



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

**ESTUDIO DE LA PROGRAMACIÓN DE OBRA GRUESA BASADA EN LA
LOCALIZACIÓN CON LÍNEAS DE BALANCE INTEGRADO CON LA PLATAFORMA
BIM EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN HABITACIONAL EN ALTURA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

CARLOS GIOVANNI FUENTES FUENTES

PROFESOR GUÍA:

RICARDO ENRIQUE ROJAS PIZARRO

MIEMBROS DE LA COMISION:

JORGE OSVALDO PULGAR ALLENDES

DAVID CAMPUSANO BROWN

SANTIAGO DE CHILE

2018

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
POR: CARLOS GIOVANNI FUENTES F.
FECHA: 22/01/2018
PROF. GUÍA: RICARDO ENRIQUE ROJAS P.

“ESTUDIO DE LA PROGRAMACIÓN DE OBRA GRUESA BASADA EN LA LOCALIZACIÓN CON LÍNEAS DE BALANCE INTEGRADO CON LA PLATAFORMA BIM EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN HABITACIONAL EN ALTURA”

El objetivo de este trabajo de titulación es mejorar la productividad de la construcción habitacional en Chile, por ejemplo existen grandes brechas con E.E.U.U. al año 2011, la productividad en Chile era del 48% respecto a ese país (Alcoholado, 2013). Esto hace que los costos de construcción sean altos.

Ahora, considerando que los edificios habitacionales son bienes raíces de primera necesidad para la población, para disminuir los precios ofertados, la solución va por construir en menos plazo y ahorrar costos.

Para reducir los plazos constructivos, en este Trabajo de Titulación, se recurrió a la metodología BIM, (“Building Information Modeling”) utilizando el software Vico Office, y así mejorar los aspectos claves en el proceso de programación, incorporando modelo 3D, las mediciones y la zonificación por líneas de balance como método de programación. También se incorporó un control automatizado para realizar proyecciones de termino y respaldo de la información generada.

Con el edificio “E.M” de la constructora “GINA”, localizado en: Santiago Centro contaba como sistema de programación CPM (Critical Path Method), se utilizó el modelo que se estaba desarrollando para este Trabajo de Titulación, logró apreciar que el plazo original para la obra gruesa se podía reducir en un 5%, comparado con el programa original, considerando los mismos rendimientos y duraciones. De esta manera la zonificación podría disminuir los tiempos de holgura entre actividades, reduciendo el plazo total. También se validó la optimización automática del programa a partir de las líneas de balance, que considerando un aumento en un 16% de la mano de obra, logrando reducir la duración del programa en un 10% aprox.

Por otro lado, si bien se observó que la información de los rendimientos reales y el avance de obra es bien resguardada, se logró proyectar una nueva fecha de término con el ritmo real de trabajo.

Por el lado del BIM, se logró integrar el modelado 3D de obra gruesa con los recursos y el programa de obra dentro del mismo software, y de esta forma se fomentó la interoperabilidad con arquitectura. Además, dado que se realizó una simulación 4D (3D en el tiempo), se logró mejorar la calidad de la información para un traspaso más eficiente de esta, entre la oficina y el terreno.

Finalmente, si bien, la interacción del modelo 3D al igual que las mediciones y la zonificación permiten un ajuste del programa, también ayudan al ajuste de los recursos y el presupuesto, por lo cual se propone este tema a seguir desarrollando.

Dedicatoria

“Dedico este trabajo de titulación primeramente a Dios, quien ha permitido que todo sea posible. A mis Padres por su amor incondicional, a mis hermanos, cuñado y sobrina por confiar siempre en mí. A mi novia por todo su amor y mejor amistad, y finalmente a todos los amigos, los son y han demostrado ser de verdad”

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por darme las oportunidades que muchos me han dicho “Caídas del Cielo”, le agradezco la vida y la salud que me han permitido terminar esta etapa.

Agradezco el amor incondicional de mis padres, que desde que partí esta carrera, mucho antes de comenzar la universidad, pusieron todas sus ganas, esfuerzo, amor y sacrificio por que llegara a cumplir esta meta. Creo que jamás podré devolverles la mano.

Agradezco a mi familia, mi hermano “mi partner de vida” eres el mejor hermano que pude tener, mi hermana, mi cuñado y sobrina, quienes siempre han confiado mí y espero nunca decepcionarles.

Agradezco a mi novia, por estar en todo este proceso, por nunca dejar de creer en mí, por ser mi mejor amiga y siempre escucharme, y, sobre todo, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas. Te amo.

Agradezco a la Iglesia Tiempo de Gloria por lo valores, las palabras de vida y motivacionales que recibí en estos 6 años.

Agradezco a mi amigo Luis pipe, el más apañador, el que nunca falla y siempre está ahí para apoyarme en mis caprichos y las mejores risas desde primero medio, agradezco a los monos con T.I, llegaron en el mejor momento, gracias por todas las risas, las payasadas, me regalaron muchísimo y espero que sigamos por siempre compartiendo. Agradezco al Abuelo, a Pabligido (Mi dupla del crossfit), a Ganaman el chapo, al Perro Loyola, a la Dani, a Stgo, a la isci, al Campos y a Javier.

Agradezco a mi ahora amigo Carlos Contreras, porque en su afán de ayudarme logré comprender el amor a la ciencia, gracias por todo, sobre todo por la amistad.

Agradezco a Javier Lopez del Olmo, por darme un ejemplo de humildad y que la posición no lo es todo en la vida, gracias por las oportunidades para ser un mejor profesional.

Agradezco al profe Ricardo Rojas por ver más allá y por creer en los estudiantes, destacando en ellos como lo hizo conmigo, las virtudes, también agradezco a los profesores de la comisión Jorge Pulgar y David Campusano, por su ardua preocupación

Agradezco enormemente a Construsoft, José C, Ignacio, mas todo el equipo y familia que hay detrás.

Agradezco a Javier S. y su cariñoso equipo, en particular a Esteban, he aprendido muchísimo de ellos, y gracias a eso pudimos sacar este trabajo adelante.

Finalmente resumiría todo diciendo... los amo, les aprecio, y anhelo que Dios les bendiga muchísimo más de lo que ustedes me han bendecido.

Tabla de Contenido

Introducción/motivación.....	11
Objetivos.....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos.....	12
Metodología.....	13
1 CAPITULO I Situación en Chile.....	15
1.1 Una mirada al sector inmobiliario.....	15
1.2 Desafíos de la industria.....	20
1.2.1 Plan construye 2025.....	20
1.3 En cuanto a la Planificación.....	24
1.3.1 Concepto de planificación.....	24
1.3.2 Planificación Tradicional en Chile y sus problemáticas.....	24
1.3.3 Problemáticas generales del proceso de planificación tradicional.....	29
2 CAPITULO II Metodología de Planificación por localización con BIM.....	30
2.1 Programación basada en localizaciones.....	30
2.1.1 ¿Qué es la programación por zonas?.....	30
2.1.2 Líneas de balance.....	31
2.2 Incorporación BIM.....	35
2.2.1 VICO Office.....	35
2.3 Flujo y comparación de la metodología PBL con BIM v/s Tradicional.....	43
2.3.1 Flujo de Trabajo.....	43
2.3.2 Experiencia de proyectos anteriores.....	44
2.3.3 Gestión de la programación.....	45
2.3.4 Gestión y control del proceso constructivo.....	45
3 CAPITULO III Aplicación Caso Practico.....	46
3.1 Introducción al Proyecto “E.M”.....	46
3.2 Procedimiento de trabajo.....	47
3.2.1 Replica del programa tradicional.....	47
3.2.2 Modelamiento PBL con BIM.....	47
3.3 Replica del programa tradicional.....	49
3.4 Modelamiento PBL con BIM.....	50
3.4.1 Modelación y exportación 3D.....	50

3.4.2	Integración de mediciones	53
3.4.3	Zonificación.....	55
3.4.4	Programa de obra.....	59
3.4.5	Optimización del programa	62
3.4.6	Análisis del programa optimizado.....	62
3.4.7	Comparación entre el programa tradicional y optimizado.....	62
3.4.8	Simulación 4D	63
3.4.9	Control de Obra	63
4	CAPITULO IV Resultados y Conclusiones.....	64
4.1	Resultados.....	64
4.1.1	Replica del programa tradicional.....	64
4.1.2	Modelamiento PBL con BIM	67
4.1.3	Integración de mediciones	69
4.1.4	Zonificación.....	76
4.1.5	Programación de obra	83
4.1.6	Optimización del programa de obra	88
4.1.7	Análisis del programa propuesto	91
4.1.8	Comparación entre programa tradicional y propuesto.....	94
4.1.9	Simulación 4D	96
4.1.10	Control de Obra	98
4.2	CONCLUSIONES	101
4.2.1	Modelación e integración 3D.....	101
4.2.2	Integración de mediciones	101
4.2.3	Zonificación.....	102
4.2.4	Programación de obra	103
4.2.5	Optimización del programa	104
4.2.6	Simulación 4D	104
4.2.7	Control de Obra	104
4.2.8	Mejoras del software.....	105
4.2.9	Proyección de temas investigativos	106
4.2.10	GENERALES	107
5	Glosario	108
6	Bibliografía.....	109
7	Anexos y Apéndices.....	111

ANEXO A ANTECEDENTES DE LA EMPRESA Y EL PROYECTO.....	111
Acerca de la Empresa	111
Antecedentes del proyecto.....	111
ANEXO B Entrevista Empresa GINA.....	113
ANEXO C Calculo de avance diario de moldaje con grúa.....	116
ANEXO D Juntas frías de hormigonado.....	117
ANEXO D.1 Losas y Vigas	117
ANEXO D.2 Cruces y encuentros de vigas	118
ANEXO E Ajuste VICO Office.....	119
ANEXO E.1 Ajuste de equipos de Trabajo.....	119
ANEXO E.2 Ajuste de equipos y factor de producción.....	120

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Inversión anual según el rubro. Fuente: (Guitierrez, 2016)	15
Tabla 2.1: Ejemplo de la zonificación	30
Tabla 2.2: Resumen de beneficios y Requerimientos VICO Office. Fuente: (Trimble, s.f.)	42
Tabla 3.1: Ejemplo zonificación de los sectores de losa y ciclos de muros	56
Tabla 4.1: Resumen de las pruebas de importación a Vico Office.....	68
Tabla 4.2: Comparación de ubicaciones entre ArchiCAD y Vico Office	70
Tabla 4.3: Cuantías del edificio	72
Tabla 4.4: Moldaje muros de zonificación propuesta.....	78
Tabla 4.5: Resumen de la zonificación en planta	79
Tabla 4.6: Mano de obra para la construcción de losas del piso tipo	85
Tabla 4.7: Recursos críticos y mano de obra unitaria por actividad para el caso de la losa.....	87
Tabla 4.8: Calculo de cuadrillas por cada actividad para el caso de la losa	87
Tabla 4.9: Resumen de fechas, jornadas y mano de obra de los tres programas analizados	90
Tabla 4.10: Resumen de las comparaciones de los programas realizados con el tradicional.....	90
Tabla 4.11: Reporte del control de obra del hormigonado entregado por la constructora	98
Tabla 4.12: Prorrateo de fechas para el caso de las fundaciones.....	98

Índice de Figuras

Figura 0.1 Metodología Trabajo de Titulación.....	13
Figura 1.1 Productividad de Chile v/s Estados Unidos. Fuente: (Alcoholado, 2013).....	16
Figura 1.2: Productividad Laboral. Fuente: (Fuentes & García, 2014).....	17
Figura 1.3: Aumento de Costos. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción (CChC), s.f.).....	18
Figura 1.4: Grafico de las principales causas del sobre costo en obra. Fuente: (Naranjo, 2017)...	18
Figura 1.5: Ciclo BIM. Fuente: (KAISEN Arquitectura & Ingeniería, s.f.).....	21
Figura 1.6: Beneficios del BIM a largo plazo. Fuente: (AutoDESK Solutions, s.f.).....	22
Figura 1.7: Aumento de utilidad en el tiempo con BIM. Fuente: (AutoDESK Solutions, s.f.).....	22
Figura 1.8: Esquema de la metodología de planificación tradicional.....	24
Figura 2.1: Comparación de las actividades por zonas. Fuente: (Trimble, s.f.).....	32
Figura 2.2: Comparación de las intersecciones de las actividades. Fuente: (Trimble, s.f.).....	32
Figura 2.3: Comparación de la discontinuidad. Fuente: (Trimble, s.f.).....	33
Figura 2.4: Comparación del pronóstico. Fuente: (Trimble, s.f.).....	33
Figura 2.5: Comparación de la convergencia de las actividades. Fuente: (Trimble, s.f.).....	34
Figura 2.6: Comparación del ritmo de trabajo. Fuente: (Trimble, s.f.).....	34
Figura 2.7: Integración BIM de VICO Office. Fuente: (Trimble, s.f.).....	35
Figura 2.8: Construcción de los elementos tipo losa. Fuente: (Trimble, s.f.).....	36
Figura 2.9: Cuantificación o cubicación de las losas. Fuente: (Trimble, s.f.).....	37
Figura 2.10: Zonificación vertical en VICO Office. Fuente: (Trimble, s.f.).....	37
Figura 2.11: Vínculo entre el modelo 3D, mediciones y presupuesto. Fuente: (Trimble, s.f.).....	38
Figura 2.12: Ejemplo de mediciones por zonificación. Fuente: (Trimble, s.f.).....	38
Figura 2.13 PBL con actividades teóricas, reales y pronosticadas. Fuente: (Trimble, s.f.).....	39
Figura 2.14: Control de obra en VICO Office. Fuente: (Trimble, s.f.).....	39
Figura 2.15: Simulación 4D. Fuente: (Trimble, s.f.).....	40
Figura 2.16: Informes y gráficos. Fuente: (Trimble, s.f.).....	41
Figura 2.17: Esquema planificación propuesta con PBL en BIM.....	43
Figura 3.1: Zonificación del programa tradicional en PBL.....	49
Figura 3.2: Traspaso del programa tradicional a Schedule Planner de VICO Office.....	49
Figura 3.3: Modelo 3D en ArchiCAD del edificio "E.M".....	50
Figura 3.4: Obra gruesa filtrada del modelo 3D.....	51
Figura 3.5: Elementos de medición importados a VICO Office sin filtrar.....	53
Figura 3.6: Losa inclinada del subterráneo -1.....	58
Figura 4.1: Zonificación en MS Project de la losa.....	64
Figura 4.2: Prorrato de las actividades en MS Project.....	64
Figura 4.3: Programa tradicional replicado a PBL, tareas de resumen por elemento.....	65
Figura 4.4: Programa tradicional replicado a PBL, tareas de resumen por sector.....	65
Figura 4.5: Programa tradicional replicado a PBL, tareas detalladas.....	66
Figura 4.6: Comparación del modelo 3D de obra gruesa en ArchiCAD vs Vico Office.....	67
Figura 4.7: Muros importados a Vico Office como bloques sin cortes de losa.....	67
Figura 4.8: Detalle muros importados a Vico Office desde IFC "Geometría Perfecta".....	68
Figura 4.9: Problema de visualización post cuantificación, archivo importado de ArchiCAD....	68
Figura 4.10 Resultado de la construcción de los elementos de medición.....	69
Figura 4.11: Elementos tipo vigas.....	69

Figura 4.12: Áreas de la cara frontal cubicadas por Vico Office	70
Figura 4.13: Selección de bordes interiores de la losa para la cubicación del área de moldaje	71
Figura 4.14: Cubicación del moldaje de muros	71
Figura 4.15: Moldaje de losas.....	71
Figura 4.16: Moldaje de escaleras	72
Figura 4.17: Tabique sobrante como elemento losa	73
Figura 4.18: Elemento losa definido como muro	73
Figura 4.19: Muro perimetral no cortado	74
Figura 4.20: Elementos cuya intersección esta duplicada	75
Figura 4.21: Cubicación adicional del area en los bordes	75
Figura 4.22: Zonificación en la vertical o por niveles.....	76
Figura 4.23: Modelo hibrido de las fundaciones	77
Figura 4.24: Coherencia entre vigas del plano y el modelo	77
Figura 4.25: Planos de zonificación importados a Vico Office.....	79
Figura 4.26: Zonificación del subterráneo y piso tipo en Vico Office	80
Figura 4.27: Modo aislar en zonas del piso tipo.....	80
Figura 4.28: Problema asignación manual de muros en el subterráneo	81
Figura 4.29: Cubicación del volumen por sector para el caso de las losas.....	81
Figura 4.30: Zonificación del modelo 3D traspasada al programa de obra para el piso 3	82
Figura 4.31: Estructura jerárquica de las partidas para la subestructura	83
Figura 4.32: Estructura jerárquica de las partidas en Vico Office.....	83
Figura 4.33: Vinculación del volumen de hormigón de losa al modelo.....	84
Figura 4.34: Mano de obra en Vico Office, para el caso de la losa del piso tipo.....	85
Figura 4.35: Definición de las tareas en Vico Office	86
Figura 4.36: Definición del orden constructivo en términos micros, por actividad	86
Figura 4.37: Definición del orden constructivo en términos macros, por estructuras.....	86
Figura 4.38: Programa de obra con la zonificación propuesta	88
Figura 4.39: Enfierradura del subterráneo-2.....	88
Figura 4.40: Aumento de recursos en enfierradura del subterráneo -2	88
Figura 4.41: Actividades de la zona de fundaciones y subterráneo -2 sin optimizar	89
Figura 4.42: Actividades de la zona de fundaciones y subterráneo -2 optimizada	89
Figura 4.43: Programa de obra optimizado	90
Figura 4.44: Curva S del edificio.....	91
Figura 4.45: Graficos de recursos para el moldaje, enfierradura y hormigonado de la losa	92
Figura 4.46: Monitoreo de cubicaciones, jornales y ayudantes para el hormigonado de la losa ..	93
Figura 4.47: Zonificación del piso 2 en MS Project.....	94
Figura 4.48: Replica de la zonificación del piso 2 y 3 de MS Project en líneas de balance	95
Figura 4.49: Zonificación del piso 2 y 3 del programa optimizado	95
Figura 4.50: Visualización global de los bucles de trabajo del programa optimizado.....	95
Figura 4.51: Definición de tareas para la simulación 4D	96
Figura 4.52: Simulación 4D.....	97
Figura 4.53: Detalle de la simulación 4D	97
Figura 4.54: Control de obra realizado al 6 de Dic del 2016, planificado, real y pronostico.....	99
Figura 4.55: Proyección del termino de obra	99
Figura 4.56: Reporte generado para el caso del hormigón de losa del piso tipo	100

Introducción/motivación

Actualmente en la industria de la construcción, la planificación de obra, es uno de los factores que explican la diferencia de productividad y atrasos comparado a E.E.U.U. (Alcoholado, 2013)

Esto es porque el método tradicional no incluye la automatización en el traspaso de información y la coordinación de especialidades, además, en cuanto a la programación, la carta Gantt utilizada sólo tiene un fin temporal de las actividades, y no incluye la variable espacial. Sin embargo, existen otros métodos más modernos, que buscan la optimización de los recursos y procesos de construcción. Para el VDC (Virtual Design and Construction), la planificación se enfoca en la gestión multidisciplinaria integrada del diseño y la construcción, es decir, incluye todo el proceso de un proyecto, desde el diseño hasta el impacto económico que tendrá una vez construido.

De esta manera el VDC incorpora en su forma de trabajo la filosofía BIM (Building Information Modeling), la cual está basada en la interacción de modelos 3D paramétricos con las cantidades, costos, presupuesto, duración de actividades y el programa. De esta manera, también cabe mencionar la incorporación de la zonificación al programa de obra con líneas de balance, o bien, programación basada en localizaciones (PBL), esto porque permiten identificar problemáticas antiácidamente y coordinar diferentes especialidades. Además, a través de la plataforma BIM se propone incorporar la filosofía de “lean construcción”, la cual se define como un sistema de negocios creado para organizar y gestionar el desarrollo constructivo, donde se busca reducir al máximo las pérdidas.

Es por eso que la idea principal de este Trabajo de Titulación es lograr un modelo que permita reducir las duraciones totales, mejorando la visualización del ritmo de trabajo y la coordinación de actividades de la programación tradicional para un edificio en altura. Para ello se realizará la integración del modelo 3D y la zonificación al proceso de programación, además del control de obra.

Para ello se ha propuesto una metodología de programación apoyada con BIM mediante la herramienta Vico Office, ya que esta permite el desarrollo de un programa de obra basado en localizaciones, que consiste en programar en tiempo y espacio las actividades con líneas de balance. Además, con este software BIM, es posible realizar el 4D y 5D del proyecto, que a modo de integración se encuentran vinculados al modelo 3D, es decir, cualquier cambio geométrico del diseño, modificará automáticamente la duración y el costo de la obra

De esta manera, la motivación es aumentar la productividad de la construcción de edificios habitaciones, pasando de procesos artesanales a industrializados. Entendiendo que, con el aumento significativo de los costos en la industria de la constructora, la forma de generar la misma utilidad no es cobrando más, sino que construyendo en un menor tiempo.

Objetivos

Objetivo General

Mediante el apoyo de la metodología BIM, reducir el plazo de construcción de la obra gruesa de un edificio habitacional en altura, incorporando la variable espacial mediante las líneas de balance.

Objetivos Específicos

Los objetivos se pueden separar en dos etapas:

- **Etapa 1: Teórica**

- Determinar el estado actual de la construcción habitacional a partir del cómo se han realizado los procesos en los últimos años y las principales diferencias de productividad con otros países.
- Determinar el flujo de información para la programación tradicional y sus principales aspectos a mejorar para la industria de la construcción habitacional.
- Determinar y entender los principales desafíos de la edificación chilena acorde al plan de gobierno Construye 2025.

- **Etapa 2: Práctica**

Replica del programa tradicional

- Demostrar que existen diferentes aspectos a mejorar de la programación tradicional CPM, como lo es la visualización y coordinación de especialidades.

Modelamiento PBL con BIM.

- Validar la utilidad del modelo 3D de obra gruesa en el proceso de programación.
- Reducir el plazo constructivo de la obra gruesa, considerando una zonificación propuesta para validar la utilidad de la programación por zonas con líneas de balance.
- Reducir en una segunda iteración el plazo del programa zonificado a partir de los recursos con la finalidad de validar la utilidad y automatización del BIM en los ajustes.
- Realizar un control de obra para validar la toma anticipada de decisiones y el resguardo de la información.

Metodología

El siguiente esquema de la Figura 0.1 muestra la metodología del trabajo de titulación en 5 partes:



Figura 0.1 Metodología Trabajo de Titulación

1. Revisión bibliográfica

Primero se buscará entender cómo se realiza la programación de obra en la industria, además de evidenciar cuales son los principales aspectos por mejorar en términos de productividad.

2. Contextualizar industria chilena

Se contextualizarán los antecedentes recopilados de la revisión a la industria chilena, determinando el esquema de los principales elementos que componen el proceso de programación. Además, para entender hacia donde se está moviendo la industria, se verán los objetivos del plan de gobierno construye 2025, que entre ellos incorporan el desarrollo del plan BIM.

3. Aplicación caso práctico

Usando un caso de edificio habitacional de la Inmobiliaria Constructora GINA, se realizarán dos etapas para validar la programación por zonas en líneas de balance incorporando el software BIM Vico Office.

a. Replica del programa tradicional

- Se realizará un análisis de los antecedentes de la programación del edificio, para ver en primera instancia los puntos a mejorar.
- Luego, para entender y visualizar los sectores que contiene la carta Gantt de la obra, se traspasará a líneas de balance.

b. Integración BIM con Vico Office

- Se incorporará el modelo 3D de obra gruesa al proceso de programación.
- En Vico Office, se realizará el programa de obra con una zonificación propuesta.
- Se realizará una optimización del programa del punto anterior, aumentando la mano de obra.
- Se realizará un control de obra
- Finalmente se hará una simulación 4D para ver la secuencia constructiva.

4. Análisis de resultados

Se realizará un análisis de los resultados obtenidos, comparando los 3 programas de obra, el tradicional en Gantt, el zonificado y el optimizado.

5. Conclusiones

Por último, se comentará si se valida o no la programación por zonas en un entorno BIM para la obra gruesa de un edificio habitacional.

1 CAPITULO I Situación en Chile

1.1 Una mirada al sector inmobiliario

Si bien el trabajo se basa en la industria de la construcción, esta guarda relación con la inmobiliaria, por lo que resultará útil entender y contextualizar ambos sectores. e

El sector inmobiliario en Chile, es uno donde se concentran las mayores inversiones del país, de hecho, según proyecta la corporación de bienes de capital (CBC) entre los años 2016-2020, la inversión inmobiliaria (\$US10.194 millones) superaría incluso la inversión en minería (US\$6.042 millones) y solo se vería sobrepasada por la inversión en el sector de energía (US\$11.728 millones) (Guitierrez, 2016).

Además, como lo muestra la Tabla 1.1, el mayor porcentaje de la inversión está destinada al subsector de vivienda, esto porque se busca suplir una necesidad en el país, la primera casa propia para cada habitante o familia.

Inversión anual según rubro

MM US\$

	2016	2017	2018	2019	2020
Mixto-Oficina-Comercial	19	0	0	0	0
Hotel	35	12	7	3	0
Mixto-Vivienda-Hotel	72	75	59	45	49
Salud	129	142	71	4	0
Oficinas	131	105	60	25	29
Mixto-Vivienda-Oficina	163	75	7	0	0
Otros	214	69	2	0	0
Mixto-Vivienda-Comercial	234	175	95	46	37
Comercial	235	84	31	16	17
Vivienda	2.032	1.924	1.516	1.188	959
Total general	3.266	2.663	1.848	1.327	1.091

Tabla 1.1: Inversión anual según el rubro. Fuente: (Guitierrez, 2016)

Sin embargo, pensando en la calidad del servicio entregado, la pregunta es ¿Qué dicen los dato interesante del SERNAC, es que al año 2012, los reclamos contra la inmobiliaria subieron a un 53% por retraso en las entregas, donde un 46% de las quejas estuvieron ligadas a un incumplimiento en condiciones contratadas y retardos en recepción de viviendas

Mas reciente, durante el primer semestre del 2015, SERNAC informo que recibió alrededor de 3.224 reclamos en contra del sector inmobiliario, mientras que, en el 2016, se registró una cifra de aproximadamente 3500, es decir, habiendo alza de casi un 9% (SERNAC, 2016).

Como el octavo sector con más reclamos, respecto a los principales motivos, la mayoría de estos en contra de las constructoras se refieren a problemas en la calidad de la vivienda, retrasos en la entrega y respuestas deficientes de las empresas.

Además, según señala la encuesta realizada por la KPMG, a nivel global, apenas el 31% de las construcciones se completan en el plazo. Este estudio se realizó para empresas inmobiliarias desde el 2013 al 2015, considerado inclusive un 10% de tolerancia, es decir, dentro de las construcciones clasificadas dentro del plazo, aquellas que tienen retrasos menores a un 10% fueron consideradas al día. Este nivel de tolerancia se puso ya que no se registraron obras sin retraso alguno (KPMG, 2015)

En resumen, se tiene que, sumado a la mala calidad de las viviendas, el sector está siendo demandando una mejora en la productividad, pues se está pidiendo una mayor calidad en el menor plazo posible. (Naranjo, 2017)

Sin embargo, si analizamos la productividad en Chile, y la comparamos con Estados Unidos, un país desarrollado en materia de construcción, el gráfico de la Figura 1.1 señala que al 2011 es un 48%, es decir, existe una gran brecha en producción operacional. Y si se quisiera proyectar el crecimiento de aquí a un par de años más, tal como muestra el gráfico de la Figura 1.2 del plan estratégico nacional, la productividad en la construcción ha decaído en 0.3% entre el periodo de 1986 al 2012.



Figura 1.1 Productividad de Chile v/s Estados Unidos. Fuente: (Alcoholado, 2013)

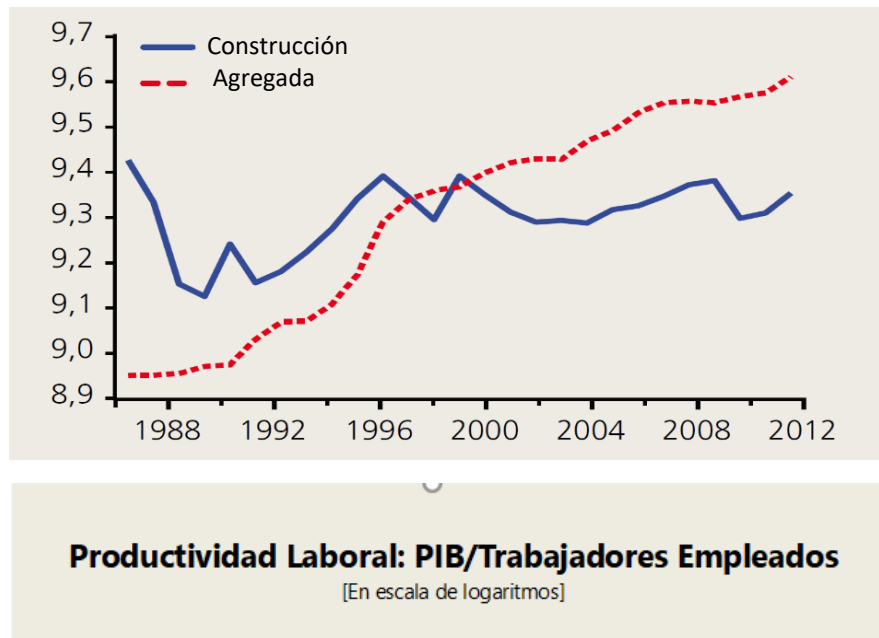


Figura 1.2: Productividad Laboral. Fuente: (Fuentes & García, 2014)

De esta forma, la caída en la productividad es evidente, y tal como señala el informe de edificación, el principal motivo de la brecha con E.E.U.U, es la deficiencia operacional que tienen los proyectos (32%), la cual se debe a:

- Baja adopción de métodos avanzados de gestión

El uso de métodos tradicionales de planificación que están obsoletos, y lo mucho que le cuesta a la industria romper con los paradigmas.

- Fragmentación de etapas críticas como el diseño y construcción

La falta de interoperabilidad entre las distintas áreas del proyecto, la deficiente coordinación entre las diferentes especialidades y las inconsistencias del diseño que se ven en la construcción

- Falta de capacitación de los trabajadores

Esto provoca la mala calidad y generalmente los llamados retrabajos en la construcción.

- Deficiente rol de supervisión

Generalmente existe poca supervisión y control en los procesos, y además depende de la experiencia y habilidad del profesional de terreno para anticiparse a los problemas.

También se puede comentar que uno de los errores que ha cometido la industria de la construcción para solucionar el problema de la calidad y los plazos, es invertir más en materiales de calidad y mano de obra. (Naranjo, 2017).

Sin embargo, tal como se observa en el siguiente gráfico mostrado en la Figura 1.3, los costos de edificación van en constante aumento, por lo cual no parece ser una solución factible.

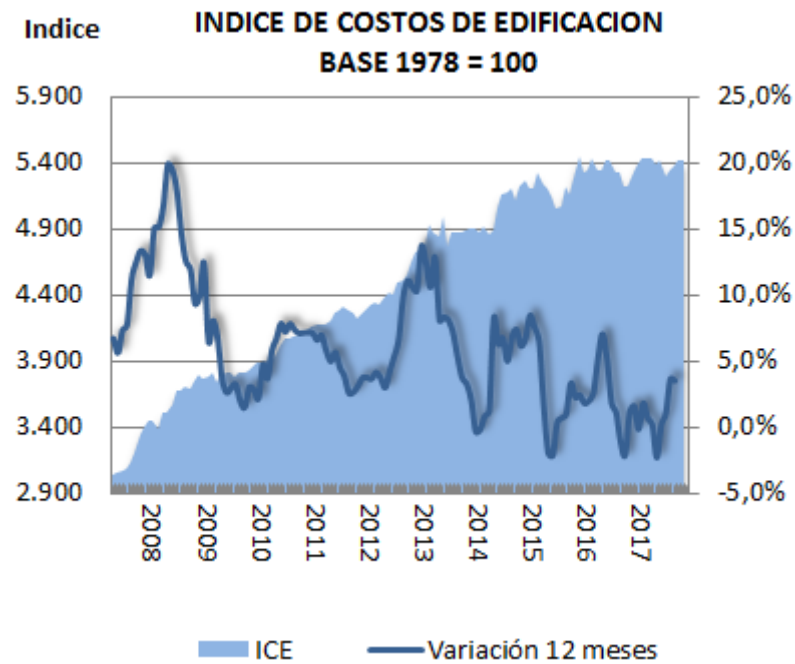


Figura 1.3: Aumento de Costos. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción (CChC), s.f.)

Además, se tiene un exceso de sobrecostos en la construcción, cuyas causales al 2011 se distribuyen tal cual muestra el gráfico de la Figura 1.4, según un estudio presentado en el tercer encuentro de transferencia tecnológica.

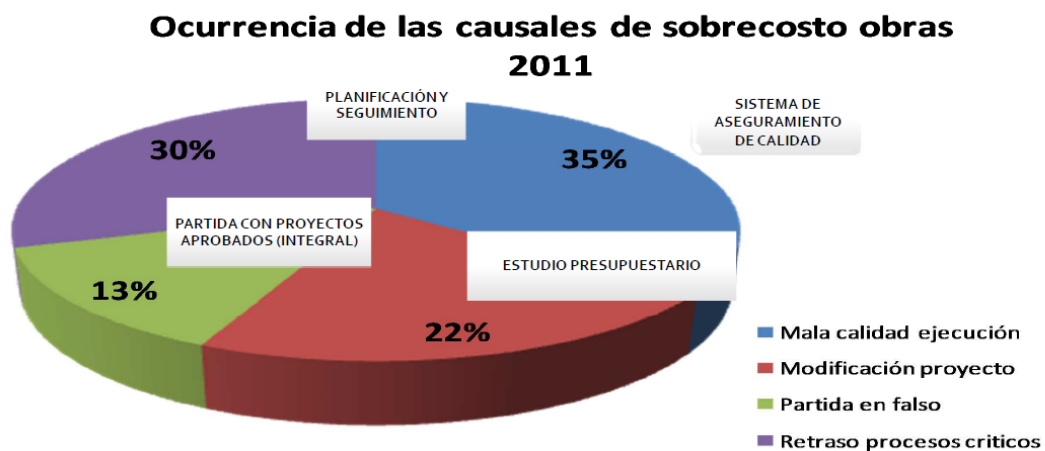


Figura 1.4: Gráfico de las principales causas del sobrecosto en obra. Fuente: (Naranjo, 2017)

Finalmente, la pregunta para Chile es, ¿a quién se le puede atribuir el problema de la productividad y los sobrecostos? ¿acaso el plazo es un problema solo de un proyecto? ¿una empresa? O bien, ¿un problema de la industria?

Evidentemente como señala el estudio de edificación, el problema está en la industria, y si todos realizan sus procesos de la misma forma, es imposible tener resultados distintos, es por eso que, la finalidad de este trabajo de título será plantear y validar una nueva metodología en Chile, apuntada a la gestión de un proyecto: La planificación por zonificación

Con esta metodología apoyada por un entorno BIM, se buscará disminuir los plazos a partir de la adopción de nuevos métodos avanzados en la gestión, la interoperabilidad y coordinación de las diferentes especialidades.

1.2 Desafíos de la industria

Actualmente el gobierno chileno está consciente de la falta de productividad en la construcción, y por lo mismo creó el “Plan Construye 2025”, cuyo objetivo principal es transformar al sector de la construcción desde la perspectiva de la sustentabilidad y productividad, para lograr un desarrollo nacional con equidad social, económica y medioambiental. (Construye 2025, s.f.).

