



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**USO DE IMÁGENES Y VIDEOS DIGITALES PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS
EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

DANIELA KATHERINE SOSSDORF GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA

LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN

CARLOS AGUILERA GUTIÉRREZ

WILLIAM WRAGG LARCO

SANTIAGO DE CHILE

SEPTIEMBRE 2009

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
MENCIÓN ESTRUCTURAS CONSTRUCCIÓN
POR: DANIELA SOSSDORF
FECHA: 30/09/2009
PROF. GUIA: LUIS FERNANDO ALARCÓN

“USO DE IMÁGENES Y VIDEOS DIGITALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN”

La industria de la construcción ha sido considerada históricamente como una de las más peligrosas en el mundo, principalmente a que presenta altos índices de accidentabilidad y deficiente participación en prevención de riesgos. Nuestro país no es la excepción, y aunque los indicadores experimentan una interesante disminución en las últimas décadas, aun falta mayor compromiso y la incorporación de los conceptos de seguridad y salud laboral en las obras. A pesar de que es un sector considerado tradicionalmente lento para adaptar nuevas innovaciones, la aplicación de herramientas de tecnología de información puede ser muy útil para mejorar las buenas prácticas e indicadores. Este proyecto que se enmarca dentro una investigación FONDEF, tiene por objetivo aplicar seguridad en obra a través de la captura de datos TI.

Para esto se realizó un estudio en la literatura sobre captura de datos y prevención de riesgos. También se realizan entrevistas y un focus group a expertos de la Mutual de Seguridad, para conocer las contingencias más comunes y peligrosas en obra. Con este resultado, se estiman las necesidades y se postulan metodologías correctivas de los problemas. Posteriormente se adaptan estas metodologías para su uso mediante videos e imágenes, y son denominadas herramientas. De ellas se modifican 3 de una investigación anterior y se agregan 5 nuevas al módulo de seguridad.

El diseño de las herramientas se realiza optimizando la usabilidad y permitiendo la entrega de resultados confiables. Un punto fundamental es reducir la toma de datos en obra, al tener la opción de acelerar los videos inspeccionados. Además el sistema mantiene un registro único, detallado, y mediante acceso permanente a las situaciones. Por lo tanto, el módulo de seguridad busca ser una ayuda o complemento a la labor del experto de seguridad en obra que dispondrá de ventajas que sin el uso de tecnología no sería posible, excluyendo ser una sobrecarga extra de trabajo. Los resultados esperados de utilizar las herramientas de seguridad son identificar las potencialidades de riesgos en la obra, para poder alertarlas a tiempo y con ello disminuir las tasas de accidentabilidad.

El sistema por sí sólo no tendrá impacto en terreno si no se toman estrategias en la implementación y seguimiento de los resultados e indicadores. Luego si existe un plan adecuado y el compromiso de toda la administración de la empresa, se verán resultados a mediano y largo plazo no solo en la reducción de accidentes, sino también en calidad y productividad de la obra.

Agradecimientos

Después de estos años quiero agradecer a las personas que hicieron posible terminar esta carrera en donde profesores y compañeros dejan parte de su vida, para dar vida a las ilusiones y esperanzas, que hoy se hacen realidad. Este camino llega a su fin, lleno de alegrías, aprendizajes y esfuerzos.

Primero está mi familia, quienes durante todos estos años confiaron en mí, comprendiendo mis ideales y el tiempo que no estuve con ellos. A Mario por brindarme sabiduría y confianza, a Daniela por ser un ejemplo de vida y rectitud a seguir, y a mi hermano Fernando, que siempre ha sido un gran amigo y cómplice.

A Andrés por ser un pilar fundamental en mi día, al brindarme su amor e inmensa felicidad. También a su familia por acogerme siempre.

A Vale, Paula y las demás niñas por ser tan buenas amigas, y a los todos mis amigos civiles que hicieron mucho más grato el estudio y paso de los días en Beaucheff.

A todo el grupo eléctrico y anexos a él. Es muy grande la cantidad para nombrarlos, pero tengan por seguro que nos mantendremos unidos al igual que las aventuras que vivimos en estos años.

Al profesor Luis Fernando Alarcón, por confiar en el desarrollo de la memoria, y en especial a Sebastián Fuster por guiar constantemente. A Miguel, y el resto del equipo GEPUC por su amabilidad, entrega y profesionalismo.

