parte inferior door 2	4,4	135,8	50	0,38
Floor 5,0 m->acceso-salida 01	1,1	86,4	185	2,17
Floor 5,0 m->acceso-salida 02	0,3	147,6	115	0,78
Floor 5,0 m->acceso-salida 03	0,6	142,7	175	1,23
Floor 6,25 m->escenario	0,0	0,0	0	
Floor 6,25 m->bajada escalera 2	3,8	135,8	50	
Floor 6,25 m->escalera 2 parte inferior		1,9	135,1	50
escalera 2 parte inferior door 1	3,8	135,1	50	0,38
escalera 2 parte inferior door 2	1,9	130,3	50	0,39
Floor 6,25 m->zona sin acceso	0,0	0,0	0	
Floor 6,25 m->bajada escalera 1	4,1	71,7	25	
Floor 6,25 m->escalera 1 parte superior		0,9	70,8	25
escalera 1 parte superior door 1	4,1	70,8	25	0,37
escalera 1 parte superior door 2	0,9	63,7	25	0,40
Floor 7,5 m->vip 1	0,0	63,7	25	
Floor 7,5 m->zona sin acceso	0,0	0,0	0	
Floor 7,5 m->vip 2	0,0	130,3	50	
Floor 7,5 m->Door10	0,0	0,0	0	

I.1.2 Detalle de datos de salida de la modelación en Pathfinder para el recinto 2.

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***

Simulation: disco2_v1
 Version: 2016.1.0229
 Mode: SFPE (Basic)
 Total Occupants: 800
 Exit Times (s):
 Min: 3,5
 Max: 440,3
 Average: 179,8
 StdDev: 130,2

Travel Distances (m):
 Min: 3,7
 Max: 52,0
 Average: 29,5
 StdDev: 13,4

[Components] All: 49
 [Components] Doors: 26
 Triangles: 145
 Startup Time: 0,1s
 CPU Time: 50,8s

ROOM/DOOR FIRST IN LAST OUT TOTAL USE FLOW AVG.
 (s) (s) (pers) (pers/s)

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW (pers/s)	AVG.
Floor 0,0 m->Room03	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->Pasillo de entrada 1	1,1	422,9	489		
Floor 0,0 m->Pasillo de entrada 2	10,2	440,3	311		
Floor 0,0 m->Salida 01	3,5	422,9	489	1,17	
Floor 0,0 m->Entrada a pasillo de entrada 1	1,1	420,5	489	1,17	
Floor 0,0 m->Salida 02	15,0	440,3	311	0,73	
Floor 0,0 m->Door05	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->Escalera 2 parte inferior	5,4	406,4	289		
Escalera 2 parte inferior door 1	8,8	406,4	289	0,73	
Escalera 2 parte inferior door 2	5,4	402,3	289	0,73	
Floor 0,0 m->Escalera 1 parte inferior	7,2	435,6	311		
Escalera 1 parte inferior door 1	7,2	431,7	311	0,73	
Escalera 1 parte inferior door 2	10,2	435,6	311	0,73	
Floor 0,0 m->pasillo central primer piso	0,0	420,5	489		
Floor 2,0 m->Room23	3,9	402,3	289		

Floor 2,0 m->Room24	5,7	431,7	311			
Floor 2,0 m->escalera 2 parte superior			1,2	401,0	289	
escalera 2 parte superior door 1	3,9		401,0		289	0,73
escalera 2 parte superior door 2	1,2		393,6		289	0,74
Floor 2,0 m->escalera1 parte superior			2,1	430,2	311	
escalera1 parte superior door 1	2,1		422,1		311	0,74
escalera1 parte superior door 2	5,7		430,2		311	0,73
Floor 4,0 m->Zona sin acceso	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Sala de estar	0,0		31,9		38	
Floor 4,0 m->barra2	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Zona sin acceso	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Baños M	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Arranque escalera 1			1,0	422,1	311	
Floor 4,0 m->vip	0,0		67,8		88	
Floor 4,0 m->baños M	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->barra	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Door06	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Door07	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Door08	0,3		64,5		43	0,67
Floor 4,0 m->Door09	0,5		67,8		45	0,67
Floor 4,0 m->Door10	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Door11	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Door12	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Door13	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->Door14	0,5		31,9		38	1,21
Floor 4,0 m->Door15	0,0		0,0		0	
Floor 4,0 m->salida 1	1,0		410,9		311	0,76
Floor 4,0 m->arranque escalera 2 segundo piso				0,3	393,6	289
Floor 4,0 m->arranque escalera 2 segundo piso				0,3	384,7	290
Floor 4,0 m->Pista central 2	0,0		238,7		200	
Floor 4,0 m->acceso de pista central 2 a pasillo central				0,4	238,7	200
0,84						
Floor 4,0 m->Pista central 1	0,0		410,9		544	
Floor 4,0 m->pasillo segundo piso	0,0		384,7		483	
Floor 4,0 m->acceso de pista central 1 a pasillo central				0,4	270,4	427
1,58						

Ç

I.1.3 Detalle de datos de salida de la modelación en Pathfinder para el recinto 3.

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***

Simulation: disco3
 Version: 2016.1.0229
 Mode: SFPE (Basic)
 Total Occupants: 1000
 Exit Times (s):
 Min: 6,5
 Max: 483,7
 Average: 190,1
 StdDev: 127,0

Travel Distances (m):
 Min: 6,8
 Max: 47,2
 Average: 22,9
 StdDev: 9,5

[Components] All: 25
 [Components] Doors: 14
 Triangles: 84
 Startup Time: 0,4s
 CPU Time: 35,9s

ROOM/DOOR FIRST IN LAST OUT TOTAL USE FLOW AVG.
 (s) (s) (pers) (pers/s)

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW (pers/s)	AVG.
Floor 0,0 m->pasillo A-DS1	1,1	269,4	554		
Floor 0,0 m->baños M	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->baños H	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->guardarropia	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->barra	0,0	136,1	72		
Floor 0,0 m->vip 2	0,0	159,9	145		
Floor 0,0 m->Room09	0,0	476,6	518		
Floor 0,0 m->pasillo B-DS2	0,5	483,7	446		
Floor 0,0 m->Room11	0,0	116,4	61		
Floor 0,0 m->pista central	0,0	330,6	956		
Floor 0,0 m->Room13	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->S12	1,1	264,1	554	2,11	
Floor 0,0 m->Door02	0,6	326,9	205	0,63	
Floor 0,0 m->Door05	0,6	330,6	421	1,28	
Floor 0,0 m->Door06	0,7	116,4	61	0,53	
Floor 0,0 m->Door08	1,0	159,9	145	0,91	
Floor 0,0 m->Door09	0,0	0,0	0		

Floor 0,0 m->Door10	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->Door11	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->Door12	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->Door13	0,0	0,0	0		
Floor 0,0 m->Door14	0,6	136,1	72	0,53	
Floor 0,0 m->S21	0,5	476,6	446	0,94	
Floor 0,0 m->Acceso principal (S1)		6,5	269,4	554	2,11
Floor 0,0 m->Acceso lateral (S2)		7,0	483,7	446	0,94

I.2 ASET (Tiempo disponible para la evacuación segura).

I.2.1 Propiedades térmicas de distintos materiales.

Tabla I.2.1.(a): “Propiedades térmicas de los materiales de la envolvente”.

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/ (m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Acero	7850	460	47-58	13,01-16,06
Agua	1000	4186	0,58	0,139
Aire	1,2	1000	0,026	21,67
Alpaca	8,72	398	29,1	8384,8
Aluminio	2700	909	209-232	85,16-94,53
Amianto	383-400	816	0,078-0,113	0,250-0,346
Arcilla refractaria	2000	879	0,46	0,261
Arena húmeda	1640	-	1,13	-
Arena seca	1400	795	0,33-0,58	0,296-0,521
Asfalto	2120	1700	0,74-0,76	0,205-0,211
Baldosas cerámicas	1750	-	0,81	-
Baquelita	1270	900	0,233	0,201
Bitumen asfáltico	1000	-	0,198	-
Bloques cerámicos	730	-	0,37	-
Bronce	8000	360	116-186	40,28-64,58
Carbón (antracita)	1370	1260	0,238	0,139
Cartón	-	-	0,14-0,35	-
Cemento (duro)	-	-	1,047	-
Cinc	7140	389	106-140	38,16-50,41
Cobre	8900	389	372-385	107,45-111,20
Corcho (expandido)	120	-	0,036	-

Tabla I.2.1.(b): “Propiedades térmicas de los materiales de la envolvente”.

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Corcho (expandido)	120	-	0,036	-
Corcho (tableros)	120	1880	0,042	0,186
Espuma de poliuretano	40	1674	0,029	0,433
Espuma de vidrio	100	-	0,047	-
Estaño	7400	251	64	34,46
Fibra de vidrio	220	795	0,035	0,200
Fundición	7500	-	55,8	-
Glicerina	1270	2430	0,29	0,094
Goma dura	1150	2009	0,163	0,070
Goma esponjosa	224	-	0,055	-
Granito	2750	837	3	1,303
Hierro	7870	473	72	19,34
Hormigón	2200	837	1,4	0,761
Hormigón de cascote	1600-1800	-	0,75-0,93	-
Láminas de fibra de madera	200	-	0,047	-
Ladrillo al cromo	3000	840	2,32	0,921
Ladrillo común	1800	840	0,8	0,529
Ladrillo de circonio	3600	-	2,44	-

Tabla I.2.1.(c): “Propiedades térmicas de los materiales de la envolvente”.

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/ (m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Ladrillo de magnesita	2000	1130	2,68	1,186
Ladrillo de mampostería	1700	837	0,658	0,462
Ladrillo de sílice	1900	-	1,070	-
Lana de vidrio	100-200	670	0,036-0,040	0,537-0,299
Latón	8550	394	81-116	24,04-34,43
Linóleo	535	-	0,081	-
Litio	530	360	301,2	1578,61
Madera	840	1381	0,13	0,112
Madera de abedul	650	1884	0,142	0,116
Madera de alerce	650	1298	0,116	0,137
Madera de arce	750	1591	0,349	0,292
Madera de chopo	650	1340	0,152	0,175
Madera de fresno	750	1591	0,349	0,292
Madera de haya	800	1340	0,143	0,133
Madera de haya blanca	700	1340	0,143	0,152
Madera de pino	650	1298	0,163	0,193
Madera de pino blanco	550	1465	0,116	0,144
Madera de roble	850	2386	0,209	0,103

Tabla I.2.1.(d): "Propiedades térmicas de los materiales de la envolvente".

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/ (m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Mortero de cal y cemento	1900	-	0,7	-
Mortero de cemento	2100	-	1,4	-
Mortero de vermiculita	300-650	-	0,14-0,26	-
Mortero de yeso	1000	-	0,76	-
Mortero para revoques	1800-2000	-	1,16	-
Níquel	8800	460	52,3	12,92
Oro	19330	130	308,2	122,65
Pizarra	2650	758	0,42	0,209
Placas de yeso	600-1200	-	0,29-0,58	-
Plata	10500	234	418	170,13
Plexiglás	1180	-	0,195	-
Plomo	11340	130	35	23,74
Poliestireno	1050	1200	0,157	0,125
Porcelana	2350	921	0,81	0,374
Serrín	215	-	0,071	-
Tierra de diatomeas	466	879	0,126	0,308
Tejas cerámicas	1650	-	0,76	-

I.2.2 Detalle de datos de salida de la modelación en Branzfire para el escenario 1a del recinto 1.

Description of Rooms

=====

=====
Room 1 : pista central
Room Length (m) = 38,00
Room Width (m) = 10,50
Maximum Room Height (m) = 5,00
Minimum Room Height (m) = 5,00
Floor Elevation (m) = 0,000
Room 1 has a flat ceiling.