1.2.1 Plan construye 2025

El objetivo del plan será desarrollado a partir de cuatro ejes estratégicos.

1. Una industria más productiva, donde los principales desafíos son:

- Aumentar la industrialización
- Mejorar la planificación

2. Una industria que produce edificaciones sustentables

3. Una industria que potencia **innovación y uso de nuevas tecnologías**

4. Una industria que desarrolla productos, servicios y talentos exportables.

Además, el plan de trabajo del programa involucra tres alianzas estratégicas.

A. Plan BIM

B. Dom en línea

C. Plan de industrialización limpia

Cabe destacar que el objetivo de esta memoria mezcla el primer y tercer eje de trabajo, con el apoyo de la primera alianza estratégica. Esto porque se buscará aumentar la productividad mejorando el proceso de planificación, con una metodología innovadora y apoyada por BIM.

1.2.1.1 Industrializar la construcción

Dentro de la visión del plan construye 2015, aparece el concepto de industrializar, que en términos simples es transformar la construcción de artesanal a industrial.

“Promover el desarrollo de soluciones industrializadas, prefabricadas y modulares que mejoren la calidad, productividad, y la sustentabilidad en la edificación, incorporando mejores prácticas, tecnología e innovación en toda su cadena de valor” (Brito, 2017)

De esta manera, los procesos de la construcción serán entendidos como artesanales cuando dependan intrínsecamente de la habilidad y experiencia del sujeto, es decir del artesano. Mientras que por otro lado serán entendidos como industriales cuando el sujeto pasa a ser un operario, es decir, solo está encargado de ejecutar procesos, no dándole lugar a los errores y equivocaciones.

1.2.1.2 Plan BIM

Luego apoyado en la iniciativa de incorporar nuevas tecnologías a partir de la innovación, el plan BIM apoyado por CORFO, es la primera alianza clave del plan construye 2025, y será un complemento con el primer y tercer eje estratégico. Sin embargo, es fundamental entender algunos conceptos previos.

1.2.1.2.1 ¿Qué es BIM?

BIM (Building Information Modeling), o “Modelos de información en edificación”, es una filosofía, que en muchas ocasiones es confundida con un software, debido a la visualización de modelos 3D. Pese a esto, debe ser entendida como una forma diferente de abordar un proyecto, integrando todas las etapas de su ciclo de vida, en que existe una fuerte acción de gestionar, coordinar y controlar un proyecto, donde en particular, esta coordinación puede partir de un modelo 3D, el que posteriormente es alimentado con información de tiempos, recursos y costos, es decir, los llamados 4D y 5D de un proyecto.

Tal como muestra la Figura 1.5, el ciclo BIM es trabajar de forma interoperable un proyecto pasando por todas las etapas de su ciclo de vida.

Por otro lado, el mercado actual cuenta con una gran oferta de softwares o “Soluciones BIM”, que en algunos casos trabajan con más de una dimensión del proyecto, sin embargo, lo más importante es que tengan interoperabilidad (que sean capaces de traspasar información y trabajarla) y que sepan integrarse con las otras etapas del ciclo constructivo.

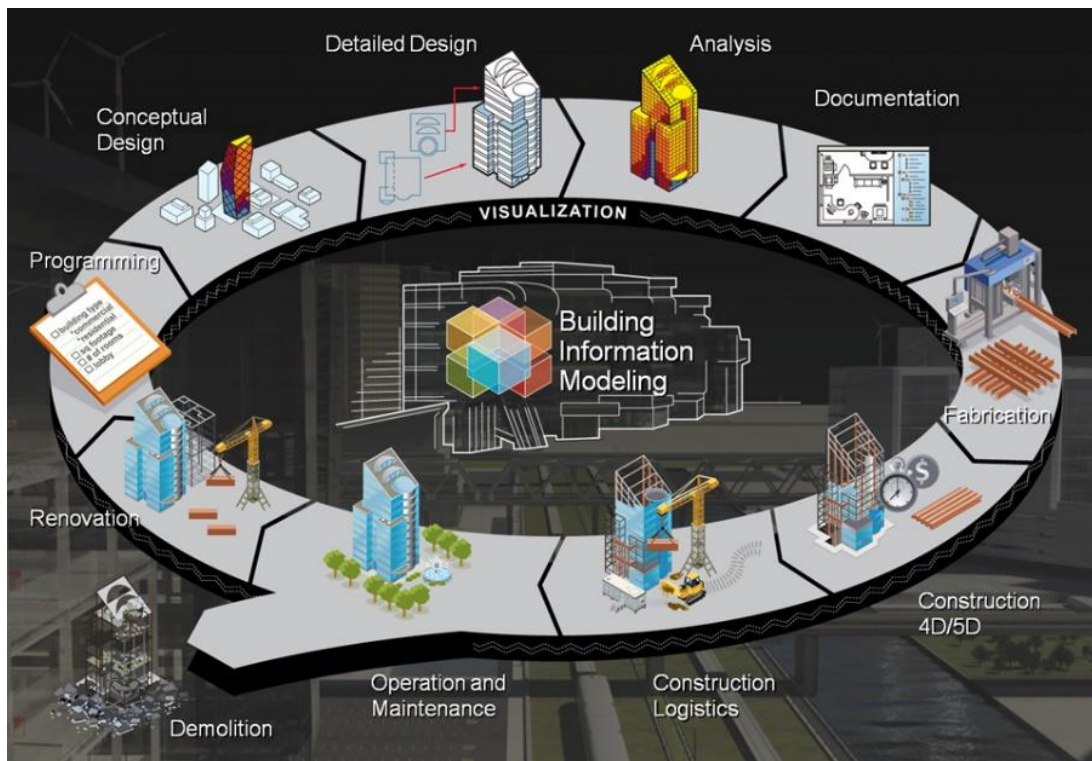


Figura 1.5: Ciclo BIM. Fuente: (KAISEN Arquitectura & Ingeniería, s.f.)

1.2.1.2.2 Beneficios del BIM

Se pueden identificar mejoras en la rentabilidad de las empresas según el estudio y seguimiento de la incorporación de BIM realizado por empresa arquitectura DavidMiller en Reino Unido. Tal como muestra la Figura 1.6, a pesar de que los costos también aumentan, la utilidad en el tiempo es aun mayor.

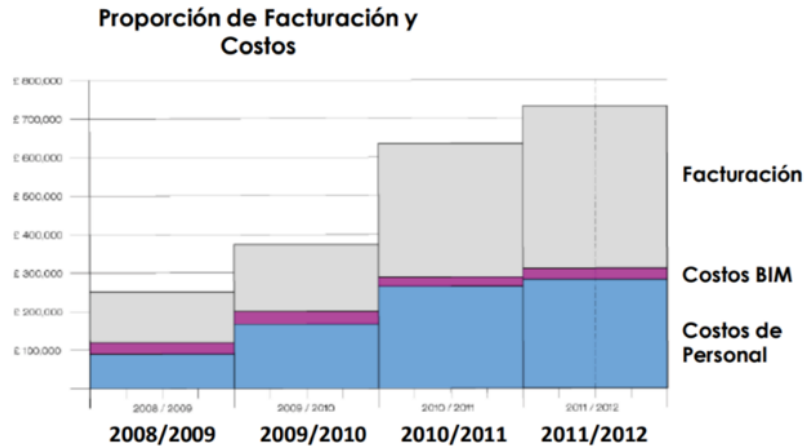


Figura 1.6: Beneficios del BIM a largo plazo. Fuente: (AutoDESK Solutions, s.f.)

Sin embargo la empresa considero en su análisis que el beneficio aumenta cuando existe colaboración con otras empresas tal como muestra la Figura 1.7, ya que, si bien el BIM genera beneficios internos, estos se ven aumentados cuando existe facilidad en la interoperabilidad con otras disciplinas, que en la arquitectura se da con el área de ingeniería y construcción.

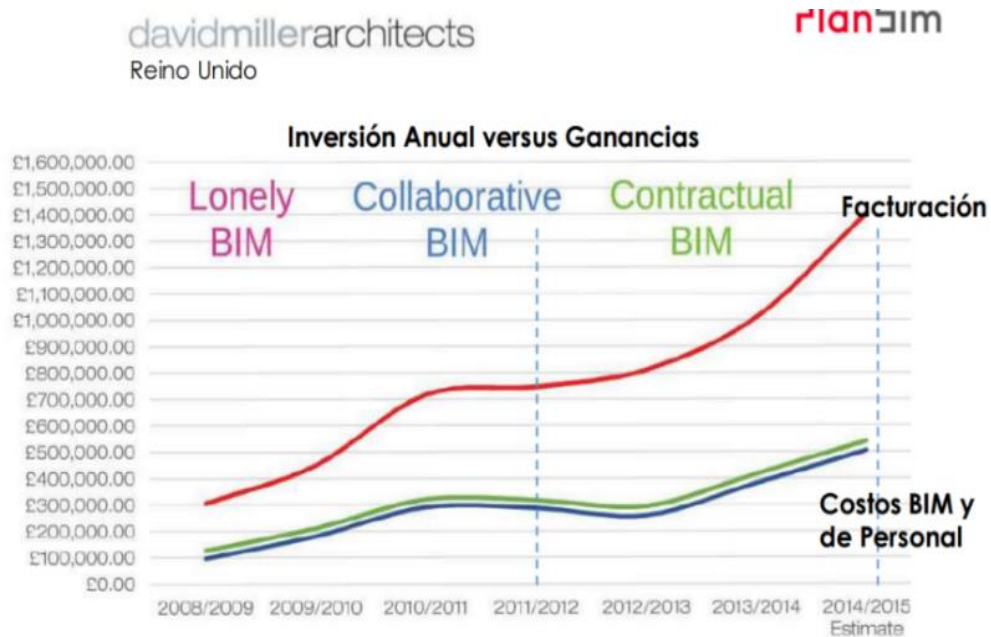


Figura 1.7: Aumento de utilidad en el tiempo con BIM. Fuente: (AutoDESK Solutions, s.f.)

De esta manera podemos clasificar los beneficios en tres tipos:

1. Internos

- Eficiencia y automatización en los procesos de trabajo como por ejemplo cubicaciones, exportación e importación de modelos, trabajo con base de datos, estandarización en la planificación.
- Ofrecen servicios adicionales a la línea de trabajo, por ejemplo, la comparación de precios y rendimientos de los sub contratos en la etapa de licitación.

2. Externos

- Manejo de expectativas del cliente, ya que el mandante puede participar en la toma de decisiones del diseño de su proyecto y en función de los plazos de termino, puede decir si invertir más recursos o no.
- Consistencia de la información entre las distintas especialidades, apuntando a modelos construibles.
- Colaboración en toda la línea de producción, desde arquitectura hasta construcción

3. Para el Proyecto

- Permite mejorar la calidad de los proyectos (Menos errores involucrados en el proceso)
- Permite reducir los plazos de entrega y costos de los proyectos
- Permite el desarrollo de diseños más eficientes y sustentables (Mejor coordinación entre especialidades)

1.2.1.2.3 Objetivos del Plan BIM

Dentro de los objetivos del plan BIM, y que se ligan al trabajo de título son:

- Aumentar la productividad en el ciclo de vida de un proyecto, mejorando la calidad, disminuyendo los plazos y ahorrando recursos.
- Promover la interoperabilidad y colaboración entre las distintas especialidades
- Asegurar el cumplimiento normativo
- Realizar un control del proyecto

El gobierno está convencido de las mejoras significativas que ha traído el BIM, pensando en el caso de Inglaterra que aumento en un 20% su productividad, en Chile tendrá un carácter obligatorio que partirá con las licitaciones de proyectos del Ministerio de Obras Públicas (Bachelet Jeria, 2015)

1.3 En cuanto a la Planificación

De esta forma como se espera mejorar la planificación a partir del concepto de la innovación apoyada por BIM, es que resulta clave conocer la metodología de planificación tradicional, sin embargo, cabe entender algunos conceptos.

1.3.1 Concepto de planificación

Primero para efectos del estudio, se entenderá la planificación como las gestiones necesarias para coordinar y determinar las actividades de un proyecto, con la finalidad de ordenarlo en el tiempo de la manera más eficiente y económica posible, según los recursos involucrados, tanto equipos, maquinaria, materiales y personas.

De esta forma la planificación de una obra sirve como guía o columna vertebral para el cumplimiento del proyecto, que, a partir del control y seguimiento permanente, permite tomar acciones correctivas y preventivas que garanticen los objetivos.

Cabe destacar que el concepto de planificación se confunde con programación, donde esta última es solo una parte que consiste en determinar duraciones de actividades con las respectivas relaciones de precedencia.

1.3.2 Planificación Tradicional en Chile y sus problemáticas

Para el caso de la construcción de edificios, se valida el siguiente diagrama de flujo del proceso de planificación tradicional mostrado en la Figura 1.8, para el caso de las empresas inmobiliarias constructoras.

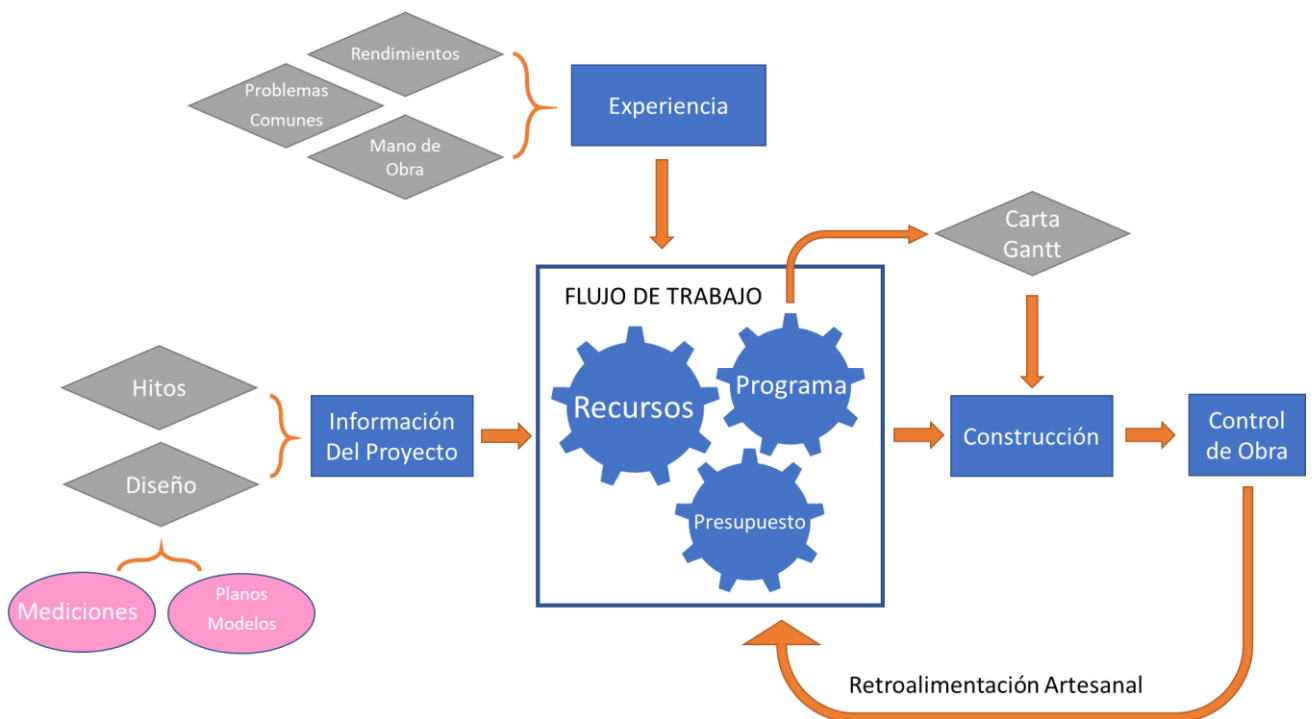


Figura 1.8: Esquema de la metodología de planificación tradicional

Dentro del diagrama se pueden identificar cinco elementos fundamentales que componen el proceso y serán entendidos en el siguiente orden:

1.3.2.1 Flujo de Trabajo

Es un proceso iterativo y de ajuste entre los tres elementos fundamentales de la planificación, los recursos, el programa y el presupuesto. Esto porque dependiendo del presupuesto establecido es que se debe realizar una correcta selección de los recursos en un tiempo determinado por el programa. Sin embargo, Si bien hay una dependencia, el ajuste de los tres elementos se realiza mediante el traspaso de información artesanal, y no mediante la interacción automatizada de las especialidades. Pues, en algunos casos se trabaja con presupuestos o programas que no han sido actualizados.

Luego para realizar una correcta planificación se deben hacer las siguientes preguntas en relación con el proyecto, ¿Cómo es el proyecto y sus limitaciones? ¿Qué experiencia tenemos de otros proyectos semejantes? ¿Cómo está resultando en la práctica?

Así es que el flujo se ve alimentado y modificado por la información real del proyecto, la experiencia, y el control de obra.

1.3.2.2 Información del Proyecto

Es la información que se dispone del proyecto que podemos separar en dos puntos:

1.3.2.2.1 Hitos

Los hitos afectan de forma directa al programa de obra, y los podemos separar en aquellos que definen el inicio, el desarrollo y el termino.

1. Inicio

Generalmente están atribuidos a los permisos y dentro de los más importantes se pueden encontrar:

- Permiso de demolición
- Permiso de instalación de faena
- Permiso de instalación de grúa
- Permiso de ocupación de calzada.

2. Desarrollo

- Termina obra gruesa
- Termina tabiquería y pintura

3. Termino

Estos hitos se encuentran atribuidos a los plazos del proyecto y tienen que ver con la entrega de la obra:

- Fecha entrega recepción municipal de obra
- Entrega del edificio

1.3.2.2.2 Diseño del Proyecto

Toda la información disponible del proyecto, donde para efectos prácticos del estudio se destacarán dos aspectos imprescindibles

1. Cubicaciones

Las cubicaciones se realizan a partir de los planos e influyen en forma directa en todo el flujo de trabajo, es decir, tanto en los recursos necesarios, el tiempo y el presupuesto disponible.

2. Planos y Modelos

Los planos y el modelo son necesarios para conceptualizar el proyecto, y usualmente son usados para que el profesional de terreno tenga una idea de los sectores en la obra para poder abrir frentes de trabajo.

Dentro de las principales problemáticas en los diseños de los edificios de Santiago, (Jara Durán, 2010) (F. Alarcón & A. Mardones, 1998) están:

- Los diseñadores no interpretan bien lo que el mandante desea, esto provoca los llamados retrabajos y retraso en las actividades.
- Descoordinación entre las especialidades, representado un 17.1% de las causas de los defectos de los diseños
- Falta de información y claridad al empezar la obra, no se entrega toda la documentación pertinente.
- Inconsistencias entre los planos y las especificaciones, además de la ambigüedad.
- Mala calidad en los diseños representa el 70.7% de los defectos

1.3.2.3 Experiencia

La experiencia que tienen los ingenieros administradores es imprescindible para realizar una buena planificación, y generalmente la obtienen de proyectos anteriores, que en términos prácticos se resumen en el conocimiento de los rendimientos, mano de obra utilizada, problemáticas más comunes en obras y el cómo coordinar las diferentes especialidades.

Dentro de las principales problemáticas actuales

- El proceso de construcción en edificios resulta ser incierto en cuanto a los plazos y depende en su gran mayoría de la buena experiencia del administrador.
- La experiencia de proyectos anteriores generalmente no se documenta, es decir, no hay una capitalización de la información y la poca que hay no se comparte. De esta forma es difícil obtener buenas planificaciones y entre ello, buenos programas de obra.

1.3.2.4 Construcción

Después que se planifica el proyecto y se obtiene el programa de obra, se realiza la construcción y posteriormente el control para ir ajustando los recursos según el plazo y el presupuesto.

Sin embargo, en esta etapa es imprescindible para el administrador tener un buen programa de obra, ya que este es una herramienta que sirve como guía para organizar las actividades.

Generalmente se divide en obra gruesa y terminaciones, donde la obra gruesa define el camino crítico y columna del proyecto, es decir, cualquier retraso en alguna de sus actividades afectará la fecha de término del proyecto.

Tradicionalmente para el caso de la edificación, el método de programación más usado es el CPM, cuyo entregable es la carta Gantt.

La programación CPM se realiza generalmente en el software MS Project, y en términos prácticos, la carta Gantt es un listado de actividades con duraciones marcadas por las fechas de inicio y término. Además, el software permite agregar las relaciones de precedencia mediante flechas y también permite incluir los recursos

Dentro de las principales problemáticas se encuentran:

- No hay una relación directa con las cantidades o mediciones del proyecto, esto significa que cualquier modificación en el proyecto o nuevas partidas significan actualizar de forma manual el programa lo cual induce a errores. Esto considerando que el plan de obra es repartido entre los diferentes jefes de terreno, no siempre todos trabajan con el mismo programa de obra actualizado.
- No hay un vínculo directo entre la duración de la actividad y los recursos de la mano de obra. Por lo que se opta por solo ingresar las duraciones de las actividades y las relaciones de precedencia.

- No se puede visualizar el choque de las diferentes especialidades en un lugar determinado de la obra, sino que depende de la interpretación del profesional de terreno, lo cual nuevamente es un proceso solucionado de forma artesanal.
- Ineficiencia en el proceso de abrir frentes de trabajo, porque el administrador usualmente complementa la carta Gantt con los planos de la obra, los que no siempre son representativos porque sufren cambios de versiones en el tiempo.

Esto es realizado de esa manera porque para construir un programa por zonificación en MS Project, es necesario crear bucles de trabajo con las actividades por cada localización y luego dependiendo del número de frentes de trabajo, se deben replicar estos bucles de actividades como listas desplegables.

El problema reportado es que la programación entregada a terreno es una lista extensa con relaciones de precedencia poco claras y que en definitiva la zonificación no es entendida por los jefes de terreno a menos que fuera una herramienta más visual.

1.3.2.5 Control de Obra

Este proceso es la retroalimentación que posee el administrador para ir ajustando los recursos de acorde al presupuesto y el plan de obra.

Esta es la información real que servirá para futuros proyectos, y es donde se identifican las principales problemáticas ocurridas, sin embargo, la forma de realizar estos controles depende mucho del administrador, donde generalmente son intercambios verbales para solucionar problemas a corto plazo, dejando de lado el largo plazo. También se observa planillas digitales o impresas que se pierden en el tiempo o son información muy exclusiva.

Además, cabe destacar los ajustes reales de la obra se realizan de forma manual por parte del administrador, no es un proceso automático. (Díaz Montecino, 2007)

1.3.3 Problemáticas generales del proceso de planificación tradicional

Generalmente del proceso de planificación tradicional se puede comentar que:

- Ineficiencia en el proceso debido a que la información está separada, se trabaja en plataformas distintas y no hay una interoperabilidad, lo que significa que independiente que se disponga de toda la información, sino hay orden y relación, cualquier cambio ya sea en el diseño o en el presupuesto, involucra cambios manuales en el programa y los recursos. Este proceso al ser artesanal induce a errores.
- La incertidumbre de los plazos depende del administrador de obra.
- Debido a los mismos problemas enunciados en la experiencia y control de obra, no se realizan programas de obra al detalle, pues como hay una gran incertidumbre en muchas ocasiones se considera una pérdida de tiempo.
- No se pueden agilizar las decisiones para corregir a tiempo el programa de obra porque la planificación se realiza solamente orientada al control de actividades y no de las cuadrillas de trabajo, que son las unidades productivas del proyecto.
- Dentro de las inmobiliarias ocurre que las problemáticas de una obra se repiten en otra porque no hay un control y documentación de la experiencia, es decir, no existe capitalización de la información.

2 CAPITULO II Metodología de Planificación por localización con BIM

En esta sesión se expone la metodología propuesta para mejorar el proceso de planificación, que puntualmente consisten en dos aspectos claves:

1. Integración del modelo 3D, las mediciones y la zonificación por líneas de balance al proceso de ajuste, que, si bien permite una interacción con los recursos y los costos, para efectos del estudio sólo se enfocará en el programa de obra.
2. Incorporar un control de obra automatizado al proceso de toma de decisiones y respaldo.

Así las mejoras serán adaptadas mediante un entorno BIM, con el software Vivo Office, que además permite incorporar la interoperabilidad y automatización de procesos, que se espera solucionen las problemáticas expuestas en la metodología tradicional.

Luego, para entender la importancia de las mejoras, resulta imprescindible conocer el concepto de programación por líneas de balance y la potencialidad del software Vico Office como herramienta BIM.

2.1 Programación basada en localizaciones

2.1.1 ¿Qué es la programación por zonas?

La programación por zonas o por localizaciones es una metodología que incorpora la variable espacial al proceso, y la finalidad es poder planificar los “frentes de trabajo” y mejorar la coordinación entre especialidades para que así no se interfieran en la construcción.

Tal como se ha comentado, esta metodología usualmente se “utiliza” de forma artesanal por el administrador de obra, por ejemplo, en el caso del hormigonado, la zonificación se define coloreando los planos según el día y el tipo de hormigón, de esta forma los capataces saben dónde y cuándo hormigonar.

Sin embargo, la planificación por zonas parte mucho antes que solo determinar el lugar de las actividades, esto porque primero se debe estructurar o subdividir el proyecto, es decir, determinar los niveles jerárquicos.

Los niveles dependiendo de su propósito, se pueden clasificar básicamente en tres tal como muestra la Tabla 2.1. Además, se comentan algunas indicaciones para la definición de cada nivel.

N.1	N.2	N.3
1	A	A.1
		A.2
		A.3
	B	B.1
		B.2

Tabla 2.1: Ejemplo de la zonificación

- Superior

Este nivel se define para optimizar la secuencia constructiva, y corresponden aquellas estructuras o partes del proyecto que se pueden trabajar de forma independiente, por lo que se puede modificar el tiempo y el orden de tal manera que se mejore la producción, incluso se pueden realizar simultáneamente.

Ejemplo: Edificios Individuales dentro de un mismo proyecto

- Intermedio

Este nivel se define para planificar el flujo de producción del edificio, y corresponde a las zonas que se limitan secuencialmente, es decir, para que comience una debe haber terminado la otra.

Ejemplo: Pisos distintos de un edificio

- Bajos

Estos niveles se definen para organizar las cuadrillas de trabajo, y el detalle dependerá del tamaño del proyecto, ya que se pueden ir generando más subniveles de zonificación si el proyecto lo amerita.

Ejemplo: Habitaciones en un mismo piso, ya que las cuadrillas pueden trabajar por habitaciones, y dependiendo del proyecto, se pueden agregar las distintas especialidades.

2.1.2 Líneas de balance

2.1.2.1 Concepto

Las líneas de balance son actividades representadas por funciones lineales, dependientes de la zona o cantidad, y la duración. Así la pendiente de la línea de balance está determinada por el rendimiento de cada actividad.

Aplicada al concepto de zonificación, la intersección de una línea de balance con una localización en particular determina el punto donde se terminó la actividad para dicha zona, y puede perfectamente comenzar otra. En este aspecto se pueden definir relaciones de precedencia que dependen de la zona a realizar y así introducir nuevas especialidades. Esta forma de incorporar nuevos grupos de trabajo permite una optimización del programa que a la larga acorta la duración del proyecto.

2.1.2.2 Diferencias con la carta Gantt producto del CPM

Dentro de las ventajas que ofrecen las líneas de balance por sobre la carta Gantt, se encuentran:

1. Visualización más fácil de actividades con gran zonificación

Una actividad por línea de balance sin importar la zonificación que tenga, por ejemplo, el hormigonado de muros en el edificio es una línea, en contraste a una serie de actividades que pueden resultar en la carta Gantt tal como muestra la Figura 2.1

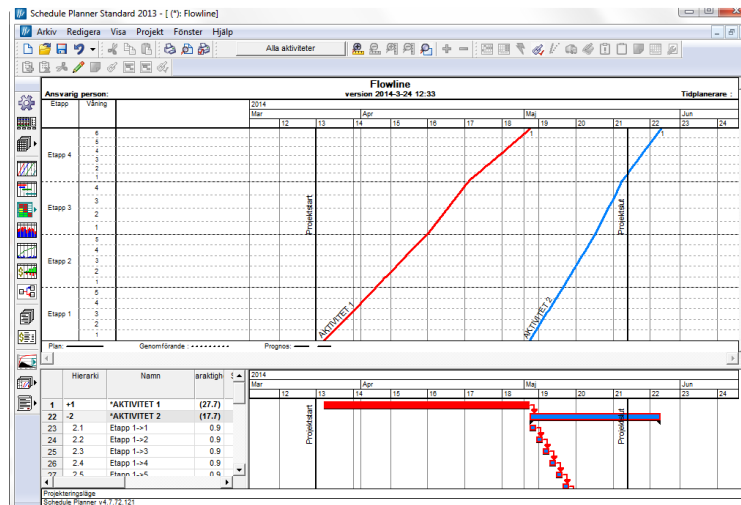


Figura 2.1: Comparación de las actividades por zonas. Fuente: (Trimble, s.f.)

2. Se puede monitorear el choque de actividades

En líneas de balance por zonificación se puede ver el choque de actividades tal como muestra la Figura 2.2, mientras que en la carta Gantt no es posible.

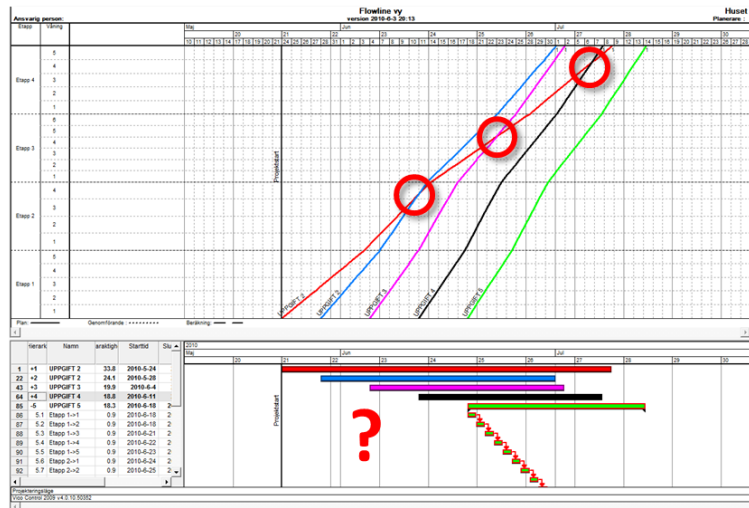


Figura 2.2: Comparación de las intersecciones de las actividades. Fuente: (Trimble, s.f.)

3. Se pueden monitorear las zonas sin actividades

En líneas de balance se puede ver en que zonas o en que partes del proyecto las actividades no se ejecutan, mientras que en la carta Gantt es difícil verlo tal como muestra la Figura 2.3.

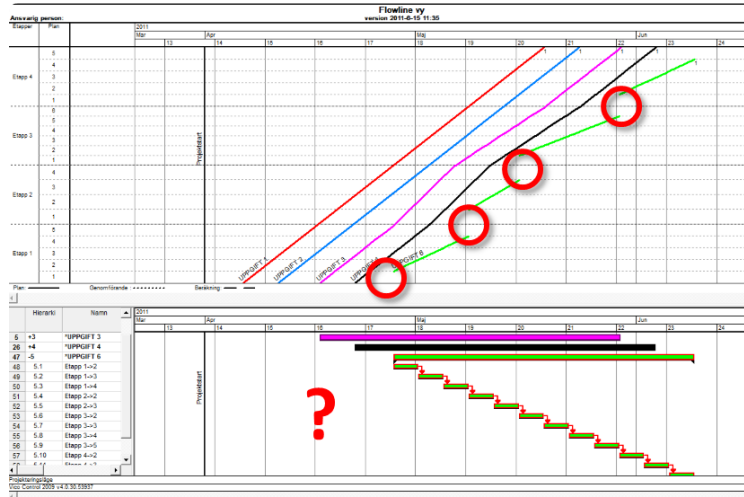


Figura 2.3: Comparación de la discontinuidad. Fuente: (Trimble, s.f.)

4. Se puede realizar un pronóstico de manera más fácil

En las líneas de balance se puede realizar un pronóstico realizando proyecciones tal como muestra la Figura 2.4

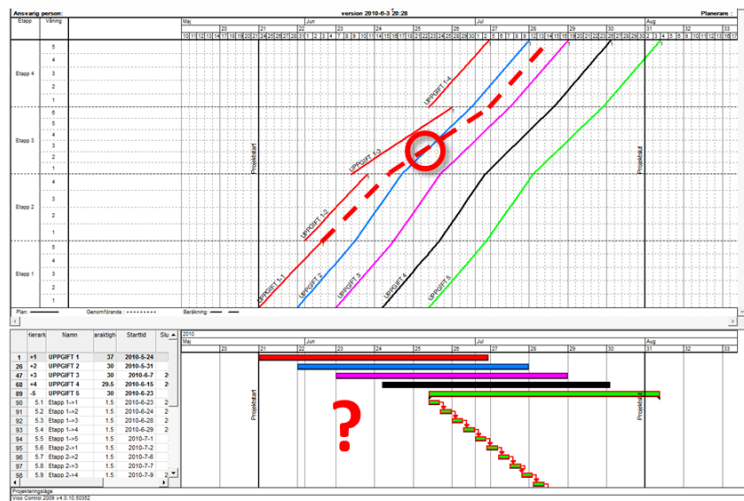


Figura 2.4: Comparación del pronóstico. Fuente: (Trimble, s.f.)

5. Comparar velocidades de producción entre actividades

Se pueden ver y comparar de forma más ágil las velocidades de producción de las actividades, cuando estas parten con una buena velocidad y luego esta por cualquier motivo decae en el tiempo. Tal como muestra la Figura 2.5, esto no se puede realizar en la carta Gantt. Además, es más claro si las actividades convergen a un punto, que si hay retraso, entonces se atrasará la duración del proyecto.

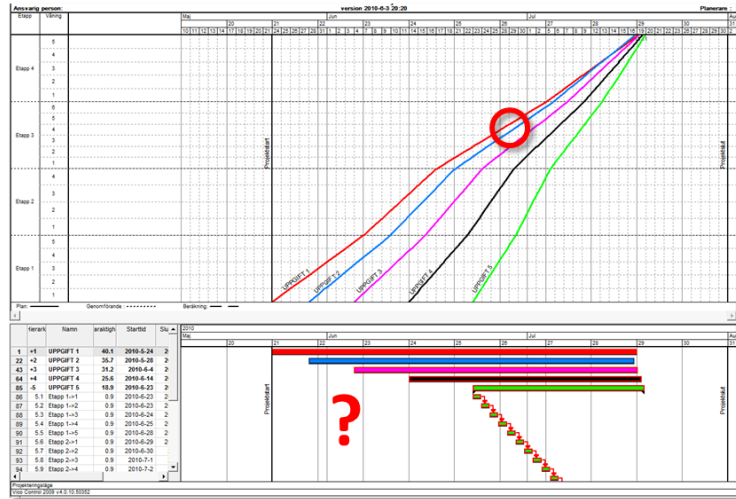


Figura 2.5: Comparación de la convergencia de las actividades. Fuente: (Trimble, s.f.)

6. Se puede monitorear un plan de obra optimizado a un ritmo óptimo.

Tal como muestra la Figura 2.6, una producción optimizada es secuencial y se puede observar en las líneas de balance que tan cercano o lejano se está del plan óptimo.