Finalmente quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta etapa, con sus altos y bajos en estos los años universitarios, y que si se me olvida un nombre tanto ellas como yo sabemos que desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

Índice de Contenidos

1.	<i>Introducción</i>	9
2.	<i>Objetivos</i>	11
2.1.	Objetivo general	11
2.2.	Objetivos específicos	11
2.3.	Hipótesis	11
3.	<i>Metodología y alcance de la investigación</i>	12
4.	<i>Antecedentes</i>	14
4.1.	Prevención de riesgos y seguridad de la construcción en Chile	14
4.1.1.	Las faenas riesgosas	17
4.2.	Prevención de riesgos y seguridad de la construcción en el mundo	19
4.3.	GEPUC	20
4.3.1.	Proyecto FONDEF	21
4.3.2.	Participación de Mutual de Seguridad en Proyecto FONDEF	22
4.4.	Entrevistas a expertos de Mutual de Seguridad	23
4.4.1.	Identificación de Accidentes	23
4.4.2.	Características de las personas	25
4.4.3.	Alternativas de solución	27
4.4.4.	Productividad.....	28
4.4.5.	Manejo de Información	29
4.4.6.	Proyecto e inversiones	30
4.4.7.	Uso de cámaras en Proyecto FONDEF	31
4.4.8.	Conclusiones de las entrevistas	32
5.	<i>Marco teórico</i>	34
5.1.	Definiciones de seguridad y prevención de riesgos	34
5.2.	Marco teórico de Prevención de Riesgos	36
5.2.1.	Modelos Secuenciales	36
5.2.2.	Modelos Estructurales	40
5.2.3.	Ingeniería de Resiliencia en prevención de riesgos	41
5.2.4.	Indicadores de seguridad	43
5.3.	Captura de datos en la construcción	44
5.3.1.	Herramientas de captura	45
5.3.1.1.	Muestreo del trabajo	45
5.3.1.2.	Carta de balance.....	46
5.3.1.3.	Multicuadrilla	47
5.3.1.4.	Encuestas sobre detenciones y demoras	49
5.3.2.	Mediciones automatizadas.....	50

b)	Sistema RFID	50
c)	Global Positioning System (GPS)	50
d)	Tecnologías de audio y video	50
e)	Detección de láser and Ranging (LADAR)	51
5.4.	Uso de videos e imágenes como herramienta de captura	51
5.4.1.	Registro de actividades mediante fotografías y videos.....	51
5.4.2.	Técnica de Intervalos de Tiempo o “Time-Lapse”	52
5.4.3.	Investigaciones	54
5.4.3.1.	Computación y videos interactivos aplicados al análisis de operaciones de construcción 54	
5.4.3.2.	CapCam	55
5.4.3.3.	Photo-Net II	56
5.4.3.4.	Sistema 4D.....	57
5.4.4.	Clasificación de videos.....	57
5.4.4.1.	Videos IP	58
5.4.4.2.	Videos Análogos.....	58
5.4.5.	Validación del uso de videos mediante Focus Group a expertos de Mutual	59
5.4.5.1.	Videos grabados con handycam	60
5.4.5.2.	Videos IP	62
6.	Desarrollo del sistema	65
6.1.	Definición del sistema	65
6.2.	Análisis de factibilidad del sistema.....	67
6.2.1.	Análisis de económico presentado a FONDEF	67
6.2.2.	Análisis de factibilidad técnico	69
6.3.	Software y sus requerimientos.....	70
6.4.	Arquitectura del software	71
6.5.	Marco teórico de las herramientas.....	74
6.5.1.	5S + IPA	74
6.5.1.1.	5S	74
6.5.1.2.	IPA.....	75
6.5.1.3.	Indicadores de 5S + IPA	76
6.5.2.	Muestreo de Seguridad	77
6.5.3.	LA: Likelihood of Accidents.....	79
6.5.4.	Pictogramas	82
6.5.5.	Buenas y malas prácticas.....	83
6.5.6.	Flujos de circulación.....	83
6.5.7.	Alarma	84
6.5.8.	Sistema de Entrenamiento	85
7.	Desarrollo del módulo de prevención de riesgos.....	87
7.1.	5S + IPA.....	90
7.2.	Muestreo de Seguridad.....	104
7.3.	LA: Likelihood of Accidents	110

7.4.	Pictogramas	118
7.5.	Buenas y malas prácticas	124
7.6.	Flujos de Circulación	133
7.7.	Alarma	138
7.8.	Sistema de Entrenamiento en Seguridad	144
8.	<i>Validación y Resultados</i>	147
8.1.	Obras donde se realizaron mediciones	147
8.2.	Mediciones	149
8.2.1.	5S + IPA	149
8.2.2.	Muestreo de Seguridad	153
8.2.3.	LA: Likelihood of Accidents.....	157
8.3.	Validación semanal, mensual y entre proyectos	162
9.	<i>Resumen y Conclusiones</i>	164
9.1.	Conclusiones	164
9.2.	Comentarios	165
9.3.	Recomendaciones	166
10.	<i>Bibliografía</i>	167
11.	<i>Anexo</i>	171
11.1.	Evolución del programa y sus herramientas	171
11.1.1.	5S + IPA.....	172
11.2.	Resultados de focus group	177
11.2.1.	Videos grabados con handycam.....	177
11.2.1.1.	Videos IP	189
11.2.1.2.	Validación de CapCam2	191
11.3.	Planes de Seguridad en la Empresa (5S e IPA)	192