Wall Surface is concrete
Wall Density (kg/m3) = 2300,0
Wall Conductivity (W/m.K) = 1,200
Wall Emissivity = 0,50
Wall Thickness (mm) = 250,0

Ceiling Surface is steel (mild)
Ceiling Density (kg/m3) = 7850,0
Ceiling Conductivity (W/m.K) = 45,800
Ceiling Emissivity = 0,90
Ceiling Thickness (mm) = 100,0

Floor Surface is concrete
Floor Density (kg/m3) = 2300,0
Floor Conductivity (W/m.K) = 1,200
Floor Emissivity = 0,50
Floor Thickness = (mm) 100,0

=====

=====
Wall Vents

=====

=====
From room 1 to outside, Vent No 1
Vent Width (m) = 2,250
Vent Height (m) = 2,200
Vent Sill Height (m) = 0,000
Vent Soffit Height (m) = 2,200
Opening Time (sec) = 800
Closing Time (sec) = 0

From room 1 to outside, Vent No 2

Vent Width (m) = 1,550
Vent Height (m) = 2,200
Vent Sill Height (m) = 0,000
Vent Soffit Height (m) = 2,200
Opening Time (sec) = 700
Closing Time (sec) = 0

From room 1 to outside, Vent No 3

Vent Width (m) = 2,250
Vent Height (m) = 2,200
Vent Sill Height (m) = 0,000
Vent Soffit Height (m) = 2,200
Opening Time (sec) = 700
Closing Time (sec) = 0

=====
=====
Ceiling/Floor Vents

=====
=====
Ambient Conditions

=====
Interior Temp (C) = 25,0
Exterior Temp (C) = 25,0
Relative Humidity (%) = 65

=====
=====
Tenability Parameters

=====
Monitoring Height for Visibility and FED (m) = 2,00
Occupant Activity Level = Light
Visibility calculations assume: reflective signs
FED Start Time (sec) 0
FED End Time (sec) 10000

=====
=====
Sprinkler / Detector Parameters

=====
No thermal detector or sprinkler installed.

=====
Mechanical Ventilation (to/from outside)
=====

=====
Mechanical Ventilation not installed in Room 1
=====

=====
Description of the Fire
=====

=====
Radiant Loss Fraction = 0,52
CO Yield pre-flashover(g/g) = 1,410
CO Yield post-flashover(g/g) = 1,410
Soot Yield pre-flashover(g/g) = 0,222
Soot Yield post-flashover(g/g) = 0,222
Smoke Emission Coefficient (1/m) = 1,20
Characteristic Mass Loss per Unit Area (kg/s.m2) = 0,022
Air Entrainment in Plume uses McCaffrey (default)

Burning Object No 1

Mattress, <http://fire.nist.gov/fire/fires/matt1/ssmat1.txt>

Located in Room 1
Energy Yield (kJ/g) = 13,0
CO2 Yield (kg/kg fuel) = 1,920
HCN Yield (kg/kg fuel) = 0,010
Fire Height (m) = 0,300
Fire Location = Wall

Time (sec)	Heat Release (kW)
0	
5	5
10	19
15	42
20	75
25	118
30	169
35	230
40	301
45	381
50	470
55	569
60	677
65	794
70	921
75	1058

80	1203
85	1358
90	1523
95	1697
100	1880
105	2073
110	2275
115	2486
120	2707
125	2938
130	3177
135	3426
140	3685
145	3953
150	4230
155	4517
160	4813
165	5118
170	5433
175	5758
180	6091
185	6434
190	6787
195	7149
200	7520
205	7901
210	8291
215	8690
220	9099
225	9518
230	9945
235	10382
240	10829
245	11285
250	11750
255	12225
260	12709
265	13202
270	13705
275	14224
275	29051
280	29051
285	29051
290	29051
295	29051
300	29051
305	29051

310	29051
315	29051
320	29051
325	29051
330	29051
335	29051
340	29051
345	29051
350	29051
355	29051
360	29051
365	29051
370	29051
375	29051
380	29051
385	29051
390	29051
395	29051
400	29051
405	29051
410	29051
415	29051
420	29051
425	29051
430	29051
435	29051
440	29051
445	29051
450	29051
455	29051
460	29051
465	29051
470	29051
475	29051
480	29051
485	29051
490	29051
495	29051
500	29051
505	29051
510	29051
515	29051
520	29051
525	29051
530	29051
535	29051
540	29051

545	29051
550	29051
555	29051
560	29051
565	29051
570	29051
575	29051
580	29051
585	29051
590	29051
595	29051
600	29051
605	29051
610	29051
615	29051
620	29051
625	29051
630	29051
635	29051
640	29051
645	29051
650	29051
655	29051
660	29051
665	29051
670	29051
675	29051
680	29051
685	29051

=====
=====

Postflashover Inputs

=====
=====

Postflashover model is OFF.

=====
=====

Flame Spread Inputs

=====
=====

This simulation includes flame spread on linings.
Cone Calorimeter Ignition data is correlated using the Flux Time Product method.
Quintiere's Room Corner Model is used.

Flame length power =	1,000
Flame area constant =	0,0065

Burner Width (m) = 0,170

Room 1

=====
=====
Results from Fire Simulation
=====
=====

0 min 00 sec
(0 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	5,000
Upper Temp (C)	25,0
Lower Temp (C)	25,0
HRR (kW)	0,0
Mass Loss (kg/s)	0,000
CO Upper (ppm)	0,1
HCN Upper (ppm)	0,1
CO2 Upper (%)	0,0
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	0,000
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,000

0 min 10 sec
(10 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,976
Upper Temp (C)	27,3
Lower Temp (C)	25,0
HRR (kW)	18,8
Mass Loss (kg/s)	0,001
CO Upper (ppm)	498,9
HCN Upper (ppm)	3,8
CO2 Upper (%)	0,1
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	0,342
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,000

0 min 20 sec

(20 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,930
Upper Temp (C)	30,4
Lower Temp (C)	25,0
HRR (kW)	75,2
Mass Loss (kg/s)	0,004
CO Upper (ppm)	1248,3
HCN Upper (ppm)	9,3
CO2 Upper (%)	0,1
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	0,845
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,000

0 min 30 sec
(30 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,865
Upper Temp (C)	33,9
Lower Temp (C)	25,0
HRR (kW)	169,2
Mass Loss (kg/s)	0,009
CO Upper (ppm)	2171,9
HCN Upper (ppm)	16,1
CO2 Upper (%)	0,2
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	1,453
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,001

0 min 40 sec
(40 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,783
Upper Temp (C)	37,6
Lower Temp (C)	25,0
HRR (kW)	300,8
Mass Loss (kg/s)	0,016
CO Upper (ppm)	3238,3
HCN Upper (ppm)	23,9
CO2 Upper (%)	0,3
Visibility (m) at 2 m	20+

CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	2,141
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,001

0 min 50 sec
(50 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,687
Upper Temp (C)	42,0
Lower Temp (C)	25,1
HRR (kW)	470,0
Mass Loss (kg/s)	0,025
CO Upper (ppm)	4438,7
HCN Upper (ppm)	32,8
CO2 Upper (%)	0,4
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	2,893
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,001

1 min 00 sec
(60 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,578
Upper Temp (C)	47,2
Lower Temp (C)	25,2
HRR (kW)	676,8
Mass Loss (kg/s)	0,036
CO Upper (ppm)	5773,2
HCN Upper (ppm)	42,6
CO2 Upper (%)	0,5
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	3,703
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,001

1 min 10 sec
(70 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,456
Upper Temp (C)	53,0

Lower Temp (C)	25,3
HRR (kW)	921,2
Mass Loss (kg/s)	0,048
CO Upper (ppm)	7247,0
HCN Upper (ppm)	53,4
CO2 Upper (%)	0,7
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	4,564
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,001

1 min 20 sec
(80 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,323
Upper Temp (C)	59,5
Lower Temp (C)	25,4
HRR (kW)	1203,2
Mass Loss (kg/s)	0,063
CO Upper (ppm)	8868,5
HCN Upper (ppm)	65,3
CO2 Upper (%)	0,8
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	5,476
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,002

1 min 30 sec
(90 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,180
Upper Temp (C)	66,6
Lower Temp (C)	25,6
HRR (kW)	1522,8
Mass Loss (kg/s)	0,080
CO Upper (ppm)	10649,2
HCN Upper (ppm)	78,4
CO2 Upper (%)	1,0
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	6,439
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000

FED thermal	0,002	
1 min 40 sec (100 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	4,027	
Upper Temp (C)	74,3	
Lower Temp (C)	25,9	
HRR (kW)	1880,0	
Mass Loss (kg/s)	0,099	
CO Upper (ppm)	12602,7	
HCN Upper (ppm)	92,8	
CO2 Upper (%)	1,1	
Visibility (m) at 2 m	20+	
CO Yield (g/g)	1,410	
OD Upper (1/m)	7,452	
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001	
FED gases	0,000	
FED thermal	0,002	

1 min 50 sec (110 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	3,865	
Upper Temp (C)	83,5	
Lower Temp (C)	26,2	
HRR (kW)	2274,8	
Mass Loss (kg/s)	0,120	
CO Upper (ppm)	14747,3	
HCN Upper (ppm)	108,6	
CO2 Upper (%)	1,3	
Visibility (m) at 2 m	20+	
CO Yield (g/g)	1,410	
OD Upper (1/m)	8,493	
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001	
FED gases	0,000	
FED thermal	0,002	

2 min 00 sec (120 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	3,697	
Upper Temp (C)	93,5	
Lower Temp (C)	26,5	
HRR (kW)	2707,2	
Mass Loss (kg/s)	0,142	
CO Upper (ppm)	17107,8	

HCN Upper (ppm)	125,9
CO2 Upper (%)	1,5
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	9,586
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,002

2 min 10 sec
(130 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	3,524
Upper Temp (C)	103,5
Lower Temp (C)	27,0
HRR (kW)	3177,2
Mass Loss (kg/s)	0,167
CO Upper (ppm)	19703,9
HCN Upper (ppm)	145,0
CO2 Upper (%)	1,7
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	10,747
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,003

2 min 20 sec
(140 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	3,344
Upper Temp (C)	113,7
Lower Temp (C)	27,6
HRR (kW)	3684,8
Mass Loss (kg/s)	0,194
CO Upper (ppm)	22554,6
HCN Upper (ppm)	166,0
CO2 Upper (%)	2,0
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	11,979
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,003

2 min 30 sec
(150 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	3,160
Upper Temp (C)	124,4
Lower Temp (C)	28,4
HRR (kW)	4230,0
Mass Loss (kg/s)	0,223
CO Upper (ppm)	25684,7
HCN Upper (ppm)	189,0
CO2 Upper (%)	2,3
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	13,272
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,003

2 min 40 sec
(160 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	2,972
Upper Temp (C)	135,8
Lower Temp (C)	29,3
HRR (kW)	4812,8
Mass Loss (kg/s)	0,253
CO Upper (ppm)	29122,3
HCN Upper (ppm)	214,3
CO2 Upper (%)	2,6
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	14,630
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,003

2 min 50 sec
(170 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	2,781
Upper Temp (C)	147,7
Lower Temp (C)	30,3
HRR (kW)	5433,2
Mass Loss (kg/s)	0,286
CO Upper (ppm)	32897,8
HCN Upper (ppm)	242,1
CO2 Upper (%)	2,9
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410

OD Upper (1/m)	16,060
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,004

3 min 00 sec
(180 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	2,590
Upper Temp (C)	159,9
Lower Temp (C)	31,5
HRR (kW)	6091,2
Mass Loss (kg/s)	0,321
CO Upper (ppm)	37042,7
HCN Upper (ppm)	272,5
CO2 Upper (%)	3,2
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	17,573
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,004

3 min 10 sec
(190 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	2,398
Upper Temp (C)	172,7
Lower Temp (C)	33,0
HRR (kW)	6786,8
Mass Loss (kg/s)	0,357
CO Upper (ppm)	41591,3
HCN Upper (ppm)	306,0
CO2 Upper (%)	3,6
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	19,167
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,005

3 min 20 sec
(200 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	2,205
Upper Temp (C)	185,9
Lower Temp (C)	34,8

HRR (kW)	7520,0
Mass Loss (kg/s)	0,396
CO Upper (ppm)	46579,8
HCN Upper (ppm)	342,7
CO2 Upper (%)	4,1
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	20,847
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,015

3 min 30 sec
(210 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	2,015
Upper Temp (C)	199,7
Lower Temp (C)	37,0
HRR (kW)	8290,8
Mass Loss (kg/s)	0,436
CO Upper (ppm)	52063,8
HCN Upper (ppm)	377,8
CO2 Upper (%)	4,5
Visibility (m) at 2 m	20+
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	22,622
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,000
FED thermal	0,129

3 min 40 sec
(220 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,829
Upper Temp (C)	214,3
Lower Temp (C)	39,0
HRR (kW)	9099,2
Mass Loss (kg/s)	0,479
CO Upper (ppm)	58106,1
HCN Upper (ppm)	403,5
CO2 Upper (%)	4,8
Visibility (m) at 2 m	0,05
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	24,494
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	0,979
FED thermal	0,518