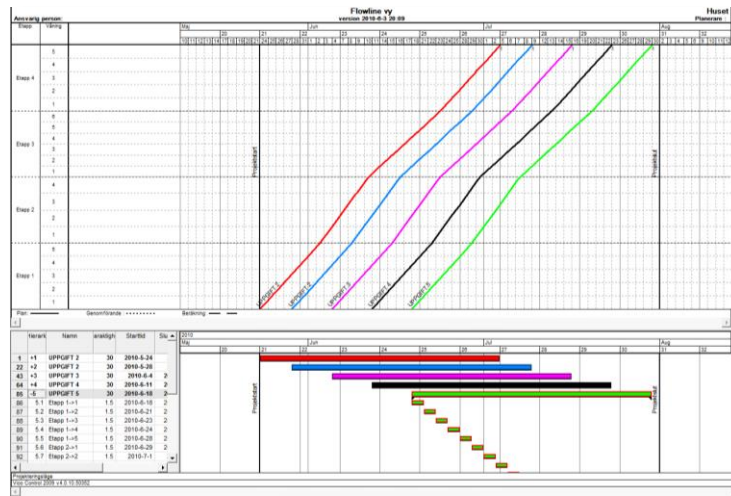


Figura 2.6: Comparación del ritmo de trabajo. Fuente: (Trimble, s.f.)

2.2 Incorporación BIM

Tal como se comentó en el capítulo anterior, BIM es una metodología para trabajar en el ciclo de vida de un proyecto, y a su vez existen distintos softwares que abarcan más de una etapa del proyecto.

Para efectos prácticos de este trabajo, los aspectos a mejorar dentro de la metodología tradicional, es la programación de obra, pasando por el modelo, las zonas constructivas y la mano de obra, es decir, el análisis del 3D y 4D.

Así el software seleccionado que incorpora las dimensiones mencionadas es Vico Office, desarrollado por la empresa TRIMBLE.

2.2.1 VICO Office

VICO office es un software BIM que trabaja en la etapa de construcción, con diferentes casos de éxito en Estados Unidos, España y Colombia, como por ejemplo la empresa Proksol. (Construsoft, s.f.).

El software tal como muestra la Figura 2.7, trabaja con la gestión documental para la obtención de las mediciones del proyecto, la estimación de costos, control de producción y la simulación 4D.

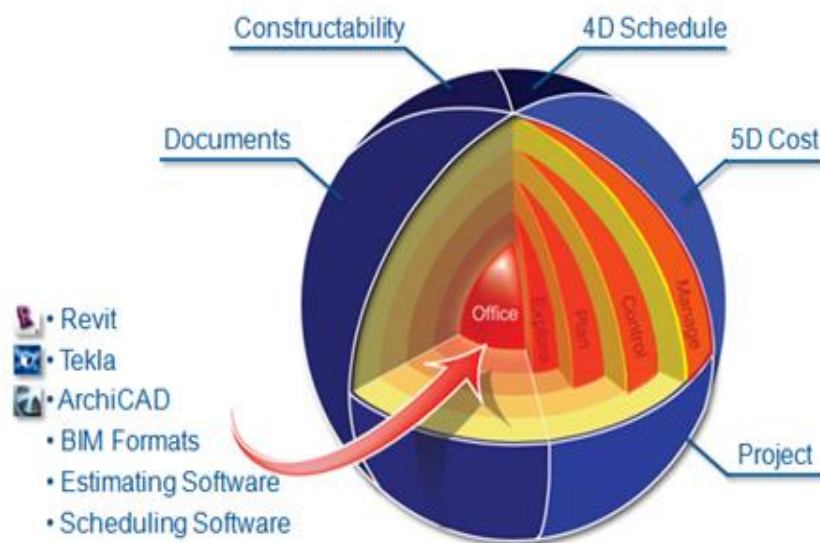


Figura 2.7: Integración BIM de VICO Office. Fuente: (Trimble, s.f.)

2.2.1.1 Flujo de trabajo

El flujo de trabajo dentro del software es una metodología para abordar un proyecto a partir de un modelo 3D y pasar por todos los módulos que tiene el programa, sin embargo, de igual manera se puede trabajar en las herramientas de forma separada.

2.2.1.1.1 Importación del Modelo

Se importa un modelo 3D que puede venir de ArchiCAD, Tekla, Revit, SketchUp o IFC, además se pueden importar planos en PDF o bien presupuestos vía Excel.

En esta parte se puede hacer el **control documental** y comparar diferentes versiones de los planos o modelos 3D de la obra, donde no es necesario que los archivos tengan el mismo software de origen.

2.2.1.1.2 Integración de mediciones

1. Construcción de elementos de medición

Primero se debe distinguir la diferencia entre un elemento de medición y sus cuantificaciones.

Un elemento será entendido como las unidades estructuralmente distintas que componen la obra, por ejemplo, losas, muros o vigas.

Por otro lado, las cuantificaciones, son las mediciones o cubicaciones que tienen los elementos, por ejemplo, la cantidad de volumen, área o perímetro.

De esta manera, VICO office permite separar los elementos de una estructura con el “Constructor de mediciones” según alguna clasificación estándar, como el ID, la capa, el tipo o bien el nombre. Esta clasificación va a depender de como vienen diseñados. También se pueden separar de forma manual con el “Modo de selección”

A modo de ejemplo, la Figura 2.8 muestra los elementos separados y aislados según el tipo, que en este caso corresponde a las losas.

Nombre	Tipo	Cost Me	Task Me	Cantidad
13.12-Slab on grade	Si	No		1
17.21-Prefab piles	Si	No		208
23.21-Slab 250mm	Si	No		4
16.13-Pile cap 1000x1000x500mm	Si	No		52
28.11-Prefab columns 300x300mm	Si	No		168
23.21-Slab roof 250mm	Si	No		2
28.12-Prefab Beams	Si	No		198
SIN ASIGNAR-WALL	No	No		156
SIN ASIGNAR-WINDOW	No	No		436
SIN ASIGNAR-DOOR	No	No		82
SIN ASIGNAR-DUCT_RECTANGULAR	No	No		157
SIN ASIGNAR-PIPECONDUIT	No	No		26
SIN ASIGNAR-EQUIPMENTACCESSORIES	No	No		76
SIN ASIGNAR-SLAB	No	No		46
SIN ASIGNAR-STAIR	No	No		2

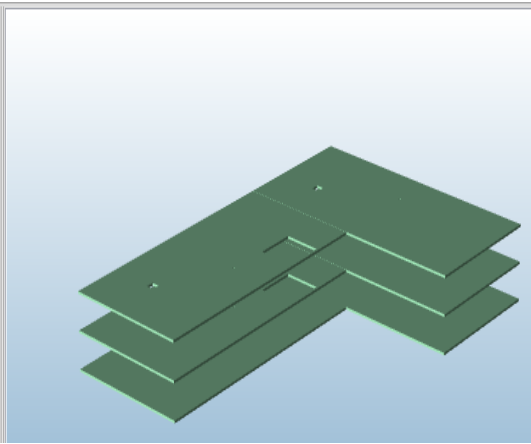
A 3D perspective view of a green slab structure, showing a main rectangular slab with a smaller rectangular section attached to one side, forming an L-shape. The slabs are stacked vertically, with the top slab being the most prominent.

Figura 2.8: Construcción de los elementos tipo losa. Fuente: (Trimble, s.f.)

2. Cuantificación de los elementos de medición

La cuantificación puede venir directamente del modelo, o bien, se puede realizar desde VICO Office de forma automática o manual, por ejemplo, la Figura 2.9 muestra los elementos del tipo losa, y sus respectivas cuantificaciones automáticas, como la cantidad y el volumen total.

Nombre	Unidad	Si	No	Cost Me	Task Me	Project
23.21-Slab 250mm						4
Cantidad	EA	No	No			4,00
Perímetro del Borde	M	No	No			399,90
Cantidad de Agujeros	EA	No	No			10,00
Perímetro de Agujero	M	No	No			60,86
Área de Superficie Inferior Neta	M2	No	No			2.171,94
Área de Superficie Superior Neta	M2	Si	No			2.171,94
Área de Superficie de Borde	M2	Si	No			81,26
Área de Superficie de Agujero	M2	No	No			55,88
Volumen Neto	M3	Si	No			441,34
Volumen Bruto	M3	No	No			452,69
Área de Superficie Horizontal de Juntas	M2	No	No			0,00
Área de Superficie Vertical de Junta	M2	No	No			0,00
Cantidad de Piezas	EA	No	No			4,00
Longitud del Borde	M	No	No			399,90
Longitud de Junta	M	No	No			0,00
Longitud de Borde de Agujero	M	No	No			60,86
Longitud de Juntas de Agujero	M	No	No			0,00
CAD_Cantidad	EA	No	No			0,00
CAD_Volumen	M3	No	No			0,00

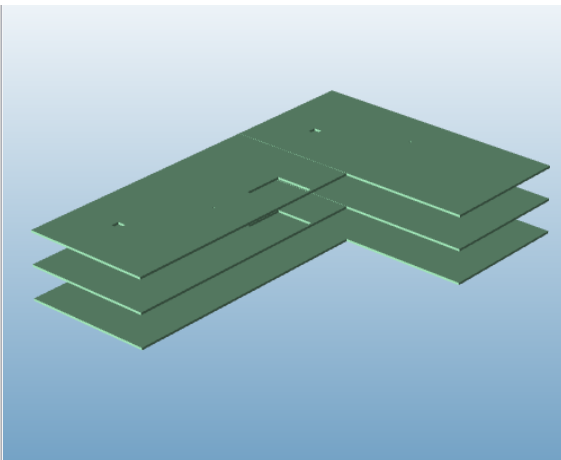


Figura 2.9: Cuantificación o cubicación de las losas. Fuente: (Trimble, s.f.)

De esta manera las cuantificaciones del modelo son las que serán vinculadas a las actividades o el presupuesto

Finalmente se puede comentar que, si los elementos no se encuentran separados coherentemente con las actividades, se tendrán mediciones inconsistentes, por ejemplo, si se define el hormigonado de los muros como actividad, y luego se desea vincular el volumen como medición, es importante que los muros como elementos estén separados del resto de la estructura, si esta con las vigas, entonces el volumen tomado por el software será la suma de ambos.

2.2.1.1.3 Zonificación del modelo

Tal como muestra la Figura 2.10, se realiza una división del edificio ya sea en planta o elevación, la cual depende del criterio del planificador, y la estructura 3D al ser dividida, automáticamente separa las mediciones por zona para la posterior programación.

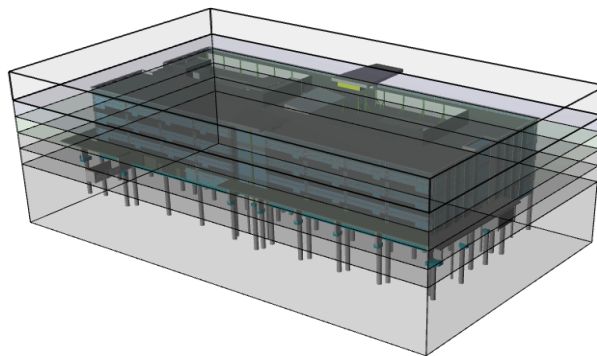


Figura 2.10: Zonificación vertical en VICO Office. Fuente: (Trimble, s.f.)

2.2.1.1.4 Definición de partidas de trabajo o presupuesto

Luego de separar los elementos y obtener sus mediciones, se definen las actividades de la obra, donde además se puede definir para cada una los rendimientos, mano de obra utilizada, perdidas de material e incluso los costos.

De esta manera, se puede trabajar o no con precios para desarrollar el 5D del edificio. Sin embargo, lo más importante es vincular las actividades a las mediciones del modelo tal como muestra la Figura 2.11.

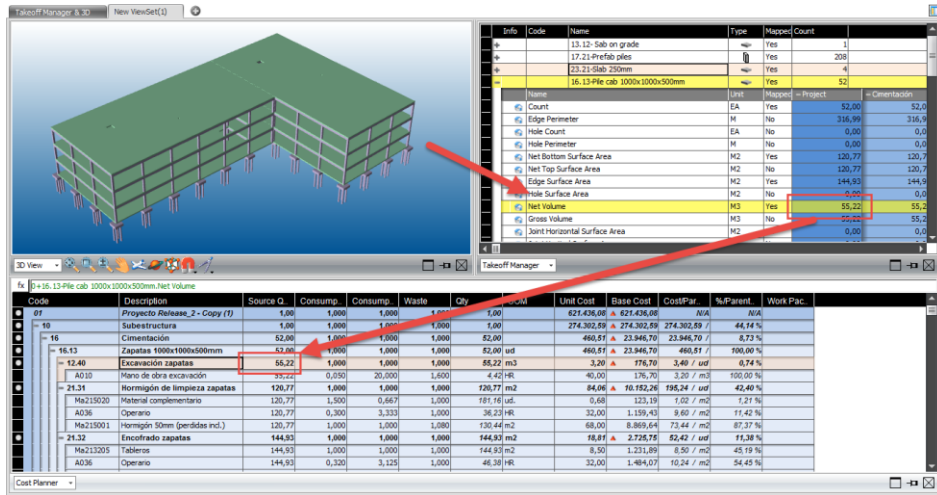


Figura 2.11: Vínculo entre el modelo 3D, mediciones y presupuesto. Fuente: (Trimble, s.f.)

El vínculo se realiza mediante un editor de formula tal como muestra la Figura, por ende, se pueden operar las cantidades si es necesario.

Además, la Figura 2.12 muestra como el software separa las mediciones por zonificación, las que deben ser coherentes con las actividades, esto porque se puede dar el caso en que se tengan dos actividades, que estén vinculadas a una misma medición, pero los rendimientos sean distintos según el nivel o piso, como por ejemplo el hormigonado de muro bajo la cota cero y en altura.

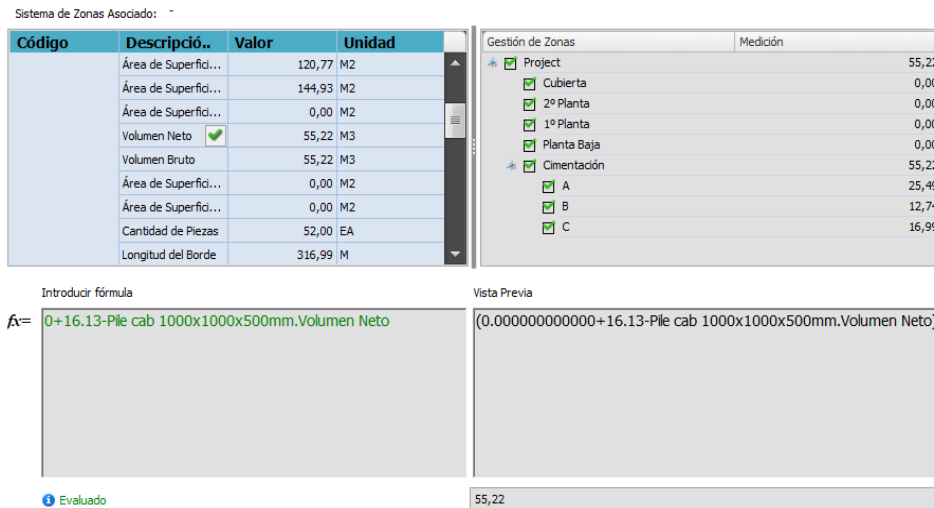


Figura 2.12: Ejemplo de mediciones por zonificación. Fuente: (Trimble, s.f.)

2.2.1.1.5 Programación por líneas de balance

Para realizar la programación, se recomienda hacer los siguientes pasos en Schedule Planner, el módulo complementario de VICO Office.

- Definir los rendimientos de cada actividad para poder calcular su duración
- Definir las cuadrillas y los recursos necesarios para cada actividad.
- Definir las relaciones de precedencia entre las actividades
- Ingresar los hitos del proyecto
- Realizar un proceso iterativo entre los recursos y los hitos del proyecto para poder cumplir con el plazo. (Este proceso se puede realizar ajustando rendimientos o número de cuadrillas)

Tal como muestra la Figura 2.13, la zonificación del costado izquierdo se define al momento de dividir el proyecto de forma automática según los niveles asignados.

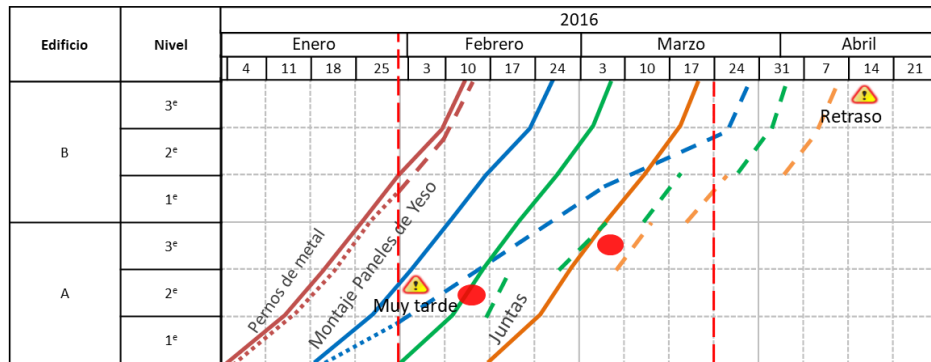


Figura 2.13 PBL con actividades teóricas, reales y pronosticadas. Fuente: (Trimble, s.f.)

2.2.1.1.6 Control de producción

Tal como muestra la Figura 2.14, una vez que el proyecto se encuentra programado y se comienza construir, se puede realizar un control por zona y actividades. También se puede realizar un pronóstico y monitorear las actividades de retraso tal como muestra la Figura 2.13.

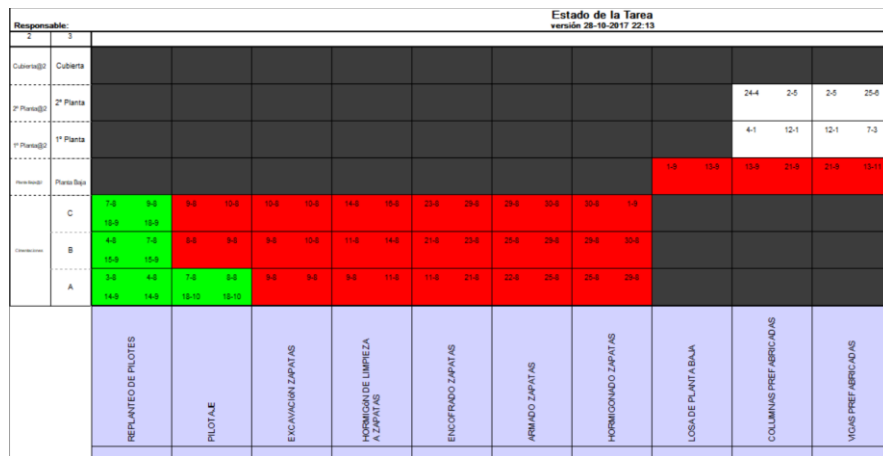


Figura 2.14: Control de obra en VICO Office. Fuente: (Trimble, s.f.)

2.2.1.1.7 Generación 4D e Informes del proyecto

Finalmente se puede construir una simulación 4D del proyecto tal cual muestra Figura 2.15, que agiliza el trabajo de los profesionales de terreno, y también se pueden construir informes predefinidos y gráficos del avance de la obra tal como muestra la Figura 2.16

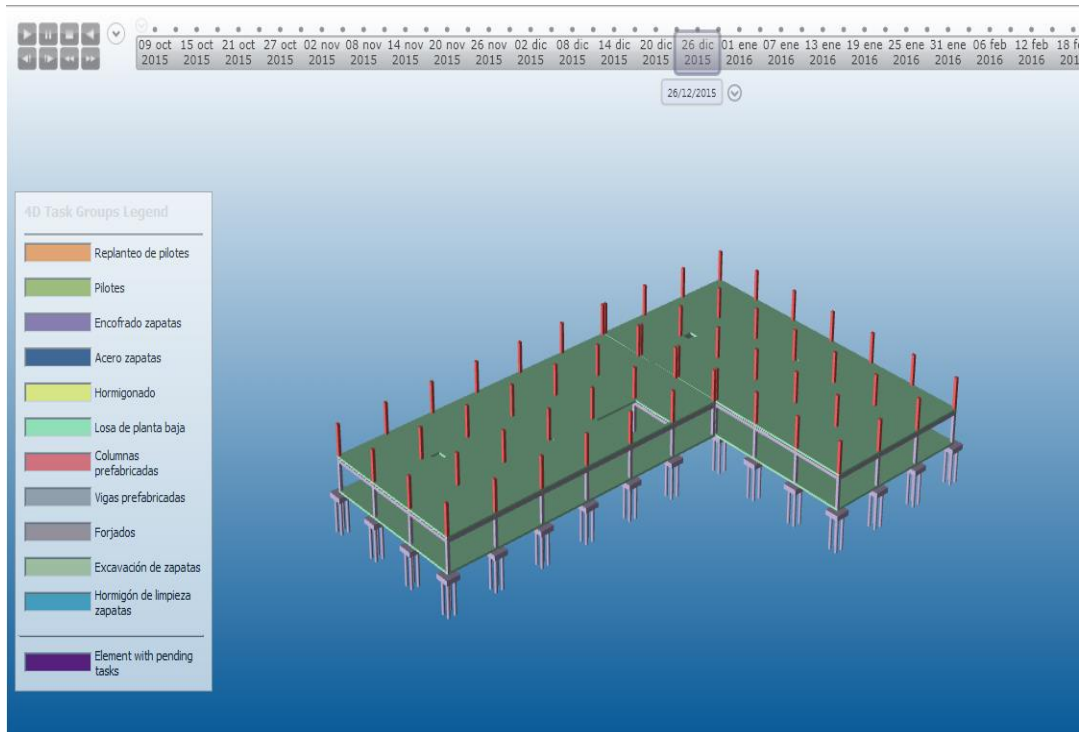


Figura 2.15: Simulación 4D. Fuente: (Trimble, s.f.)

Project Name: Proyecto Release_2 - Copy (1)					
Code	Description	Quantity	Unit	Unit Cost	Total Price
A036	Operario	33,13	HR	19,20	1.060,18
Ma215006a	Añadir 20% por Hormigón Granulado	55,22	m3	1,20	66,26
11	Excavación	557,38	M2	230,00	128.197,29
11.11	Excavación zona edificio	557,38	m3	230,00	128.197,29
13	Losa de planta baja	1.058,44		99,71	105.533,73
13.12.04	Losa de planta baja de 20 cm	1.058,44		99,71	105.533,73
23.42.02	Hormigón de limpieza	1.058,44	m2	5,70	6.033,09
Ma2342	Material	1.058,44	m2	2,50	2.646,09
A036	Operario	105,84	HR	3,20	3.387,00
21.32(1)	Encofrado	33,84	M2	11,65	394,21
Ma2132	Material encofrado de forjados	33,84	M2	2,05	69,37
A036	Operario	10,15	HR	9,60	324,84
21.50	Hormigonado	215,07	m3	86,17	18.532,95
Ma2150	Hormigón HA-30 (perdidas incl.)	225,83	m3	74,97	16.124,12
A036	Operario	75,28	HR	11,20	2.408,83
21.40(1)	Ferrallado	26.460,91	kg	3,05	80.573,48
OA041	Acero (perdidas incluidas)	27.519,35	kg	2,60	68.798,38
OA042	Incremento acero	26.460,91	kg	0,01	264,61
A022	Ferrallas	264,61	HR	0,39	10.187,45
A022a	Complejidad colocación	34,36	HR	0,05	1.323,05
17	Pilotes	633,98		26,22	16.624,86
17.21.01	Pilotes diam. 300mm	633,98	ud	26,22	16.624,86
05.50	Replanteo de pilotes	208,00	ud	2,77	575,12

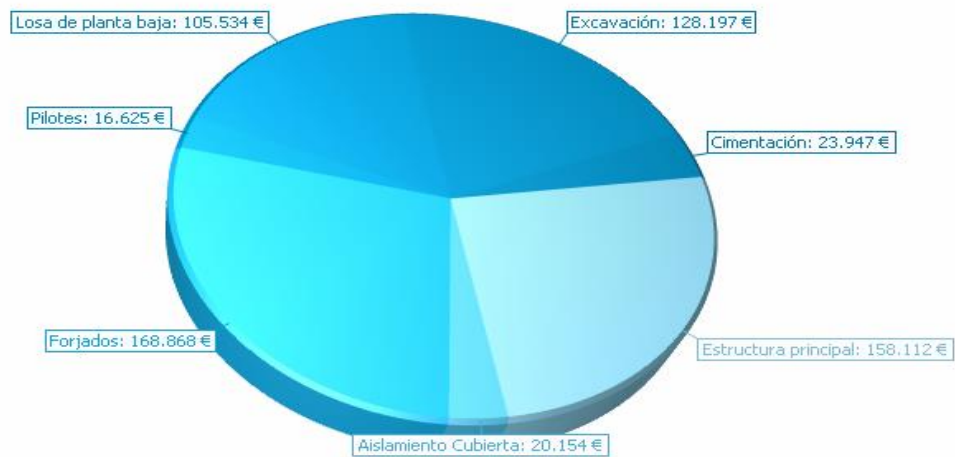


Figura 2.16: Informes y gráficos. Fuente: (Trimble, s.f.)

2.2.1.2 Beneficios y Requerimientos

La Tabla 2.2 muestra un resumen de los beneficios del software y los requisitos necesarios para obtenerlos.

ITEM	Beneficios	Requerimientos
Control Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar versiones distintas de modelos/documentos y resaltar las diferencias • Comparar con informes las variaciones en mediciones, costos y duraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos/Documentos idealmente en el mismo formato • Definición de elementos con la misma lógica entre un modelo/documento y otro
Control de Costos	<ul style="list-style-type: none"> • Costos y presupuesto vinculados al modelo/documento • Analizar recursos involucrados • Se puede incorporar gastos generales, costos indirectos y sobrecostos 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependiendo del nivel de detalle que se dese controlar: <ul style="list-style-type: none"> - Partidas del proyecto - Mano de obra por partida con los rendimientos - Costos indirectos & Gastos generales
Programación	<ul style="list-style-type: none"> • Se programa por zonificación, dividiendo el modelo/documento en partes • Se programa por líneas de balance • Se pueden asignar recursos a cada actividad • Se pueden coordinar las diferentes especialidades por zonas • Se puede iterar para ajustar los recursos acordes a los hitos del proyecto, según cuadrillas y rendimientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Criterio de zonificación del modelo/documentos • Rendimientos de las tareas • Fechas de la ejecución de la obra • Horarios de trabajo • Tiempos de espera o muertos (Se pueden considerar en la duración total de la actividad) • Relaciones de precedencia entre actividades
Gestión de la programación	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden generar planes de trabajo diarios, semanales o mensuales • Se puede construir una visualización 4D del proyecto, es decir, ver como se construye el proyecto por día, semana o mes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fechas y criterios de trabajo definidos por el administrador
Control y Registro	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un control de avance por actividad y zona • Comparar lo planificado con lo real • Proyectar nuevas fechas de termino • Visualizar problemas futuros y asignar contingencias 	<ul style="list-style-type: none"> • Fecha de inicio y termino de cada actividad • Cantidad o porcentaje realizado de la actividad

Tabla 2.2: Resumen de beneficios y Requerimientos VICO Office. Fuente: (Trimble, s.f.)

2.3 Flujo y comparación de la metodología PBL con BIM v/s Tradicional

Entendidos los conceptos anteriores, tal como muestra la Figura 2.17, la metodología propuesta integra el modelo 3D, sus mediciones y la zonificación por líneas de balance al proceso de ajuste del programa de obra, que, si bien también permite la interacción con los recursos y los costos, para efectos del estudio solo se verá la influencia en la programación. además, incluye la automatización del control del plazo de la obra.

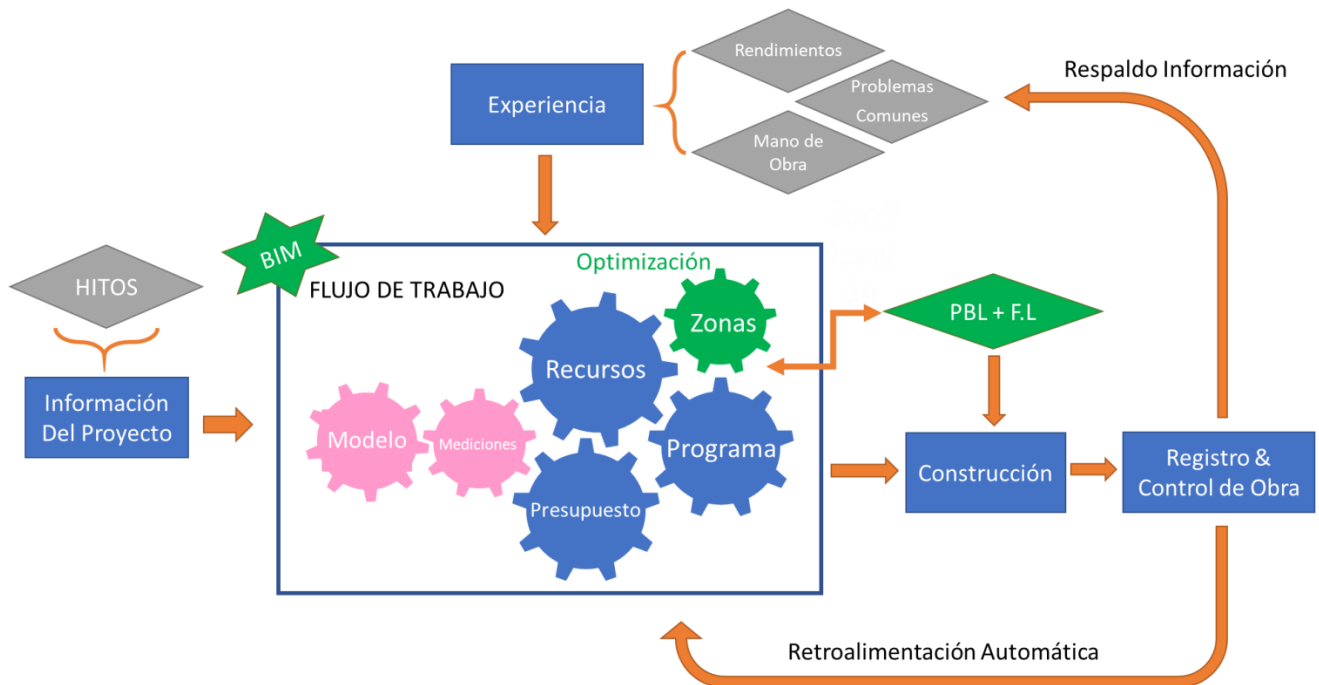


Figura 2.17: Esquema planificación propuesta con PBL en BIM

A diferencia de la planificación tradicional, se evidencian cambios en el proceso de programación.

2.3.1 Flujo de Trabajo

Primero se debe evidenciar que todos los elementos dentro del flujo poseen una interacción y no un traspaso de información, ya que existe una interoperabilidad de los procesos generada por la automatización y el vínculo.

De esta manera, a diferencia de la programación tradicional, en la interacción del flujo de trabajo, se incorporan:

- El Modelo 3D y mediciones

Dado que el proyecto es una fuente de información de constante cambio, se requiere una automatización de la obtención de las cubicaciones del proyecto, que a su vez influyen de forma directa en la cantidad de recursos requeridos, la duración de las actividades y por consiguiente el presupuesto disponible.

Además, el modelo 3D se relaciona de forma directa con el programa de obra, porque con Vico Office se puede generar una simulación 4D para ver la secuencia constructiva. Esto como ayuda visual mejora el entendimiento de la programación.

- Zonificación

Al agregar la zonificación al programa de obra, las actividades de la carta Gantt pasan a ser líneas de balance cuya pendiente viene dada por el rendimiento. Las actividades en un sistema espacio temporal permiten una mejor coordinación de las actividades porque se pueden ver los choques y las diferencias de los ritmos de trabajo. Luego, los ajustes del programa y el número de cuadrillas se soluciona previo a la construcción, y no en terreno como usualmente se hace.

- Optimización

Las líneas de balance en Schedule Planner, permiten realizar ajustes de duración por recursos y rendimientos, por lo cual se puede realizar un proceso iterativo entre los recursos y el plazo, es decir, una optimización del programa de obra.

Finalmente se puede comentar que las nuevas variables en el proceso, como lo son el modelo, las mediciones y la zonificación, interactúan de forma directa con los objetivos del flujo de trabajo, y con el uso de Vico Office, se espera que esta interacción sea de forma automática y cualquier cambio, sea realizado por el software y no de forma manual por los usuarios, generando así un proceso iterativo de ajuste más industrializado que artesanal.

2.3.2 Experiencia de proyectos anteriores

Dado que en VICO Office se puede realizar un control de la obra cuando se esté construyendo el proyecto, dentro de la metodología se puede observar que la experiencia necesaria ahora es documentada para futuros proyectos.

Así para nuevos proyectos, el flujo será alimentado por información real y respaldada de la cantidad de recursos, las principales problemáticas y los rendimientos por actividades. De esta manera se proyectan los siguientes beneficios:

- No se dependerá exclusivamente de la experiencia de un administrador
- Se realizarán estimaciones más reales y precisas, es decir, mejor precisión del término de la obra al igual que el presupuesto
- Se agilizará el proceso de evitar las problemáticas ocurridas en obras anteriores.

En resumen, nuevamente se comienza a automatizar un proceso que hoy en día es en su gran mayoría se realiza de forma tradicional

2.3.3 Gestión de la programación

Para el proceso constructivo se observan las siguientes mejoras a partir de la incorporación de las líneas de balance por zonificación:

- El administrador de obra contará con el detalle visualizado en 3D de las actividades a realizar, con sus respectivas mediciones, la cantidad de mano de obra y el tiempo que debe demorarse.
- El administrador no deberá determinar los nuevos frentes de trabajo de forma artesanal, sino que será más un operario, ya que dispondrá de lo señalado anteriormente, es decir, solo deberá ejecutar lo que se encuentre en el programa y dispondrá de la coordinación de especialidades definidas.
- En caso de errores en el programa, el administrador podrá darse cuenta de forma más eficiente al ver el choque entre las líneas de balance.

2.3.4 Gestión y control del proceso constructivo

A diferencia del control realizado en la metodología tradicional, la retroalimentación aportada por el BIM será automática lo que significa que, con solo registrar el control de obra, se podrán ver los cambios en los recursos, presupuesto y que tanto varía el programa de obra para ver si se estaría terminando el proyecto a la fecha. Esto agiliza el flujo de trabajo, porque permite tomar decisiones a tiempo si la construcción va con retraso.

Así, en resumen, mejora la gestión del proceso constructivo de los administradores de obra y se pueden tomar medidas correctivas en función del plazo que se desea alcanzar.

3 CAPITULO III Aplicación Caso Practico

3.1 Introducción al Proyecto “E.M”

Para poder validar el uso de la metodología propuesta, se utilizó el proyecto “E.M” de la empresa inmobiliaria y constructora “GINA”. El edificio actualmente está en construcción y fue programado de forma tradicional a partir de los planos y la experiencia de los profesionales de terreno.

Los principales motivos de la elección del proyecto fueron:

- Es un edificio diseñado con la norma chilena sísmica vigente.
- Se dispuso de todos los antecedentes necesarios para desarrollar la programación tradicional, esto es fundamental para poder compararla con la metodología propuesta
- La empresa que apporto los antecedentes está interesada en los mismos objetivos que la metodología propuesta y por lo tanto se encuentran alineados a mejorar la productividad y cumplir los plazos comprometidos, así como también disminuir los costos de construcción, que no fueron abordados en este TT.
- La empresa Inmobiliaria Y Constructora utilizó esta obra, como un modelo piloto para automatizar la programación con BIM, incorporando los softwares ArchiCAD y VICO Office.
- Particularmente del proyecto “E.M”, se permitirá:
 - Validar la utilidad del modelo 3D y las mediciones
 - Incorporar la variable espacial al proceso de planificación con líneas de balance, y detectar las principales problemáticas en la coordinación de actividades
 - Realizar una optimización automatizada del programa tradicional.