Índice de Figuras

Figura 1: Diagrama de la metodología a realizar en el estudio	13
Figura 2: Modelo de Rasmussen de comportamiento de trabajo	37
Figura 3: Modelo de causas de accidentes	39
Figura 4: Diagrama del modelo del Dominó de Heinrich	40
Figura 5: Diagrama del modelo del Dominó de Adams.....	40
Figura 6: Diagrama del modelo del Dominó de Bird.....	41
Figura 7: Carta de Balance de la Actividad de Hormigonado de una Columna.....	47
Figura 8: Carta Multicuadrilla de un Movimiento de Tierra con Refuerzo	48
Figura 9: Diagrama de flujo de CapCam.....	55
Figura 10: Pantalla de PHOTO-NET II.....	56
Figura 11: Sistema 4D.....	57
Figura 12: Diagrama de paso de video análogo a IP	59
Figura 13: Diagrama de flujo de CapCam2.....	66
Figura 14: Arquitectura de CapCam2	71
Figura 15: Pestaña Propiedades del Proyecto del CapCam2.....	72
Figura 16: Algunos trabajo no seguro más frecuente.....	154
Figura 17: Algunos trabajos no seguro no tan frecuentes	155
Figura 18: Perspectiva de cámara hacia la obra en jornada laboral típica.....	156
Figura 19: Mediciones Muestreo de Seguridad con CapCam2	156

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Tasa de accidentabilidad del trabajo en Chile.....	14
Gráfico 2: Accidentes fatales de trabajo Enero-Marzo 2006-2007 procesos de la construcción en Chile... 16	16
Gráfico 3: Clasificación de accidentes por circunstancia, registro Mutual, año 2005	18
Gráfico 4: Infracciones a las constructoras por el no cumplimiento de la ley	18
Gráfico 5: Índice de accidentabilidad en la construcción y toda la industria en U.S.A.	19
Gráfico 6: Causas de accidentes en la construcción en U.S.A.	20
Gráfico 7: Indicadores de 5S + IPA	94
Gráfico 8: Análisis de balance (Tareas y Exigencias).....	113
Gráfico 8: Porcentajes de Tareas de la Actividad	113
Gráfico 9: Indicadores de LA Tarea.....	114
Gráfico 10: Indicadores de LA de los Recursos.....	114
Gráfico 12: Pareto de Pictogramas más frecuentes	122
Gráfico 13: Pareto de archivos por categoría	130
Gráfico 14: Indicadores obtenidos en terreno	149
Gráfico 15: Indicador IPA en mediciones en terreno y rango ideal	150
Gráfico 16: N° total de acciones subestándar por categorías en mediciones en terreno	151
Gráfico 17: N° total de condiciones subestándar en mediciones en terreno	151
Gráfico 18: Indicadores IPA de mediciones mediante CapCam2	152
Gráfico 19: Mediciones Muestreo de Seguridad en obra 2	153

Índice de Tablas

Tabla 1: Indicadores proactivos	44
Tabla 2: Encuesta sobre detenciones y demoras a nivel capataz.....	49
Tabla 3: Observaciones a distintos intervalos de tiempo con técnica time-lapse.....	53
Tabla 4: Duración de video a 1 FPS.....	53
Tabla 5: Resumen de respuestas por cada pregunta de videos handycam	61
Tabla 6: Resumen porcentual de respuestas por cada pregunta de videos handycam.....	61
Tabla 7: Resumen de respuestas por cada pregunta de videos handycam	61
Tabla 8: Resumen porcentual de respuestas por cada pregunta de videos handycam.....	61
Tabla 9: Tabla resumen respuestas de videos IP	64
Tabla 10: Indicadores económicos del proyecto FONDEF.....	69
Tabla 11: Categorías de Acciones y Condiciones Subestándar.....	76
Tabla 12: Matriz de control por herramienta.....	88
Tabla 13: Concepto que define a cada herramienta	89
Tabla 14: N° de tarjetas por categoría de acciones y condiciones subestándar.....	94
Tabla 15: Indicador LA de Actividad	115
Tabla 16: Mediciones mediante CapCam2, videos obra 2.....	152
Tabla 17: Promedio mediciones Muestreo de Seguridad en terreno.....	155
Tabla 18: Promedio de mediciones en CapCam2 de muestreo de seguridad.....	157
Tabla 19: Valor de exigencia de tareas	157
Tabla 20: Tareas realizadas en Hormigonado	158
Tabla 21: Tareas y exigencia por trabajador de hormigonado	158
Tabla 22: LA Tarea hormigonado	158
Tabla 23: LA Trabajador de hormigonado.....	158
Tabla 24: LA Actividad hormigonado	158
Tabla 25: Tareas realizadas en Enfierradura	159
Tabla 26: Tareas y exigencia por trabajador de enfierradura.....	159
Tabla 27: LA Tarea enfierradura.....	160
Tabla 28: LA Trabajador enfierradura	160
Tabla 29: LA Actividad enfierradura	160
Tabla 30: Carta de balance de enfierradura.....	161
Tabla 31: Nomenclatura de carta de balance.....	161
Tabla 32: Carta de balance de enfierradura de CapCam2	161