3 min 50 sec
(230 sec)

Room 1 Outside

Layer (m)	1,649
Upper Temp (C)	229,2
Lower Temp (C)	41,5
HRR (kW)	9945,2
Mass Loss (kg/s)	0,523
CO Upper (ppm)	64727,5
HCN Upper (ppm)	421,7
CO2 Upper (%)	5,0
Visibility (m) at 2 m	0,05
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	26,476
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

4 min 00 sec
(240 sec)

Room 1 Outside

Layer (m)	1,475
Upper Temp (C)	244,3
Lower Temp (C)	44,8
HRR (kW)	10828,8
Mass Loss (kg/s)	0,570
CO Upper (ppm)	71943,4
HCN Upper (ppm)	433,9
CO2 Upper (%)	5,1
Visibility (m) at 2 m	0,05
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	28,572
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

4 min 10 sec
(250 sec)

Room 1 Outside

Layer (m)	1,307
Upper Temp (C)	259,3
Lower Temp (C)	48,8
HRR (kW)	11750,0
Mass Loss (kg/s)	0,618
CO Upper (ppm)	79764,9
HCN Upper (ppm)	441,5

CO2 Upper (%)	5,2
Visibility (m) at 2 m	0,04
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	30,785
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

4 min 20 sec
(260 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,136
Upper Temp (C)	275,3
Lower Temp (C)	54,4
HRR (kW)	12708,8
Mass Loss (kg/s)	0,669
CO Upper (ppm)	88200,3
HCN Upper (ppm)	445,3
CO2 Upper (%)	5,3
Visibility (m) at 2 m	0,04
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	33,052
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

4 min 30 sec
(270 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,970
Upper Temp (C)	290,5
Lower Temp (C)	61,5
HRR (kW)	13705,2
Mass Loss (kg/s)	0,721
CO Upper (ppm)	97249,6
HCN Upper (ppm)	446,2
CO2 Upper (%)	5,3
Visibility (m) at 2 m	0,04
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	35,456
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

4 min 40 sec
(280 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,525
Upper Temp (C)	338,5
Lower Temp (C)	71,2
HRR (kW)	29051,0
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	111868,5
HCN Upper (ppm)	442,4
CO2 Upper (%)	5,2
Visibility (m) at 2 m	0,03
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	37,593
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

4 min 50 sec
(290 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	393,9
Lower Temp (C)	88,4
HRR (kW)	29051,0
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	131958,9
HCN Upper (ppm)	543,6
CO2 Upper (%)	6,4
Visibility (m) at 2 m	0,03
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	40,667
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

5 min 00 sec
(300 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	426,4
Lower Temp (C)	88,4
HRR (kW)	29051,0
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	152656,8
HCN Upper (ppm)	698,7
CO2 Upper (%)	8,3
Visibility (m) at 2 m	0,03
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	44,861

Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

5 min 10 sec
(310 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,391
Upper Temp (C)	380,9
Lower Temp (C)	116,9
HRR (kW)	4,0
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	158730,0
HCN Upper (ppm)	835,2
CO2 Upper (%)	8,9
Visibility (m) at 2 m	0,02
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	54,254
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

5 min 20 sec
(320 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,775
Upper Temp (C)	324,1
Lower Temp (C)	120,3
HRR (kW)	247,9
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	156254,5
HCN Upper (ppm)	822,3
CO2 Upper (%)	8,7
Visibility (m) at 2 m	0,02
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	66,100
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

5 min 30 sec
(330 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,986
Upper Temp (C)	288,9
Lower Temp (C)	120,3
HRR (kW)	620,6

Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	153907,8
HCN Upper (ppm)	810,6
CO2 Upper (%)	8,6
Visibility (m) at 2 m	0,02
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	77,112
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

5 min 40 sec
(340 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,097
Upper Temp (C)	265,8
Lower Temp (C)	119,2
HRR (kW)	903,4
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	151702,9
HCN Upper (ppm)	800,2
CO2 Upper (%)	8,4
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	87,273
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

5 min 50 sec
(350 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,148
Upper Temp (C)	250,1
Lower Temp (C)	117,4
HRR (kW)	1055,1
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	149619,2
HCN Upper (ppm)	790,8
CO2 Upper (%)	8,3
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	96,643
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

6 min 00 sec
(360 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,163
Upper Temp (C)	239,1
Lower Temp (C)	115,1
HRR (kW)	1102,9
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	147630,2
HCN Upper (ppm)	781,9
CO2 Upper (%)	8,1
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	105,351
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

6 min 10 sec
(370 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,157
Upper Temp (C)	231,1
Lower Temp (C)	112,8
HRR (kW)	1081,2
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	145713,8
HCN Upper (ppm)	773,3
CO2 Upper (%)	8,0
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	113,538
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

6 min 20 sec
(380 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,137
Upper Temp (C)	224,8
Lower Temp (C)	110,5
HRR (kW)	1019,3
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	143854,4
HCN Upper (ppm)	765,0
CO2 Upper (%)	7,8

Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	121,320
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

6 min 30 sec
(390 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,108
Upper Temp (C)	219,9
Lower Temp (C)	108,2
HRR (kW)	935,7
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	142041,6
HCN Upper (ppm)	756,7
CO2 Upper (%)	7,7
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	128,781
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

6 min 40 sec
(400 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,075
Upper Temp (C)	215,7
Lower Temp (C)	106,1
HRR (kW)	842,7
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	140268,7
HCN Upper (ppm)	748,5
CO2 Upper (%)	7,6
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	135,981
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

6 min 50 sec
(410 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,039
-----------	-------

Upper Temp (C)	212,2
Lower Temp (C)	104,0
HRR (kW)	747,5
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	138531,2
HCN Upper (ppm)	740,3
CO2 Upper (%)	7,4
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	142,962
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

7 min 00 sec
(420 sec)

Room 1 Outside

Layer (m)	1,001
Upper Temp (C)	209,2
Lower Temp (C)	102,0
HRR (kW)	654,3
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	136826,1
HCN Upper (ppm)	732,1
CO2 Upper (%)	7,3
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	149,755
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

7 min 10 sec
(430 sec)

Room 1 Outside

Layer (m)	0,961
Upper Temp (C)	206,4
Lower Temp (C)	100,1
HRR (kW)	565,8
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	135151,6
HCN Upper (ppm)	723,9
CO2 Upper (%)	7,2
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	156,379
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001

FED gases	1,000
FED thermal	1,000

7 min 20 sec
(440 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,921
Upper Temp (C)	204,0
Lower Temp (C)	98,4
HRR (kW)	483,3
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	133506,4
HCN Upper (ppm)	715,8
CO2 Upper (%)	7,1
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	162,851
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

7 min 30 sec
(450 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,879
Upper Temp (C)	201,8
Lower Temp (C)	96,5
HRR (kW)	407,1
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	131889,6
HCN Upper (ppm)	707,7
CO2 Upper (%)	7,0
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	169,171
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

7 min 40 sec
(460 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,837
Upper Temp (C)	199,9
Lower Temp (C)	94,2
HRR (kW)	337,1
Mass Loss (kg/s)	1,529

CO Upper (ppm)	130300,5
HCN Upper (ppm)	699,6
CO2 Upper (%)	6,9
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	175,336
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

7 min 50 sec
(470 sec)

Room 1 Outside

Layer (m)	0,795
Upper Temp (C)	198,1
Lower Temp (C)	92,2
HRR (kW)	274,6
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	128738,8
HCN Upper (ppm)	691,6
CO2 Upper (%)	6,8
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	181,374
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

8 min 00 sec
(480 sec)

Room 1 Outside

Layer (m)	0,752
Upper Temp (C)	196,4
Lower Temp (C)	90,3
HRR (kW)	219,3
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	127204,4
HCN Upper (ppm)	683,6
CO2 Upper (%)	6,7
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	187,287
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

8 min 10 sec

(490 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,710
Upper Temp (C)	194,9
Lower Temp (C)	88,6
HRR (kW)	171,0
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	125697,2
HCN Upper (ppm)	675,8
CO2 Upper (%)	6,6
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	193,074
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

8 min 20 sec
(500 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,666
Upper Temp (C)	193,6
Lower Temp (C)	87,0
HRR (kW)	129,4
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	124217,5
HCN Upper (ppm)	668,0
CO2 Upper (%)	6,6
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	198,737
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

8 min 30 sec
(510 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,623
Upper Temp (C)	192,3
Lower Temp (C)	85,6
HRR (kW)	94,2
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	122765,2
HCN Upper (ppm)	660,3
CO2 Upper (%)	6,5
Visibility (m) at 2 m	0,01

CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	204,275
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

8 min 40 sec
(520 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,579
Upper Temp (C)	191,1
Lower Temp (C)	84,3
HRR (kW)	65,3
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	121340,5
HCN Upper (ppm)	652,7
CO2 Upper (%)	6,4
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	209,687
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

8 min 50 sec
(530 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,534
Upper Temp (C)	190,1
Lower Temp (C)	83,2
HRR (kW)	42,2
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	119943,6
HCN Upper (ppm)	645,3
CO2 Upper (%)	6,3
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	214,973
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

9 min 00 sec
(540 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,489
Upper Temp (C)	189,2

Lower Temp (C)	81,8
HRR (kW)	24,6
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	118574,7
HCN Upper (ppm)	638,0
CO2 Upper (%)	6,3
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	220,123
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

9 min 10 sec
(550 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,443
Upper Temp (C)	188,4
Lower Temp (C)	80,4
HRR (kW)	12,2
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	117233,9
HCN Upper (ppm)	630,8
CO2 Upper (%)	6,2
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	225,139
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

9 min 20 sec
(560 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,396
Upper Temp (C)	187,6
Lower Temp (C)	79,1
HRR (kW)	4,5
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	115921,5
HCN Upper (ppm)	623,7
CO2 Upper (%)	6,1
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	230,029
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000

FED thermal	1,000
9 min 30 sec (570 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,349
Upper Temp (C)	187,0
Lower Temp (C)	78,0
HRR (kW)	0,8
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	114637,3
HCN Upper (ppm)	616,8
CO2 Upper (%)	6,1
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	234,795
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

9 min 40 sec (580 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,301
Upper Temp (C)	186,4
Lower Temp (C)	77,1
HRR (kW)	0,0
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	113159,3
HCN Upper (ppm)	685,9
CO2 Upper (%)	6,0
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	238,976
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

9 min 50 sec (590 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,252
Upper Temp (C)	185,8
Lower Temp (C)	77,0
HRR (kW)	0,0
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	111611,6

HCN Upper (ppm)	788,9
CO2 Upper (%)	5,9
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	242,843
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	1,000
FED thermal	1,000

10 min 00 sec
(600 sec)

Room 1 Outside

Layer (m)	0,203
Upper Temp (C)	185,3
Lower Temp (C)	76,9
HRR (kW)	0,0
Mass Loss (kg/s)	1,529
CO Upper (ppm)	110100,1
HCN Upper (ppm)	889,2
CO2 Upper (%)	5,8
Visibility (m) at 2 m	0,01
CO Yield (g/g)	1,410
OD Upper (1/m)	246,606
Ext. Coef. Lower (1/m)	0,001
FED gases	4,000
FED thermal	1,000

=====
=====
Event Log
=====
=====

=====
=====
Summary of End-Point Conditions in Room of Fire Origin
=====
=====

FED asphyxiant gases (incap) Exceeded 0,1 at 212,0 Seconds.
 FED thermal (incap) exceeded 1 at 230,0 Seconds.
 An Upper Layer Temperature of 600 deg C Not Reached.
 Visibility at 2m above floor reduced to 15 m at 211,0 Seconds.
 Temperature at 2m above floor has reached 80 deg C at 211,0 Seconds.

I.2.3 Detalle de datos de salida de la modelación en branzfire para el escenario
2a del recinto 2.

Description of Rooms

=====

=====

Room 1 : piso 2
 Room Length (m) = 37,60
 Room Width (m) = 11,30
 Maximum Room Height (m) = 3,50
 Minimum Room Height (m) = 3,50
 Floor Elevation (m) = 0,000
 Room 1 has a flat ceiling.