Así con los antecedentes disponibles explicados (Ver ANEXO A), el proyecto será utilizado como piloto para validar e incorporar la metodología propuesta del capítulo II, en el proceso de planificación de la Empresa “GINA”.

3.2 Procedimiento de trabajo

Por tema de tiempo para desarrollar es presente TT, de la obra E.M solo se abordará las actividades de Obra Gruesa, así como tampoco, los costos asociados a cada actividad.

El procedimiento de trabajo se separó en dos etapas.

- Replica del programa Carta Gantt
- Programa PBL con BIM

3.2.1 Replica del programa tradicional

Esta etapa consistió en traspasar el programa de obra que se encuentra en MS Project, a líneas de balance, considerando las fechas, duraciones y la sectorización.

De esta manera, se evidenciarán los principales aspectos a mejorar de la programación automática.

3.2.2 Modelamiento PBL con BIM

Luego se transformará el programa anterior a un modelamiento PBL con BIM

3.2.2.1 Modelación y exportación 3D

Dentro de metodología propuesta, el modelo es parte de la información del proyecto y si bien se integrará en el proceso de programación, debe venir confeccionado del área de arquitectura y “validado” por ingeniería

Luego, como el edificio “E.M” solo tiene los planos en AutoCAD, la primera parte es construir el modelo 3D, que en este caso será con el software ArchiCAD, sin embargo, como el diseño se escapa de los fines del estudio, será entregado por arquitectura.

3.2.2.2 Integración de mediciones

En esta parte, se fomentará la interoperabilidad con arquitectura, ya que se hará una retroalimentación de los principales aspectos del modelado que influyen en la programación. Además, se cuantificarán los elementos, es decir, se determinarán los parámetros como el volumen, área y perímetro que serán usados para calcular las duraciones de las actividades.

3.2.2.3 Zonificación

Dado que no se dispone de los sectores visualmente, se hará una propuesta de zonificación construida con criterios normativos de la empresa y algunos propios, a fin de poder optimizar el programa de obra.

3.2.2.4 Programa de obra

Se definirán las actividades, las cuales serán vinculadas al modelo a partir de las mediciones, y por correspondiente la zonificación. Además, la duración de las líneas de balance será calculada a partir de la mano de obra requerida.

También es importante mencionar que los rendimientos de los recursos, serán los mismo con los cuales se construyó el programa tradicional.

3.2.2.5 Optimización del programa

Se mostrará la optimización del programa a partir de la zonificación y orden constructivo propuesto.

3.2.2.6 Análisis del programa optimizado

Se realizo un análisis de los recursos del programa propuesto de forma automática

3.2.2.7 Comparación entre programa tradicional y optimizado

Se realizo una comparación en cuanto al número de actividades y la forma visual entre ambos programas.

3.2.2.8 Simulación 4D

Con la finalidad de poder realizar un traspaso de información a terreno, se realizará una simulación 4D del proyecto para ilustrar la secuencia constructiva.

3.2.2.9 Control de Obra

Finalmente, con datos reales entregados por la empresa, se espera validar el control de obra para ver la proyección de término de la obra gruesa.

3.3 Réplica del programa tradicional

La réplica del programa se realizó en el módulo de programación de VICO Office, Schedule Planner.

Luego para poder llevarlo a línea de balance, fue necesario notar que el proyecto contiene la siguiente estructura jerárquica

- Edificio
- Subestructura y superestructura
- Muros y losas
- Sectores de trabajo

De esta manera, se construyó la zonificación en el costado izquierdo del módulo de planificación tal como muestra la Figura 3.1

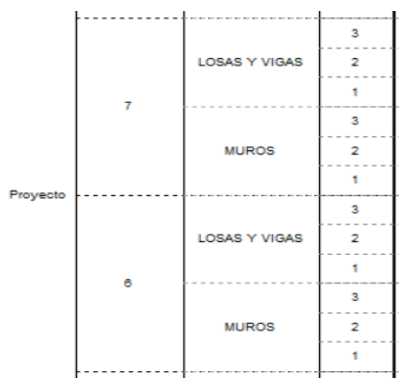


Figura 3.1: Zonificación del programa tradicional en PBL

Después se generaron las actividades en el listado de la carta Gantt de VICO Office, y se insertaron las respectivas fechas de inicio y termino. Además, para entender la estructuración de Project desde lo más macro a lo más micro, se definieron tareas de resumen según la zonificación tal como muestra la Figura 3.2

-6		PISO 3	46	21-2-2017	8-3-2017
-6.1		MUROS	34	21-2-2017	6-3-2017
-6.1.1		SECTOR 1	7	21-2-2017	27-2-2017
+6.1.1.1		*ENFIERRADURA	(3)	21-2-2017	23-2-2017
+6.1.1.2		*MOLDAJE	(2)	23-2-2017	24-2-2017
+6.1.1.3		*HORMIGON	(2)	24-2-2017	27-2-2017

Figura 3.2: Traspaso del programa tradicional a Schedule Planner de VICO Office

3.4 Modelamiento PBL con BIM

3.4.1 Modelación y exportación 3D

3.4.1.1 Modelo 3D en ArchiCAD

En la Figura 3.3 se presenta el modelo del edificio “E.M”, que fue entregado y diseñado por arquitectura en la versión 20 de ArchiCAD.

Además, el modelo contiene:

- Obra gruesa
- Tabiquería
- Terminaciones
- Instalaciones
- Muebles y artefactos.



Figura 3.3: Modelo 3D en ArchiCAD del edificio "E.M"

3.4.1.2 Importación del modelo a VICO Office

Como solo se trabajará con obra gruesa, primero se debe realizar un filtro en ArchiCAD para quitar las terminaciones, tabiquería, mobiliario, puertas y ventanas. Así se dejaron las siguientes capas en el modelo:

- Cal – Obra gruesa
- Arq – Radier
- Arq – Escaleras

Así, la Figura 3.4 muestra la obra gruesa filtrada en ArchiCAD, lista para ser exportada.

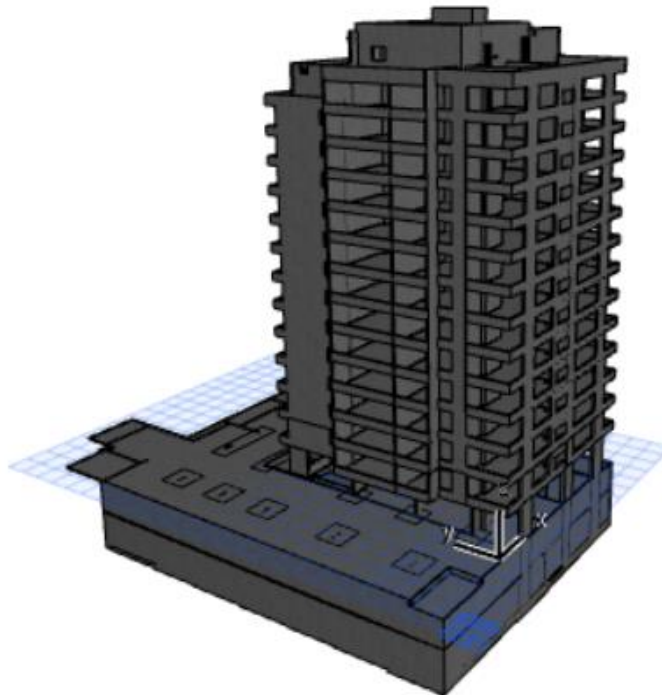


Figura 3.4: Obra gruesa filtrada del modelo 3D

Luego la exportación se puede realizar de dos formas, la primera consiste en exportar de manera directa mediante un publicador desde ArchiCAD, y la segunda es empaquetar el proyecto mediante un archivo de interoperabilidad IFC y cargarlo desde VICO Office.

Así se realizaron diferentes pruebas para poder evaluar el comportamiento de la exportación, y también poder seleccionar el tipo más adecuado para el desarrollo del trabajo.

3.4.1.2.1 Publicador de ArchiCAD

- Primero se realizó la exportación de forma directa de los elementos con el publicador ubicado en ArchiCAD
- Luego se activó el modelo

3.4.1.2.2 Archivos IFC

- Primero se realizó una exportación a IFC de los elementos visibles, y se eligió un tipo de traducción. Se realizaron pruebas con los siguientes tipos:
 - IFC4 Design transfer View
 - Exportación geometría exacta
 - Intercambio con Revit structure
 - Intercambio con Tekla structure
- Luego se cargó el archivo como IFC y se activó el modelo

3.4.2 Integración de mediciones

3.4.2.1 Construcción de elementos de medición

Después de cargar el modelo, los elementos de medición del proyecto se ven tal cual muestra Figura 3.5












Inform	Código	Nombre	Tipo	Cost Me	Task Me	Cantidad
+		ESC - 001-STAIR		No	No	1
+		MS-016-STAIR		No	No	2
+		MS-017-STAIR		No	No	2
+		MS-014-STAIR		No	No	1
+		MS-006-STAIR		No	No	1
+		MS-007-STAIR		No	No	1
+		MS-008-STAIR		No	No	1
+		MS-013-STAIR		No	No	1
+		ARQ-PT IMS-122-STAIR		No	No	2
+		ARQ-PT IMS-124-STAIR		No	No	1
+		ARQ-PT IMS-123-STAIR		No	No	1

Figura 3.5: Elementos de medición importados a VICO Office sin filtrar

Así primeramente se deben separar los elementos del modelo según como serán utilizados en las actividades de la obra gruesa. Para ello se adoptaron dos criterios recomendados por arquitectura para el filtro del constructor de mediciones:

1. Tipo de elemento
2. Tipo de capa

Luego de forma manual se asignaron los elementos de medición, y se separaron según la siguiente estructuración

- Fundaciones
- Muros perimetrales
- Muros edificio
- Losas
- Escaleras
- Vigas de coronación

Es importante notar que las vigas que se encuentran pegadas a la parte superior de la losa, como una especie de baranda, serán consideradas como muro para efectos constructivos, pues se construirán junto a los muros del sector correspondiente.

3.4.2.2 Cuantificación de elementos de medición

Primero se consideró que los elementos necesarios a cuantificar corresponden a las actividades de la obra gruesa. Para ello se utilizó:

- Volumen neto: Se uso para vincularlo a las actividades de hormigonado y de excavación.
- Áreas frontales, traseras y de borde: Se usaron para vincularlas a las actividades de moldaje
- Enfierradura: Para el caso de la enfierradura no se contó con una modelación, tal como sucede con el hormigón y el moldaje, por lo cual se utilizó la cuantía, es decir se estimó la cantidad de acero por metro cubico de hormigón, Ahora como la cantidad de acero disminuye en altura y se concentra mayormente en los subterráneos, se consideraron dos tipos de elementos: subestructura (subterráneos) y superestructura (los elementos de pisos)

Los valores tomados de hormigón y enfierradura fueron los del presupuesto oficial.

De esta manera el proceso de cuantificación se separó en cuatro partes:

3.4.2.2.1 Cuantificación automática de Vico Office.

Después de separar por grupo los elementos de medición, se realizó la cuantificación de cada uno de forma automática.

3.4.2.2.2 Chequeo de las cuantificaciones entre ArchiCAD y Vico Office.

Para poder validar las cubicaciones de hormigón de Vico office, se realizó una comparación del volumen obtenido por el software con las de ArchiCAD. Esto entendiendo que, dependiendo del tipo de exportación, no siempre se traspasan las mediciones por lo cual hay que obtenerlas de Vico office.

3.4.2.2.3 Cuantificación manual

Como el software destaca en color magenta las áreas cubicadas, se verifico visualmente que todas las caras de moldaje estuvieran consideradas. Además, esto fue necesario porque se realizaron asignaciones manuales en la construcción de los elementos de medición.

3.4.2.2.4 Calculo cuantías de enfierradura.

Finalmente, con los datos del presupuesto oficial, se calculó la cuantía bajo y sobre la cota cero.

3.4.2.3 Retroalimentación con arquitectura

Después de realizar el proceso conversión y cuantificación de elementos de medición, se plantearon aspectos a mejorar en colaboración con el área de arquitectura.

3.4.3 Zonificación

Dado que no se dispone visualmente de los sectores con los cuales se construyó el edificio, se propuso la zonificación con la finalidad de acortar el plazo de la obra gruesa. Para ello se usaron los criterios que se explican a continuación.

3.4.3.1 Vertical

La división en vertical se hizo separando:

- Fundaciones
- subterráneos
- Pisos tipo
- Cubierta

Luego para separar un nivel de otro se usó la losa superior, es decir, el orden constructivo de un nivel cualquiera como el piso tipo es:

1. Muros y pilares
2. Losas y vigas.

3.4.3.2 División en planta

3.4.3.2.1 Incorporación de planos de referencia

Para facilitar la visualización de elementos en el modelo 3D, se insertaron los planos de arquitectura.

3.4.3.2.2 Criterios de zonificación

La zonificación de un edificio, y en particular de este, será propuesta para validar que la zonificación permite reducir el plazo de la obra. Luego, como las actividades vienen controladas por las que avanzan más lento, en obra gruesa se tiene que las actividades asociadas a los muros van más retrasadas que las de la losa.

Es por eso que la zonificación propuesta parte de los muros y luego la losa, donde cabe destacar que como espacialmente están ubicadas en el mismo nivel, ambos están conectados tal como muestra la Tabla 3.1 a modo de ejemplo.

Losa S1	Ciclo 1
	Ciclo 2
Losa S2	Ciclo 3
	Ciclo 4
Losa S3	Ciclo 5
	Ciclo 6

Tabla 3.1: Ejemplo zonificación de los sectores de losa y ciclos de muros

El modelo considera que como la losa es más rápida, en el fondo, dos días de trabajo en muros, con la misma gente equivalen a un día de trabajo en losa.

Por otro lado, VICO office no permite realizar esta subdivisión porque para efectos de la programación, la ubicación y la duración de las líneas de balance no se ve afectada. Por esta razón, es que la forma de partir el modelo es a partir de los sectores de muro y no de losas.

Así es que para determinar el número de sectores se usaron los siguientes criterios respectivamente:

1. Muros

Para el caso de los muros, se tienen tres actividades, el moldaje, la enfierradura y el hormigonado. De las tres actividades a realizar en un día aproximadamente, se tiene que el número de sectores de trabajo viene marcado el moldaje que es el más lento.

Así, fue necesario proyectar la cantidad de metros cuadrados de moldaje que se pueden hacer por día según una cantidad de recursos razonables y sobre todo, el rendimiento de la grúa que es el recurso crítico. Cabe destacar que por mucha mano de obra que se tengan a disposición, es la grúa la que marca el ritmo de trabajo y permite el avance de los moldajes.

De esta forma, para considerar la grúa en el cálculo de la cantidad de metros cuadrados de moldaje, se usó el gráfico del análisis de productividad de edificación, donde se consideró una jornada de trabajo de 9 horas, y un rendimiento promedio de 25m²/hg. (CDT, 2013)

El valor del tiempo considerado para el moldaje fue de un 55%, al considerar que existió una sola grúa dentro del edificio, la cual también debió ser usada para el transporte de enfierradura y el hormigonado por capacho.

Considerando que la cantidad que se puede producir por día considerando una grúa, se propuso realizar un proceso iterativo para encontrar el número de zonas, y la cantidad de metros cuadrados de moldaje que tienen. Con dicha cantidad, y una cuadrilla con un número de 7 trabajadores y rendimiento unitario de 20 m²/día, se verificó si se pueden o no producir la cantidad de moldajes por día.

En resumen, si la cantidad producida por sectores es menor a la calculada con el rendimiento de la grúa, entonces se pueden construir por día y la zonificación propuesta está acorde a las limitantes operacionales.

Así, la zonificación propuesta fue separar los muros más o menos por departamento, donde se verificó si está dentro de los rangos de producción.

2. Losa

Después que están conformadas las zonas de muro, se debió desarrollar los sectores de losa, que deben contener a lo menos un ciclo de muro. Esto pasa porque como la losa esta sobre los muros, entonces se debe hormigonar por ciclos enteros.

Luego, número de sectores de losa fue calculado según la experiencia de otros proyectos de construidos por la empresa.

Finalmente se realizaron los cortes para separar los sectores de losas y muros, de tal manera que no atravesen ningún muro.

Además, al hormigonar la losa por partes, se generan juntas frías de hormigón, las cuales estructuralmente son potenciales zonas de falla. Así es que, para evitar esta problemática, se usaron las recomendaciones para cortes que se encuentran en la norma nCh170, la cual se explica en el anexo.

También, según las recomendaciones de cálculo, los cortes idealmente deben pasar por un suple, o bien, la armadura superior de la losa puesta en los muros, esto a fin de que los sectores queden separados por el acero, y al hormigonarlo por partes, las barras generen una unión más monolítica

3.4.3.2.3 Planos de zonificación

Finalmente, para dividir las plantas en VICO Office, se usaron planos de la zonificación considerando el siguiente procedimiento:

1. Primero se editaron los planos de arquitectura en AutoCAD, y se agregaron las líneas de la zonificación
2. Se exportaron los planos como PDF
3. Se cargaron a VICO Office como planos de referencia.
4. Se realizaron los cortes con la “Polilinea” de VICO Office.

3.4.3.3 *Asignación manual*

Luego de realizar las divisiones en vertical y horizontal, se logró separar para el programa los elementos conforme a los cortes propuestos. Sin embargo, como las losas de los niveles inferiores son inclinadas tal como muestra la Figura 3.6, los elementos del subterráneo no fueron asignados en su totalidad, o bien fueron asignados por parte.

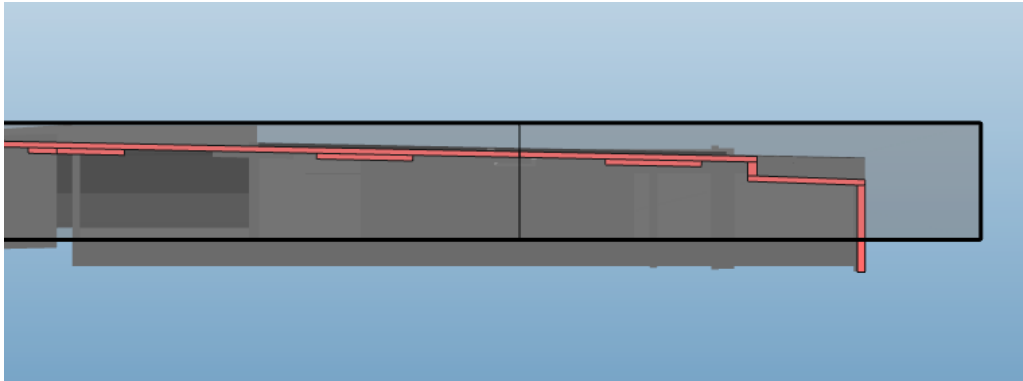


Figura 3.6: Losa inclinada del subterráneo -1

De esta manera, lo que se hizo fue asignar elementos de forma manual de una zona a otra.

3.4.4 Programa de obra

3.4.4.1 Definición de actividades

Luego para construir el plan de obra, primero se definieron las actividades de forma jerárquica en cuatro niveles, y se asignó un código.

La clasificación consiste en:

- Nivel 1: Bajo o sobre la cota cero (Ej. Subestructura)
- Nivel 2: Tipo de estructura (Ej. Fundaciones)
- Nivel 3: Detalle de la estructura (Ej. Fundación estándar)
- Nivel 4: Actividad (Ej. Moldaje, Enfierradura, Hormigón)

Así, las actividades se definieron en el nivel cuatro, y para diferenciarlas en la vista del programa de obra, se agregó al nombre una abreviación con el detalle de la estructura y la ubicación.

Finalmente, para incorporar la mano de obra y los rendimientos, fue necesario definir las actividades en el módulo de costos de Vico Office, pero sin añadir los precios.

3.4.4.2 Vinculación al modelo

Después de incorporar todas las actividades de la obra gruesa al programa, se realizó el vínculo con las cubicaciones del modelo 3D. Este proceso se realizó con dos filtros:

1. Editor de formula

Primero, en el editor se incorporaron la cubicación según el tipo de elemento, y dependiendo del caso, las cubicaciones se pueden operar o modificar por alguna constante.

Por ejemplo, las actividades como la excavación o el emplantillado, se calcularon en el editor de fórmulas, como el producto del área inferior de los elementos “Fundaciones” por una altura de 30 y 5 cm respectivamente.

Por otro lado, la enfierradura fue calculada como el producto entre el volumen de los elementos por la cuantía obtenida anteriormente.

También se da el caso de que las variables se usen tal cual vienen, como por ejemplo el volumen de hormigonado, o bien, la suma de las caras geométricas de los moldajes.

2. Gestor de zonas

Luego de generar la medición de la actividad en el editor de formula, se seleccionaron las localizaciones con el gestor de zonas.

3.4.4.3 Incorporación de los rendimientos a partir de la mano de obra

Para calcular las duraciones de cada actividad se incorporó la mano de obra mediante equipos de trabajo.

Sin embargo, cabe destacar que el software no tiene internalizado el concepto de cuadrillas, sino que pide equipos de trabajo, los cuales corresponden a la mínima cantidad de operarios para realizar la actividad.

Por ejemplo, si se piensa en construir el moldaje con una cuadrilla de 8 jornales y 4 ayudantes, esto no significa que se requieran dichas cantidades de mano de obra para producir un metro cuadrado de moldaje. En este caso, la unidad productiva estimada por metro cuadrado corresponde a un jornal y 0.5 ayudante, es decir, la cuadrilla está conformada por 8 equipos de trabajo.

Los recursos por actividad, al igual que el código y los rendimientos, fueron obtenidos directamente del presupuesto oficial de obra. Para ingresarlos a Vico Office, fue necesario convertir las unidades de horas días a unidades por hora, considerando una jornada de trabajo de 9 hrs.

Los rendimientos ingresados, corresponden a los mismos con los cuales se realizó el programa oficial del edificio en MS Project.

3.4.4.4 Definición de tareas

Luego, para poder llevar las actividades al programa de obra, fue necesario definir las en el módulo de tareas de Vico Office, donde se calcula la duración de las actividades.

3.4.4.5 Definición de las relaciones precedencia

Esta etapa se dividió en dos partes.

3.4.4.5.1 Definir el orden de actividades

El orden de las actividades se refiere a seguir la secuencia constructiva en términos micros, donde se definió la siguiente relación:

- Muros (Fin – Inicio) Losa
- Escalera (Fin – Fin) Losa

Considerando en el detalle:

- Muros: Enfierradura → Moldaje → Hormigón
- Losas: Moldaje → Enfierradura → Homigón
- Escaleras: Moldaje → Enfierradura → Hormigón

3.4.4.5.2 Definir los bucles de trabajo

Luego se definió la secuencia constructiva con la dependencia de los niveles, esto se denomina un bucle de trabajo, y es que en términos macros para los dos primeros pisos se define de la siguiente forma:

- Muros P1 – Losa P1 – Escalera P1 - Muros P2 – Losa P2 – Escalera P2

3.4.4.6 *Ajuste del programa*

El ajuste del programa de obra se realizó en tres etapas:

3.4.4.6.1 Ajuste actividades faltantes

Lo primero fue agregar la actividad de instalaciones después de la losa. Esta actividad no fue agregada al plan de obra en los procesos anteriores ya que no tiene una cantidad estandarizada y no se tienen las cubicaciones del modelo 3D de obra gruesa.

3.4.4.6.2 Ajuste duración

La duración de cada actividad mediante VICO Office se puede realizar a partir del número de equipos de trabajo, el factor de producción y el rendimiento.

Luego para efectos de la duración, se ajustó solamente por equipos de trabajo.

1. Equipos de trabajo

Con el número de equipos se definió el tamaño de la cuadrilla y por consiguiente la duración real de la actividad. El criterio usado no fue restringido por la mano de obra, sino que por la duración de la actividad. Luego lo que se hizo fue buscar el número de equipos tal que las duraciones de las actividades del programa propuesto fueran iguales a las del programa tradicional.

El proceso de ajuste del número de equipos y la duración se realiza de forma automática. (Ver Anexo E).

3.4.4.6.3 Ajuste fechas

También debió ajustarse las fechas, ya que, si bien las actividades de hormigonado de muros y losas pueden ser discontinuas, su duración no debe ser superior a un día por sector.

Para lograr lo anterior, en algunos casos donde no era necesario aumentar la mano de obra en un valor entero, se utilizó el factor de producción para ajustar la duración.

El factor que es un multiplicador que no afecta el número de equipos de trabajo, pero si la duración. En términos prácticos, es un valor positivo que, si es menor que 1, entonces la misma cuadrilla se está demorando más de lo que debería, y, por el contrario, si es mayor a uno, la cuadrilla está realizando el trabajo más rápido. En resumen, el factor de producción es útil para poder redondear los días de trabajo a números enteros por cada sector.

Sin embargo, como hay una relación de precedencia y el ajuste es manual, entonces, después de realizar la optimización del programa, lo más probable es que el ajuste manual de fechas se mueva a días donde no corresponda, por eso se optó por realizar este ajuste después de la optimización.

3.4.5 Optimización del programa

Una vez que se tuvo el programa construido a partir de la zonificación propuesta, y ajustadas las actividades a la duración del programa tradicional, la idea fue mostrar una optimización a partir de las líneas de balance y la plataforma BIM.

Así es que el proceso de optimización se dividió en dos partes.

3.4.5.1 Identificar actividades más críticas

Primero se identificaron las actividades críticas, es decir, aquellas que tienen una mayor duración y que impactan de forma directa en la fecha de término.

3.4.5.2 Aumentar los equipos de trabajo en actividades críticas

Luego se aumentó la mano de obra mediante el número de equipos de trabajo, donde el límite de recursos fue impuesto por los profesionales de terreno, y considero el espacio disponible para realizar las actividades.

3.4.6 Análisis del programa optimizado

Se realizó el siguiente análisis automático

- Se obtuvo la curva S
- Se obtuvo gráfico de recursos y se analizaron que tan constante van en el tiempo
- Se obtuvieron reportes por zonificación de cubicaciones y mano de obra

3.4.7 Comparación entre el programa tradicional y optimizado

Después realizo una comparación con el programa mediante los siguientes aspectos:

- Comparación visual
- Comparación del número de actividades

3.4.8 Simulación 4D

Luego de que las fechas se encontraban ajustadas, se realizó una simulación 4D, para ello se procedió a definir las tareas en la edición 4D, y se asignó un color estandarizado a las partidas de enfierradura, moldaje y hormigonado.

3.4.9 Control de Obra

Para validar el control de obra se solicitaron los datos del avance real según la zonificación del programa tradicional, con la finalidad de:

- Realizar una proyección de las líneas de balance y ver los términos tentativos de la obra.
- Identificar las actividades que presentaron un mayor retraso y poder corregirlas
- Obtener rendimientos más reales de terreno, documentarlos como información para futuros proyectos y corregir el programa optimizado.

4 CAPITULO IV Resultados y Conclusiones

4.1 Resultados

4.1.1 Replica del programa tradicional

4.1.1.1 Programa en Project

Del programa de obra oficial de la empresa se tiene que:

- No contiene recursos asociados
- No contiene las cantidades ni las unidades asociadas a cada actividad
- Contiene 384 actividades considerando instalaciones entre losas
- Contiene 333 actividades sin considerar instalaciones entre losas
- No contiene las escaleras como actividades
- No distingue las vigas de coronación
- No se entiende la sectorización física tal como muestra la Figura 4.1

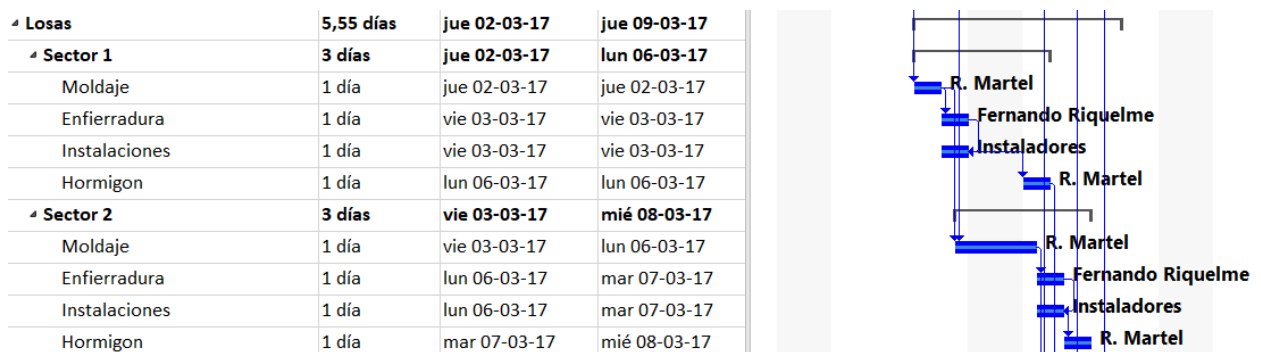


Figura 4.1: Zonificación en MS Project de la losa

- Dado que se programa con ajuste automático, las actividades se encuentran prorrateadas tal cual muestra la Figura 4.2, lo cual no evidencia un orden ni aprovechamiento de los recursos por actividad.

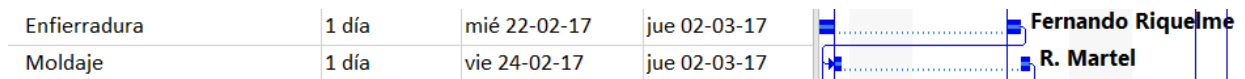


Figura 4.2: Prorrateo de las actividades en MS Project

4.1.1.2 Programa replicado

Se tienen las siguientes observaciones

- El programa al considerar como criterio de zonificación el tipo de elemento, que en este caso son los muros y las losas, se generan discontinuidades en la vertical de las líneas de balance tal como muestra la Figura 4.3, esto porque los elementos espacialmente están ubicados en la misma posición y los sectores que están definidos se intersectan en el espacio.

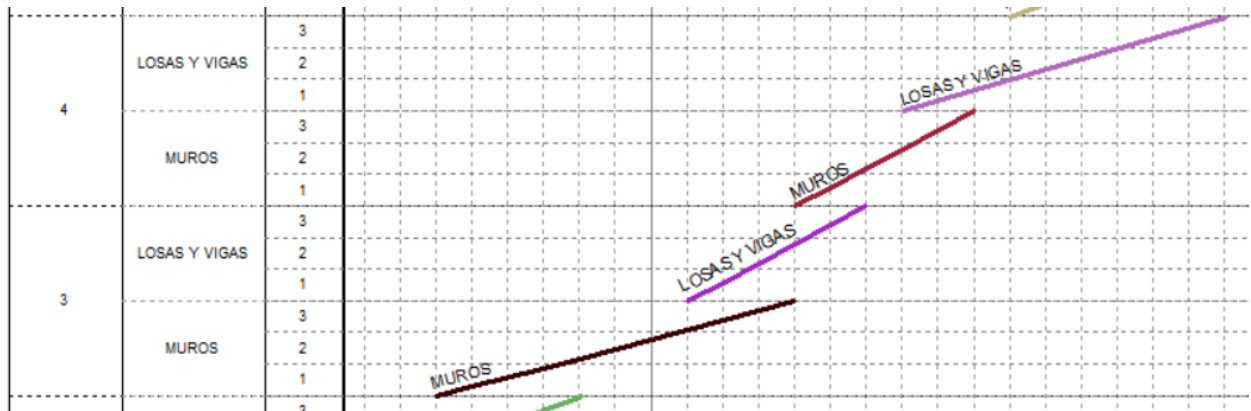


Figura 4.3: Programa tradicional replicado a PBL, tareas de resumen por elemento

- Tal como muestra Figura 4.4, no se distinguen las sectorizaciones entre si porque están definidas después del tipo de elementos, y porque no contienen ningún código que las identifique

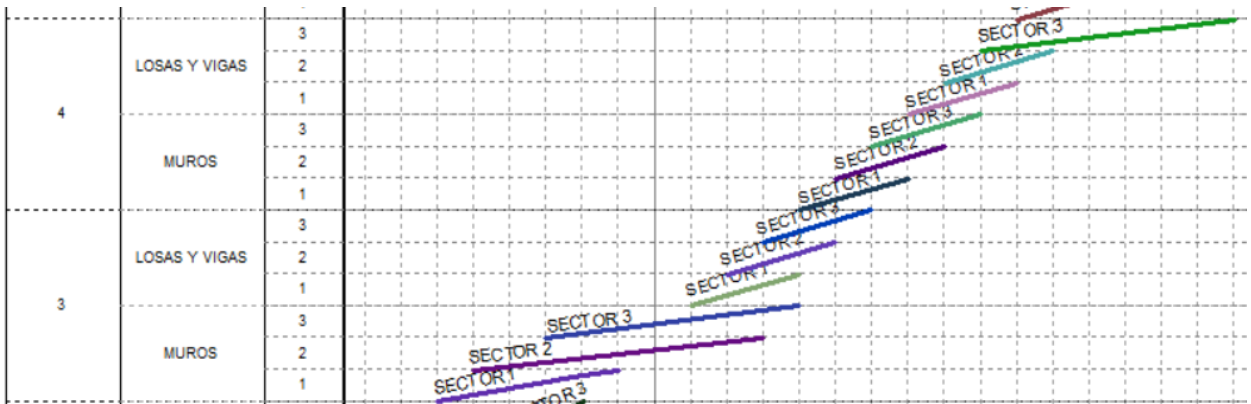


Figura 4.4: Programa tradicional replicado a PBL, tareas de resumen por sector

- Al llegar al máximo nivel de detalle en la Figura 4.5 no se observa una continuidad en las actividades ni un orden lógico según la zonificación creada

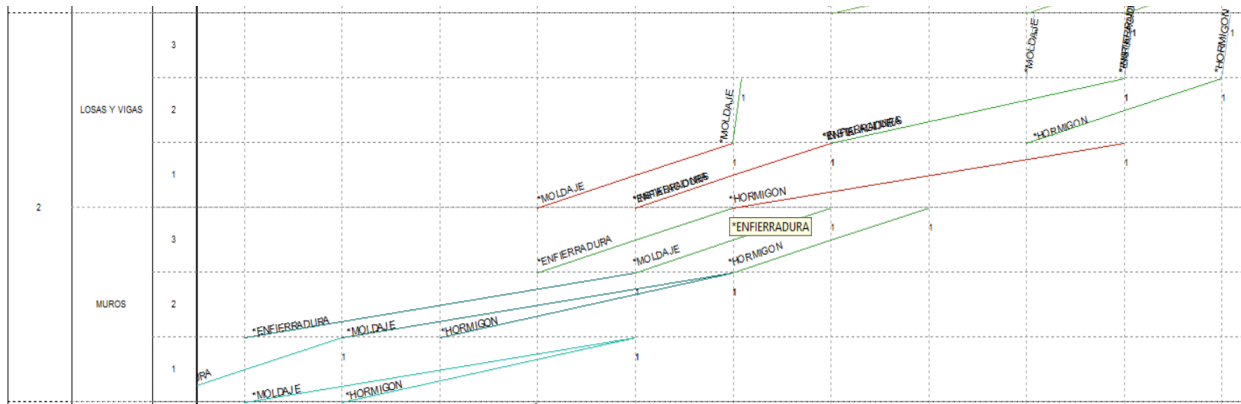


Figura 4.5: Programa tradicional replicado a PBL, tareas detalladas

- Como la programación no contiene las cantidades por actividad, no se puede proyectar una fecha de término del proyecto ante un eventual retraso. Además, como no posee rendimientos ni equipos de trabajo, no se pueden realizar variaciones para ajustar el plazo.

4.1.2 Modelamiento PBL con BIM

4.1.2.1 Modelación y exportación 3D

La siguiente Figura 4.6 muestra el resultado de la exportación del modelo desde ArchiCAD a Vico Office. Además, se tiene que independiente de la forma con la cual se exporto, el conjunto de la estructura tiene el mismo aspecto.