1. Introducción

La gestión de la Prevención de Riesgos, con indiferencia del sector al cual pertenezca una empresa, ha sido siempre una necesidad raramente lograda. Han contribuido multitud de factores, entre los cuales destacan la posición que ocupa la prevención en la escala de prioridades de muchas empresas y la carencia de medios o modelos existentes en el mercado para potenciar esta gestión. Además se conjuga la importancia de la prevención de riesgos en la empresa y del aporte que esta disciplina le puede otorgar a la competitividad, rentabilidad y eficiencia de sus negocios. Además es conocida la singularidad que representa el sector de la construcción con relación al resto de los sectores profesionales. La movilidad, temporalidad y provisionalidad de muchos de los procesos, la hacen diferente también en el ámbito de la prevención de riesgos laborales.

La mayoría de los riesgos en este sector, por su incidencia y gravedad, presentan peculiaridades que hacen necesaria una aclaración más detallada, de los casos cotidianos en la obra de construcción. Por esto la captura de información precisa y a tiempo es indispensable para la toma de decisiones en los proyectos; sin embargo, es costosa de producir e inadecuada en muchos casos.

Dado que los procesos en la construcción son controlados en forma inadecuada, con indicadores de resultados y sistemas de control que no son capaces de detectar en forma oportuna los accidentes, las pérdidas productivas y de calidad, el Centro de Excelencia de Gestión de Producción de la Universidad Católica (GEPUC), se da cuenta de esta contingencia y comienza a desarrollar una línea investigativa respecto al tema.

En cuanto al uso de tecnologías computacionales y videos para este fin, los primeros intentos fueron realizados en la Pontificia Universidad Católica en el año 1988 a través del proyecto Fondecyt “Computación y videos interactivos aplicados al análisis de operaciones de construcción”, realizado por los profesores Luis Fernando Alarcón y Pedro Hepp. Pero no es hasta la aparición de videos digitales de uso masivo y a la mayor capacidad de almacenamiento de los computadores, donde GEPUC desarrolla una herramienta de captura y análisis de datos. La primera de estas investigaciones se realizó a través de la memoria de Pedro Pablo Silva (2005), donde se crea el sistema llamado CapCam, destinado a obtener registros de productividad mediante cámaras en túneles, que permiten tener un respaldo factual de cómo se están llevando a cabo los procesos.

Posteriormente en el año 2006, GEPUC se adjudicó el proyecto FONDEF D0611013 “Utilización de imágenes y videos digitales para el mejoramiento de la seguridad, productividad y calidad en procesos de construcción”. Donde los objetivos del proyecto es desarrollar un sistema de captura, procesamiento y análisis de información que permita aprovechar el recurso de las imágenes y videos digitales para el mejoramiento en la industria de la construcción nacional, en los tres

ámbitos expuestos en el título, para lograr disminuir las tasas de accidentabilidad, mejorar la productividad y la calidad en las obras.

Además el primer resultado relacionado con la prevención de riesgos es la tesis sobre el levantamiento de las mejores prácticas de seguridad en la industria de la construcción de Carlos Rázuri, 2007. Posteriormente, se realizó la memoria sobre el diseño de un sistema de captura de datos de productividad y prevención de riesgos, utilizando videos digitales (De St. Aubin, Marzo de 2008), enmarcada dentro del proyecto FONDEF. En esa tesis, se hace diferencia entre el módulo de productividad y prevención de riesgos, y se logra el diseño del primer módulo, mientras que solo se diseñan las metodologías de las herramientas que contiene el segundo.