Wall Surface is concrete
 Wall Density (kg/m3) = 2300,0
 Wall Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Wall Emissivity = 0,50
 Wall Thickness (mm) = 250,0

Ceiling Surface is concrete
 Ceiling Density (kg/m3) = 2300,0
 Ceiling Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Ceiling Emissivity = 0,50
 Ceiling Thickness (mm) = 100,0

Floor Surface is concrete
 Floor Density (kg/m3) = 2300,0
 Floor Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Floor Emissivity = 0,50
 Floor Thickness = (mm) 100,0

=====

=====

Wall Vents

=====

=====

From room 1 to outside, Vent No 1
 Vent Width (m) = 2,350
 Vent Height (m) = 2,200
 Vent Sill Height (m) = 0,000
 Vent Soffit Height (m) = 2,200
 Opening Time (sec) = 600
 Closing Time (sec) = 0

From room 1 to outside, Vent No 2

Vent Width (m) = 3,000
Vent Height (m) = 2,200
Vent Sill Height (m) = 0,000
Vent Soffit Height (m) = 2,200
Opening Time (sec) = 600
Closing Time (sec) = 0

=====
=====
Ceiling/Floor Vents

=====
=====
Ambient Conditions

=====
Interior Temp (C) = 20,0
Exterior Temp (C) = 20,0
Relative Humidity (%) = 65

=====
=====
Tenability Parameters

=====
Monitoring Height for Visibility and FED (m) = 2,00
Occupant Activity Level = Light
Visibility calculations assume: reflective signs
FED Start Time (sec) 0
FED End Time (sec) 10000

=====
=====
Sprinkler / Detector Parameters

No thermal detector or sprinkler installed.

=====
=====
Mechanical Ventilation (to/from outside)

Mechanical Ventilation not installed in Room 1

=====
 =====
 Description of the Fire
 =====
 =====

Radiant Loss Fraction = 0,52
 CO Yield pre-flashover(g/g) = 1,410
 CO Yield post-flashover(g/g) = 1,410
 Soot Yield pre-flashover(g/g) = 0,222
 Soot Yield post-flashover(g/g) = 0,222
 Smoke Emission Coefficient (1/m) = 1,20
 Characteristic Mass Loss per Unit Area (kg/s.m2) = 22,000
 Air Entrainment in Plume uses McCaffrey (default)

Burning Object No 8
 escenario 2A

Located in Room 1
 Energy Yield (kJ/g) = 19,3
 CO2 Yield (kg/kg fuel) = 2,210
 HCN Yield (kg/kg fuel) = 0,100
 Fire Height (m) = 0,500
 Fire Location = Wall

Time (sec)	Heat Release (kW)
0	
5	5
10	19
15	42
20	75
25	118
30	169
35	230
40	301
45	381
50	470
55	569
60	677
65	794
70	921
75	1058
80	1203
85	1358
90	1523
95	1697
100	1880
105	2073

110	2275
115	2486
120	2707
125	2938
130	3177
135	3426
140	3685
145	3953
150	4230
155	4517
160	4813
165	5118
170	5433
175	5758
180	6091
185	6434
190	6787
195	7149
200	7520
205	7901
210	8291
215	8690
220	9099
225	9518
230	9945
232	10119
235	10382
240	10829
250	11750
252	11960
252	23293
255	23293
260	23293
265	23293
274	23293
279	23293
280	23293

=====
=====

Postflashover Inputs

=====
=====

Postflashover model is OFF.

=====
=====

Flame Spread Inputs

=====
=====
This simulation includes flame spread on linings.
Cone Calorimeter Ignition data is correlated using the Flux Time Product method.
Quintiere's Room Corner Model is used.

Flame length power = 1,000
Flame area constant = 0,0065
Burner Width (m) = 0,170

Room 1

=====
=====

Results from Fire Simulation

=====

0 min 00 sec
(0 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 3,500
Upper Temp (C) 20,0
Lower Temp (C) 20,0
HRR (kW) 0,0

0 min 10 sec
(10 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 3,367
Upper Temp (C) 22,5
Lower Temp (C) 20,0
HRR (kW) 82,9

0 min 20 sec
(20 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 3,183
Upper Temp (C) 26,3
Lower Temp (C) 20,0
HRR (kW) 278,6

0 min 30 sec
(30 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 2,977
Upper Temp (C) 31,4

Lower Temp (C)	20,1	
HRR (kW)	587,0	
0 min 40 sec (40 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	2,756	
Upper Temp (C)	38,4	
Lower Temp (C)	20,1	
HRR (kW)	1075,2	
0 min 50 sec (50 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	2,514	
Upper Temp (C)	48,6	
Lower Temp (C)	20,3	
HRR (kW)	1743,1	
1 min 00 sec (60 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	2,248	
Upper Temp (C)	61,5	
Lower Temp (C)	20,6	
HRR (kW)	2702,2	
1 min 10 sec (70 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	1,940	
Upper Temp (C)	77,8	
Lower Temp (C)	21,0	
HRR (kW)	3948,6	
1 min 20 sec (80 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	1,593	
Upper Temp (C)	98,5	
Lower Temp (C)	21,7	
HRR (kW)	5363,3	
1 min 30 sec (90 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	1,223	

Upper Temp (C)	120,1	
Lower Temp (C)	22,8	
HRR (kW)	6508,4	
1 min 40 sec (100 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,863	
Upper Temp (C)	141,7	
Lower Temp (C)	24,3	
HRR (kW)	7511,3	
1 min 50 sec (110 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,523	
Upper Temp (C)	164,8	
Lower Temp (C)	26,8	
HRR (kW)	8703,7	
2 min 00 sec (120 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,222	
Upper Temp (C)	191,8	
Lower Temp (C)	32,3	
HRR (kW)	10038,4	
2 min 10 sec (130 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	222,5	
Lower Temp (C)	38,6	
HRR (kW)	11485,9	
2 min 20 sec (140 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	257,0	
Lower Temp (C)	43,7	
HRR (kW)	13243,8	
2 min 30 sec (150 sec)		Room 1 Outside

Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	294,0	
Lower Temp (C)	50,2	
HRR (kW)	15074,1	
2 min 40 sec (160 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	331,0	
Lower Temp (C)	56,3	
HRR (kW)	17000,5	
2 min 50 sec (170 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	365,9	
Lower Temp (C)	65,0	
HRR (kW)	19039,6	
3 min 00 sec (180 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	399,4	
Lower Temp (C)	74,8	
HRR (kW)	21439,6	
3 min 10 sec (190 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	432,6	
Lower Temp (C)	82,5	
HRR (kW)	23965,5	
3 min 20 sec (200 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	463,0	
Lower Temp (C)	94,3	
HRR (kW)	26394,5	
3 min 30 sec (210 sec)		Room 1 Outside

Layer (m)	0,256	
Upper Temp (C)	401,9	
Lower Temp (C)	131,0	
HRR (kW)	3918,9	
3 min 40 sec (220 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,302	
Upper Temp (C)	361,4	
Lower Temp (C)	135,0	
HRR (kW)	5071,7	
3 min 50 sec (230 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,277	
Upper Temp (C)	338,1	
Lower Temp (C)	132,8	
HRR (kW)	4004,5	
4 min 00 sec (240 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,211	
Upper Temp (C)	324,0	
Lower Temp (C)	128,6	
HRR (kW)	3303,7	
4 min 10 sec (250 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,127	
Upper Temp (C)	314,5	
Lower Temp (C)	123,6	
HRR (kW)	2441,3	
4 min 20 sec (260 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	320,7	
Lower Temp (C)	80,1	
HRR (kW)	9,4	
4 min 30 sec		

(270 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 326,3
Lower Temp (C) 81,5
HRR (kW) 9,4

4 min 40 sec
(280 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 336,1
Lower Temp (C) 83,6
HRR (kW) 9,4

4 min 50 sec
(290 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 346,8
Lower Temp (C) 86,2
HRR (kW) 9,4

5 min 00 sec
(300 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 353,5
Lower Temp (C) 88,5
HRR (kW) 9,4

5 min 10 sec
(310 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 357,6
Lower Temp (C) 90,4
HRR (kW) 9,4

5 min 20 sec
(320 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 360,1
Lower Temp (C) 92,2
HRR (kW) 9,4

5 min 30 sec
(330 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 361,7
Lower Temp (C) 93,7
HRR (kW) 9,4

5 min 40 sec
(340 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 362,7
Lower Temp (C) 95,2
HRR (kW) 9,4

5 min 50 sec
(350 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 363,3
Lower Temp (C) 96,6
HRR (kW) 9,4

6 min 00 sec
(360 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 363,8
Lower Temp (C) 97,9
HRR (kW) 9,4

6 min 10 sec
(370 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 364,3
Lower Temp (C) 99,2
HRR (kW) 9,4

6 min 20 sec
(380 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 364,7
Lower Temp (C) 100,5
HRR (kW) 9,4

6 min 30 sec
(390 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 365,2
Lower Temp (C) 101,7
HRR (kW) 9,4

6 min 40 sec
(400 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 365,8
Lower Temp (C) 102,9
HRR (kW) 9,4

6 min 50 sec
(410 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 366,3
Lower Temp (C) 104,1
HRR (kW) 9,4

7 min 00 sec
(420 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 366,9
Lower Temp (C) 105,3
HRR (kW) 9,4

7 min 10 sec
(430 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 367,4
Lower Temp (C) 106,5
HRR (kW) 9,4

7 min 20 sec
(440 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 367,9
Lower Temp (C) 107,6

HRR (kW)	9,4
7 min 30 sec (450 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	368,3
Lower Temp (C)	108,7
HRR (kW)	9,4
7 min 40 sec (460 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	368,7
Lower Temp (C)	109,8
HRR (kW)	9,4
7 min 50 sec (470 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	369,2
Lower Temp (C)	110,9
HRR (kW)	9,4
8 min 00 sec (480 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	369,5
Lower Temp (C)	112,0
HRR (kW)	9,4
8 min 10 sec (490 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	369,9
Lower Temp (C)	113,0
HRR (kW)	9,4
8 min 20 sec (500 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	370,3

Lower Temp (C)	114,0	
HRR (kW)	9,4	
8 min 30 sec (510 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	370,6	
Lower Temp (C)	115,0	
HRR (kW)	9,4	
8 min 40 sec (520 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	370,9	
Lower Temp (C)	116,0	
HRR (kW)	9,4	
8 min 50 sec (530 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	371,3	
Lower Temp (C)	117,0	
HRR (kW)	9,4	
9 min 00 sec (540 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	371,7	
Lower Temp (C)	118,0	
HRR (kW)	9,4	
9 min 10 sec (550 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	372,0	
Lower Temp (C)	119,0	
HRR (kW)	9,4	
9 min 20 sec (560 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	

Upper Temp (C) 372,4
Lower Temp (C) 119,9
HRR (kW) 9,4

9 min 30 sec
(570 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 372,7
Lower Temp (C) 120,9
HRR (kW) 9,4

9 min 40 sec
(580 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 373,0
Lower Temp (C) 121,8
HRR (kW) 9,4

9 min 50 sec
(590 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 373,3
Lower Temp (C) 122,7
HRR (kW) 9,4

10 min 00 sec
(600 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 373,6
Lower Temp (C) 123,6
HRR (kW) 9,4

FED asphyxiant gases (incap) Exceeded 0,1 at 78,0 Seconds.
FED thermal (incap) exceeded 1 at 135,0 Seconds.
An Upper Layer Temperature of 600 deg C Not Reached.
Visibility at 2m above floor reduced to 15 m at 69,0 Seconds.
Temperature at 2m above floor has reached 80 deg C at 72,0 Seconds.

=====
=====

Initial Time-Step = 1,00 seconds.
Computer Run-Time = 9,1 seconds.

I.2.4 Detalle de datos de salida de la modelación en Branzfire para el escenario 2b del recinto 2.

Description of Rooms

=====

=====
 Room 1 : piso 2
 Room Length (m) = 37,60
 Room Width (m) = 11,30
 Maximum Room Height (m) = 3,50
 Minimum Room Height (m) = 3,50
 Floor Elevation (m) = 0,000
 Room 1 has a flat ceiling.