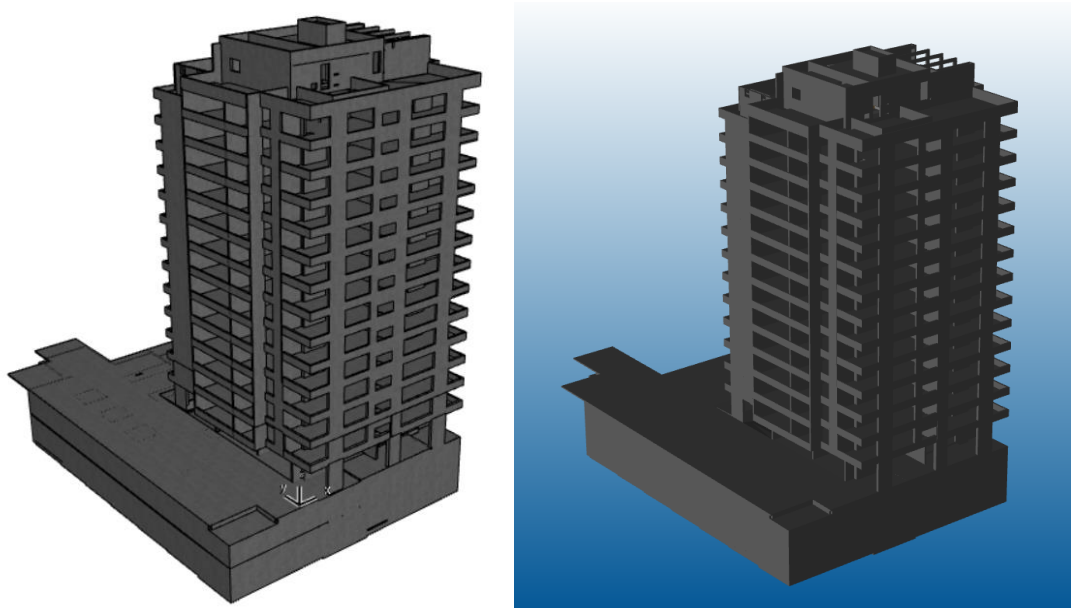


Figura 4.6: Comparación del modelo 3D de obra gruesa en ArchiCAD vs Vico Office

Según el tipo de exportación, se evidenciaron diferencias en la geometría de los elementos, y en la cuantificación.

4.1.2.1.1 Geometría de los elementos

En arquitectura, los muros fueron modelados sobre la losa, esto significa que en la vertical están cortados según el espesor de la losa. Sin embargo, en tres de las extensiones IFC tal como muestra la Tabla de resumen, los muros fueron tomados como un bloque tal como muestra la Figura 4.7

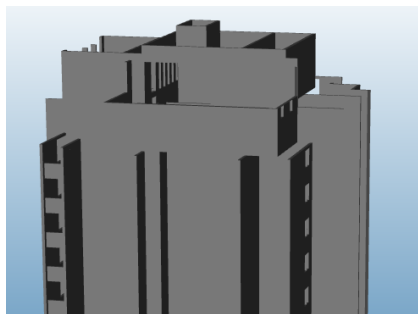


Figura 4.7: Muros importados a Vico Office como bloques sin cortes de losa

La diferencia viene dada por el tipo de archivo IFC, y esto se resume en el nivel de detallamiento necesario por cada especialidad. Luego para los fines del estudio, como se trabajara con las mediciones del modelo, es importante que los elementos vengán cortados tal como muestra la Figura 4.8, para que las cubriciones como el volumen o el area, sean reales.

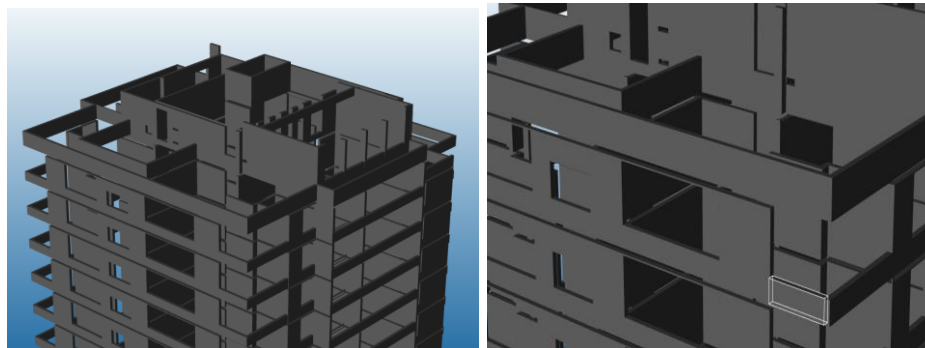


Figura 4.8: Detalle muros importados a Vico Office desde IFC "Geometría Perfecta"

4.1.2.1.2 Cuantificación

El Publicador de ArchiCAD presentó problemas en el modelado, esto porque al realizar la cuantificación algunos elementos del tipo muro, si bien, siguen siendo contados, desaparecen visualmente tal como muestra la Figura 4.9.

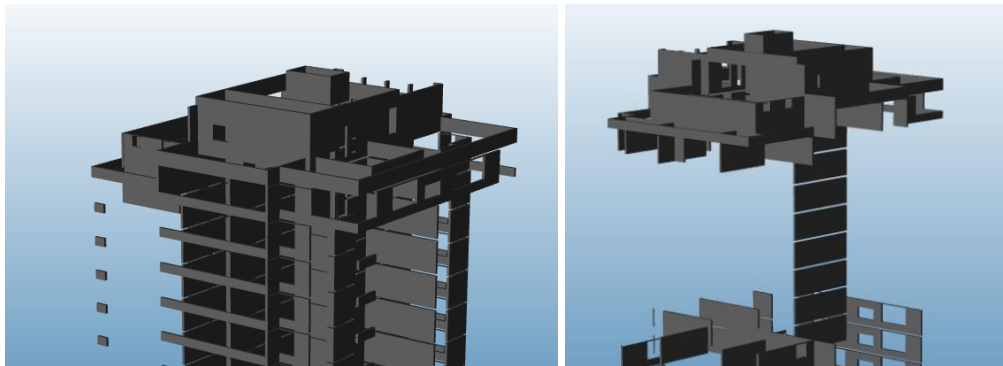


Figura 4.9: Problema de visualización post cuantificación, archivo importado de ArchiCAD

4.1.2.1.3 Resumen

Finalmente se tiene que tal como muestra la Tabla 4.1 el tipo de exportación seleccionada, es mediante archivo IFC geometría perfecta.

Tipo	Detalle	Cortes Geométricos	Cuantificación Correcta
Directo	Publicador ArchiCAD	✓	✗
Indirecto	IFC4 Design transfer View	✗	✓
	Exportación geometría exacta	✓	✓
	Intercambio con Revit structure	✗	✓
	Intercambio con Tekla structure	✗	✓

Tabla 4.1: Resumen de las pruebas de importación a Vico Office

4.1.3 Integración de mediciones

4.1.3.1 Constructor de elementos de medición

Después de aplicar el filtro por capas, tipos de elementos y la asignación manual según la estructuración definida por las actividades, la Figura 4.10 muestra los elementos ya clasificados.









Nombre	Tipo	Cost Me	Task Me	Cantidad
WALL-02-CAL-MUROS		Si	No	862
WALL-02-CAL-MUROS 2		Si	No	76
BEAM_RECTANGULAR-02-CAL-VIGAS		Si	No	13
SLAB-02-CAL-LOSAS		Si	No	149
STAIR-01-ARQ-ESCALERA		Si	No	64
SLAB-01-ARQ-RADIER		Si	No	11
SLAB-02-CAL-CUBIERTA		No	No	1
WALL-02-CAL-FUNDACIONES		No	No	118

Figura 4.10 Resultado de la construcción de los elementos de medición

Además, tal como muestra la Figura 4.11 para el caso de las vigas de coronación, cada elemento es asilado y contabilizado.

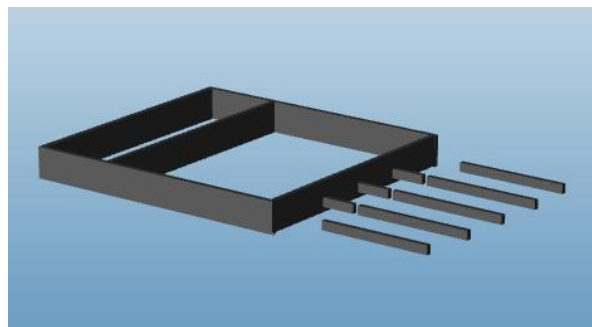


Figura 4.11: Elementos tipo vigas

4.1.3.2 Cuantificación de los elementos de medición

Luego de construir los elementos de medición, se realizó la cuantificación y se verificó de forma distinta los volúmenes y áreas de la estructura.

Por otro lado, se realizó el cálculo de la cuantía de acero, para obtener el peso de fierro por cada nivel.

4.1.3.2.1 Chequeo volúmenes

Lo que se hizo para verificar los volúmenes, fue comparar los valores de las cubriciones entregadas por arquitectura y las calculadas por VICO office.

Así la siguiente Tabla 4.2 comparativa muestra que los valores obtenidos por ArchiCAD y VICO office que son los mismos

Elemento	ArchiCAD [m3]	Vico Office [m3]
Losa	1499,29	1499,29
Fundaciones	211,47	211,47

Tabla 4.2: Comparación de cubriciones entre ArchiCAD y Vico Office

4.1.3.2.2 Chequeo áreas

Al seleccionar el área frontal, interior y de borde, se tiene que el modelo se ilumina de color magenta tal como muestra la Figura 4.12, donde además se aprecia que no todos los elementos de los muros están contabilizados

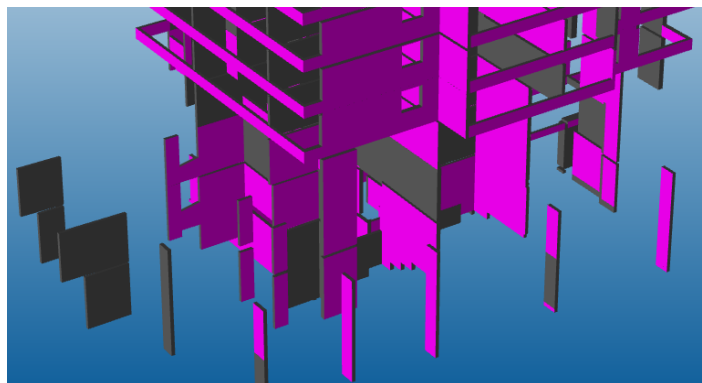


Figura 4.12: Áreas de la cara frontal cubricadas por Vico Office

De esta manera con el modo selección se asignaron los elementos faltantes del moldaje para los muros, y también para los agujeros interiores de la losa tal como muestra la Figura 4.13.

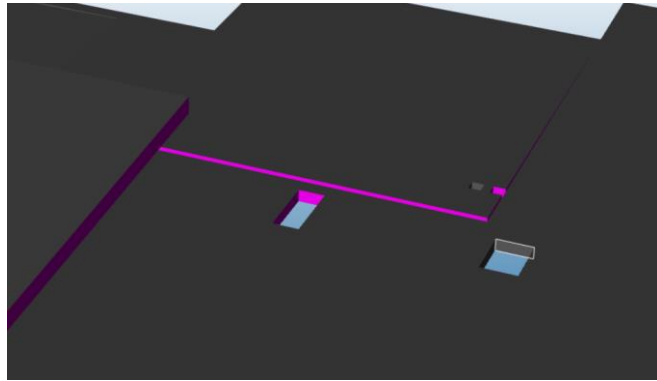


Figura 4.13: Selección de bordes interiores de la losa para la cubicación del área de moldaje

Así el proceso de asignación es más “automatizado” que el cálculo de moldajes a partir de los planos.

Luego el resultado de los muros se muestra en la Figura 4.14, sin embargo, se tiene que, en la práctica, el cómo se realiza la cubicación del moldaje de muros, es solamente con las caras frontales, por lo que el borde no se considera.

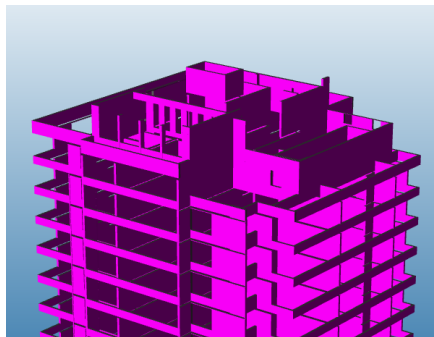


Figura 4.14: Cubicación del moldaje de muros

Tal como muestra la Figura 4.15 para el caso de la losa, se consideran los bordes por el rebalse que genera el hormigón en el proceso de llenado, así es que la cubicación para este caso es aprovechada al 100% en la práctica.

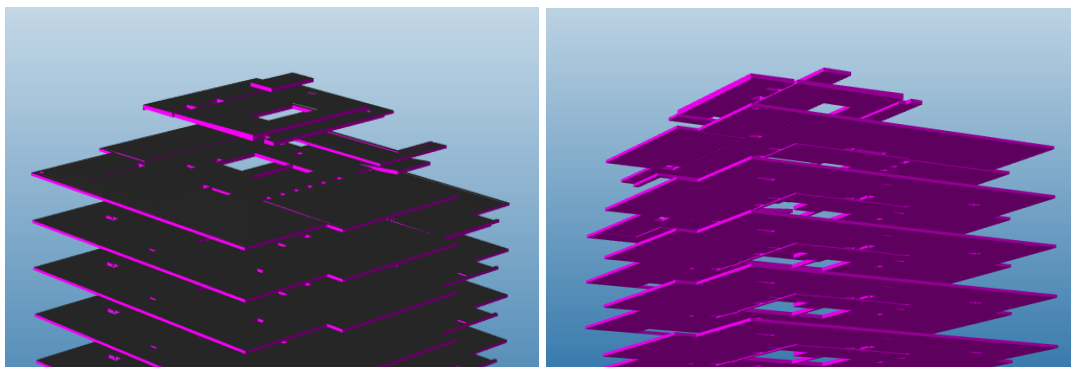


Figura 4.15: Moldaje de losas

Tal como muestra la siguiente Figura 4.16, se calculó la cubicación del moldaje de la escalera, que serviría solo si es realizado por la casa, ya que generalmente la manera de cobrar este moldaje por empresas subcontratistas es por número de peldaños.

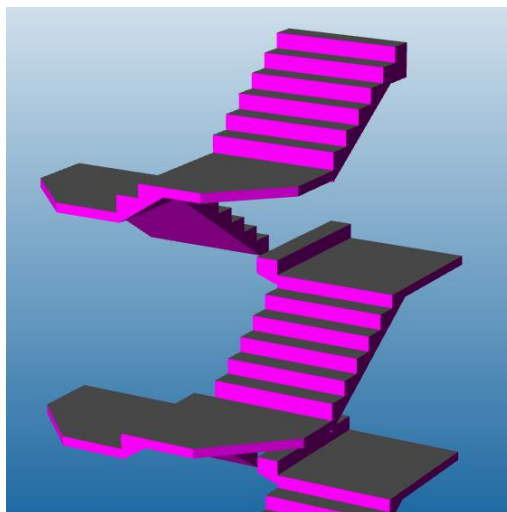


Figura 4.16: Moldaje de escaleras

4.1.3.2.3 Cálculo cuantía acero

Luego, separando el edificio en dos partes a partir de la cota cero, el cálculo de las cuantías se muestra en la Tabla 4.3.

Sector	Detalle	Acero [KG]	Hormigón [M3]	Cuantía [KG/M3]
Bajo Cota Cero	Edificio + Estacionamiento	90828,70	767,62	118,33
Sobre Cota Cero	Edificio	206603,70	2345,74	88,08

Tabla 4.3: Cuantías del edificio

4.1.3.3 Retroalimentación con Arquitectura

Según los resultados obtenidos del constructor de mediciones y la cubicación de los elementos, se dieron las siguientes recomendaciones como mejoras al proceso.

4.1.3.3.1 Construcción de los elementos de medición

1. Elementos sobrantes

Si bien las capas fueron filtradas previamente en ArchiCAD, se tiene que el elemento mostrado en la Figura 4.17, corresponde a un tabique de la zona inferior de la escalera y no es parte de obra gruesa según la clasificación del programa.

Este tipo de elementos se pueden quitar de Vico Office, sin embargo, para que el proceso sea más automático se recomienda que venga revisado de arquitectura.

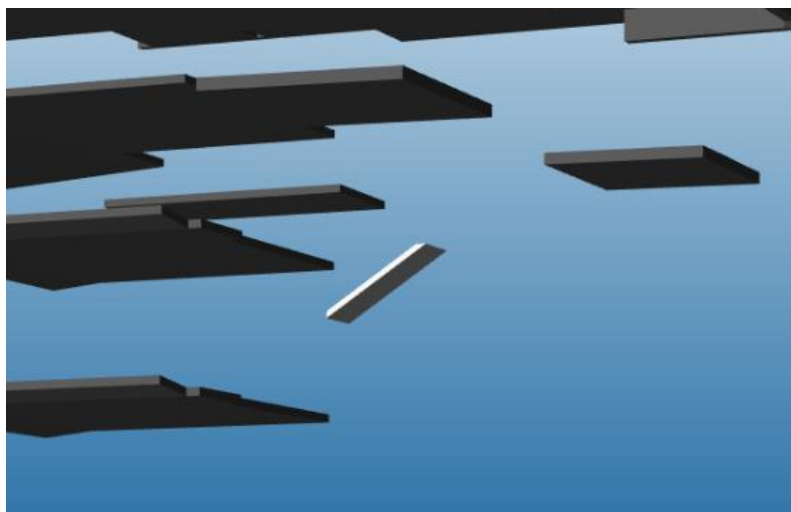


Figura 4.17: Tabique sobrante como elemento losa

2. Elementos definidos con otro tipo.

Después de aplicar los filtros según el tipo de elemento y la capa, se pueden ver elementos como la losa de la Figura 4.18 que esta asignada dentro de la categoría de los muros. Esto si bien se puede corregir manualmente con el programa, es menos trabajo para el área de programación e induce a menos errores.

Este elemento y otros, fueron corregidos por arquitectura en el modelo definitivo que se usó.

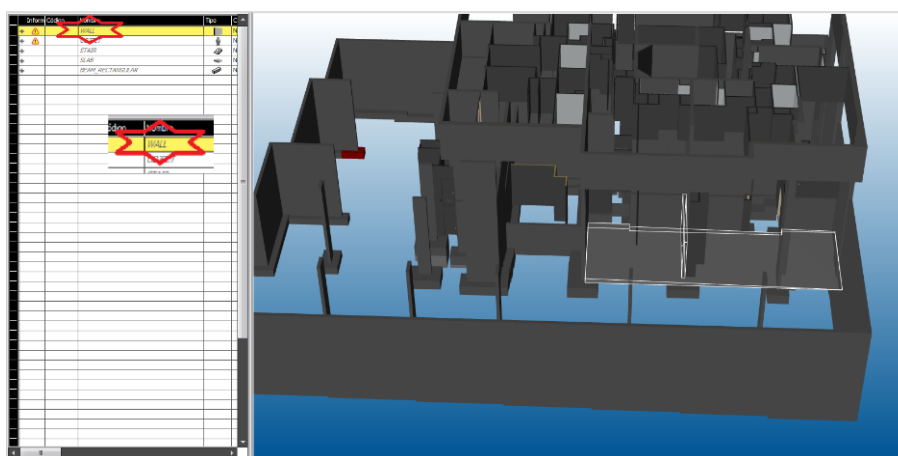


Figura 4.18: Elemento losa definido como muro

3. Elementos no cortados acorde al criterio de las actividades

Se tiene que, a la hora de separar los muros perimetrales del modelo, algunos no están cortados según el contorno tal como muestra la Figura 4.19.

De esta manera si se asigna manualmente el muro seleccionado, entonces tomara el volumen interior. Así la recomendación es que en arquitectura se corten todos los muros perimetrales e idealmente los definan en una capa aparte, esto porque se espera usar las mediciones como actividad independiente, ya que el rendimiento de instalación es distinto por ser solamente de una cara.

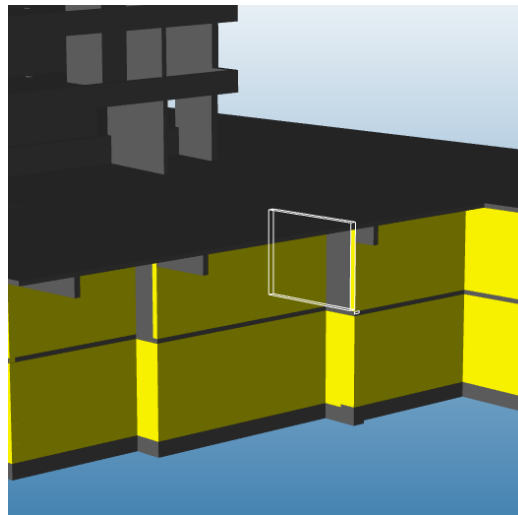


Figura 4.19: Muro perimetral no cortado

4. Elementos duplicados

Al cargar el modelo, se nota que algunos elementos se encuentran duplicados en la zona de intersecciones tal como muestra la Figura 4.20. Este problema se da porque los elementos se dibujan uno sobre otro sin tener en cuenta la distribución espacial, o bien, el software de diseño no realiza los cortes correspondientes.

Luego, el volumen o área de la zona de intersección será contado dos veces en la cubicación y el presupuesto se verá aumentado al igual que la duración.

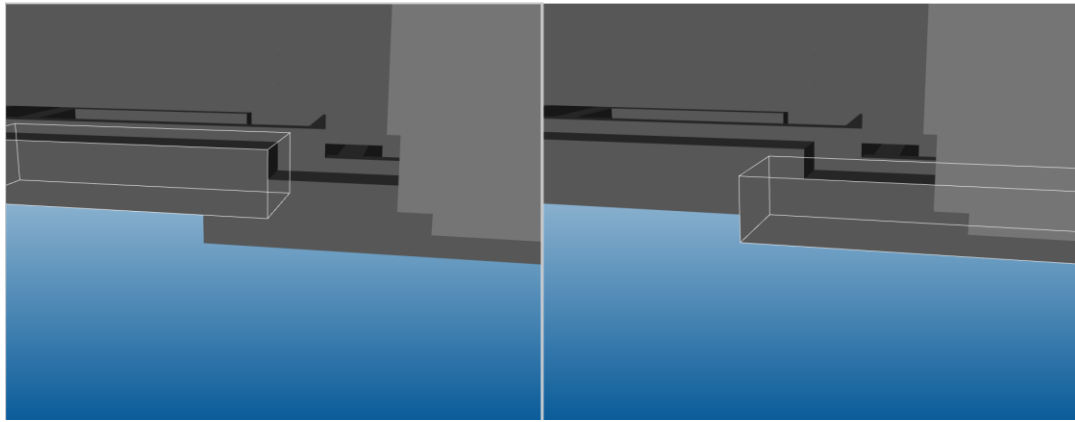


Figura 4.20: Elementos cuya intersección esta duplicada

4.1.3.4 *Cuantificación de elementos de medición*

Un problema en la asignación de moldajes, es que el área de los elementos que no están cortados en los bordes, se contabilizada de forma completa tal como muestra la Figura 4.21. Sin embargo, una solución a este problema es que los elementos de arquitectura vengan cortados en el interior, y de esta forma al asignar el área, no será seleccionada hasta el borde.

Luego cabe notar que, en el caso de los muros, la cubicación para moldaje no contempla los bordes, sino que solo considera las caras frontales, por lo que la cubicación final usada no se verá afectada.

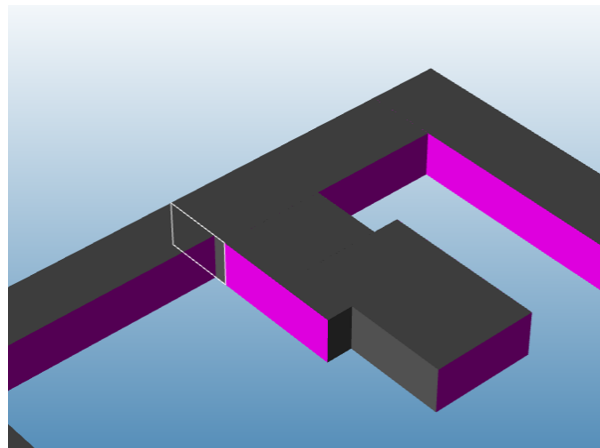


Figura 4.21: Cubicación adicional del area en los bordes

4.1.4 Zonificación

4.1.4.1 División vertical

La Figura 4.22 muestra el resultado visual de la partición del edificio en vertical. Estos niveles se obtuvieron importándolos del modelo, y solamente se verifico que las losas y muros estuvieran acorde a los criterios definidos.

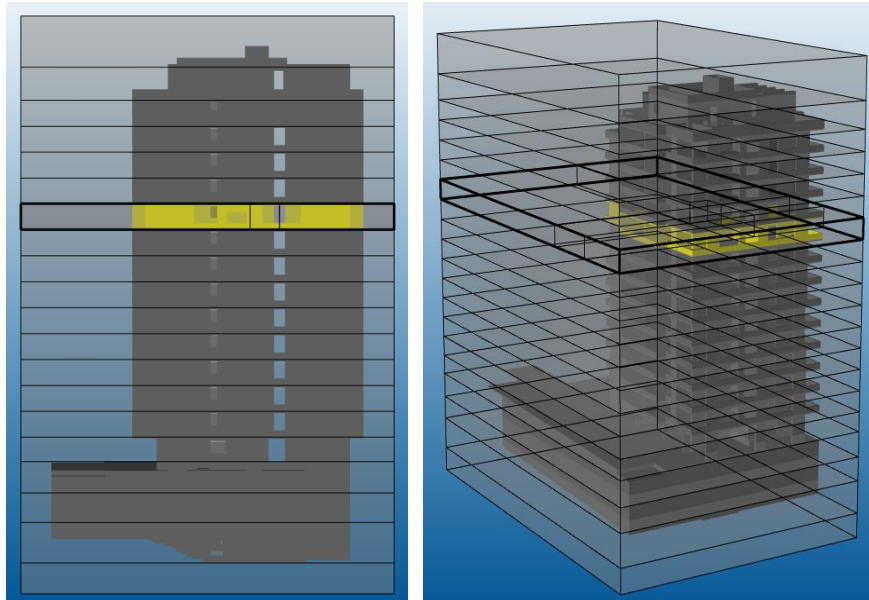


Figura 4.22: Zonificación en la vertical o por niveles

4.1.4.2 División horizontal

4.1.4.2.1 Incorporación de planos de referencia

La Figura 4.23 muestra los modelos híbridos generados en la zona de fundación, y se observa como existe una coherencia entre los planos y el modelo.

También en la Figura 4.24 observa que sirven para ver las mediciones de los elementos, y para distinguir las vigas de los muros.

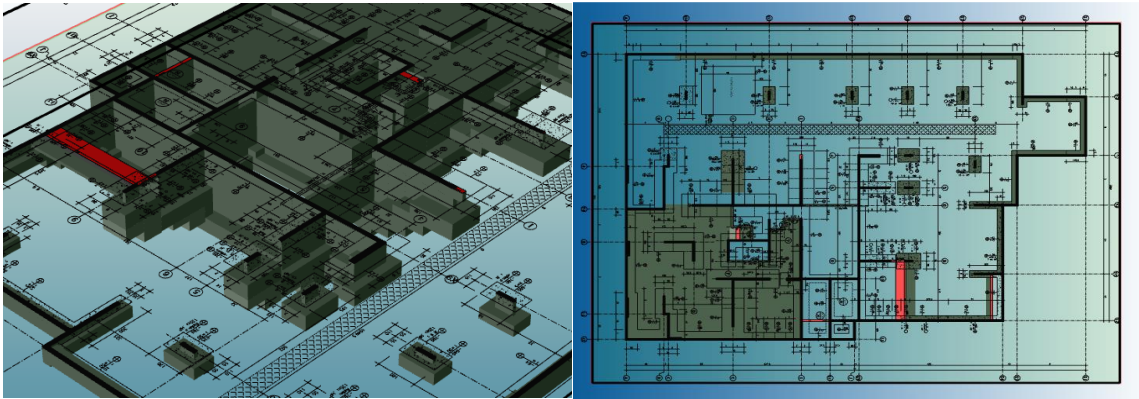


Figura 4.23: Modelo híbrido de las fundaciones

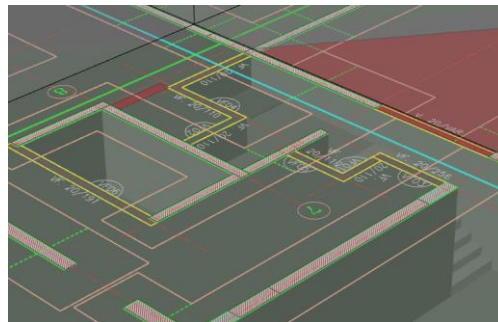


Figura 4.24: Coherencia entre vigas del plano y el modelo

4.1.4.2.2 Criterios de zonificación

1. Muros

Dado que se usó el rendimiento promedio de producción para la grúa, es decir, 25 m²/hg, y una jornada laboral de 9 horas, la cantidad de moldaje presido según el grafico es de 130 m²/día aprox. Además, se considera que un 55% del tiempo está dedicado al uso exclusivo de moldaje

Luego usando la sectorización propuesta por departamento, se obtuvieron los siguientes valores de moldaje necesario tal como los muestra la Tabla 4.4.

Sector	M2
1	107,68
2	69,97
3	74,94
4	150,75
5	120,24

Tabla 4.4: Moldaje muros de zonificación propuesta

Así considerando 8 personas a un rendimiento de 20 m²/día, se observa que el único sector que se ve sobrepasado es el 4, sin embargo, dado que el valor de la grúa trabaja al 55% del tiempo, se prefiere dejar pasada la zona en 10 m² a fin de que se construya el moldaje completo del departamento en un día.

De esta manera el edificio en planta se dividió de la siguiente forma:

- Piso 1 al 13

Se dividieron en 5 sectores conforme a la distribución de los departamentos

- Piso 14 al 15

Se dividieron en 4 sectores, idénticos a los pisos anteriores, pero los sectores 1 y 2 se combinaron, dado que en dichas zonas se encuentra ubicada la piscina.

Por último, cabe comentar que las fundaciones y subterráneos se dividieron acorde al criterio de losas, dado que los muros en estos sectores se encuentran muy densificados en medio del edificio, significan realizar muchas zonificaciones, mientras que por otro lado, bajo cota cero no es necesario en uso de la grúa en algunos sectores.

2. Losas

De proyectos anteriores, el promedio de losa construida es de 200 m²/día. Por lo tanto, el cálculo de los valores viene dado por:

- Fundaciones y subterráneos

Se dividieron en 6 porque el área total es de 1150 m² aprox. Además, la numeración de los sectores se definió a partir de la entrada al edificio.

- Piso tipo del 1 al 15

Se dividieron en 3 porque el área total es de 500 m² aprox.

3. Resumen

Finalmente siguiendo los criterios de zonificación, la cantidad de sectores de losa y ciclos de muro se muestran en la siguiente Tabla 4.5.

Niveles	N° Sectores Losa	N° Ciclos Muros
Fundaciones - Subterráneos	3	6
Piso 1 - Piso 13	3	5
Piso 14 - Cubierta	3	4

Tabla 4.5: Resumen de la zonificación en planta

4.1.4.2.3 Planos de zonificación

La Figura 4.25 muestra los planos de la zonificación importados a Vico Office, para el caso de las fundaciones y subterráneos, además del piso tipo. Donde es importante destacar que la división se realizó por los ciclos de muros, que son las unidades constructivas más pequeñas.

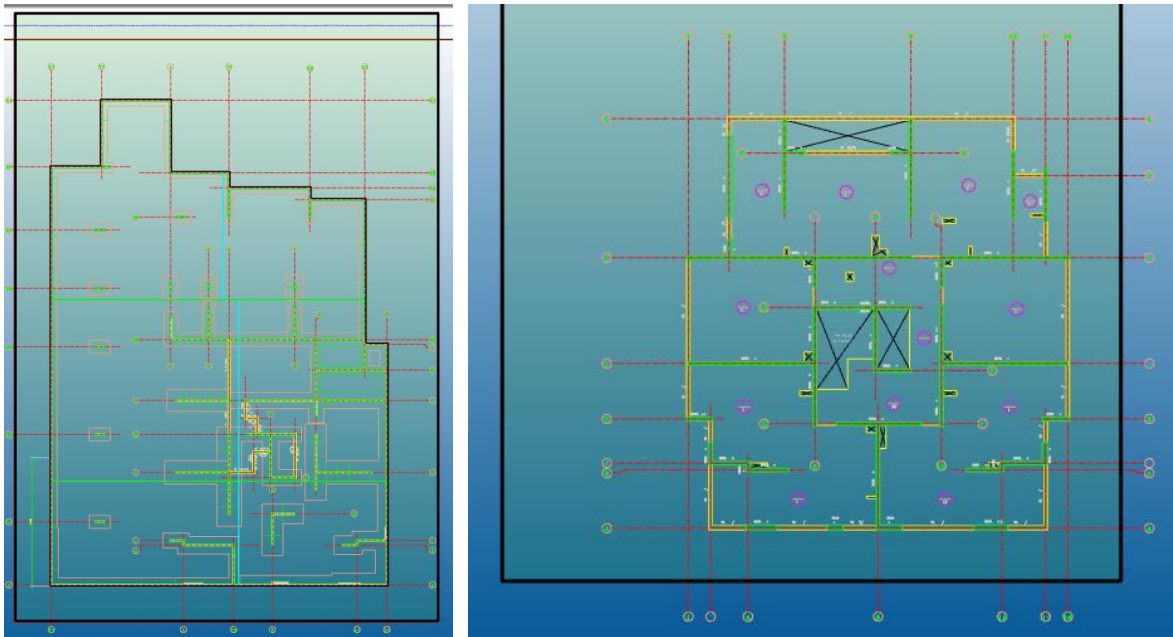


Figura 4.25: Planos de zonificación importados a Vico Office

4.1.4.2.4 División en planta

Luego usando los planos de la zonificación, se realizaron los cortes, y el resultado se muestra en la Figura 4.26. Además, se aprecia el corte de la “Caja delimitadora” de Vico Office para ver los muros interiores.