En este sentido, esta memoria es la continuación de la investigación realizada por De St. Aubin, donde será posible contar con una herramienta tecnológica, en base a videos digitales que permita encontrar un sistema de medición y análisis proactivo para prevención de riesgos, y de esta manera mejorar el desempeño, la eficiencia de captura y el análisis de la información. Se corroborará las metodologías escogidas de la tesis existente, se podrán sugerir modificaciones y crear nuevas herramientas si es posible. Además un paso fundamental en este trabajo es comprobar en terreno, si es efectiva la implementación del uso de videos e imágenes.

En la actualidad, el proyecto de software, denominado CapCam2, cuenta con los módulos de productividad, calidad y seguridad. Cada módulo está siendo investigado en forma separada, pero comparten algunas programaciones e interacciones entre ellos, como se verá más adelante en esta memoria.

La memoria está dividida en diez capítulos, que se han organizado de acuerdo al desarrollo del tema, de modo de ser abordada para cualquier lector, y son los siguientes:

1. *Introducción*
2. *Objetivos*
3. *Metodología y alcance de la investigación*
4. *Antecedentes*
5. *Marco teórico*
6. *Desarrollo del sistema*
7. *Desarrollo del módulo de prevención de riesgos*
8. *Validación y Resultados*
9. *Resumen y Conclusiones*
10. *Bibliografía*
11. *Anexo*

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

El objetivo principal en esta investigación es desarrollar y validar un modelo de captura de información a través del uso de imágenes y videos digitales para la prevención de riesgos y seguridad en la construcción.

2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de esta memoria son los siguientes:

- Corroborar las metodologías a seguir de las herramientas existentes en el módulo de seguridad.
- Mejorar el diseño de la interfaz computacional.
- Integrar nuevas herramientas en prevención de riesgos
- Verificar en obra si es posible la implementación de cámaras de videos digitales en alguna actividad de la construcción.

2.3. Hipótesis

Dado que la captura, procesamiento y análisis de datos de los sistemas de control en la construcción es lenta, y muchas veces inadecuada, es posible diseñar un sistema en base al uso de videos digitales y un software computacional, que lo respalde. Estos deben contener herramientas que permitan, eficientemente, realizar análisis y arrojar indicadores para el mejoramiento del desempeño de la prevención de riesgos.

3. Metodología y alcance de la investigación

Para entender cómo se abarcará este proyecto, se ha definido cuatro etapas a seguir, de acuerdo a una adaptación de Systems Development Life Cycle (SDLC) (St. Aubin, 2008), proceso lógico usado en sistemas de análisis para desarrollar una información de sistema o software, incluidos sus requerimientos, validación, práctica, uso, etc. Luego las cuatro etapas según orden cronológico son:

- Definición del proyecto
- Análisis de requerimientos
- Diseño y Construcción
- Validación

Como definición del proyecto, se tiene la concepción del problema a investigar, donde se ha realizado el nivel en la selección del estudio y su marco teórico, para ello se recurre a la bibliografía respectiva tanto de prevención de riesgos, captura de datos y tecnología de videos digitales.

Luego se continúa con el análisis de los requerimientos para el proyecto. Se realizará el levantamiento de información respecto a seguridad y prevención de riesgos en las empresas. Estos datos serán aportados por la Mutual de Seguridad, en entrevistas con los expertos de la Gerencia de Investigación y Desarrollo. Con esto se validará, cuales son los datos que se manejan y cuáles son los datos críticos que requieren las empresas en torno a seguridad. También se debe reconocer los requerimientos técnicos que necesitará el software y la metodología en el uso de las herramientas que tendrá el sistema, de acuerdo a este paso fundamental se aceptarán o rechazarán las nuevas metodologías propuestas. Por ejemplo, algunas herramientas a determinar son la forma de la captura de datos, que datos capturar y que análisis usar. También se deberá revisar las herramientas propuestas anteriormente en el módulo de seguridad y si se detectan errores, corregirlos o simplemente complementar la forma en que se mide y se obtienen resultados.

Como se tiene ha mencionado, para el diseño y construcción, se debe tener como base el prototipo planteado en la investigación desarrollada por De St. Aubin, y se deberá verificar si estas herramientas del prototipo son las adecuadas o rediseñar el apto si es necesario, y se debe mejorar la interfaz planteada mientras sea necesario. Además parte fundamental de este estudio es diseñar los nuevos complementos (herramientas) del software, de acuerdo a los requerimientos que se encontraron en el paso anterior. Luego el módulo de seguridad, se encontrará mejor complementado con elementos utilizados actualmente en la construcción.