Wall Surface is concrete
 Wall Density (kg/m3) = 2300,0
 Wall Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Wall Emissivity = 0,50
 Wall Thickness (mm) = 250,0

Ceiling Surface is concrete
 Ceiling Density (kg/m3) = 2300,0
 Ceiling Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Ceiling Emissivity = 0,50
 Ceiling Thickness (mm) = 100,0

Floor Surface is concrete
 Floor Density (kg/m3) = 2300,0
 Floor Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Floor Emissivity = 0,50
 Floor Thickness = (mm) 100,0

=====

Wall Vents

=====

=====
 From room 1 to outside, Vent No 1
 Vent Width (m) = 2,350
 Vent Height (m) = 2,200
 Vent Sill Height (m) = 0,000
 Vent Soffit Height (m) = 2,200
 Opening Time (sec) = 600
 Closing Time (sec) = 0

From room 1 to outside, Vent No 2

Vent Width (m) = 3,000
Vent Height (m) = 2,200
Vent Sill Height (m) = 0,000
Vent Soffit Height (m) = 2,200
Opening Time (sec) = 600
Closing Time (sec) = 0

=====
=====
Ceiling/Floor Vents
=====

=====
=====
Ambient Conditions
=====

=====
Interior Temp (C) = 20,0
Exterior Temp (C) = 20,0
Relative Humidity (%) = 65

=====
=====
Tenability Parameters
=====

=====
Monitoring Height for Visibility and FED (m) = 2,00
Occupant Activity Level = Light
Visibility calculations assume: reflective signs
FED Start Time (sec) 0
FED End Time (sec) 10000

=====
=====
Sprinkler / Detector Parameters
=====

=====
No thermal detector or sprinkler installed.

=====
=====
Mechanical Ventilation (to/from outside)
=====

=====
Mechanical Ventilation not installed in Room 1

=====
 =====
 Description of the Fire
 =====
 =====

Radiant Loss Fraction = 0,52
 CO Yield pre-flashover(g/g) = 1,410
 CO Yield post-flashover(g/g) = 1,410
 Soot Yield pre-flashover(g/g) = 0,222
 Soot Yield post-flashover(g/g) = 0,222
 Smoke Emission Coefficient (1/m) = 1,20
 Characteristic Mass Loss per Unit Area (kg/s.m2) = 22,000
 Air Entrainment in Plume uses McCaffrey (default)

Burning Object No 10
 escenario 2B
 Located in Room 1
 Energy Yield (kJ/g) = 12,7
 CO2 Yield (kg/kg fuel) = 2,210
 HCN Yield (kg/kg fuel) = 0,100
 Fire Height (m) = 0,500
 Fire Location = Wall

Time (sec)	Heat Release (kW)
0	
5	5
10	19
15	42
20	75
25	118
30	169
35	230
40	301
45	381
50	470
55	569
60	677
65	794
70	921
75	1058
80	1203
85	1358
90	1523
95	1697
100	1880
105	2073

110	2275
115	2486
120	2707
125	2938
130	3177
135	3426
140	3685
145	3953
150	4230
155	4517
160	4813
165	5118
170	5433
175	5758
180	6091
185	6434
190	6787
195	7149
200	7520
205	7901
210	8291
215	8690
220	9099
225	9518
230	9945
232	10119
235	10382
240	10829
250	11750
252	11960
252	25390
255	25390
260	25390
265	25390
275	25390
280	25390
285	25390
290	25390
295	25390
300	25390
305	25390
310	25390
315	25390
320	25390

=====
=====

Postflashover Inputs

Postflashover model is OFF.

Flame Spread Inputs

This simulation includes flame spread on linings.
Cone Calorimeter Ignition data is correlated using the Flux Time Product method.
Quintiere's Room Corner Model is used.
Flame length power = 1,000
Flame area constant = 0,0065
Burner Width (m) = 0,170

Room 1

Results from Fire Simulation

0 min 00 sec (0 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	3,500	
Upper Temp (C)	20,0	
Lower Temp (C)	20,0	
HRR (kW)	0,0	
0 min 10 sec (10 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	3,367	
Upper Temp (C)	22,5	
Lower Temp (C)	20,0	
HRR (kW)	82,9	
0 min 20 sec (20 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	3,183	
Upper Temp (C)	26,3	
Lower Temp (C)	20,0	

HRR (kW)	278,6	
0 min 30 sec (30 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	2,977	
Upper Temp (C)	31,4	
Lower Temp (C)	20,1	
HRR (kW)	587,0	
0 min 40 sec (40 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	2,756	
Upper Temp (C)	38,4	
Lower Temp (C)	20,1	
HRR (kW)	1075,2	
0 min 50 sec (50 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	2,514	
Upper Temp (C)	48,6	
Lower Temp (C)	20,3	
HRR (kW)	1743,1	
1 min 00 sec (60 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	2,249	
Upper Temp (C)	61,5	
Lower Temp (C)	20,6	
HRR (kW)	2702,2	
1 min 10 sec (70 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	1,941	
Upper Temp (C)	77,8	
Lower Temp (C)	21,0	
HRR (kW)	3948,6	
1 min 20 sec (80 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	1,593	
Upper Temp (C)	98,5	

Lower Temp (C)	21,7	
HRR (kW)	5363,3	
1 min 30 sec (90 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	1,223	
Upper Temp (C)	120,1	
Lower Temp (C)	22,8	
HRR (kW)	6508,4	
1 min 40 sec (100 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,864	
Upper Temp (C)	141,7	
Lower Temp (C)	24,3	
HRR (kW)	7511,3	
1 min 50 sec (110 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,523	
Upper Temp (C)	164,8	
Lower Temp (C)	26,8	
HRR (kW)	8703,7	
2 min 00 sec (120 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,222	
Upper Temp (C)	191,9	
Lower Temp (C)	32,3	
HRR (kW)	10038,4	
2 min 10 sec (130 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	222,5	
Lower Temp (C)	38,6	
HRR (kW)	11485,9	
2 min 20 sec (140 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	

Upper Temp (C)	257,0	
Lower Temp (C)	43,7	
HRR (kW)	13243,8	
2 min 30 sec (150 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	294,0	
Lower Temp (C)	50,2	
HRR (kW)	15074,1	
2 min 40 sec (160 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	331,0	
Lower Temp (C)	56,3	
HRR (kW)	17000,5	
2 min 50 sec (170 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	365,9	
Lower Temp (C)	65,0	
HRR (kW)	19039,6	
3 min 00 sec (180 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	399,4	
Lower Temp (C)	74,8	
HRR (kW)	21439,6	
3 min 10 sec (190 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	432,6	
Lower Temp (C)	82,5	
HRR (kW)	23965,5	
3 min 20 sec (200 sec)		Room 1 Outside

Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	463,0	
Lower Temp (C)	94,3	
HRR (kW)	26394,5	
3 min 30 sec (210 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,256	
Upper Temp (C)	401,9	
Lower Temp (C)	131,0	
HRR (kW)	3919,0	
3 min 40 sec (220 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,302	
Upper Temp (C)	361,4	
Lower Temp (C)	135,0	
HRR (kW)	5071,7	
3 min 50 sec (230 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,277	
Upper Temp (C)	338,1	
Lower Temp (C)	132,8	
HRR (kW)	4004,5	
4 min 00 sec (240 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,211	
Upper Temp (C)	324,0	
Lower Temp (C)	128,6	
HRR (kW)	3303,7	
4 min 10 sec (250 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,127	
Upper Temp (C)	314,5	
Lower Temp (C)	123,6	
HRR (kW)	2441,3	
4 min 20 sec (260 sec)		Room 1 Outside

Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	320,7	
Lower Temp (C)	80,1	
HRR (kW)	9,4	
4 min 30 sec (270 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	326,3	
Lower Temp (C)	81,5	
HRR (kW)	9,4	
4 min 40 sec (280 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	336,1	
Lower Temp (C)	83,6	
HRR (kW)	9,4	
4 min 50 sec (290 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	346,8	
Lower Temp (C)	86,2	
HRR (kW)	9,4	
5 min 00 sec (300 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	353,5	
Lower Temp (C)	88,5	
HRR (kW)	9,4	
5 min 10 sec (310 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	357,6	
Lower Temp (C)	90,4	
HRR (kW)	9,4	
5 min 20 sec		

(320 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 360,1
Lower Temp (C) 92,2
HRR (kW) 9,4

5 min 30 sec
(330 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 361,7
Lower Temp (C) 93,7
HRR (kW) 9,4

5 min 40 sec
(340 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 362,7
Lower Temp (C) 95,2
HRR (kW) 9,4

5 min 50 sec
(350 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 363,3
Lower Temp (C) 96,6
HRR (kW) 9,4

6 min 00 sec
(360 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 363,8
Lower Temp (C) 97,9
HRR (kW) 9,4

6 min 10 sec
(370 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 364,3
Lower Temp (C) 99,2
HRR (kW) 9,4

6 min 20 sec
(380 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 364,7
Lower Temp (C) 100,5
HRR (kW) 9,4

6 min 30 sec
(390 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 365,2
Lower Temp (C) 101,7
HRR (kW) 9,4

6 min 40 sec
(400 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 365,8
Lower Temp (C) 102,9
HRR (kW) 9,4

6 min 50 sec
(410 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 366,3
Lower Temp (C) 104,1
HRR (kW) 9,4

7 min 00 sec
(420 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 366,9
Lower Temp (C) 105,3
HRR (kW) 9,4

7 min 10 sec
(430 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 367,4
Lower Temp (C) 106,5
HRR (kW) 9,4

7 min 20 sec
(440 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 367,9
Lower Temp (C) 107,6
HRR (kW) 9,4

7 min 30 sec
(450 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 368,3
Lower Temp (C) 108,7
HRR (kW) 9,4

7 min 40 sec
(460 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 368,7
Lower Temp (C) 109,8
HRR (kW) 9,4

7 min 50 sec
(470 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 369,2
Lower Temp (C) 110,9
HRR (kW) 9,4

8 min 00 sec
(480 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 369,5
Lower Temp (C) 112,0
HRR (kW) 9,4

8 min 10 sec
(490 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 369,9
Lower Temp (C) 113,0

HRR (kW)	9,4
8 min 20 sec (500 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	370,3
Lower Temp (C)	114,0
HRR (kW)	9,4
8 min 30 sec (510 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	370,6
Lower Temp (C)	115,0
HRR (kW)	9,4
8 min 40 sec (520 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	370,9
Lower Temp (C)	116,0
HRR (kW)	9,4
8 min 50 sec (530 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	371,3
Lower Temp (C)	117,0
HRR (kW)	9,4
9 min 00 sec (540 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	371,7
Lower Temp (C)	118,0
HRR (kW)	9,4
9 min 10 sec (550 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	372,0

Lower Temp (C)	119,0	
HRR (kW)	9,4	
9 min 20 sec (560 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	372,4	
Lower Temp (C)	119,9	
HRR (kW)	9,4	
9 min 30 sec (570 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	372,7	
Lower Temp (C)	120,9	
HRR (kW)	9,4	
9 min 40 sec (580 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	373,0	
Lower Temp (C)	121,8	
HRR (kW)	9,4	
9 min 50 sec (590 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	373,3	
Lower Temp (C)	122,7	
HRR (kW)	9,4	
10 min 00 sec (600 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	373,6	
Lower Temp (C)	123,6	
HRR (kW)	9,4	

=====

=====

Event Log

=====
=====

=====
=====

Summary of End-Point Conditions in Room of Fire Origin

=====
=====

FED asphyxiant gases (incap) Exceeded 0,1 at 78,0 Seconds.
FED thermal (incap) exceeded 1 at 135,0 Seconds.
An Upper Layer Temperature of 600 deg C Not Reached.
Visibility at 2m above floor reduced to 15 m at 69,0 Seconds.
Temperature at 2m above floor has reached 80 deg C at 72,0 Seconds.

=====
=====

Initial Time-Step = 1,00 seconds.
Computer Run-Time = 9,2 seconds.

=====
=====

I.2.5 Detalle de datos de salida de la modelación en branzfire para el escenario 2c del recinto 2.

=====
=====

Description of Rooms

=====
=====

Room 1 : piso 1
Room Length (m) = 22,30
Room Width (m) = 11,30
Maximum Room Height (m) = 3,50
Minimum Room Height (m) = 3,50
Floor Elevation (m) = 0,000
Room 1 has a flat ceiling.