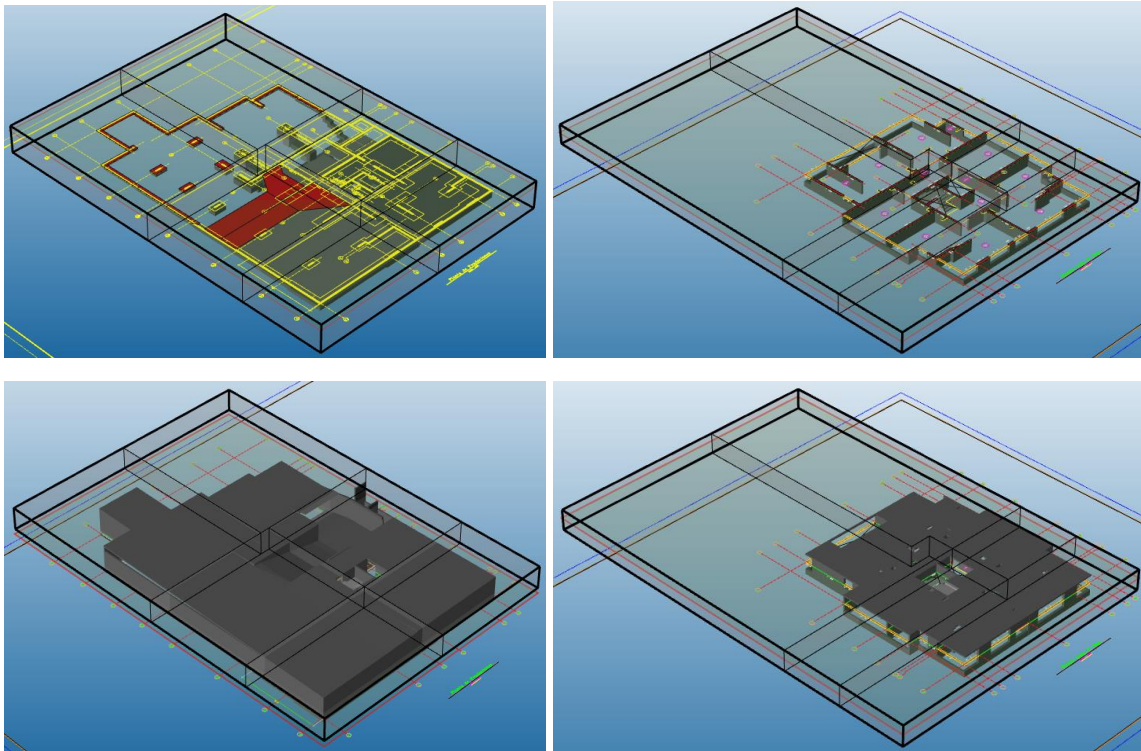


Figura 4.26: Zonificación del subterráneo y piso tipo en Vico Office

También se pueden aislar los elementos de la zonificación tal como muestra la Figura 4.27

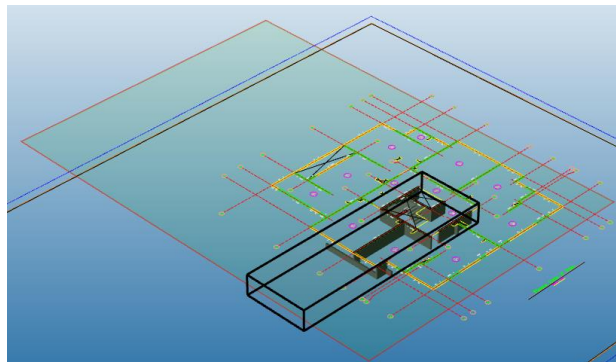


Figura 4.27: Modo aislar en zonas del piso tipo

4.1.4.3 Asignación manual

Luego como la losa en el subterráneo esta inclinada, entonces algunos elementos como muros quedaron cortados, lo cual constructivamente no tiene sentido, puesto que se realizan de forma continua. El problema es que, a la hora de asignar los cortes de un sector a otro, el elemento es asignado de forma completa y no la porción que se encuentra cortada.

De esta manera, tal como muestra la Figura 4.28, al asignar manualmente porciones de un elemento a otra zona, se desasigna de forma completa de dicha zona.

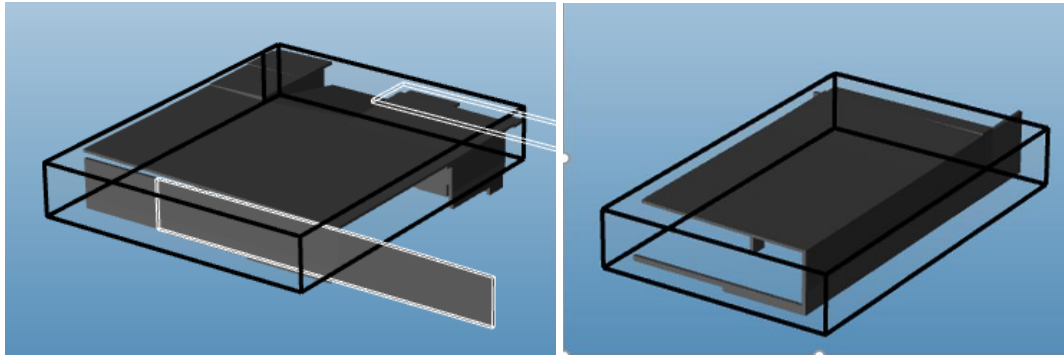


Figura 4.28: Problema asignación manual de muros en el subterráneo

Este problema se repitió de forma puntual en 9 muros del subterráneo.

4.1.4.4 Resumen

Finalmente, se tienen dos resultados de la zonificación realizada en el modelo.

4.1.4.4.1 Zonificación de las mediciones

Después de zonificar el modelo, se agregó una nueva variable a los elementos de medición, pues tal como muestra la Figura 4.29 para el caso del volumen de la losa, se tiene que ahora las cuantificaciones se reparten por sector.

Gestión de Zonas		Medición
+	<input checked="" type="checkbox"/> PISO 2	70,33
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 1	12,83
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 2	15,61
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 3	9,73
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 4	15,45
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 5	16,72
+	<input checked="" type="checkbox"/> PISO 1	75,78
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 1	13,90
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 2	17,13
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 3	11,86
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 4	15,40
	<input checked="" type="checkbox"/> sector 5	17,49
+	<input type="checkbox"/> PISO SUBT 1	0,00
	<input type="checkbox"/> SECTOR 1	42,12
	<input type="checkbox"/> SECTOR 2	27,59
	<input type="checkbox"/> SECTOR 3	40,65
	<input type="checkbox"/> SECTOR 4	35,85

Figura 4.29: Cubicación del volumen por sector para el caso de las losas

4.1.4.4.2 Zonificación del programa de obra.

Además de separar las mediciones, el programa de obra se divide conforme se realiza la zonificación del modelo tal como muestra la Figura 4.30.

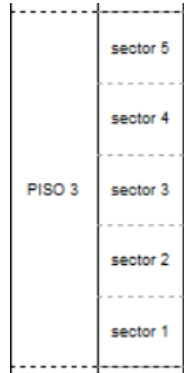


Figura 4.30: Zonificación del modelo 3D traspasada al programa de obra para el piso 3

4.1.5 Programación de obra

4.1.5.1 Definición de partidas

La Figura 4.31 muestra como quedaron las partidas asociadas a una jerarquía y codificación

Cod 1	Cod 2	Cod 3	Cod 4	DESCRIPCION
B				SUPERESTRUCTURA
	B1			CONSTRUCCIÓN DEL PISO
		B11		MUROS PISO TIPO
			B111	MU - ENFIERRADURA
			B112	MU - MOLDAJE
			B113	MU - HORMIGÓN
		B12		LOSA PISO TIPO
			B121	LO - MOLDAJE
			B122	LO - ENFIERRADURA
			B123	LO – HORMIGÓN

Figura 4.31: Estructura jerárquica de las partidas para la subestructura

Luego la Figura 4.32 muestra el traspaso de las partidas al plan de mediciones de VICO Office.

+	A	SUBESTRUCTURA
-	B	SUPERESTRUCTURA
-	B1	CONSTRUCCION PISO TIPO
-	B11	MUROS
+	B111	ENFIERRADURA
+	B112	MOLDAJE
+	B113	HORMIGON
-	B12	LOSA
+	B121	MOLDAJE
+	B122	ENFIERRADURA
+	B123	HORMIGON

Figura 4.32: Estructura jerárquica de las partidas en Vico Office

4.1.5.2 Vinculación al modelo

En la Figura 4.33, se muestra para el caso del hormigon de losa, como se debe usar el editor de formulas y el gestor de zons.

Se puede notar que:

- El editor de formulas contiene el volumen neto de la losa, que es equivalente al volumen de hormigon que se va a usar.
- En el filtro de zonas se asignan todos los pisos porque la actividad es el hormigonado del piso tipo.
- Particularmente se ven las cubicaciones del piso 2 y 3 por sector.

Cód..	Descripción/ Can..	Valor	Unidad
	Perímetro de Agujero	1.486,50	M
	Área de Superficie Inferior ...	6.740,10	M2
	Área de Superficie Superior...	6.740,12	M2
	Área de Superficie de Borde	490,15	M2
	Área de Superficie de Agujero	331,77	M2
	Volumen Neto <input checked="" type="checkbox"/>	1.019,01	M3
	Volumen Bruto	1.081,57	M3
	Área de Superficie Horizont...	37,42	M2
	Área de Superficie Vertical ...	275,23	M2
	Cantidad de Piezas	175,00	EA
	Longitud del Borde	3.699,39	M
	Longitud de Junta	1.666,70	M
	Longitud de Borde de Agujero	641,29	M
	Longitud de Juntas de Aguj...	0,00	M
	CAD_Cantidad	72,00	EA

Gestión de Zonas	Medición
<input checked="" type="checkbox"/> sector 3	9,73
<input checked="" type="checkbox"/> sector 4	15,46
<input checked="" type="checkbox"/> sector 5	16,72
<input checked="" type="checkbox"/> PISO 3	70,33
<input checked="" type="checkbox"/> sector 1	12,83
<input checked="" type="checkbox"/> sector 2	15,61
<input checked="" type="checkbox"/> sector 3	9,73
<input checked="" type="checkbox"/> sector 4	15,45
<input checked="" type="checkbox"/> sector 5	16,72
<input checked="" type="checkbox"/> PISO 2	70,33
<input checked="" type="checkbox"/> sector 1	12,83
<input checked="" type="checkbox"/> sector 2	15,61
<input checked="" type="checkbox"/> sector 3	9,73
<input checked="" type="checkbox"/> sector 4	15,45
<input checked="" type="checkbox"/> sector 5	16,72
<input checked="" type="checkbox"/> PISO 1	75,78
<input checked="" type="checkbox"/> sector 1	13,90
<input checked="" type="checkbox"/> sector 2	17,13

Introducir fórmula

$f_x =$ SLAB-02-CAL-LOSAS.Volumen Neto

Vista Previa

SLAB-02-CAL-LOSAS.Volumen Neto

1.019,01

Figura 4.33: Vinculación del volumen de hormigón de losa al modelo

4.1.5.2.1 Consideraciones adicionales

Cabe destacar que las cantidades si bien son precisas, en el caso de las excavaciones y el emplentillado, los valores no dan los del presupuesto oficial porque se involucran más criterios constructivos que no se pueden ver con el modelo. Por ejemplo, dado que la fundación es escalonada, lo que se hace es excavar más que el volumen requerido para poder aprovechar las máquinas y generalmente en se usa más hormigón del calculado. Por esta razón es necesario considerar criterios constructivos para sacar los valores reales en la práctica.

4.1.5.3 Incorporación de los rendimientos a partir de la mano de obra

La Tabla 4.6 para el caso de la losa, muestra los recursos necesarios por cada actividad, su codificación y rendimiento obtenido del presupuesto oficial.

Actividad	Unidad	Código	Mano de Obra	Rend Presupuesto		Rend Vico Office	
				Hm/Dia	Und/Dia	Hr/Und	Und/Hr
Piso Tipo Losa moldaje	M2	ZBA00025-5	Maestro moldaje	0,065	15,389	0,585	1,710
		ZBB00004-5	Ayudante moldaje	0,034	29,412	0,306	3,268
Piso Tipo Losa enfierradura	KG	ZBA00004-2	Maestro enfierrador	0,006	181,818	0,050	20,202
		ZBB00005-2	Ayudante enfierrador	0,002	645,161	0,014	71,685
Piso Tipo Hormigón	M3	ZBC00007-3	Jornal concretero	0,180	5,556	1,620	0,617
		ZBC00006-3	Jornal vibrador	0,055	18,182	0,495	2,020

Tabla 4.6: Mano de obra para la construcción de losas del piso tipo

Además, las columnas del costado derecho, considerando una jornada de trabajo de 9 horas, muestra el rendimiento ingresado a VICO Office, donde el nivel jerárquico de los recursos corresponde al 5, tal como muestra la Figura 4.34.

Código	Descripción	Medición..	Rendimiento
1	PRUEBA 8 - IFC DESDE 20 CON ESCALERA	1,00	1,000
→ A	SUBESTRUCTURA	1,00	1,000
→ B	SUPERESTRUCTURA	1,00	1,000
→ B1	CONSTRUCCION DEL PISO	1,00	1,000
→ B11	MUROS PISO TIPO	1,00	1,000
→ B12	LOSA PISO TIPO	1,00	1,000
→ B121	MOLDAJE	7.230,25	1,000
→ ZBA00025-6	MAESTRO MOLDAJE	7.230,25	0,585
→ ZBB00004-6	AYUDANTE MOLDAJE	7.230,25	0,306
→ B122	ENFIERRADURA	89.744,02	1,000
→ ZBA00004-2	MAESTRO ENFIERRADOR	89.744,02	0,050
→ ZBB00005-2	AYUDANTE ENFIERRADOR	89.744,02	0,014
→ B123	HORMIGON	1.019,01	1,000
→ ZBC00007-3	JORNAL CONCRETERO	1.019,01	1,620
→ ZBC00006-3	JORNAL VIBRADOR	1.019,01	0,495

Figura 4.34: Mano de obra en Vico Office, para el caso de la losa del piso tipo

4.1.5.4 Definición de tareas

Luego las tareas definidas en VICO Office se muestran en la Figura 4.35, con la duración respectiva, la cual se ajusta de forma automática a medida que se modifica el programa de obra.

Código	Nombre	Trabajo	Duración
+ 0045	FUNDACIONES		36,22
+ 0048	SUB		68,27
+ 0049	RADIER		71,83
- 0050	MUROS PISO TIPO		130,51
+ 0022	MU - ENFIERRADURA	5.729,49	45,15
+ 0023	MU - MOLDAJE	7.609,77	46,26
+ 0025	MU - HORMIGON	3.054,41	39,10
- 0051	LOSA PISO TIPO		124,27
+ 0027	LO - MOLDAJE	6.440,85	42,71
+ 0028	LO - ENFIERRADURA	5.694,26	44,87
+ 0030	LO - HORMIGON	2.155,20	36,68

Figura 4.35: Definición de las tareas en Vico Office

4.1.5.5 Definición de las relaciones precedencia

La Figura 4.36 para los pisos 2 y 3, muestra el resultado de la primera etapa, es decir, la definición de las relaciones de precedencia o bien, el orden constructivo.

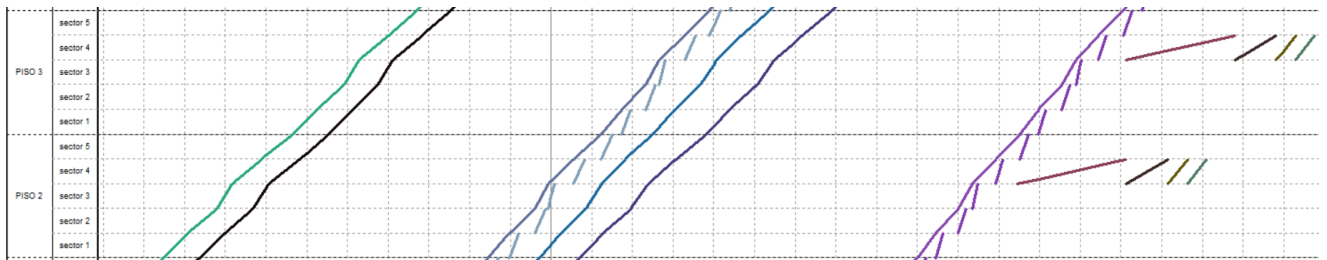


Figura 4.36: Definición del orden constructivo en términos micros, por actividad

Luego, la Figura 4.37 para los mismos pisos, muestra el resultado de la construcción de los bucles de trabajo.

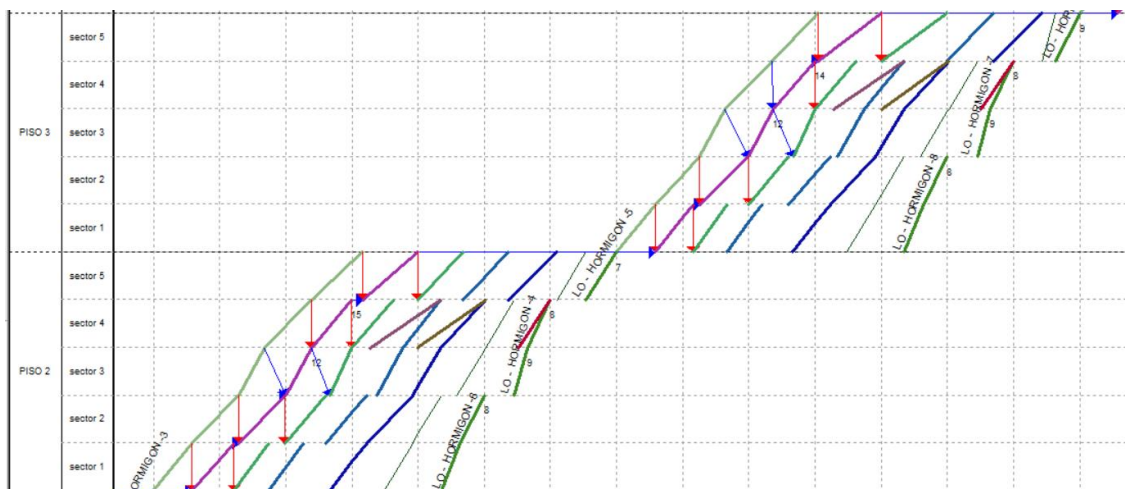


Figura 4.37: Definición del orden constructivo en términos macros, por estructuras

4.1.5.6 Ajuste del programa de obra por equipos de trabajo

Sin realizar el ajuste, el programa calcula la duración de la actividad a partir del recurso crítico y considerando una jornada de trabajo de 9 horas.

La Tabla 4.7 muestra el cálculo de la duración de las actividades de la losa, además se destacan los recursos críticos. Luego si se dividen las horas necesarias de cada operario por las horas del recurso crítico, entonces se obtiene el porcentaje necesario de cada operador para producir una unidad.

Actividad	Mano de Obra	Software VICO Office			
		Cantidad	Horas Necesarias	Duración Actividad	% Operario Por Unidad
Losa Piso Tipo Moldaje	Maestro Moldaje	7230,3	4228,4	469,8	1,00
	Ayudante Moldaje		2212,5		0,52
Losa Piso Tipo Enfierradura	Maestro Enfierrador	89744,0	4442,3	493,6	1,00
	Ayudante Enfierrador		1251,9		0,28
Losa Piso Tipo Moldaje	Jornal Concretero	1019,0	1650,8	183,4	1,00
	Jornal Vibrador		504,4		0,31

Tabla 4.7: Recursos críticos y mano de obra unitaria por actividad para el caso de la losa.

Luego se obtuvo la composición de cada cuadrilla tal que la duración neta por actividad fuera la misma que la del programa tradicional. Para ello se calculó la división entre las horas del recurso crítico y la duración de la actividad sacada del archivo Project.

Los resultados se muestran en la Tabla 4.8, sin embargo, se puede observar que el número de equipos es decimal, y como el software admite solamente números enteros, se eligió un valor redondeado.

Finalmente, con el número de equipos redondeados, se obtuvieron las cuadrillas de cada actividad multiplicando los equipos por el porcentaje necesario de cada operador para producir una unidad.

Actividad	Mano de Obra	Programa Tradicional		Programa Propuesto		
		Duración Programa		N° Equipos Necesarios	N° Equipos Elegidos	Cuadrilla
		Días	Horas			
Losa Piso Tipo Moldaje	Maestro Moldaje	46,0	414,0	10,2	11	11,0
	Ayudante Moldaje					5,8
Losa Piso Tipo Enfierradura	Maestro Enfierrador	45,0	405,0	11,0	11	11,0
	Ayudante Enfierrador					3,1
Losa Piso Tipo Moldaje	Jornal Concretero	43,0	387,0	4,3	5	5,0
	Jornal Vibrador					1,5

Tabla 4.8: Calculo de cuadrillas por cada actividad para el caso de la losa

Cabe destacar que, si bien las cuadrillas elegidas también son decimales, es parte del proceso iterativo entre los operarios por día y el número de equipos seleccionados, esto porque perfectamente el resto de la mano de obra decimal, puede estar involucrado en otra actividad.

4.1.6 Optimización del programa de obra

Primero es importante notar en que la Figura 4.38, solamente con la zonificación del modelo, el término de la obra gruesa es el día 09-06-2017, por lo cual se observa una mejora realizada por la zonificación

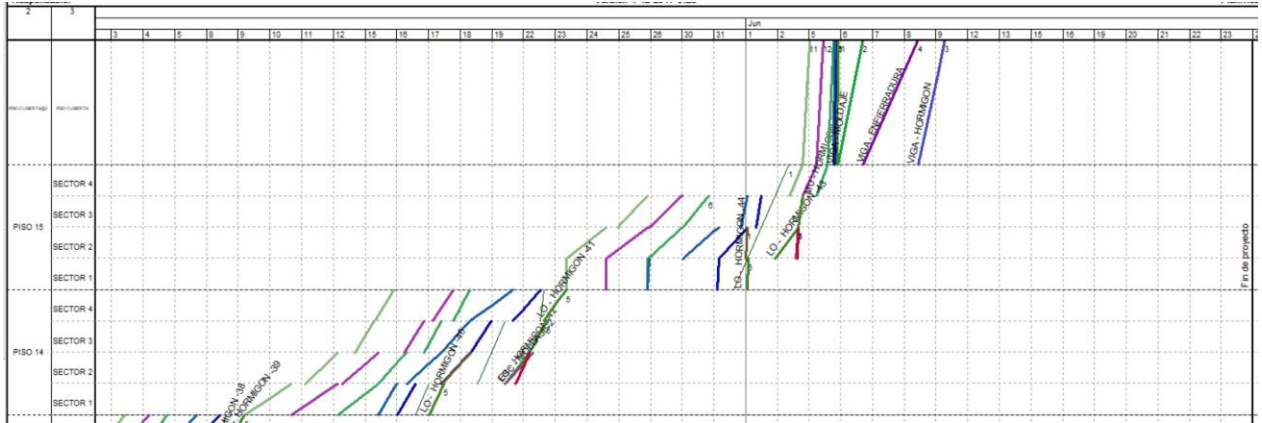


Figura 4.38: Programa de obra con la zonificación propuesta

Luego se identificaron las actividades que tienen una mayor duración y que a la vez, son críticas. La Figura 4.39 muestra la enfierradura de los muros del subterráneo -2, cuya duración es de 12.5 días, y contiene 14 equipos de trabajo.

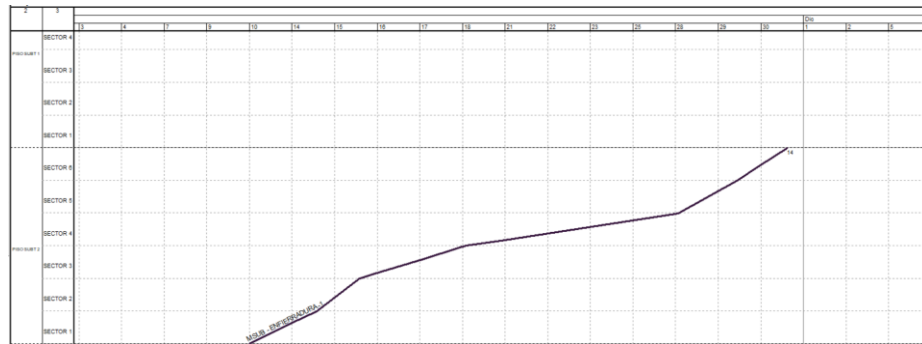


Figura 4.39: Enfierradura del subterráneo-2

Posteriormente se aumentó el número de equipos a 20, y tal como muestra la Figura 4.40, se redujo la duración a 9 días.

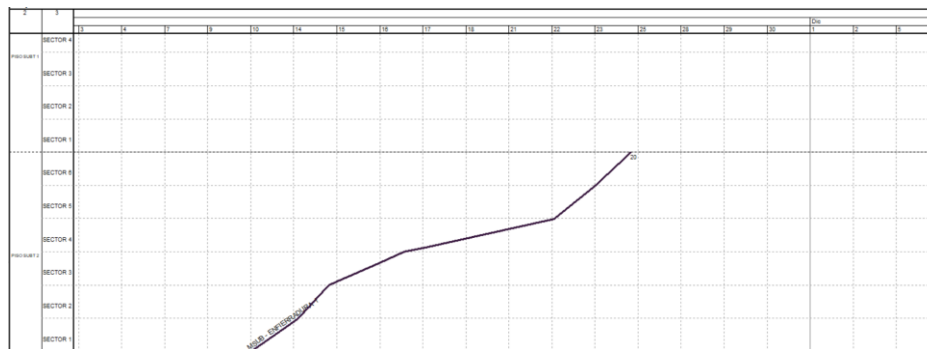


Figura 4.40: Aumento de recursos en enfierradura del subterráneo -2

Así considerando la misma línea de trabajo en el resto de las actividades, la Figura 4.41 muestra como el moldaje comienza antes, y por ende el programa obra para las actividades bajo la cota cero se acorta.

Además, se realizó un ajuste de fechas, y tal como muestra la Figura 4.42, se observa que los hormigones no se realizan en más de un día. Este ajuste se hizo considerando un factor de producción con un rango admisible de variabilidad del 10%,

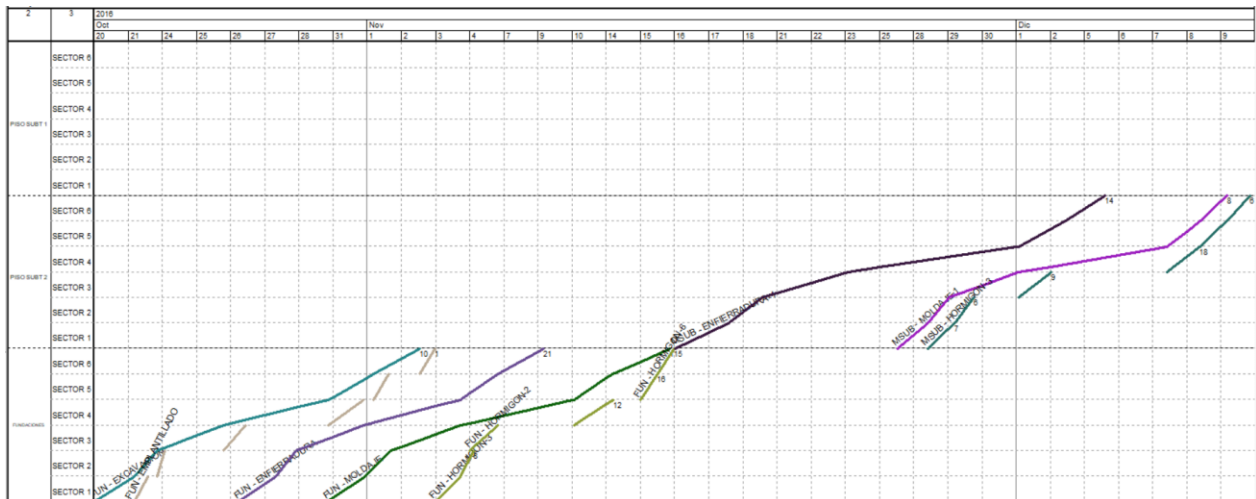


Figura 4.41: Actividades de la zona de fundaciones y subterráneo -2 sin optimizar

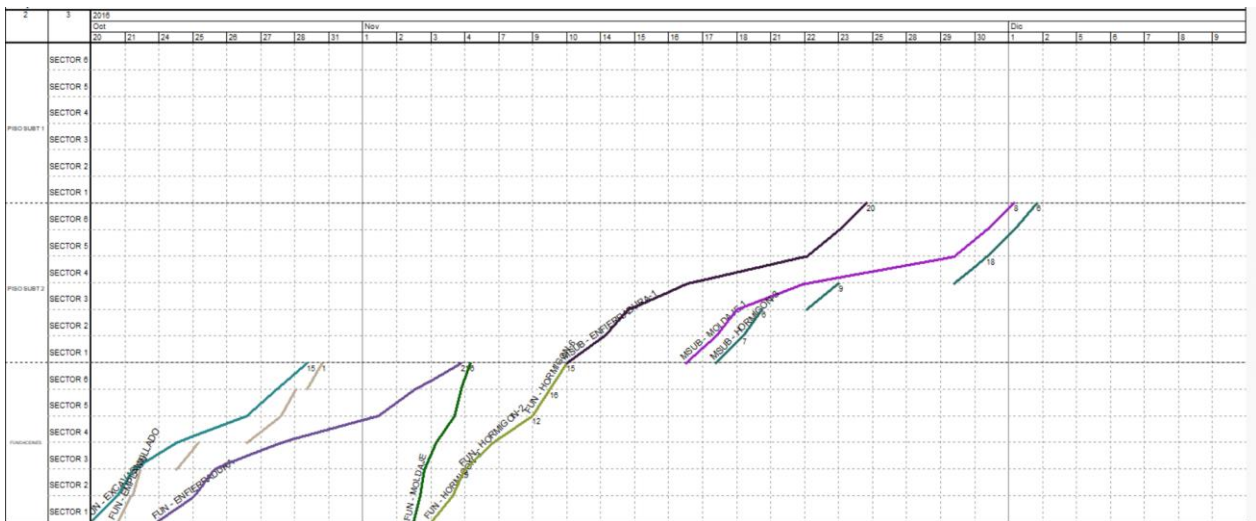


Figura 4.42: Actividades de la zona de fundaciones y subterráneo -2 optimizada

Luego ajustando todo el edificio con los mismos criterios, se tiene que la fecha la nueva fecha de término es el 31-05-2017 tal cual muestra la Figura 4.43, por lo tanto, el programa de obra gruesa se logró bajar en un 9.6%, traducido en 17 días, 183 horas de trabajo.

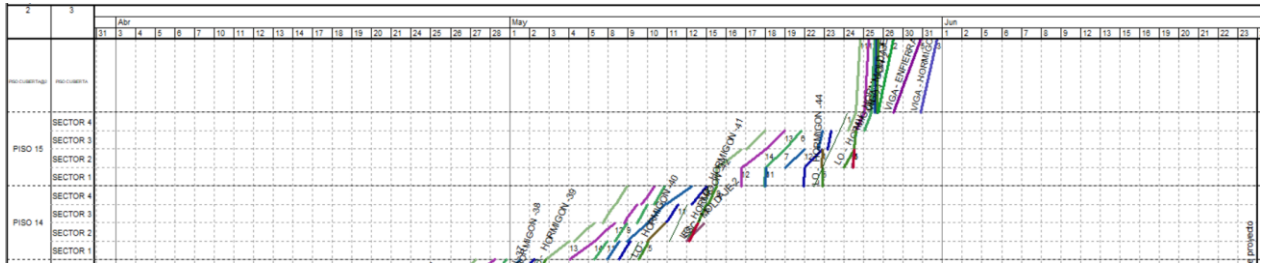


Figura 4.43: Programa de obra optimizado

Finalmente, la Tabla 4.9 muestra el resumen de las jornadas y mano de obra por cada programa. Donde cabe destacar que la mano de obra utilizada es

Tipo Programa	Fecha		Jornadas	Mano Obra
	Inicio	Termino		
Tradicional	20-10-2016	23-06-2017	177	-
Zonificado	20-10-2016	12-06-2017	168	276
Optimizado	20-10-2016	31-05-2017	160	321

Tabla 4.9: Resumen de fechas, jornadas y mano de obra de los tres programas analizados

Luego la Tabla 4.10 muestra la disminución de las jornadas de trabajo versus el aumento de recursos.

Tipo Programa	Tiempo			Recursos	
	Jornadas	Hrs	%	N°	%
Zonificado	9	81	5,08%	0	0,00%
Optimizado	17	153	9,60%	45	16,30%

Tabla 4.10: Resumen de las comparaciones de los programas realizados con el tradicional

4.1.7 Análisis del programa propuesto

4.1.7.1 Curva S

La Figura 4.44 muestra la curva S generada de forma automática, donde se observa consistencia en que la mayor cantidad de recursos se encuentra al comienzo y la menor al final.

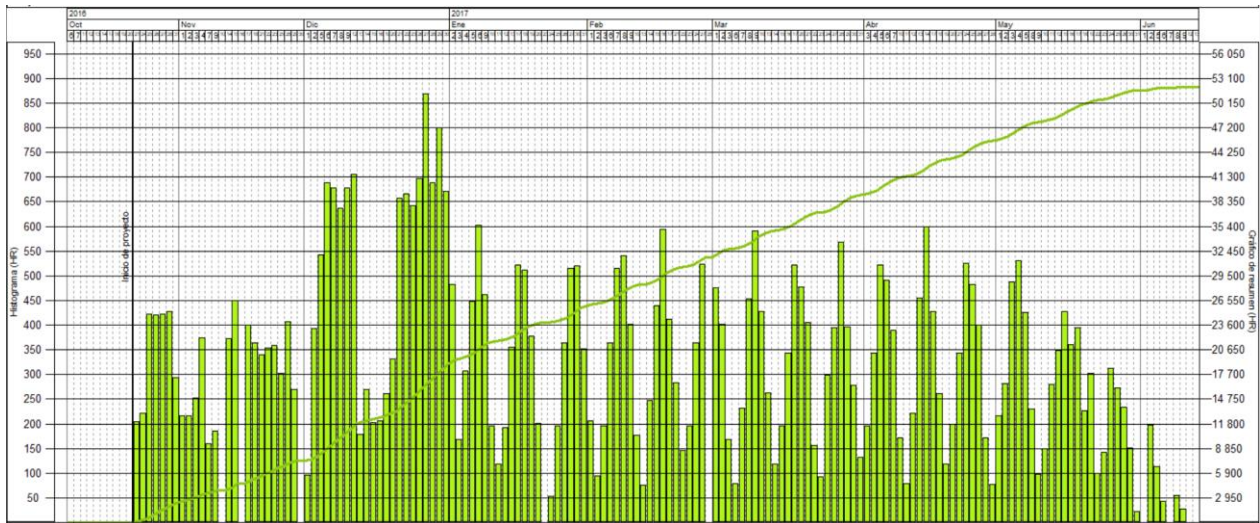


Figura 4.44: Curva S del edificio

4.1.7.2 Mano de obra de la losa

Luego la Figura 4.45 muestra un análisis de los recursos asignados a la construcción de la losa, donde se observa que:

- Para las actividades de moldaje y enfierradura de la losa se tiene que la cantidad de recursos
- Las discontinuidades entre las barras no significan necesariamente que se tiene mano de obra sin trabajar, esto porque aquellos obreros que no son contratados por la casa realizan actividades de aseo, y por otro lado los de hormigonado entre medio también realizan descimbre.
- En cuanto a los recursos de hormigón se observa que tienen las mayores discontinuidades porque justamente fueron las actividades que se ajustaron a que la duración fuera dentro de un día.