Finalmente, se llega a la etapa de la validación del sistema y de sus herramientas en alguna obra, de forma de obtener retroalimentación por parte del usuario. Cabe destacar que esta

implementación debe ser de acuerdo a las condiciones reales que tendría en una obra y no a aproximaciones a la realidad, por lo que expertos que trabajan en terreno deben aceptar las herramientas del software.

Cabe destacar que al ser un desarrollo de un software o parte de él, se requiere la flexibilidad que el desarrollo sea un procesos iterativos, ya que permite el potencial de alcanzar los objetivos de diseño de un cliente que no sabe cómo definir lo que quieren, y que puede ir cambiando en el tiempo si es necesario.

A continuación se modela la metodología a implementar

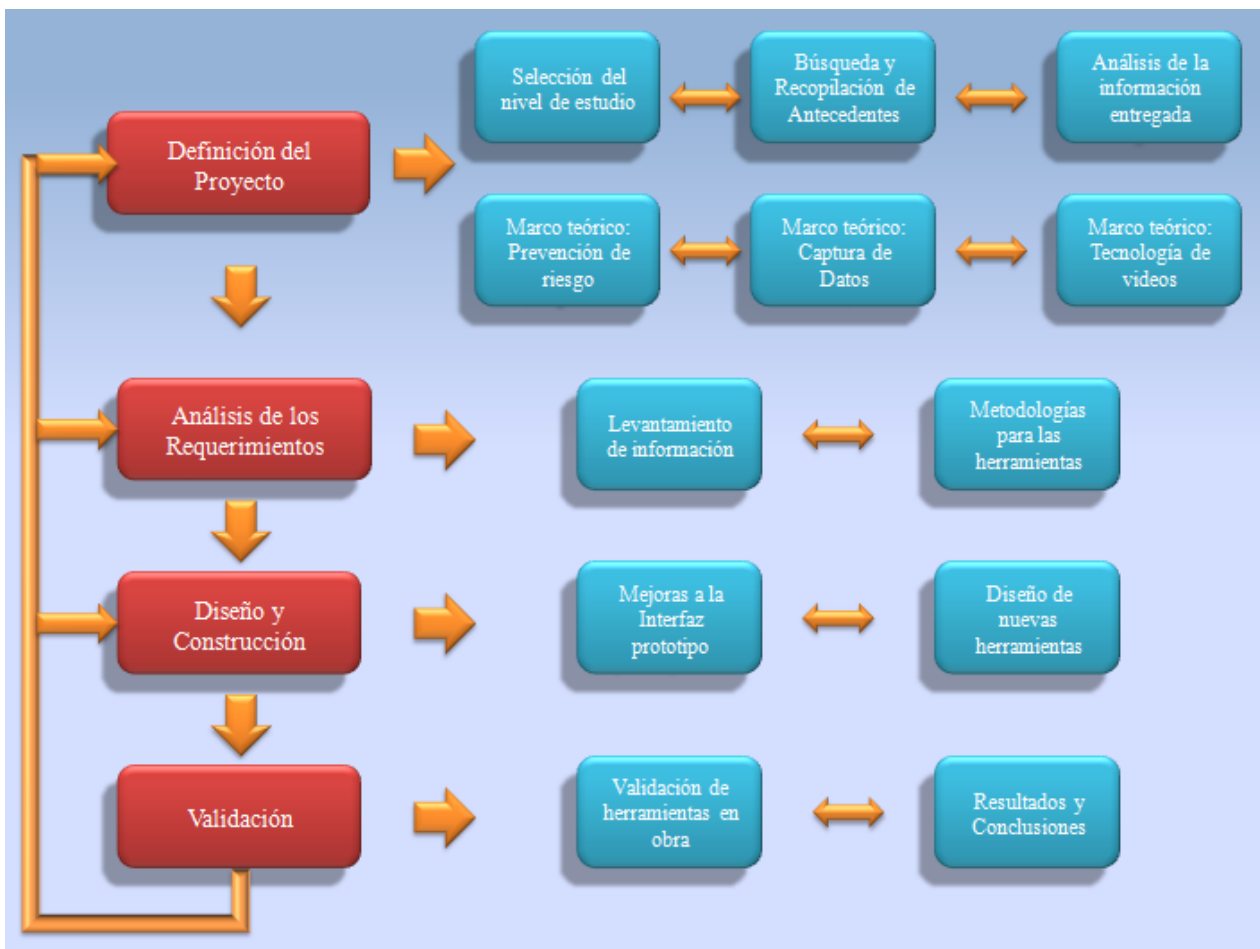


Figura 1: Diagrama de la metodología a realizar en el estudio

4. Antecedentes

4.1. Prevención de riesgos y seguridad de la construcción en Chile

La construcción ha sido considerada una de las industrias más peligrosas en el mundo, principalmente a que históricamente ha mostrado deficiente participación en seguridad, (Hinze y Huang, 2003). Es uno de los rubros que muestran los peores índices de accidentes laborales, lo que constituye que sea tratada como una actividad de alto riesgo en todo el mundo. En nuestro país los indicadores experimentan una interesante disminución debido a los avances en la incorporación de los conceptos de seguridad y salud laboral. Hay cifras que ilustran este escenario. En una década, la accidentalidad entre las empresas del sector construcción, socias de la Mutual de Seguridad, cayó desde tasas de 14,7% en 1997 al 7,63% en 2006. El indicador es aún más alentador si se considera sólo las compañías que aplican un sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional: 3,84%.