Wall Surface is concrete
Wall Density (kg/m3) = 2300,0
Wall Conductivity (W/m.K) = 1,200
Wall Emissivity = 0,50
Wall Thickness (mm) = 250,0

Ceiling Surface is concrete
Ceiling Density (kg/m3) = 2300,0
Ceiling Conductivity (W/m.K) = 1,200
Ceiling Emissivity = 0,50
Ceiling Thickness (mm) = 100,0

Floor Surface is concrete
Floor Density (kg/m3) = 2300,0
Floor Conductivity (W/m.K) = 1,200
Floor Emissivity = 0,50
Floor Thickness = (mm) 100,0

=====
=====

Wall Vents

=====
=====

From room 1 to outside, Vent No 1
Vent Width (m) = 5,800
Vent Height (m) = 2,200
Vent Sill Height (m) = 0,000
Vent Soffit Height (m) = 2,200
Opening Time (sec) = 600

Closing Time (sec) = 0

From room 1 to outside, Vent No 2

Vent Width (m) = 5,800
Vent Height (m) = 2,200
Vent Sill Height (m) = 0,000
Vent Soffit Height (m) = 2,200
Opening Time (sec) = 600
Closing Time (sec) = 0

=====
=====
Ceiling/Floor Vents
=====
=====
=====

=====
=====
Ambient Conditions
=====

=====
Interior Temp (C) = 20,0
Exterior Temp (C) = 20,0
Relative Humidity (%) = 65

=====
=====
Tenability Parameters
=====

=====
Monitoring Height for Visibility and FED (m) = 2,00
Occupant Activity Level = Light
Visibility calculations assume: reflective signs
FED Start Time (sec) 0
FED End Time (sec) 10000

=====
=====
Sprinkler / Detector Parameters
=====

=====
=====
No thermal detector or sprinkler installed.
=====

=====
=====
Mechanical Ventilation (to/from outside)
=====

Mechanical Ventilation not installed in Room 1

=====
=====

Description of the Fire

=====
=====

Radiant Loss Fraction = 0,52
CO Yield pre-flashover(g/g) = 1,410
CO Yield post-flashover(g/g) = 1,410
Soot Yield pre-flashover(g/g) = 0,222
Soot Yield post-flashover(g/g) = 0,222
Smoke Emission Coefficient (1/m) = 1,20
Characteristic Mass Loss per Unit Area (kg/s.m2) = 22,000
Air Entrainment in Plume uses McCaffrey (default)

Burning Object No 1

Mattress, <http://fire.nist.gov/fire/fires/matt1/ssmat1.txt>

Located in Room 1
Energy Yield (kJ/g) = 19,0
CO2 Yield (kg/kg fuel) = 2,210
HCN Yield (kg/kg fuel) = 0,100
Fire Height (m) = 0,300
Fire Location = Centre

Burning Object No 11

Located in Room 1
Energy Yield (kJ/g) = 12,2
CO2 Yield (kg/kg fuel) = 2,210
HCN Yield (kg/kg fuel) = 0,100
Fire Height (m) = 0,500
Fire Location = Centre

Time (sec)	Heat Release (kW)
0	
5	5
10	19
15	42
20	75
25	118
30	169
35	230
40	301
45	381
50	470
55	569

60	677
65	794
70	921
75	1058
80	1203
85	1358
90	1523
95	1697
100	1880
105	2073
110	2275
115	2486
120	2707
125	2938
130	3177
135	3426
140	3685
145	3953
150	4230
155	4517
160	4813
165	5118
170	5433
175	5758
180	6091
185	6434
190	6787
195	7149
200	7520
205	7901
210	8291
215	8690
220	9099
225	9518
230	9945
232	10119
235	10382
240	10829
250	11750
252	11939
252	11939
255	12225
260	12709
262,6	22542
263	22542
265	22542
270	22542

275	22542
280	22542
285	22542
290	22542
295	22542
300	22542
305	22542
310	22542
315	22542
320	22542
325	22542
330	22542
335	22542
340	22542
356	22542
361	22542
366	22542
371	22542
376	22542
381	22542
386	22542
391	22542
396	22542
401	22542
406	22542
411	22542
416	22542
421	22542
426	22542
431	22542
436	22542
441	22542
446	22542
451	22542
456	22542
461	22542
466	22542
471	22542
475	22542

=====

=====

Postflashover Inputs

=====

=====

Postflashover model is OFF.


```

=====
=====
Flame Spread Inputs
=====
=====

```

This simulation includes flame spread on linings.
 Cone Calorimeter Ignition data is correlated using the Flux Time Product method.
 Quintiere's Room Corner Model is used.

Flame length power =	1,000
Flame area constant =	0,0065
Burner Width (m) =	0,170

Room 1

```

=====
=====
Results from Fire Simulation
=====
=====

```

0 min 00 sec (0 sec)	Room 1	Outside
-------------------------	--------	---------

Layer (m)	3,500
Upper Temp (C)	20,0
Lower Temp (C)	20,0
HRR (kW)	0,0

0 min 10 sec (10 sec)	Room 1	Outside
--------------------------	--------	---------

Layer (m)	3,251
Upper Temp (C)	22,9
Lower Temp (C)	20,0
HRR (kW)	101,7

0 min 20 sec (20 sec)	Room 1	Outside
--------------------------	--------	---------

Layer (m)	2,934
Upper Temp (C)	27,9
Lower Temp (C)	20,0
HRR (kW)	353,8

0 min 30 sec (30 sec)	Room 1	Outside
--------------------------	--------	---------

Layer (m)	2,593	
Upper Temp (C)	35,6	
Lower Temp (C)	20,1	
HRR (kW)	756,2	
0 min 40 sec (40 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	2,263	
Upper Temp (C)	47,1	
Lower Temp (C)	20,3	
HRR (kW)	1376,0	
0 min 50 sec (50 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	1,906	
Upper Temp (C)	63,1	
Lower Temp (C)	20,6	
HRR (kW)	2213,1	
1 min 00 sec (60 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	1,506	
Upper Temp (C)	83,8	
Lower Temp (C)	21,3	
HRR (kW)	3379,0	
1 min 10 sec (70 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	1,049	
Upper Temp (C)	111,2	
Lower Temp (C)	22,4	
HRR (kW)	4869,8	
1 min 20 sec (80 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,542	
Upper Temp (C)	144,3	
Lower Temp (C)	24,5	
HRR (kW)	6566,5	
1 min 30 sec (90 sec)	Room 1	Outside

Layer (m)	0,078	
Upper Temp (C)	187,0	
Lower Temp (C)	33,7	
HRR (kW)	8031,2	
1 min 40 sec (100 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	237,0	
Lower Temp (C)	39,6	
HRR (kW)	9391,3	
1 min 50 sec (110 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	292,3	
Lower Temp (C)	48,1	
HRR (kW)	10978,5	
2 min 00 sec (120 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	349,7	
Lower Temp (C)	59,3	
HRR (kW)	12745,6	
2 min 10 sec (130 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	405,1	
Lower Temp (C)	73,4	
HRR (kW)	14663,1	
2 min 20 sec (140 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	456,2	
Lower Temp (C)	85,8	
HRR (kW)	16928,6	
2 min 30 sec		

(150 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 497,1
Lower Temp (C) 100,1
HRR (kW) 19304,1

2 min 40 sec
(160 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,202
Upper Temp (C) 454,4
Lower Temp (C) 147,2
HRR (kW) 3719,1

2 min 50 sec
(170 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,243
Upper Temp (C) 397,6
Lower Temp (C) 155,7
HRR (kW) 4031,4

3 min 00 sec
(180 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,146
Upper Temp (C) 372,1
Lower Temp (C) 151,1
HRR (kW) 2954,6

3 min 10 sec
(190 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,036
Upper Temp (C) 355,2
Lower Temp (C) 130,8
HRR (kW) 1314,9

3 min 20 sec
(200 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 339,4
Lower Temp (C) 85,4
HRR (kW) 9,4

3 min 30 sec
(210 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 333,4
Lower Temp (C) 84,9
HRR (kW) 9,4

3 min 40 sec
(220 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 334,6
Lower Temp (C) 85,5
HRR (kW) 9,4

3 min 50 sec
(230 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 340,2
Lower Temp (C) 87,0
HRR (kW) 9,4

4 min 00 sec
(240 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 348,4
Lower Temp (C) 89,0
HRR (kW) 9,4

4 min 10 sec
(250 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 358,7
Lower Temp (C) 91,7
HRR (kW) 9,4

4 min 20 sec
(260 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 397,4
Lower Temp (C) 99,9
HRR (kW) 9,4

4 min 30 sec
(270 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 438,5
Lower Temp (C) 111,0
HRR (kW) 9,4

4 min 40 sec
(280 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 468,4
Lower Temp (C) 121,6
HRR (kW) 9,4

4 min 50 sec
(290 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 484,4
Lower Temp (C) 130,4
HRR (kW) 9,4

5 min 00 sec
(300 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 490,0
Lower Temp (C) 136,7
HRR (kW) 9,4

5 min 10 sec
(310 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 492,5
Lower Temp (C) 142,0
HRR (kW) 9,4

5 min 20 sec
(320 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 493,7
Lower Temp (C) 146,8

HRR (kW)	9,4
5 min 30 sec (330 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	494,5
Lower Temp (C)	151,2
HRR (kW)	9,4
5 min 40 sec (340 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	495,1
Lower Temp (C)	155,4
HRR (kW)	9,4
5 min 50 sec (350 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	495,6
Lower Temp (C)	159,3
HRR (kW)	9,4
6 min 00 sec (360 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	496,2
Lower Temp (C)	163,0
HRR (kW)	9,4
6 min 10 sec (370 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	496,7
Lower Temp (C)	166,5
HRR (kW)	9,4
6 min 20 sec (380 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	497,4

Lower Temp (C)	170,0	
HRR (kW)	9,4	
6 min 30 sec (390 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	498,1	
Lower Temp (C)	173,3	
HRR (kW)	9,4	
6 min 40 sec (400 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	498,8	
Lower Temp (C)	176,5	
HRR (kW)	9,4	
6 min 50 sec (410 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	499,6	
Lower Temp (C)	175,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 00 sec (420 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	500,4	
Lower Temp (C)	177,6	
HRR (kW)	9,4	
7 min 10 sec (430 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	501,1	
Lower Temp (C)	180,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 20 sec (440 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	

Upper Temp (C)	501,8	
Lower Temp (C)	183,3	
HRR (kW)	9,4	
7 min 30 sec (450 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	502,4	
Lower Temp (C)	186,1	
HRR (kW)	9,4	
7 min 40 sec (460 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	503,0	
Lower Temp (C)	188,7	
HRR (kW)	9,4	
7 min 50 sec (470 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	503,5	
Lower Temp (C)	191,3	
HRR (kW)	9,4	
8 min 00 sec (480 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	504,1	
Lower Temp (C)	193,9	
HRR (kW)	9,4	
8 min 10 sec (490 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	504,7	
Lower Temp (C)	196,4	
HRR (kW)	9,4	
8 min 20 sec (500 sec)		Room 1 Outside

Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	505,2	
Lower Temp (C)	198,8	
HRR (kW)	9,4	
8 min 30 sec (510 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	505,8	
Lower Temp (C)	201,2	
HRR (kW)	9,4	
8 min 40 sec (520 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	506,3	
Lower Temp (C)	203,6	
HRR (kW)	9,4	
8 min 50 sec (530 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	506,9	
Lower Temp (C)	205,9	
HRR (kW)	9,4	
9 min 00 sec (540 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	507,4	
Lower Temp (C)	208,2	
HRR (kW)	9,4	
9 min 10 sec (550 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	508,0	
Lower Temp (C)	210,4	
HRR (kW)	9,4	
9 min 20 sec (560 sec)		Room 1 Outside

Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	508,5	
Lower Temp (C)	212,7	
HRR (kW)	9,4	
9 min 30 sec (570 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	509,0	
Lower Temp (C)	214,8	
HRR (kW)	9,4	
9 min 40 sec (580 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	509,5	
Lower Temp (C)	217,0	
HRR (kW)	9,4	
9 min 50 sec (590 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	510,0	
Lower Temp (C)	219,1	
HRR (kW)	9,4	
10 min 00 sec (600 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	510,5	
Lower Temp (C)	221,2	
HRR (kW)	9,4	

Summary of End-Point Conditions in Room of Fire Origin
 FED asphyxiant gases (incap) Exceeded 0,1 at 60,0 Seconds.
 FED thermal (incap) exceeded 1 at 105,0 Seconds.
 An Upper Layer Temperature of 600 deg C Not Reached.
 Visibility at 2m above floor reduced to 15 m at 48,0 Seconds.
 Temperature at 2m above floor has reached 80 deg C at 59,0 Seconds.