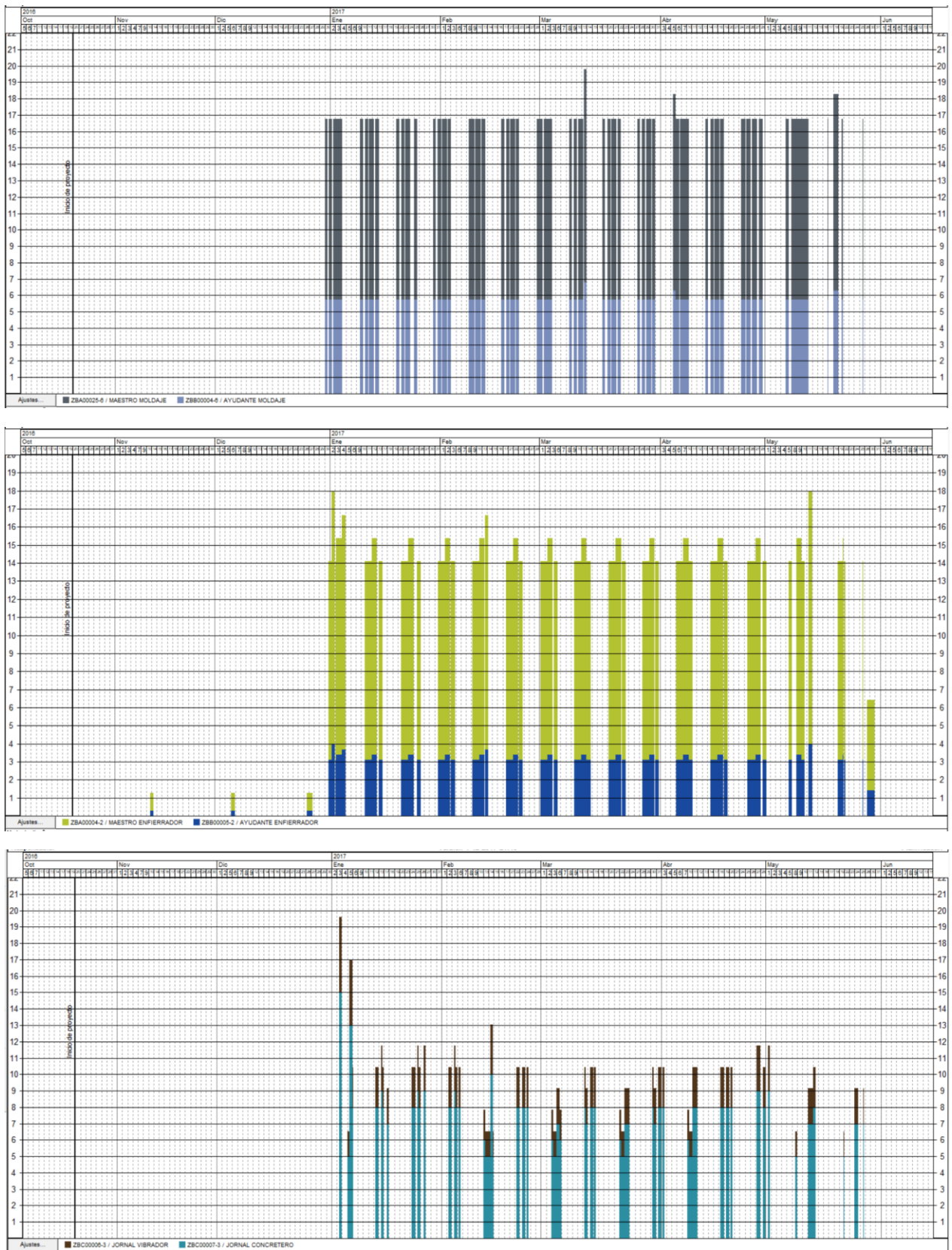


Figura 4.45: Graficos de recursos para el moldaje, enfierradura y hormigonado de la losa

4.1.7.3 Recursos y mediciones por zonificación

La Figura 4.46 muestra cómo se pueden monitorear desde el programa las cubicaciones y los recursos asociados.

Se muestra el caso del hormigonado en la losa del tipo tipo, las horas de jornales concreteros y ayudantes respectivamente.

PISO	Cubicación (M3)	Jornales Concreteros (HR)	Jornales Ayudantes (HR)
PISO 1	75.78	330.36	93.1
sector 1	13.9	60.59	17.08
sector 2	17.13	74.67	21.04
sector 3	11.86	51.72	14.58
sector 4	15.4	67.15	18.92
sector 5	17.49	76.23	21.48
PISO 2	70.33	306.61	86.41
sector 1	12.83	55.93	15.76
sector 2	15.61	68.04	19.17
sector 3	9.73	42.43	11.96
sector 4	15.45	67.34	18.98
sector 5	16.72	72.87	20.54
PISO 3	70.33	306.61	86.41
sector 1	12.83	55.93	15.76
sector 2	15.61	68.04	19.17
sector 3	9.73	42.43	11.96
sector 4	15.45	67.34	18.98
sector 5	16.72	72.87	20.54

Figura 4.46: Monitoreo de cubicaciones, jornales y ayudantes para el hormigonado de la losa

4.1.8 Comparación entre programa tradicional y propuesto

4.1.8.1 Actividades

Las actividades del programa tradicional pasan de 333 a solamente 26, es decir, se reducen en un 92% aproximadamente.

4.1.8.2 Visualización

La Figura 4.47 muestra como se ve el programa tradicional del piso 2 en gantt.

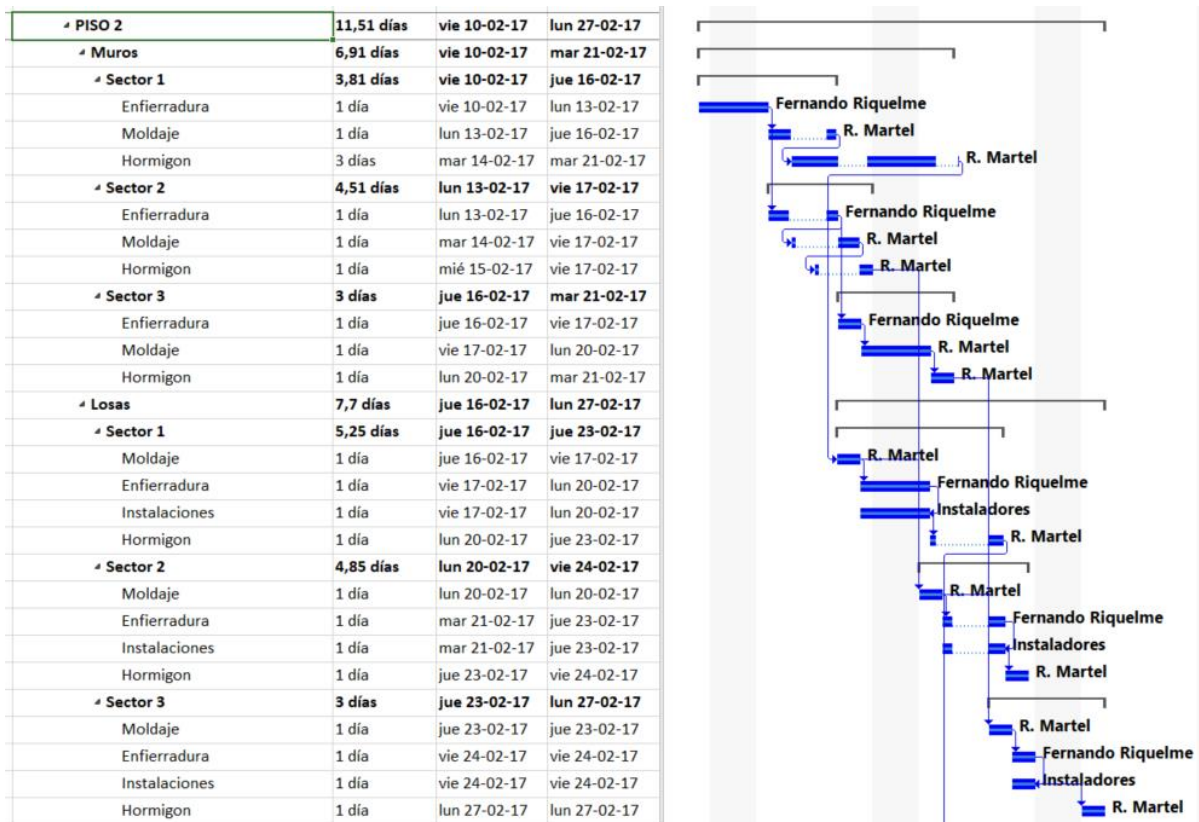


Figura 4.47: Zonificación del piso 2 en MS Project

La Figura 4.48 muestra como se ve el programa tradicional replicado a líneas de balance, para el piso 2.

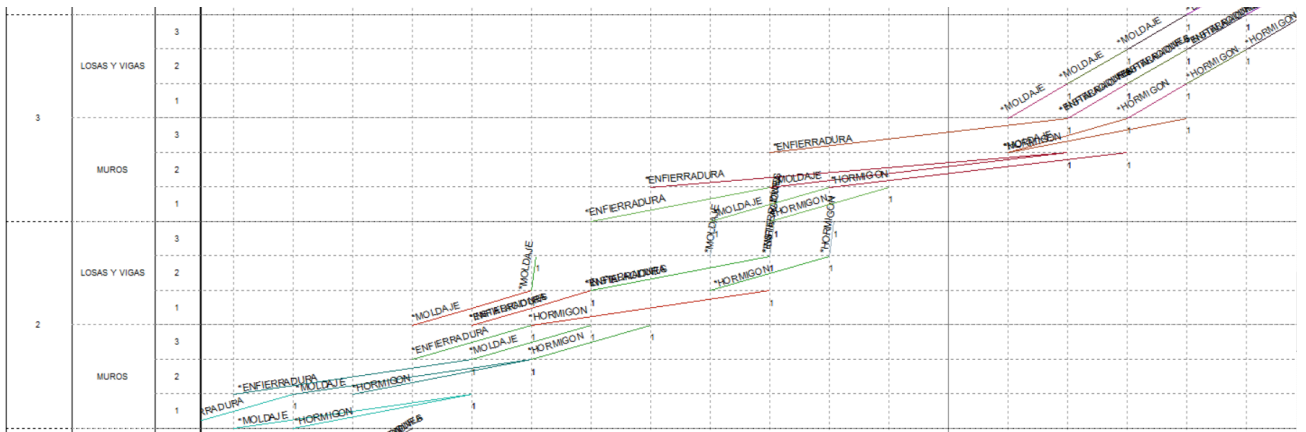


Figura 4.48: Replica de la zonificación del piso 2 y 3 de MS Project en líneas de balance

Luego la Figura 4.49 muestra el programa optimizado para el piso 2.

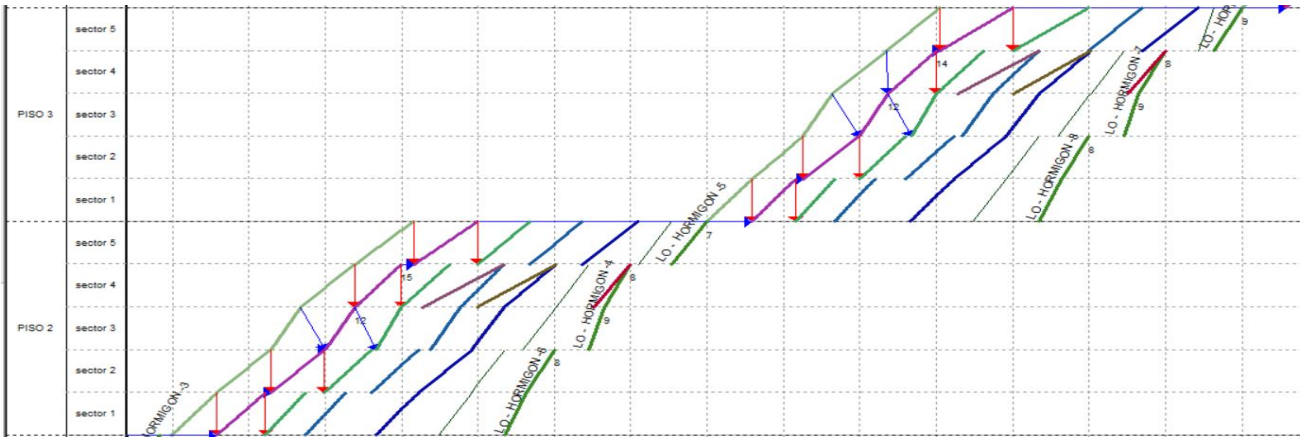


Figura 4.49: Zonificación del piso 2 y 3 del programa optimizado

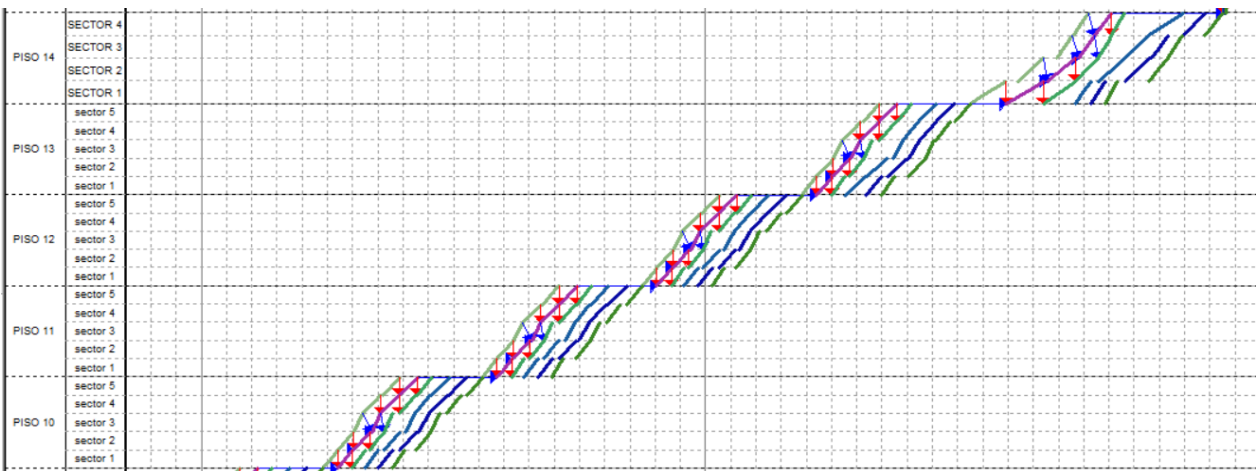


Figura 4.50: Visualización global de los bucles de trabajo del programa optimizado

4.1.9 Simulación 4D

La siguiente Figura 4.51 muestra la definición de las tareas, donde se asignó un color estandarizado a moldajes, enfierradura y hormigonado.

Código	Comportam..	Color
→ FUN - EXCAVACIÓN	Construir	
→ FUN - EMLANTILLADO	Construir	
→ FUN - ENFIERRADURA	Construir	
→ FUN - MOLDAJE	Construir	
→ FUN - HORMIGON	Construir	
→ MSUB - ENFIERRADURA	Construir	
→ MSUB - MOLDAJE	Construir	
→ MSUB - HORMIGON	Construir	
→ RAD - PREP TERRENO	Construir	
→ RAD - PREP BASE	Construir	
→ RAD - HORMIGON	Construir	
→ LSUB - MOLDAJE	Construir	
→ LSUB - ENFIERRADURA	Construir	
→ LSUB - HORMIGON	Construir	
→ MU - ENFIERRADURA	Construir	
→ MU - MOLDAJE	Construir	
→ MU - HORMIGON	Construir	
→ LO - MOLDAJE	Construir	
→ LO - ENFIERRADURA	Construir	
→ LO - HORMIGÓN	Construir	
→ ES - MOLDAJE	Construir	
→ ES - ENFIERRADURA	Construir	
→ ES - HORMIGÓN	Construir	
→ VIGA - MOLDAJE	Construir	
→ VIGA - ENFIERRADURA	Construir	
→ VIGA - HORMIGON	Construir	

Figura 4.51: Definición de tareas para la simulación 4D

Luego la Figura 4.52 muestra una secuencia de la simulación 4D.

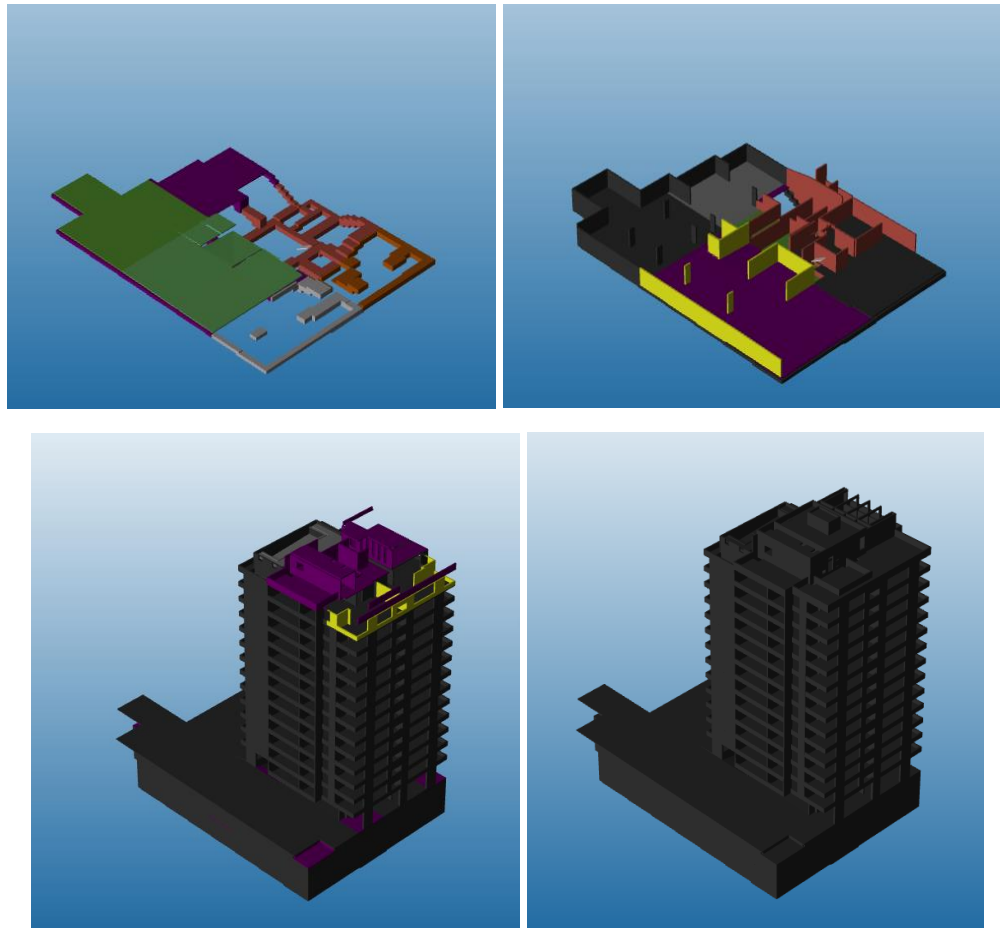


Figura 4.52: Simulación 4D

Finalmente la Figura 4.53 muestra como se puede monitorear el avance del proyecto según la fecha, el día y semana del proyecto. Además se muestra una leyenda con el color de cada actividad para que sea identificada en el modelo.

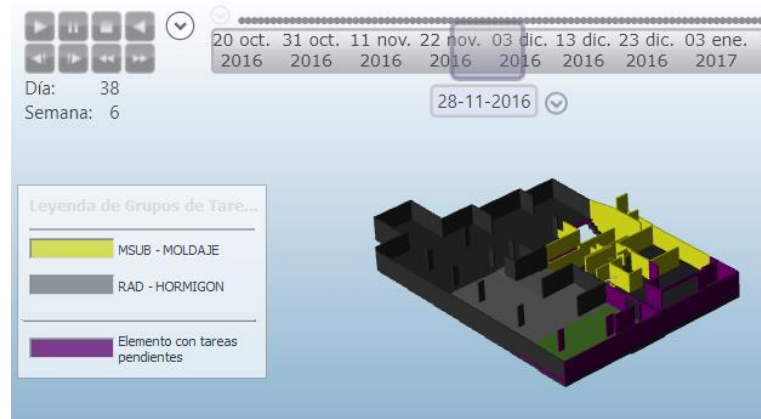


Figura 4.53: Detalle de la simulación 4D

4.1.10 Control de Obra

4.1.10.1.1 Control de obra

Los datos fueron solicitados por jefatura en más de una ocasión a la constructora, sin embargo, tal como muestra la Tabla 4.11, solamente se obtuvieron fechas de hormigonado por niveles, y no así por la zonificación con la que se construyó el programa tradicional. De hecho, tampoco se distingue por tipo de elementos, si es losa o muro.

Vaciado de hormigón de:	Fecha Inicio Real	Fecha Termino Real
Fundaciones	27-10-2016	06-12-2016
Cota cero	21-12-2016	31-01-2017
Piso 1	26-01-2017	10-02-2017
Piso 2 al 15	10-02-2017	30-06-2017
Coronación	30-05-2017	09-06-2017
Sala de maquina	12-06-2017	30-06-2017

Tabla 4.11: Reporte del control de obra del hormigonado entregado por la constructora

Luego como no se tienen las fechas por zonificación, se repartieron de forma equitativa tal como muestra la Tabla 4.12 para poder ingresarlas al control de Vico Office.

Sector	Inicio	Termino
1	27-10-2016	02-11-2016
2	02-11-2016	09-11-2016
3	09-11-2016	16-11-2016
4	16-11-2016	22-11-2016
5	22-11-2016	29-11-2016
6	29-11-2016	06-12-2016

Tabla 4.12: Prorrato de fechas para el caso de las fundaciones

Luego ingresando las fechas de la Tabla como avance real, y realizando un control de obra hipotético el día 6 de diciembre del 2016, tal como muestra la Figura 4.54, las actividades previas al hormigón se desplazan a la derecha y se observan inconsistencias con la práctica, pues se muestra el retraso de los moldajes y enfierraduras siendo que ya se hormigono.

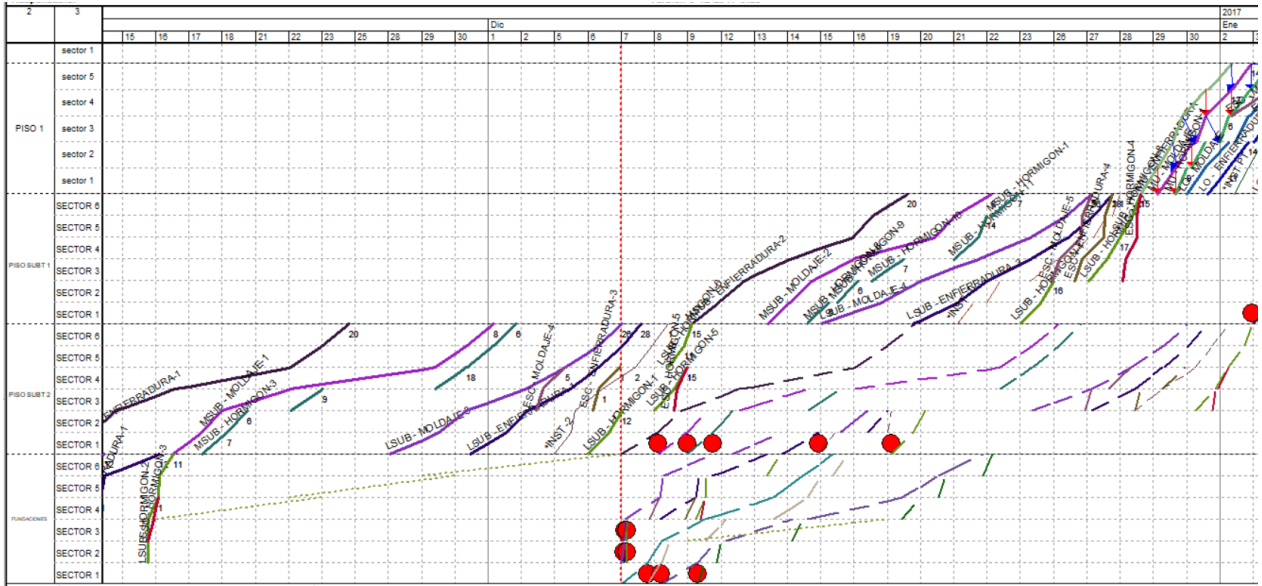


Figura 4.54: Control de obra realizado al 6 de Dic del 2016, planificado, real y pronostico

Sin embargo, dado que el control de obra respeta las relaciones de precedencia, se observa que todo el programa a partir del subterráneo se desplaza según la demora de hormigonado en fundaciones. Luego tal como muestra la Figura 4.55 se proyecta una nueva fecha de termino

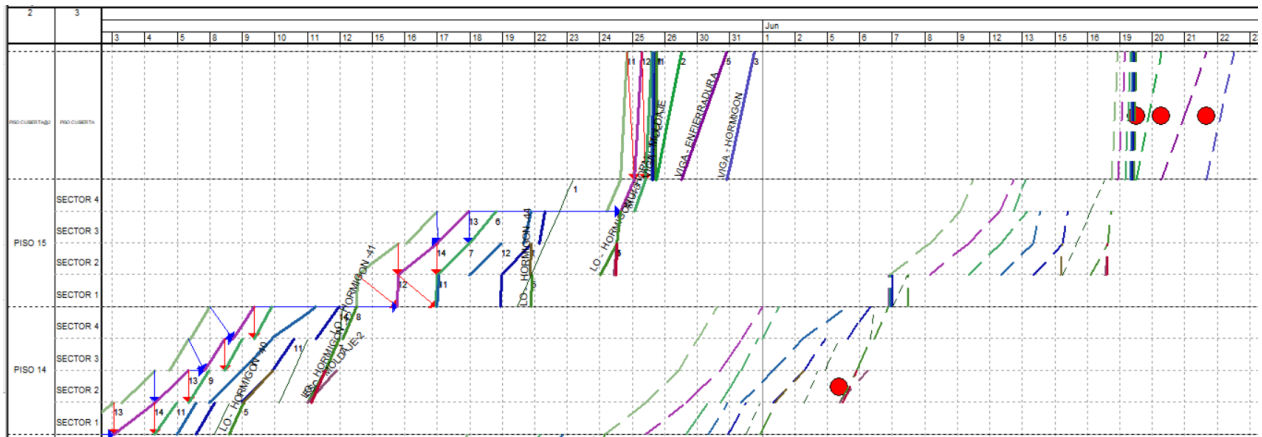


Figura 4.55: Proyección del termino de obra

Finalmente se puede comentar que se hubiese realizado un control de obra el 6-12-2016, justo después de terminar el hormigón de fundaciones, suponiendo que todas las actividades anteriores estaban realizadas, entonces la fecha de término proyectada corresponde al 22-06-2017, es decir, cerca de la fecha límite, por lo cual el programa de obra en modo control hubiese servido para tomar medidas correctivas, por ejemplo, haber insertado más mano de obra en los subterráneos.

4.1.10.1.2 Informe de Control

La Figura 4.56 muestra un reporte generado de la actividad de hormigón, en la losa del piso tipo.

Además, se muestra la duración real de la actividad y no prorrateada como lo hace Project

erarquí	Código	Nombre	Medición	Duración		Hora de inicio		Punto de finalización		Grado de finalización	
				Planificación	Actual	Planificación	Actual	Planificación	Actual	Planificación	Actual
+12	0022	MU - ENFIERRADURA	90299.33	45.1	45.1	10-1-2017	10-1-2017	8-6-2017	8-6-2017	100.0%	0.0%
+13	0023	MU - MOLDAJE	10224.07	46.3	46.3	11-1-2017	11-1-2017	8-6-2017	8-6-2017	100.0%	0.0%
+14	0025	MU - HORMIGON	1025.31	39.1	39.1	11-1-2017	11-1-2017	8-6-2017	8-6-2017	100.0%	0.0%
+15	0027	LO - MOLDAJE	7230.25	42.7	42.7	12-1-2017	12-1-2017	8-6-2017	8-6-2017	100.0%	0.0%
+16	0028	LO - ENFIERRADURA	89744.02	44.9	44.9	12-1-2017	12-1-2017	8-6-2017	8-6-2017	100.0%	0.0%
-17	0030	LO - HORMIGON	1019.01	36.7	36.7	13-1-2017	13-1-2017	9-6-2017	9-6-2017	100.0%	0.0%
17.1	sector 1	PISO 1->sector 1	13.9	0.5	0.5	13-1-2017	13-1-2017	13-1-2017	13-1-2017	100.0%	0.0%
17.2	sector 2	PISO 1->sector 2	17.13	0.6	0.6	17-1-2017	17-1-2017	17-1-2017	17-1-2017	100.0%	0.0%
17.3	sector 3	PISO 1->sector 3	11.86	0.4	0.4	17-1-2017	17-1-2017	18-1-2017	18-1-2017	100.0%	0.0%
17.4	sector 4	PISO 1->sector 4	15.4	0.6	0.6	19-1-2017	19-1-2017	19-1-2017	19-1-2017	100.0%	0.0%
17.5	sector 5	PISO 1->sector 5	17.49	0.6	0.6	25-1-2017	25-1-2017	25-1-2017	25-1-2017	100.0%	0.0%
17.6	sector 1	PISO 2->sector 1	12.83	0.5	0.5	30-1-2017	30-1-2017	31-1-2017	31-1-2017	100.0%	0.0%
17.7	sector 2	PISO 2->sector 2	15.61	0.6	0.6	31-1-2017	31-1-2017	1-2-2017	1-2-2017	100.0%	0.0%
17.8	sector 3	PISO 2->sector 3	9.73	0.4	0.4	1-2-2017	1-2-2017	1-2-2017	1-2-2017	100.0%	0.0%
17.9	sector 4	PISO 2->sector 4	15.45	0.6	0.6	1-2-2017	1-2-2017	2-2-2017	2-2-2017	100.0%	0.0%
17.10	sector 5	PISO 2->sector 5	16.72	0.6	0.6	2-2-2017	2-2-2017	3-2-2017	3-2-2017	100.0%	0.0%
17.11	sector 1	PISO 3->sector 1	12.83	0.5	0.5	8-2-2017	8-2-2017	8-2-2017	8-2-2017	100.0%	0.0%
17.12	sector 2	PISO 3->sector 2	15.61	0.6	0.6	9-2-2017	9-2-2017	9-2-2017	9-2-2017	100.0%	0.0%
17.13	sector 3	PISO 3->sector 3	9.73	0.4	0.4	9-2-2017	9-2-2017	10-2-2017	10-2-2017	100.0%	0.0%
17.14	sector 4	PISO 3->sector 4	15.45	0.6	0.6	10-2-2017	10-2-2017	10-2-2017	10-2-2017	100.0%	0.0%
17.15	sector 5	PISO 3->sector 5	16.72	0.6	0.6	13-2-2017	13-2-2017	13-2-2017	13-2-2017	100.0%	0.0%

erarquí	Código	Nombre	Medición	Unidad	Rendimiento	Horas Humanas	Recursos	
							Planificación	Actual
+12	0022	MU - ENFIERRADURA	90299.33	KG	0.063	5729	AYUDANTE ENFIERRADOR: 3; MAESTRO ENFIERRADOR: 11	
+13	0023	MU - MOLDAJE	10224.07	M2	0.744	7610	AYUDANTE MOLDAJE: 6; MAESTRO MOLDAJE: 12	
+14	0025	MU - HORMIGON	1025.31	M3	2.979	3054	JORNAL CONCRETERO: 3; JORNAL VIBRADOR: 6	
+15	0027	LO - MOLDAJE	7230.25	M2	0.891	6441	AYUDANTE MOLDAJE: 6; MAESTRO MOLDAJE: 11	
+16	0028	LO - ENFIERRADURA	89744.02	KG	0.063	5694	AYUDANTE ENFIERRADOR: 3; MAESTRO ENFIERRADOR: 11	
-17	0030	LO - HORMIGON	1019.01	M3	2.115	2155	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.1	sector 1	PISO 1->sector 1	13.9	M3	2.115	29.4	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.2	sector 2	PISO 1->sector 2	17.13	M3	2.115	36.2	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.3	sector 3	PISO 1->sector 3	11.86	M3	2.115	25.1	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.4	sector 4	PISO 1->sector 4	15.4	M3	2.115	32.6	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.5	sector 5	PISO 1->sector 5	17.49	M3	2.115	37	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.6	sector 1	PISO 2->sector 1	12.83	M3	2.115	27.1	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.7	sector 2	PISO 2->sector 2	15.61	M3	2.115	33	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.8	sector 3	PISO 2->sector 3	9.73	M3	2.115	20.6	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.9	sector 4	PISO 2->sector 4	15.45	M3	2.115	32.7	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.10	sector 5	PISO 2->sector 5	16.72	M3	2.115	35.4	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.11	sector 1	PISO 3->sector 1	12.83	M3	2.115	27.1	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.12	sector 2	PISO 3->sector 2	15.61	M3	2.115	33	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.13	sector 3	PISO 3->sector 3	9.73	M3	2.115	20.6	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.14	sector 4	PISO 3->sector 4	15.45	M3	2.115	32.7	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	
17.15	sector 5	PISO 3->sector 5	16.72	M3	2.115	35.4	JORNAL CONCRETERO: 5; JORNAL VIBRADOR: 2	

Figura 4.56: Reporte generado para el caso del hormigón de losa del piso tipo

4.2 CONCLUSIONES

4.2.1 Modelación e integración 3D

- Al incorporar el modelo 3D, se mejora el entendimiento de la estructura en el proceso de programación, esto porque la distribución espacial de los elementos es más clara para definir los sectores de trabajo. Así el proceso interpretativo se vuelve más entendible, mejorando la comprensión de los sectores de trabajo.
- El archivo IFC mejora la eficacia del trabajo en la plataforma, esto porque como funcionan con una exportación personalizada, solo se cargan los elementos y las propiedades que son necesarias, como por ejemplo la geometría de la obra gruesa. Además, la extensión IFC permite la interoperabilidad entre los softwares BIM más usados del mercado como ArchiCAD, Tekla y Revit.

4.2.2 Integración de mediciones

Primero, en términos generales del proceso de cubicación en VICO Office, se nota que:

- Si se definen los elementos por capa según la estructuración de las actividades, se tiene que la cubicación necesaria por actividad es calculada de forma automática.

De esta manera, entre los beneficios reportados del proceso tradicional:

- Se elimina la incertidumbre de la cubicación a partir de los planos, esto porque en la práctica es difícil que dos personas lleguen a los mismos valores.
- Se reducen las horas hombre necesarias para realizar la cubicación, ya que, si el elemento viene definido por capas, el proceso es inmediato.
- Se eliminan las horas hombre necesarias para verificar las cubicaciones, ya que tal como se comprobó, el software las entregó de forma precisa.

En cuanto al proceso de cubicación de moldajes se observa que:

- El proceso de selección visual es más automatizado e intuitivo que la interpretación de planos, por lo que reducen las fuentes de error.
- Se pueden trapazar las cubicaciones a los diferentes sub contratos, ya que generalmente en el caso del moldaje, son los subcontratistas quienes vuelven a realizar la cubicación de los planos. En este sentido sino es usada por los contratistas, sirve como una herramienta fundamental de comparación con las cantidades entregadas en los presupuestos.
- El cálculo del moldaje de losa es un beneficio directo, porque calcula de forma precisa la cantidad de metros cuadrados considerando además el rebalse.

Finalmente, de la retroalimentación realizada del diseño, se concluye un aumento de la interoperabilidad con arquitectura, esto porque el modelo pasa a ser un motor fundamental para la programación de las actividades y en términos más prácticos se observaron las siguientes dependencias:

- La construcción de los elementos de medición es automática si los elementos vienen clasificados por capas o algún otro identificador.
- Si hay elementos que se intercepten, entonces la cubicación se ve alterada por consiguiente la duración de las actividades y el presupuesto.
- La zonificación realizada en VICO es automática si los elementos vienen separados por piso.

4.2.3 Zonificación

- Generalmente los programas de obra son usados como guías simples de trabajo, donde se ven más bien el orden de las actividades y no el cómo, ni donde se realizan. Además, por esta misma razón, es que los frentes de trabajo sufren reiteradas variaciones en el tiempo o sencillamente no se definen en el programa. También ocurre en algunos casos, que la construcción comienza sin que la carta Gantt esté terminada, porque se va ajustando en el camino o bien, no se piensa al principio como será construida la obra.

Una de las soluciones reportadas a estas problemáticas es que la zonificación previa del modelo obliga a pensar en la secuencia constructiva para el caso de la obra gruesa y sin que el programa este confeccionado ya se tiene una idea de los frentes de trabajo a utilizar porque la localización permite añadir y visualizar el dónde se realizarán las actividades. Además, existe una dependencia directa con el programa de obra, ya que los cortes del modelo se traspasan de forma automática.