A continuación se muestra un gráfico, de la accidentalidad del trabajo, por tipo de rubro realizado.

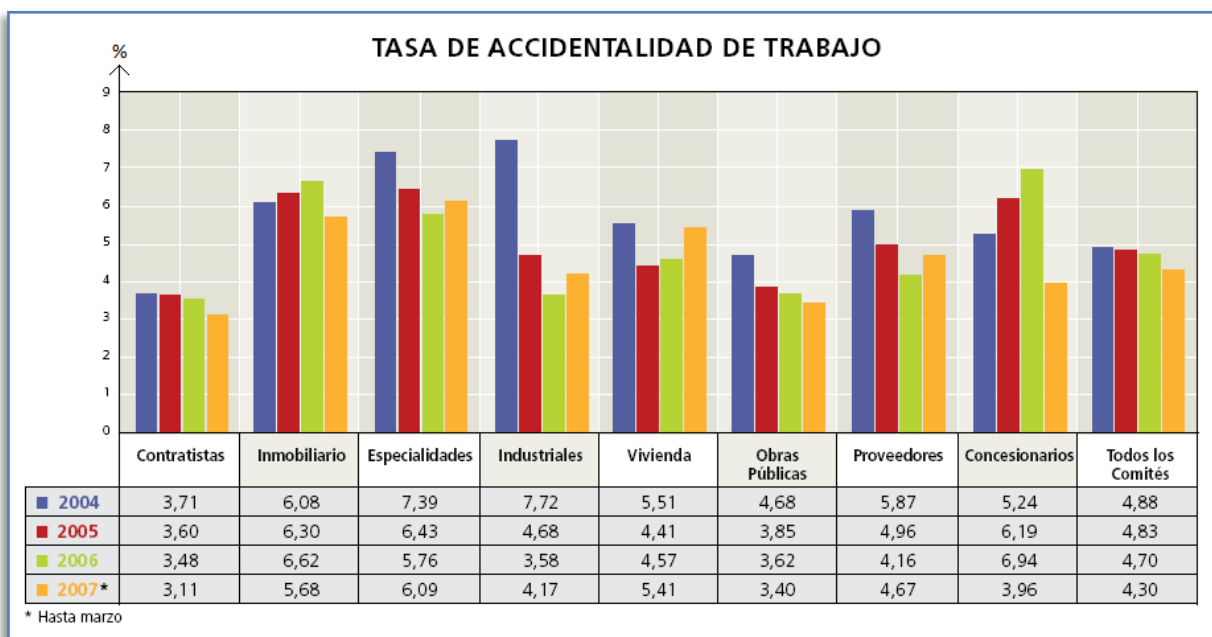


Gráfico 1: Tasa de accidentalidad del trabajo en Chile
Fuente: Revista Bit “Revista técnica de construcción”, Noviembre 2007

La tendencia a la baja se explica por diversas razones, destacando las mayores exigencias que impone la globalización. Es decir, la relevancia que otorgan los mandantes al cumplimiento no sólo de aspectos formales, sino también valóricos como el medioambiente, el desarrollo

sustentable y el bienestar de las personas. En este contexto, la seguridad y salud ocupacional cumplen un rol clave.

Un ejemplo es la presencia en nuestro país de empresas extranjeras, como las multinacionales que operan en la minería, que traspasaron a los contratistas su rigurosa cultura de prevención de riesgos, generando estrictas medidas de seguridad (Mutual de Seguridad, 2007). También la Ley aporta lo suyo, por ejemplo la obligatoriedad de que las constructoras, cuenten en forma permanente con un profesional de prevención de riesgo en la obra, cuya obligación radica en garantizar que las faenas se realizan cumpliendo con todas las medidas de seguridad.