I.2.6 Detalle de datos de salida de la modelación en Branzfire para el escenario
3a del recinto 3.

Description of Rooms

=====

=====

Room 1 : piso 1
 Room Length (m) = 37,67
 Room Width (m) = 11,20
 Maximum Room Height (m) = 4,80
 Minimum Room Height (m) = 4,80
 Floor Elevation (m) = 0,000
 Room 1 has a flat ceiling.

Wall Surface is concrete
 Wall Density (kg/m3) = 2300,0
 Wall Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Wall Emissivity = 0,50
 Wall Thickness (mm) = 250,0

Ceiling Surface is concrete
 Ceiling Density (kg/m3) = 2300,0
 Ceiling Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Ceiling Emissivity = 0,50
 Ceiling Thickness (mm) = 100,0

Floor Surface is concrete
 Floor Density (kg/m3) = 2300,0
 Floor Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Floor Emissivity = 0,50
 Floor Thickness = (mm) 100,0

=====

=====

Wall Vents

=====

=====

From room 1 to outside, Vent No 1
 Vent Width (m) = 2,350
 Vent Height (m) = 2,200
 Vent Sill Height (m) = 0,000
 Vent Soffit Height (m) = 2,200
 Opening Time (sec) = 600
 Closing Time (sec) = 0

From room 1 to outside, Vent No 2

Vent Width (m) = 1,650
Vent Height (m) = 2,200
Vent Sill Height (m) = 0,000
Vent Soffit Height (m) = 2,200
Opening Time (sec) = 600
Closing Time (sec) = 0

=====
=====
Ceiling/Floor Vents
=====

=====
=====
Ambient Conditions
=====

=====
Interior Temp (C) = 20,0
Exterior Temp (C) = 20,0
Relative Humidity (%) = 65

=====
=====
Tenability Parameters
=====

=====
Monitoring Height for Visibility and FED (m) = 2,00
Occupant Activity Level = Light
Visibility calculations assume: reflective signs
FED Start Time (sec) 0
FED End Time (sec) 10000

=====
=====
Sprinkler / Detector Parameters
=====

=====
No thermal detector or sprinkler installed.

=====
=====
Mechanical Ventilation (to/from outside)
=====

=====
Mechanical Ventilation not installed in Room 1

=====
Description of the Fire
=====

=====
Radiant Loss Fraction = 0,52
CO Yield pre-flashover(g/g) = 1,410
CO Yield post-flashover(g/g) = 1,410
Soot Yield pre-flashover(g/g) = 0,222
Soot Yield post-flashover(g/g) = 0,222
Smoke Emission Coefficient (1/m) = 1,20
Characteristic Mass Loss per Unit Area (kg/s.m2) = 0,022
Air Entrainment in Plume uses McCaffrey (default)

Burning Object No 12
escenario 3A

Located in Room 1
Energy Yield (kJ/g) = 19,3
CO2 Yield (kg/kg fuel) = 2,210
HCN Yield (kg/kg fuel) = 0,100
Fire Height (m) = 0,500
Fire Location = Wall

Time (sec)	Heat Release (kW)
0	
5	5
10	19
15	42
20	75
25	118
30	169
35	230
40	301
45	381
50	470
55	569
60	677
65	794
70	921
75	1058
80	1203
85	1358
90	1523
95	1697
100	1880
105	2073

110	2275
115	2486
120	2707
125	2938
130	3177
135	3426
140	3685
145	3953
150	4230
155	4517
160	4813
165	5118
170	5433
175	5758
180	6091
185	6434
190	6787
195	7149
200	7520
205	7901
210	8291
215	8690
218	8935
218	21527
223	21527
232	21527
235	21527
240	21527
247	21527
252	21527
253	21527
255	21527
260	21527
262,6	21527
263	21527
264	21527
303	21527

```

=====
=====  

Postflashover Inputs  

=====
=====  

Postflashover model is OFF.

```

```

=====
=====
Flame Spread Inputs
=====
=====

```

This simulation includes flame spread on linings.
 Cone Calorimeter Ignition data is correlated using the Flux Time Product method.
 Quintiere's Room Corner Model is used.
 Flame length power = 1,000
 Flame area constant = 0,0065
 Burner Width (m) = 0,170

Room 1

```

=====
=====
Results from Fire Simulation
=====
=====

```

0 min 00 sec
 (0 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,800
Upper Temp (C)	20,0
Lower Temp (C)	20,0
HRR (kW)	0,0

0 min 10 sec
 (10 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	4,451
Upper Temp (C)	21,7
Lower Temp (C)	20,0
HRR (kW)	139,3

0 min 20 sec
 (20 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	3,987
Upper Temp (C)	24,7
Lower Temp (C)	20,0
HRR (kW)	504,2

0 min 30 sec
 (30 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	3,505
Upper Temp (C)	29,3
Lower Temp (C)	20,1
HRR (kW)	1094,6

0 min 40 sec
(40 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	3,060
Upper Temp (C)	36,3
Lower Temp (C)	20,2
HRR (kW)	1977,6

0 min 50 sec
(50 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	2,613
Upper Temp (C)	46,1
Lower Temp (C)	20,3
HRR (kW)	3153,1

1 min 00 sec
(60 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	2,171
Upper Temp (C)	59,1
Lower Temp (C)	20,6
HRR (kW)	4732,6

1 min 10 sec
(70 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,685
Upper Temp (C)	75,7
Lower Temp (C)	20,9
HRR (kW)	6712,2

1 min 20 sec
(80 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	1,175
Upper Temp (C)	97,4
Lower Temp (C)	21,5
HRR (kW)	8972,9

1 min 30 sec
(90 sec) Room 1 Outside

Layer (m)	0,649	
Upper Temp (C)	123,3	
Lower Temp (C)	22,8	
HRR (kW)	11076,8	
1 min 40 sec (100 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,180	
Upper Temp (C)	154,4	
Lower Temp (C)	26,8	
HRR (kW)	13151,3	
1 min 50 sec (110 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	191,1	
Lower Temp (C)	34,5	
HRR (kW)	15528,1	
2 min 00 sec (120 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	234,4	
Lower Temp (C)	39,8	
HRR (kW)	18160,0	
2 min 10 sec (130 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	283,7	
Lower Temp (C)	47,3	
HRR (kW)	21017,5	
2 min 20 sec (140 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	336,8	
Lower Temp (C)	57,3	
HRR (kW)	24298,2	
2 min 30 sec		

(150 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 391,5
Lower Temp (C) 70,4
HRR (kW) 27764,1

2 min 40 sec
(160 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 443,5
Lower Temp (C) 82,3
HRR (kW) 31438,9

2 min 50 sec
(170 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 490,3
Lower Temp (C) 99,6
HRR (kW) 35339,2

3 min 00 sec
(180 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 530,9
Lower Temp (C) 118,4
HRR (kW) 39713,2

3 min 10 sec
(190 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,325
Upper Temp (C) 479,4
Lower Temp (C) 166,7
HRR (kW) 8344,2

3 min 20 sec
(200 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,344
Upper Temp (C) 425,1
Lower Temp (C) 174,1
HRR (kW) 9423,8

3 min 30 sec
(210 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,298
Upper Temp (C) 393,6
Lower Temp (C) 170,4
HRR (kW) 4267,1

3 min 40 sec
(220 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,187
Upper Temp (C) 375,8
Lower Temp (C) 163,0
HRR (kW) 3265,3

3 min 50 sec
(230 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 370,7
Lower Temp (C) 99,1
HRR (kW) 9,4

4 min 00 sec
(240 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 366,3
Lower Temp (C) 98,8
HRR (kW) 9,4

4 min 10 sec
(250 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 366,1
Lower Temp (C) 99,4
HRR (kW) 9,4

4 min 20 sec
(260 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 381,1
Lower Temp (C) 102,8
HRR (kW) 9,4

4 min 30 sec
(270 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 400,3
Lower Temp (C) 107,7
HRR (kW) 9,4

4 min 40 sec
(280 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 417,3
Lower Temp (C) 113,0
HRR (kW) 9,4

4 min 50 sec
(290 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 430,2
Lower Temp (C) 118,1
HRR (kW) 9,4

5 min 00 sec
(300 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 437,4
Lower Temp (C) 122,3
HRR (kW) 9,4

5 min 10 sec
(310 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 441,5
Lower Temp (C) 125,9
HRR (kW) 9,4

5 min 20 sec
(320 sec) Room 1 Outside

Layer (m) 0,005
Upper Temp (C) 443,9
Lower Temp (C) 129,2

HRR (kW)	9,4
5 min 30 sec (330 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	445,4
Lower Temp (C)	132,1
HRR (kW)	9,4
5 min 40 sec (340 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	446,4
Lower Temp (C)	134,9
HRR (kW)	9,4
5 min 50 sec (350 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	447,2
Lower Temp (C)	137,5
HRR (kW)	9,4
6 min 00 sec (360 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	447,9
Lower Temp (C)	140,0
HRR (kW)	9,4
6 min 10 sec (370 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	448,5
Lower Temp (C)	142,4
HRR (kW)	9,4
6 min 20 sec (380 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	449,1

Lower Temp (C)	144,7	
HRR (kW)	9,4	
6 min 30 sec (390 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	449,7	
Lower Temp (C)	147,0	
HRR (kW)	9,4	
6 min 40 sec (400 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	450,3	
Lower Temp (C)	149,2	
HRR (kW)	9,4	
6 min 50 sec (410 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	450,9	
Lower Temp (C)	151,4	
HRR (kW)	9,4	
7 min 00 sec (420 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	451,5	
Lower Temp (C)	153,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 10 sec (430 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	452,1	
Lower Temp (C)	155,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 20 sec (440 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	

Upper Temp (C)	452,7	
Lower Temp (C)	157,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 30 sec (450 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	453,2	
Lower Temp (C)	159,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 40 sec (460 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	453,7	
Lower Temp (C)	161,4	
HRR (kW)	9,4	
7 min 50 sec (470 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	454,2	
Lower Temp (C)	163,3	
HRR (kW)	9,4	
8 min 00 sec (480 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	454,7	
Lower Temp (C)	165,2	
HRR (kW)	9,4	
8 min 10 sec (490 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	455,2	
Lower Temp (C)	167,0	
HRR (kW)	9,4	
8 min 20 sec (500 sec)		Room 1 Outside

Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	455,6	
Lower Temp (C)	168,8	
HRR (kW)	9,4	
8 min 30 sec (510 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	456,1	
Lower Temp (C)	170,5	
HRR (kW)	9,4	
8 min 40 sec (520 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	456,6	
Lower Temp (C)	172,2	
HRR (kW)	9,4	
8 min 50 sec (530 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	457,1	
Lower Temp (C)	173,9	
HRR (kW)	9,4	
9 min 00 sec (540 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	457,5	
Lower Temp (C)	175,6	
HRR (kW)	9,4	
9 min 10 sec (550 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	458,0	
Lower Temp (C)	174,9	
HRR (kW)	9,4	
9 min 20 sec (560 sec)		Room 1 Outside

Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	458,5	
Lower Temp (C)	176,1	
HRR (kW)	9,4	
9 min 30 sec (570 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	459,0	
Lower Temp (C)	177,5	
HRR (kW)	9,4	
9 min 40 sec (580 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	459,4	
Lower Temp (C)	177,9	
HRR (kW)	9,4	
9 min 50 sec (590 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	459,9	
Lower Temp (C)	179,4	
HRR (kW)	9,4	
10 min 00 sec (600 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	460,3	
Lower Temp (C)	181,0	
HRR (kW)	9,4	

FED asphyxiant gases (incap) Exceeded 0,1 at 76,0 Seconds.
 FED thermal (incap) exceeded 1 at 125,0 Seconds.
 An Upper Layer Temperature of 600 deg C Not Reached.
 Visibility at 2m above floor reduced to 15 m at 64,0 Seconds.
 Temperature at 2m above floor has reached 80 deg C at 73,0 Seconds.
 Initial Time-Step = 1,00 seconds.
 Computer Run-Time = 28,0 seconds.

I.2.7 Detalle de datos de salida de la modelación en branzfire para el escenario 3b del recinto 3.

Description of Rooms

=====

Room 1 : piso 1

Room Length (m) = 37,67
 Room Width (m) = 11,20
 Maximum Room Height (m) = 4,80
 Minimum Room Height (m) = 4,80
 Floor Elevation (m) = 0,000
 Room 1 has a flat ceiling.