- Las cubicaciones de hormigón por sectores son necesarias en terreno, porque justamente se hormigona por zonas. Estas son usadas para generar las guías de despacho, sin embargo, es un proceso generalmente espontaneo, se realiza en reiteradas ocasiones, y por lo mismo presenta errores en que no se piden las cantidades necesarias, sino que sobra o falta

Así es que la automatización de la cubicación por sectores es un beneficio directo para el proceso de hormigonado, esto porque permite:

- Obtener las cantidades forma inmediata para realizar las guías de despacho por sector.
- Obtener las cantidades todos los sectores del edificio al mismo tiempo, y por consiguiente se puede hacer una proyección de las cantidades de hormigón que serán pedidas en el tiempo con el proveedor.

Este proceso también se puede proyectar al uso de moldajes por sector, si estuviera modelada la enfierradura, también sería replicable para ir pidiendo de forma secuencial los materiales necesarios, de esta forma además de agilizar la logística de despacho, se ahorra espacio en la obra.

4.2.4 Programación de obra

- Primero se observa una simplificación en el trabajo y manejo de la información del programa, dado que las líneas de balance por zonificación redujeron el número de actividades del programa tradicional en casi un 92%

De la vinculación al modelo

- A la hora de vincular las actividades, como pasa con el caso de la excavación y hormigonado en las fundaciones, se deben considerar criterios constructivos en el editor de fórmulas, esto porque generalmente dependiendo de la geometría de las fundaciones, es que se utiliza más hormigón, o se excava más de las cantidades obtenidas por el modelo.

Sin embargo, pese a estas diferencias producto de los criterios constructivos, se tiene que los datos geométricos del modelo, son las mejores variables de entrada al proceso de estimación real de las cantidades usadas en terreno.

En cuanto a las ventajas visuales del programa de obra propuesto, se tiene que:

- Tal como se mostró en las comparaciones del piso 2, es más entendible, y por lo tanto se traspa de forma más efectiva la información a las distintas especialidades.
- Dado que se define la secuencia constructiva como bucles de trabajo, entonces no se da un prorrateo de las actividades como pasa en Project, lo que permite entender de mejor manera las pausas entre las actividades.
- Se pueden identificar de forma más clara las actividades críticas, es decir, las que tienen una mayor duración e impacto en el programa de obra. Por lo tanto, visualmente se pueden identificar las actividades en las que conviene poner más recursos.

De las automatizaciones generadas por VICO Office, se observa que:

- Los gráficos de control de recursos se generan de forma automática, lo que mejora la eficiencia del proceso iterativo del ajuste entre el programa marcado por hitos, los recursos y el presupuesto.
- Cualquier cambio en las cantidades, modifica las duraciones del programa de obra de forma automática, lo que mejora la problemática que se tiene en obra con información desactualizada.

En términos generales

- Los gráficos de recursos permiten realizar una proyección de la mano de obra utilizada, y de esta forma buscar que sea constante en el tiempo para que no se tengan tiempos muertos de trabajo.

4.2.5 Optimización del programa

- La zonificación marca un ritmo de trabajo que, considerando las mismas duraciones de las actividades del programa tradicional, genera un ahorro del 5% de la duración de la obra gruesa. Por lo tanto, la programación por localización genera un ahorro de tiempo
- Las líneas de balance apoyadas por VICO Office permitieron llegar a una reducción del 10% de la duración en la obra gruesa, aumentando la mano de obra en un 16%. Si embargo, independiente que no se haya realizado la evaluación económica de este aspecto, se reporta la utilidad y eficiencia del proceso iterativo de optimización a partir de los recursos.

4.2.6 Simulación 4D

- La simulación 4D como herramienta visual mejora el traspaso de información a las diferentes especialidades, ya que la delimitación del modelo y los colores son más fáciles de entender que un set de planos con carta gantt.
- Otro aspecto importante de la simulación es que permite reducir los retrabajos producto del mal hormigonado, que se da porque en terreno no se interpretan bien los planos y no se respetan las juntas frías. Esto provoca incluso la demolición completa de las estructuras mal hormigonadas.

4.2.7 Control de Obra

- Primero, se puede comentar que la confidencialidad de la información es alta, aun siendo la misma empresa con dos áreas distintas. Es por eso que no se pudieron obtener los rendimientos reales para guardarlos en futuros proyectos, y solamente servirán para tener ideas globales de los tiempos constructivos.
- Dado que no se obtuvieron las actividades anteriores al hormigonado, esta falta de información genera inconsistencias visuales en la proyección de las actividades faltantes. Sin embargo, pese a esto, el software respeta las relaciones de precedencia para hacer la proyección de obra.
- Finalmente, del control realizado se valida el proceso automatizado para hacer proyecciones, ver problemáticas y en definitiva tomar medidas correctivas.

4.2.8 Mejoras del software

Del software se plantean las siguientes mejoras:

- Se plantea que se puedan asignar colores a los elementos de medición para diferenciarlos, esto porque en ArchiCAD, si bien se puede predefinir, el costo es cambiar la textura y color de los materiales, por lo que se pierden fines arquitectónicos. La sugerencia apunta a diferenciar dentro de VICO Office, porque es en el proceso de programación donde resulta cómodo diferenciarlos.
- Por otro lado, si bien el software no es una plataforma de modelado, la mejora apunta a que los cortes realizados en los elementos se respeten cuando se desea asignarlos manualmente de una zona a otra.
- Dado que el proceso de ajuste de fechas se realizó en más de una ocasión de forma manual, un cambio en las actividades de los niveles inferiores desplaza todas las actividades sucesoras. Es por eso que la mejora planteada es que se puedan poner restricciones en el término de las actividades, o bien, que las actividades queden en días enteros y no cortadas por dos días.
- La simulación 4D es un reflejo del programa de obra, donde el máximo nivel de detalle es por día. Esto provoca que las actividades que hay entre medio del día como por ejemplo el hormigonado, no se muestren en la simulación a menos que termine justo al final de jornada. La mejora planteada es reducir el nivel de detalle a horas, para poder ver todas las actividades, inclusive las que están entre medio.

4.2.9 Proyección de temas investigativos

- Dado que se trabajó con cuantías de acero para la duración de las actividades por zona, se podría evaluar el modelado de la enfierradura en ArchiCAD, y además se podría contrastar con el software TEKLA, cuya especialidad es el detallamiento en acero.
- Si bien las mediciones obtenidas por el modelo y el programa son geoméricamente exactas, en la práctica hay diferentes variaciones debido a los criterios constructivos como por ejemplo en el caso de la excavación. Es por eso que si bien las mejores variables de entrada son las exactas, se debería estudiar los criterios constructivos para ajustar las mediciones del modelo.
- Si bien se realizó una optimización del programa de obra a partir de las duraciones y la mano de obra, no se hizo la evaluación económica, por lo cual un tema importante a estudiar, es cuantificar la incorporación del costo al proceso de ajuste.
- Dado que solamente se usó la mano de obra, un tema importante abordar es la optimización e incorporación de la maquinaria y los materiales. Además, considerando que uno de los problemas es el espacio, se podría estudiar la localización de los materiales en el proceso constructivo, y analizar previamente el despacho a la obra.
- El control de obra se valida de forma parcial, por lo tanto un tema a desarrollar es realizar un control detallado de obra, validando un programa optimizado y ver qué tal se cumple con todas las actividades.
- A pesar de que la metodología propuesta se valida en la incorporación del modelo, las mediciones, la programación por zonificación y parte del control de obra, se tiene que es solo en obra gruesa. Un tema por considerar es realizar el análisis con las terminaciones.

4.2.10 GENERALES

- Dado las problemáticas que se tuvieron para obtener la información del proyecto por parte de la constructora, como por ejemplo la zonificación, el control de obra y los rendimientos reales. Se puede concluir que la jefatura de terreno tiene barreras de entrada a la tecnología BIM y a la mejora en el proceso de planificación, esto porque:
 - Existe el paradigma de que la tecnología y los profesionales jóvenes no son aptos para ayudarles o “enseñarles” a mejorar un proceso que llevan haciendo por años.
 - La cantidad de información necesaria para realizar una buena planificación, es visto como una amenaza o un riesgo al control de su trabajo que no están dispuestos a correr.
 - El tiempo necesario para realizar una buena planificación se ve como un retraso en las actividades diarias.

En esta línea, para poder romper las barreras de entrada a la nueva metodología, el óptimo es realizar actividades puntuales que requieran poco tiempo de implementación, poca información de parte de la constructora y que tengan un beneficio a corto plazo.

- La información por sectores, como las cubicaciones y mano de obra, sumado a la simulación 4D, promueve el paso de un proceso artesanal a industrializado. Esto porque, tradicionalmente es en terreno donde el jefe de obra debe tener la habilidad de abrir frentes de trabajo, interpretar los planos para las zonas a construir, calcular los materiales necesarios según lo que desea realizar, y por consiguiente la mano de obra. Sin embargo, en la línea de trabajo propuesta, el jefe de obra ya dispone de los frentes de trabajo porque tiene la coordinación de las distintas especialidades, dispone de la zonificación visual de la obra, es decir, no tiene que interpretarla, y finalmente tiene las cubicaciones y mano de obra por sector, no tiene que calcular ni distribuir nada, solamente tiene que supervisar. Así es que los profesionales de terreno pasan a ser más operarios de la información, y por tanto se tienen menores márgenes de error.
- Finalmente, de la investigación se valida la metodología propuesta en los aspectos de incorporación del modelo al proceso de ajuste, las mediciones y la programación de líneas de balance por zonificación con un entorno BIM. Y como esta aporta y mejora la productividad de un proceso que es artesanal a industrializado.

5 Glosario

- **Archivo IFC (Industry Foundation Classes):** Es un formato de datos que tiene como finalidad permitir el intercambio de un modelo informativo sin la pérdida o la distorsión de datos o informaciones. Fue creado como un estándar que facilita para los softwares BIM dentro de la construcción
- **DOM en línea:** Es una iniciativa público-privada que consiste en desarrollar una plataforma en línea para la gestión de los trámites que deben realizarse en la Direcciones de Obras Municipales (DOM). Con ello toda la información pasará de ser física a digital
- **Interoperabilidad:** Es la capacidad de dos o más softwares para intercambiar información y utilizar la información intercambiada.
- **VDC (Virtual Design and Construction):** Es la gestión integrada de la información de todas las áreas de un Proyecto en un espacio virtual, desde la gestión de la ingeniería básica hasta el impacto económico. El VDC incluye la gestión empresarial y en el área de la construcción, las herramientas de modelado de información BIM.

6 Bibliografía

- Alcoholado, R. (28 de Noviembre de 2013). Productividad laboral en Chile ¿Cómo estamos? *Encuentro de Gestión de Personas. Más Productividad, Imperativo Urgente*. Concepción. Obtenido de <https://goo.gl/sKwriz>
- AutoDESK Solutions. (s.f.). Obtenido de <https://goo.gl/EuHytJ>
- Bachelet Jeria, M. (2015). Discurso de la S.E. *Inaguración del XXXVII Encuentro Nacional de Prensa*. Santiago. Obtenido de <https://goo.gl/S2NU4g>
- Brito, M. (2017). Plan Construye 2025: Productividad y Contrucción Sustentable. *Seminario Construcción Industrializada: Una Alternativa para Mejorar la Productividad y Sustentabilidad en Proyectos de Salud*. Santiago. Obtenido de <https://goo.gl/dsTneA>
- Buchmann-Slorup, R. (2012). *Criticality in Location-Based Management of Construction*. DTU Management Engineering. Obtenido de <https://goo.gl/YLP94q>
- Camara Chilena de la Construcción (CChC). (s.f.). Obtenido de <https://goo.gl/v8Lhq8>
- CDT. (2013). *Análisis de la productividad en Oras de Edificación en Chile*. Santiago. Obtenido de <https://goo.gl/4sZSrK>
- Construsoft. (s.f.). *Construsoft casos de éxito*. Obtenido de <https://goo.gl/QhcNp7>
- Construye 2025, P. (s.f.). *PLAN CONSTRUYE 2025*. Obtenido de <https://goo.gl/ME6qKZ>
- Couto Cerqueiro, D. (2014). *BIM Quantity Takeoff: Assessment of the quantity takeoff accuracy as an automatic process. The special case of Revit and Vico Office*. Master Thesis, University College, Universidad Politecnica Valencia, Universidad de Cantabria,. Obtenido de <https://goo.gl/9y6PTD>
- Díaz Montecino, D. A. (2007). *Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura*. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Obtenido de <https://goo.gl/NaoAbH>
- F. Alarcón, L., & A. Mardones, D. (1998). *Improving the Design-Construction Interface*. Guaruja, Brazil. Obtenido de <https://goo.gl/GyVtwY>
- Fuentes, J. R., & García, G. (Abril de 2014). Una mirada desagregada al deterioro de la productividad en Chile: ¿Existe un cambio estructural? *Economía Chilena*, 17(1). Obtenido de <https://goo.gl/656F5T>
- Guitierrez, M. (04 de Octubre de 2016). Inversión inmobiliaria al 2020. *El Mercurio*. Obtenido de <https://goo.gl/4UZvef>
- Hernández Silva, N. D. (2011). *Procedimiento para la coordinación de especialidades en proyectos con plataforma BIM*. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Obtenido de <https://goo.gl/4h7VrQ>

Jara Durán, C. E. (2010). *Colaboración extrema y gestión de compromisos en la etapa de diseño y proyectos*. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. Obtenido de <https://goo.gl/XSnB7t>

KAISEN Arquitectura & Ingeniería. (s.f.). Obtenido de <https://goo.gl/oNbdiW>

KPMG. (15 de Abril de 2015). *El 31% de las construcciones globales se completan en plazo*. Obtenido de <https://goo.gl/HpQWd6>

Naranjo, B. (2017). Curso de Planificación de Obras Industrializadas. *Tercer Encuentro de Transferencia Tecnológica*. Realizado en Centro de extensionismo tecnologico DECOM de la Universidad Católica, Santiago. Obtenido de <https://goo.gl/LVgWng>

SERNAC. (25 de Agosto de 2016). *Recomendaciones al comprar una vivienda: SERNAC lanza campaña “Tus derechos en el mercado inmobiliario”*. Obtenido de <https://goo.gl/DdxXaZ>

Soto, C. (2017). Construye 2025: Plan BIM, Metodologías y tecnologías para una construcción colaborativa. *eminario Construcción Industrializada: Una Alternativa para Mejorar la Productividad y Sustentabilidad en Proyectos de Salud*. Santiago. Obtenido de <https://goo.gl/G4t8Qt>

Trimble. (s.f.). *Vico Office Software, Integrating Construction*. Obtenido de <https://goo.gl/aNcZH5>

7 Anexos y Apéndices

ANEXO A ANTECEDENTES DE LA EMPRESA Y EL PROYECTO

Acerca de la Empresa

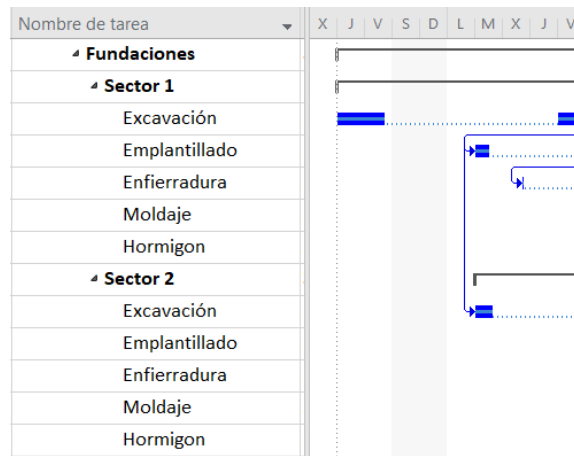
La empresa “GINA”, como inmobiliaria-constructora, desarrolla los proyectos desde el diseño de arquitectura hasta la etapa de construcción, donde sólo realiza subcontrataciones de la ingeniería estructural.

La empresa realiza la planificación con la metodología tradicional, tal cual fue explicada en el diagrama del capítulo II, sin embargo, debido a las potenciales mejoras que ofrece BIM, ha decidido incorporar esta filosofía en su línea de trabajo, y con ello, el uso específico del software ArchiCAD y VICO Office, para el área de arquitectura y construcción respectivamente.

Antecedentes del proyecto

El proyecto “E.M”, corresponde a un edificio habitacional, que tiene quince pisos más dos subterráneos. Además, como ya se encuentra en construcción, específicamente en la etapa de terminaciones, se tiene que fue planificado y controlado con la metodología tradicional, donde se destaca que:

- La información del proyecto disponible se encuentra en planos en AutoCAD.
- La programación se realizó utilizando carta Gantt con el software MS Project, donde si bien, se definen zonas como “Sectores” de trabajo tal como muestra la siguiente Figura, se tiene que, en la práctica, la forma de identificarlas es coloreando los planos del proyecto impreso. Sin embargo, esta información es bien exclusiva del área de construcción, y la inmobiliaria no dispone de la definición visual de los sectores.



Zonificación realizada en MS Project

- Los rendimientos de la mano de obra con los que se confecciono el programa se encuentran disponibles en el presupuesto oficial del edificio.
- El control de obra también es realizado por la constructora y la forma con la que se realiza, ya sean planillas o informes, no son compartidas con la inmobiliaria, solamente se mandan reportes periódicos del porcentaje de avance.

ANEXO B Entrevista Empresa GINA

A continuación, se presentan las principales problemáticas reportadas por la empresa GINA:

- Actividades muy largas en el plan de obra que dificultan el avance de otras especialidades

Uno de los problemas reportados en los programas de obra, es que las relaciones de precedencia de actividades de gran duración son definidas del tipo termino-inicio, esto significa que, para comenzar las actividades sucesoras, se deben terminar de forma completa las actividades sin importar la duración de esta.

De esta forma, se ven afectados los tiempos de trabajo de las actividades siguientes porque se tiene una mano de obra parada y con altos tiempos de espera, siendo que es posible añadir la variable de espacio a las actividades de mayor duración, y de esa forma poder abrir frentes de trabajo en diferentes zonificaciones sin la necesidad de haber terminado en su totalidad la actividad.

Este problema la empresa lo intento solucionar con el software MS Proyect, un programa que realiza un plan de obra en carta Gantt tradicional, sin embargo, tuvieron dos problemas puntuales.

1. Dificultad a la hora de ingresar recursos por actividad

No hay un vínculo directo entre la duración de la actividad y los recursos de la mano de obra. Por lo que se opta por solo ingresar las duraciones de las actividades y las relaciones de precedencia.

2. Dificultad de los responsables de terreno en la visualización de zonas

Para construir un programa por zonificación en MS Proyect, es necesario crear bucles de trabajo con las actividades por cada localización y luego dependiendo del número de frentes de trabajo, se deben replicar estos bucles de actividades como listas desplegables.

El problema reportado es que la programación entregada a terreno es una lista extensa con relaciones de precedencia poco claras y que en definitiva la zonificación no es entendida por los jefes de terreno a menos que fuera una herramienta mas visual.

En resumen, la zonificación construida en la carta Gantt no es utilizada en terreno, así es que la empresa decidió no seguir programando los bucles en MS Proyect

Finalmente, por los problemas mencionados, la empresa eligió seguir provisoriamente la solución tradicional, es decir, abrir frentes de trabajo de forma “Artesanal”, esto significa que depende exclusivamente de la habilidad de los jefes de obra, y como depende del sujeto

en terreno, sin la habilidad ni la experiencia suficiente, la constructora asume un riesgo en la duración final de las actividades, no habiendo una certeza del término de la obra.

- Identificación de los recursos de trabajo y de las cuadrillas.

Siguiendo la idea anterior, para poder construir secuencialmente, lo que se hace es crear paquetes de trabajo, es decir, tomar un sector del edificio, zonificarlo y luego asignar las cuadrillas, que posteriormente se irán moviendo dependiendo de las actividades sucesoras.

Sin embargo, en caso de imprevistos, por ejemplo, la falta de materiales, es necesario tener un programa a la fecha con las zonificaciones y las cuadrillas lo más detalladas posible, esto para que en administración se tomen decisiones con mayor eficiencia, como por ejemplo mover y reprogramar rápidamente los equipos de trabajo. De esta forma lo ideal es identificar las cuadrillas de trabajo que a modo de ejemplo, en el caso de las zapatas se definen tres zonas, donde en la primera se encuentra el “Equipo I”, el cual está compuesto por el “Carpintero I”, más los “Ayudantes I.1 y I.2”.

Aunque si bien el problema parece sencillo, según lo reportado por Almagro, lo que realmente pasa en la práctica, es que solo el capataz a tiempo real sabe el sector donde están trabajando sus cuadrillas, mientras que por otro lado el administrador y jefe de obra desconocen esta información.

Lo que espera mejorar la empresa en esta línea, es poder identificar las cuadrillas con alguna codificación, poder programarlas de antes y finalmente motinorearlas en del desarrollo del proyecto. Pese a que este problema también se intento solucionar con MS Proyect, se tiene que el software permite el ingreso de recursos de forma genérica sin diferenciar la mano de obra.

- Ineficiencias en el proceso de hormigonado y retrabajos

Actualmente en la empresa el proceso de hormigonado se programa por zonificación manual y “artesanal”, esto porque se imprimen los planos en planta del edificio, y luego se colorean los sectores por día a hormigonar. La empresa utiliza dos criterios para definir la zonificación y capacidad de vaciado por día:

1. Tipo de vaciado, si es por capacho, bomba etc.
2. Juntas frías

Este último concepto es fundamental para el buen desarrollo de la obra, y es aquí donde se encuentra el motivo de la mayor cantidad de retrabajos en la construcción. Para esto cabe decir que los retrabajos son todas aquellas actividades que no fueron consideradas en el plan de obra y que son el resultado de actividades que fueron mal ejecutadas, por ejemplo, la demolición de elementos por resistencia o juntas frías, el transporte de escombros, materiales no considerados, entre otras.

Las juntas frías del hormigón son aquellas discontinuidades en las estructuras que son permitidas por el diseño, esto es las uniones no monoicas y que estructuralmente genera que los elementos en algunos casos trabajen de forma discontinua.

Así es que la empresa reporta que comúnmente los jefes de obras no respetan el límite de las juntas frías, donde se depende nuevamente de la habilidad del operario para delimitar las zonas e incluso comenta que, en la mayoría de los errores registrados, los planos tampoco son tan claros.

Este proceso que en resumen es ineficiente y tiene como resultado un retrabajo que es la demolición, lo que en definitiva aumentan los costos del presupuesto porque se debe reconsiderar más mano de obra, nuevamente el hormigonado, el botadero de los escombros resultantes y por si fuera menos, esto genera un retraso de las siguientes actividades.

Se espera por parte de Almagro que, para mejorar la eficiencia de este proceso, sean capaces de entregar diariamente las zonas a hormigonar por color marcadas en un modelo 3D y los metros cúbicos exactos, de tal manera que el jefe de obra sea más bien un operario en vez de un artesano, es decir, que solo deba colocar el hormigón y no tenga que pensar donde colocarlo.

- Automatización de proceso de programación, Actividades críticas del plan de obra

Basado en la filosofía VSM (Value Stream Mapping) la empresa necesita una plataforma que le permita hacer un mejor análisis de las actividades que le añaden o no valor al producto final. En resumen, esta metodología consiste en identificar las actividades que son críticas en el plan de obra, y luego a diferencia de la carta Gantt que busca acortar la duración de la tarea crítica, lo que busca es reducir o eliminar las actividades todas las actividades anexas a la crítica.

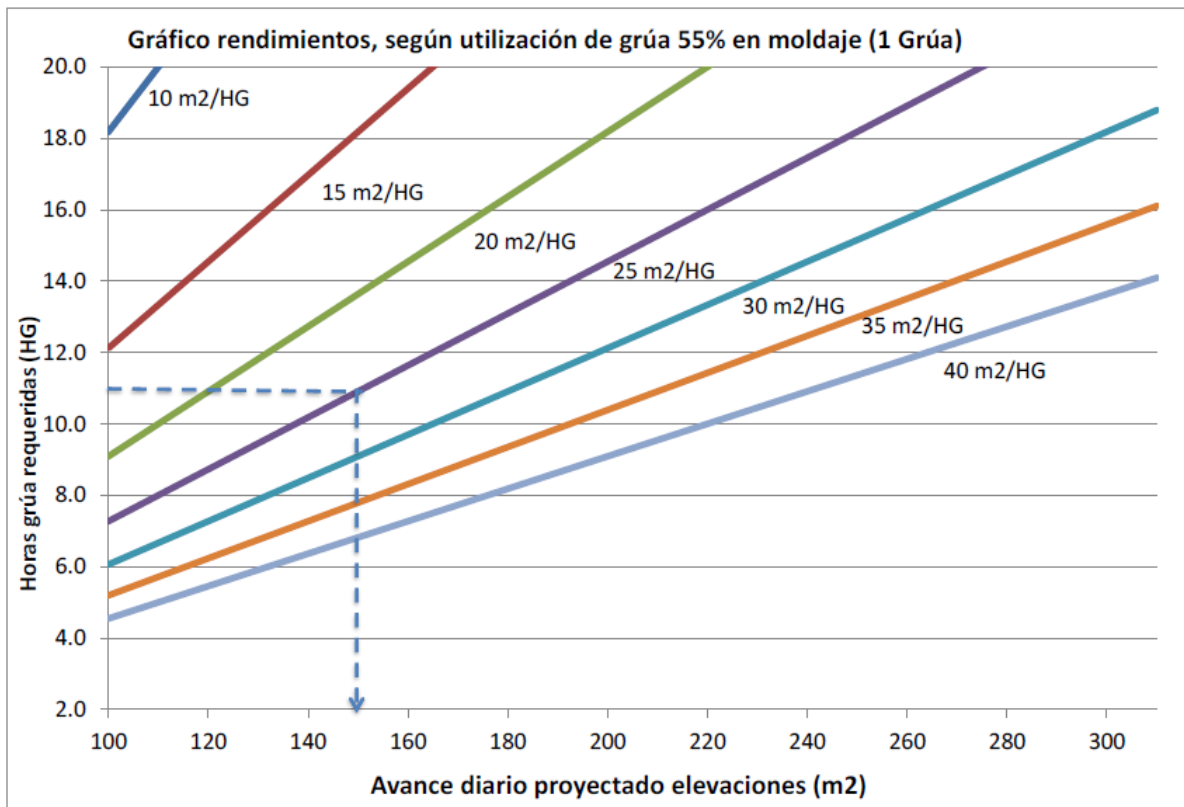
A modo de ejemplo, se tiene la actividad de colocación de yeso cielo, la cual tiene un rendimiento definido y cuya duración total depende de las actividades anexas, por ejemplo:

1. Sacar o “descarchar” hormigón de juntas de losa muro.
2. Generar una superficie de trabajo, ya que la idea es que solo levante la mano el yesero
3. Tener materiales e implementación necesaria para la mezcla de yeso
4. Definir el tipo de trabajo

De esta forma para poder avanzar de una pieza a otra en la colocación de yeso, lo que busca la metodología VSM es reducir las actividades anexas, por ejemplo identificar eliminar el hormigón de las juntas con nuevos sistemas etc.

Finalmente, lo que la empresa desea en esta línea, es poder automatizar esta filosofía en una plataforma capaz de identificar las actividades críticas y anexas.

ANEXO C Calculo de avance diario de moldaje con grúa

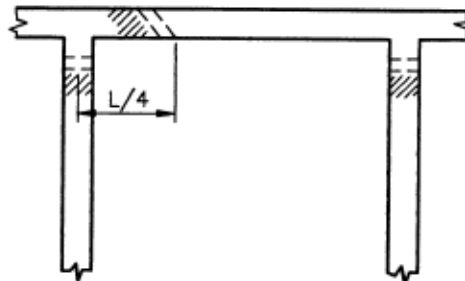


Fuente: Informe técnico Corporación de desarrollo tecnológico, Análisis de la productividad en obras de edificación en Chile.

ANEXO D Juntas frías de hormigonado

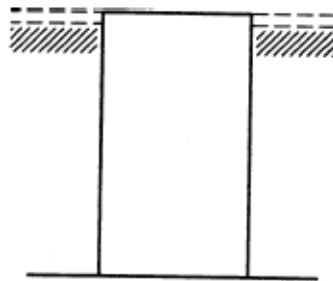
ANEXO D.1 Losas y Vigas

Las juntas de hormigonado deben ubicarse aproximadamente a una distancia de un cuarto de la luz, pasando el apoyo, y en su dirección inclinada a 45° tal como muestra la Figura

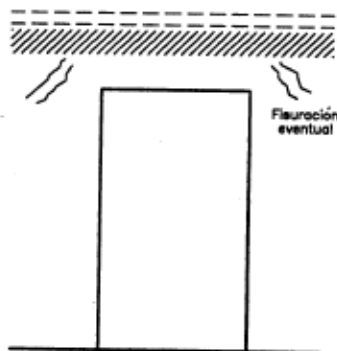


CORRECTO

Figura 4



CORRECTO

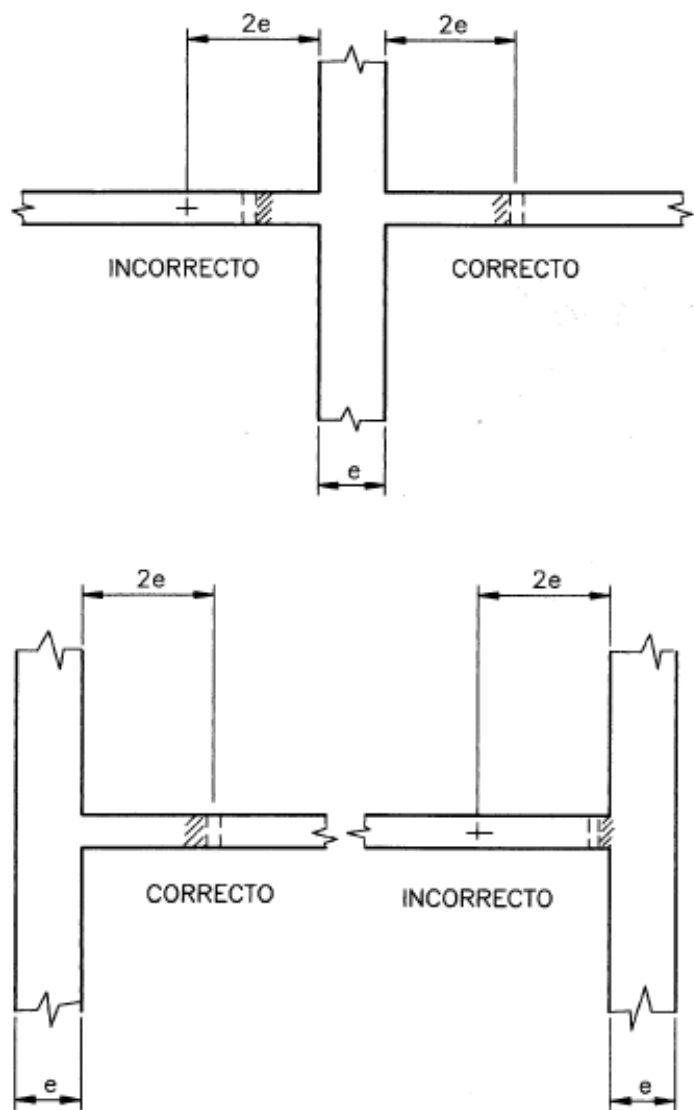


INCORRECTO

Figura 5

ANEXO D.2 Cruces y encuentros de vigas

La junta debe ubicarse en la viga que se hormigonará posteriormente, a una distancia igual al doble del ancho de la viga que se estará hormigonado tal como muestra la Figura.



ANEXO E Ajuste VICO Office

ANEXO E.1 Ajuste de equipos de Trabajo

Editar tarea: LO - HORMIGON (Total de mediciones monitorizada: 1019.01 M3, Ratio de producción teórico: 27.8 M3/turno)

Parte de **LO - HORMIGON**

6: Riesgos	7: Supervisión	8: Coste	9: Eventos de gastos	10: Personalizar	11: Diario
1: General	2: Recursos	3: Dependencias	4: Mediciones	5: Duración	

Composición del equipo

	Código	Nombre	Medición	Pf	Proveedor
1	ZBC00006-3	JORNAL VIBRADOR	0.31	1	<sin selección>
2	ZBC00007-3	JORNAL CONCRETERO	1	1	<sin selección>
3					

Número:

Duración: 36.7 turnos

Rendimiento

	Item	Idimimiento horas personas/unidad	ocio de producción unidades /tu	Medición	Tipo de coste
0	HORMIGON	2.115	27.78	1019.01 M3	

Editar tarea: LO - HORMIGON (Total de mediciones monitorizada: 1019.01 M3, Ratio de producción teórico: 16.7 M3/turno)

Parte de **LO - HORMIGON**

6: Riesgos	7: Supervisión	8: Coste	9: Eventos de gastos	10: Personalizar	11: Diario
1: General	2: Recursos	3: Dependencias	4: Mediciones	5: Duración	

Composición del equipo

	Código	Nombre	Medición	Pf	Proveedor
1	ZBC00006-3	JORNAL VIBRADOR	0.31	1	<sin selección>
2	ZBC00007-3	JORNAL CONCRETERO	1	1	<sin selección>
3					

Número:

Duración: 61.1 turnos

Rendimiento

	Item	Idimimiento horas personas/unidad	ocio de producción unidades /tu	Medición	Tipo de coste
0	HORMIGON	2.115	16.67	1019.01 M3	

Usar orden de dependencias

ANEXO E.2 Ajuste de equipos y factor de producción

Editar tarea: LO - HORMIGON (Total de mediciones monitorizada: 1019.01 M3, Ratio de producción teórico: 27.8 M3/turno)

Parte de LO - HORMIGON Dividir... Combinar... Copiar														
6: Riesgos		7: Supervisión		8: Coste		9: Eventos de gastos		10: Personalizar		11: Diario				
1: General			2: Recursos			3: Dependencias			4: Mediciones			5: Duración		
Zona	Factor de producción	Empezar	Duración (Turnos)	Hora de finalización	Numero de grupos de trabajo	Hito								
PISO 2->sector 1	1	30-1-2017	0.5	31-1-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 2->sector 2	1	31-1-2017	0.6	1-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 2->sector 3	1	1-2-2017	0.4	1-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 2->sector 4	1	1-2-2017	0.6	2-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 2->sector 5	1	2-2-2017	0.6	3-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 1	1	8-2-2017	0.5	8-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 2	1	9-2-2017	0.6	9-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 3	1	9-2-2017	0.4	10-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 4	1	10-2-2017	0.6	10-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 5	1	13-2-2017	0.6	13-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								

Editar tarea: LO - HORMIGON (Total de mediciones monitorizada: 1019.01 M3, Ratio de producción teórico: 27.8 M3/turno)

Parte de LO - HORMIGON Dividir... Combinar... Copiar														
6: Riesgos		7: Supervisión		8: Coste		9: Eventos de gastos		10: Personalizar		11: Diario				
1: General			2: Recursos			3: Dependencias			4: Mediciones			5: Duración		
Zona	Factor de producción	Empezar	Duración (Turnos)	Hora de finalización	Numero de grupos de trabajo	Hito								
PISO 2->sector 1	1	30-1-2017	0.8	31-1-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 2->sector 2	1	31-1-2017	0.6	1-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 2->sector 3	1	1-2-2017	0.4	1-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 2->sector 4	1	1-2-2017	0.6	2-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 2->sector 5	1	2-2-2017	0.6	3-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 1	1	8-2-2017	0.5	8-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 2	1	9-2-2017	0.6	9-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 3	1	9-2-2017	0.4	10-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 4	1	10-2-2017	0.6	10-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								
PISO 3->sector 5	1	13-2-2017	0.6	13-2-2017	5	<input type="checkbox"/>								