Wall Surface is concrete

Wall Density (kg/m3) = 2300,0
 Wall Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Wall Emissivity = 0,50
 Wall Thickness (mm) = 250,0

Ceiling Surface is concrete

Ceiling Density (kg/m3) = 2300,0
 Ceiling Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Ceiling Emissivity = 0,50
 Ceiling Thickness (mm) = 100,0

Floor Surface is concrete

Floor Density (kg/m3) = 2300,0
 Floor Conductivity (W/m.K) = 1,200
 Floor Emissivity = 0,50
 Floor Thickness = (mm) 100,0

=====

Wall Vents

=====

From room 1 to outside, Vent No 1

Vent Width (m) = 2,350
 Vent Height (m) = 2,200
 Vent Sill Height (m) = 0,000
 Vent Soffit Height (m) = 2,200
 Opening Time (sec) = 600
 Closing Time (sec) = 0

From room 1 to outside, Vent No 2
Vent Width (m) = 1,650
Vent Height (m) = 2,200
Vent Sill Height (m) = 0,000
Vent Soffit Height (m) = 2,200
Opening Time (sec) = 600
Closing Time (sec) = 0

=====
=====
Ceiling/Floor Vents
=====
=====

=====
=====
Ambient Conditions
=====
=====

Interior Temp (C) = 20,0
Exterior Temp (C) = 20,0
Relative Humidity (%) = 65

=====
=====
Tenability Parameters
=====
=====

Monitoring Height for Visibility and FED (m) = 2,00
Occupant Activity Level = Light
Visibility calculations assume: reflective signs
FED Start Time (sec) 0
FED End Time (sec) 10000

=====
=====
Sprinkler / Detector Parameters
=====
=====

No thermal detector or sprinkler installed.

=====
=====
Mechanical Ventilation (to/from outside)
=====
=====

Mechanical Ventilation not installed in Room 1

=====
 =====
 Description of the Fire
 =====
 =====

Radiant Loss Fraction = 0,52
 CO Yield pre-flashover(g/g) = 1,410
 CO Yield post-flashover(g/g) = 1,410
 Soot Yield pre-flashover(g/g) = 0,222
 Soot Yield post-flashover(g/g) = 0,222
 Smoke Emission Coefficient (1/m) = 1,20
 Characteristic Mass Loss per Unit Area (kg/s.m2) = 0,022
 Air Entrainment in Plume uses McCaffrey (default)

Burning Object No 13
 escenario 3b

Located in Room 1
 Energy Yield (kJ/g) = 19,3
 CO2 Yield (kg/kg fuel) = 2,210
 HCN Yield (kg/kg fuel) = 0,100
 Fire Height (m) = 0,500
 Fire Location = Wall

Time (sec)	Heat Release (kW)
0	
5	5
10	19
15	42
20	75
25	118
30	169
35	230
40	301
45	381
50	470
55	569
60	677
65	794
70	921
75	1058
80	1203
85	1358
90	1523
95	1697
100	1880
105	2073

110	2275
115	2486
120	2707
125	2938
130	3177
135	3426
140	3685
145	3953
150	4230
155	4517
160	4813
165	5118
170	5433
175	5758
180	6091
185	6434
190	6787
195	7149
200	7520
205	7901
210	8291
215	8690
218	8941
218	21527
223	21527
232	21527
235	21527
240	21527
247	21527
252	21527
253	21527
255	21527
260	21527
262,6	21527
263	21527
264	21527
269	21527
271	21527
276	21527
281	21527
286	21527
291	21527
296	21527
301	21527
303	21527

```

=====
=====
Postflashover Inputs
=====
=====

```

Postflashover model is OFF.

```

=====
=====
Flame Spread Inputs
=====
=====

```

This simulation includes flame spread on linings.
Cone Calorimeter Ignition data is correlated using the Flux Time Product method.

Quintiere's Room Corner Model is used.

Flame length power =	1,000
Flame area constant =	0,0065
Burner Width (m) =	0,170

Room 1

```

=====
=====
Results from Fire Simulation
=====
=====

```

0 min 00 sec (0 sec)	Room 1	Outside
-------------------------	--------	---------

Layer (m)	4,800
Upper Temp (C)	20,0
Lower Temp (C)	20,0
HRR (kW)	0,0

0 min 10 sec (10 sec)	Room 1	Outside
--------------------------	--------	---------

Layer (m)	4,465
Upper Temp (C)	21,7
Lower Temp (C)	20,0
HRR (kW)	139,3

0 min 20 sec (20 sec)	Room 1	Outside
--------------------------	--------	---------

Layer (m)	4,016		
Upper Temp (C)	24,8		
Lower Temp (C)	20,0		
HRR (kW)	504,2		
0 min 30 sec (30 sec)		Room 1	Outside
Layer (m)	3,548		
Upper Temp (C)	29,6		
Lower Temp (C)	20,1		
HRR (kW)	1094,6		
0 min 40 sec (40 sec)		Room 1	Outside
Layer (m)	3,103		
Upper Temp (C)	36,7		
Lower Temp (C)	20,2		
HRR (kW)	1977,6		
0 min 50 sec (50 sec)		Room 1	Outside
Layer (m)	2,661		
Upper Temp (C)	46,6		
Lower Temp (C)	20,3		
HRR (kW)	3153,1		
1 min 00 sec (60 sec)		Room 1	Outside
Layer (m)	2,222		
Upper Temp (C)	59,9		
Lower Temp (C)	20,6		
HRR (kW)	4732,6		
1 min 10 sec (70 sec)		Room 1	Outside
Layer (m)	1,748		
Upper Temp (C)	76,8		
Lower Temp (C)	20,9		
HRR (kW)	6712,2		
1 min 20 sec (80 sec)		Room 1	Outside

Layer (m)	1,246	
Upper Temp (C)	99,1	
Lower Temp (C)	21,5	
HRR (kW)	8972,9	
1 min 30 sec (90 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,720	
Upper Temp (C)	125,2	
Lower Temp (C)	22,8	
HRR (kW)	11076,8	
1 min 40 sec (100 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,242	
Upper Temp (C)	156,2	
Lower Temp (C)	26,2	
HRR (kW)	13151,3	
1 min 50 sec (110 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	192,8	
Lower Temp (C)	34,6	
HRR (kW)	15528,1	
2 min 00 sec (120 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	235,9	
Lower Temp (C)	40,0	
HRR (kW)	18160,0	
2 min 10 sec (130 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	284,9	
Lower Temp (C)	47,5	
HRR (kW)	21017,5	
2 min 20 sec		

(140 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	337,7
Lower Temp (C)	57,5
HRR (kW)	24298,2
2 min 30 sec (150 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	392,1
Lower Temp (C)	70,6
HRR (kW)	27764,1
2 min 40 sec (160 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	443,8
Lower Temp (C)	82,5
HRR (kW)	31438,9
2 min 50 sec (170 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	490,5
Lower Temp (C)	99,7
HRR (kW)	35339,2
3 min 00 sec (180 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	531,0
Lower Temp (C)	118,5
HRR (kW)	39713,2
3 min 10 sec (190 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,329
Upper Temp (C)	478,1
Lower Temp (C)	163,7
HRR (kW)	8691,5

3 min 20 sec (200 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,339
Upper Temp (C)	425,2
Lower Temp (C)	172,3
HRR (kW)	9927,3
3 min 30 sec (210 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,297
Upper Temp (C)	393,5
Lower Temp (C)	169,4
HRR (kW)	4266,4
3 min 40 sec (220 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,187
Upper Temp (C)	375,7
Lower Temp (C)	162,5
HRR (kW)	3261,6
3 min 50 sec (230 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	370,6
Lower Temp (C)	99,0
HRR (kW)	9,4
4 min 00 sec (240 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	366,3
Lower Temp (C)	98,7
HRR (kW)	9,4
4 min 10 sec (250 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	366,1
Lower Temp (C)	99,4
HRR (kW)	9,4

4 min 20 sec (260 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	381,1
Lower Temp (C)	102,7
HRR (kW)	9,4
4 min 30 sec (270 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	400,2
Lower Temp (C)	107,7
HRR (kW)	9,4
4 min 40 sec (280 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	417,2
Lower Temp (C)	112,9
HRR (kW)	9,4
4 min 50 sec (290 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	430,1
Lower Temp (C)	118,1
HRR (kW)	9,4
5 min 00 sec (300 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	437,4
Lower Temp (C)	122,3
HRR (kW)	9,4
5 min 10 sec (310 sec)	Room 1 Outside
Layer (m)	0,005
Upper Temp (C)	441,5
Lower Temp (C)	125,9

HRR (kW)	9,4	
5 min 20 sec (320 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	443,8	
Lower Temp (C)	129,1	
HRR (kW)	9,4	
5 min 30 sec (330 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	445,3	
Lower Temp (C)	132,1	
HRR (kW)	9,4	
5 min 40 sec (340 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	446,4	
Lower Temp (C)	134,8	
HRR (kW)	9,4	
5 min 50 sec (350 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	447,2	
Lower Temp (C)	137,5	
HRR (kW)	9,4	
6 min 00 sec (360 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	447,8	
Lower Temp (C)	140,0	
HRR (kW)	9,4	
6 min 10 sec (370 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	448,5	

Lower Temp (C)	142,4	
HRR (kW)	9,4	
6 min 20 sec (380 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	449,1	
Lower Temp (C)	144,7	
HRR (kW)	9,4	
6 min 30 sec (390 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	449,7	
Lower Temp (C)	147,0	
HRR (kW)	9,4	
6 min 40 sec (400 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	450,3	
Lower Temp (C)	149,2	
HRR (kW)	9,4	
6 min 50 sec (410 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	450,9	
Lower Temp (C)	151,4	
HRR (kW)	9,4	
7 min 00 sec (420 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	451,5	
Lower Temp (C)	153,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 10 sec (430 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	

Upper Temp (C)	452,1	
Lower Temp (C)	155,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 20 sec (440 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	452,7	
Lower Temp (C)	157,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 30 sec (450 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	453,2	
Lower Temp (C)	159,5	
HRR (kW)	9,4	
7 min 40 sec (460 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	453,7	
Lower Temp (C)	161,4	
HRR (kW)	9,4	
7 min 50 sec (470 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	454,2	
Lower Temp (C)	163,3	
HRR (kW)	9,4	
8 min 00 sec (480 sec)		Room 1 Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	454,7	
Lower Temp (C)	165,2	
HRR (kW)	9,4	
8 min 10 sec (490 sec)		Room 1 Outside

Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	455,2	
Lower Temp (C)	167,0	
HRR (kW)	9,4	
8 min 20 sec (500 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	455,6	
Lower Temp (C)	168,8	
HRR (kW)	9,4	
8 min 30 sec (510 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	456,1	
Lower Temp (C)	170,5	
HRR (kW)	9,4	
8 min 40 sec (520 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	456,6	
Lower Temp (C)	172,2	
HRR (kW)	9,4	
8 min 50 sec (530 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	457,1	
Lower Temp (C)	173,9	
HRR (kW)	9,4	
9 min 00 sec (540 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	457,5	
Lower Temp (C)	175,6	
HRR (kW)	9,4	
9 min 10 sec (550 sec)	Room 1	Outside

Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	458,0	
Lower Temp (C)	174,9	
HRR (kW)	9,4	
9 min 20 sec (560 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	458,5	
Lower Temp (C)	176,1	
HRR (kW)	9,4	
9 min 30 sec (570 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	459,0	
Lower Temp (C)	177,5	
HRR (kW)	9,4	
9 min 40 sec (580 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	459,4	
Lower Temp (C)	177,9	
HRR (kW)	9,4	
9 min 50 sec (590 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	459,9	
Lower Temp (C)	179,4	
HRR (kW)	9,4	
10 min 00 sec (600 sec)	Room 1	Outside
Layer (m)	0,005	
Upper Temp (C)	460,3	
Lower Temp (C)	181,0	
HRR (kW)	9,4	

FED asphyxiant gases (incap) Exceeded 0,1 at 76,0 Seconds.
FED thermal (incap) exceeded 1 at 124,0 Seconds.
An Upper Layer Temperature of 600 deg C Not Reached.
Visibility at 2m above floor reduced to 15 m at 65,0 Seconds.
Temperature at 2m above floor has reached 80 deg C at 72,0 Seconds.

=====
=====
Initial Time-Step = 1,00 seconds.
Computer Run-Time = 29,0 seconds.
=====
=====