A su vez los trabajadores de la construcción conforman un grupo en el que se plasma una de las inequidades más significativas de la sociedad. Se trata de mano de obra no calificada, de baja escolaridad, en su mayoría jóvenes que ante la inexistencia de otras opciones laborales, deben trabajar por salarios mínimos, en una ocupación temporal e itinerante, debido al corto tiempo de las obras (Universidad de Chile, 2004). Estas características los hacen particularmente vulnerables al riesgo de lesionarse, enfermarse e incluso morir, debido a las condiciones en que realizan su trabajo. Por esto la relevancia que adquiere la capacitación laboral es esencial.

En el sector construcción, los trabajadores capacitados se triplicaron en los últimos seis años, contando en la actualidad con gente más preparada (Mutual de Seguridad, 2007). Más allá de las auspiciosas cifras, queda mucho por hacer en especial en materia de accidentes fatales y graves, una de las principales preocupaciones del sector. Del total de accidentes fatales registrados por la Mutual de Seguridad en 2006, el 35% afectó a trabajadores del sector construcción. Y a pesar de esta elevada cifra la accidentalidad laboral se encuentra al nivel de países desarrollados. Sin embargo, en accidentes fatales si se compara con los países desarrollados, el país se encuentra en los rangos de Francia y Estados Unidos en los años 90.

A continuación se muestra un gráfico de accidentes fatales entre el mismo periodo para distintos años, de la Mutual Chilena de Seguridad.

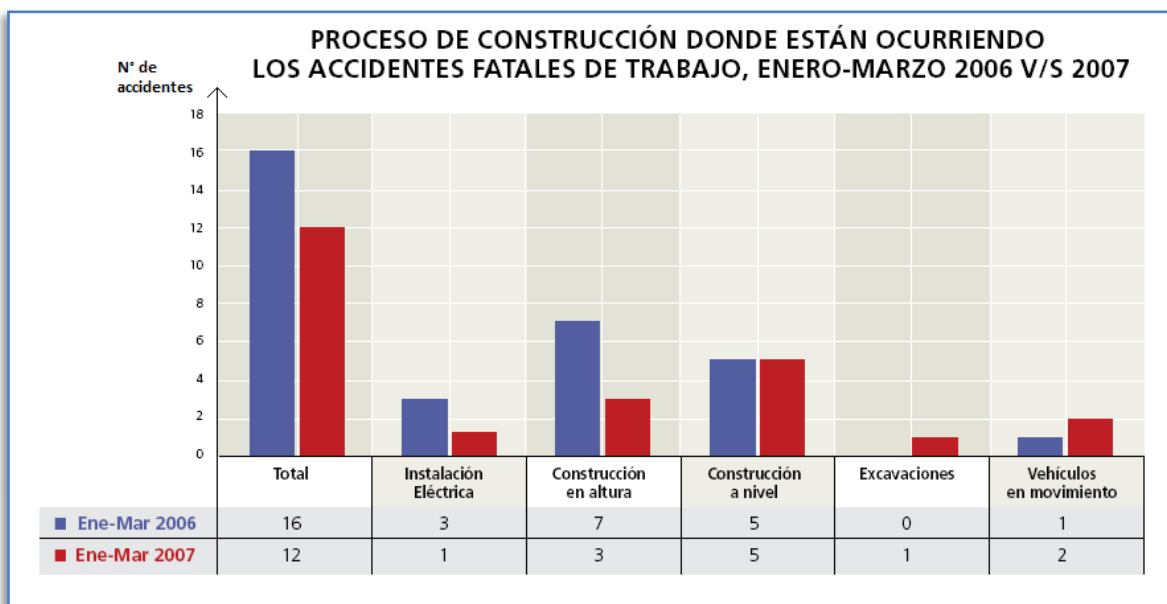


Gráfico 2: Accidentes fatales de trabajo Enero-Marzo 2006-2007 procesos de la construcción en Chile
Fuente: Revista Bit “Revista técnica de construcción”, Noviembre 2007

Para uniformar los criterios en seguridad existen en el mercado tres Mutualidades, estas son: la Asociación Chilena de Seguridad ACHS, creada por la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA); el Instituto de Seguridad del Trabajo IST, creado por la Asociación de Industriales de Valparaíso y Aconcagua; y la Mutual de Seguridad entidad creada por la Cámara Chilena de la Construcción. Pero las mutualidades existentes en el mercado chileno, vienen trabajando con las empresas, desde hace más de 50 años, dos de ellas nacen en 1957 (IST y ACHS), que era una época en la que ocurría en Chile un accidente de trabajo cada 27 segundos. En cambio la Mutual de Seguridad fue creada en 1966. Posteriormente el 14 de Febrero de 1968 se dicta la Ley 16.744 sobre Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales con carácter de obligatorio y con los beneficios estipulados claramente.

A raíz de un trágico accidente con resultado de muerte de siete trabajadores en el año 2004, que impactó y sensibilizó sobre el tema en la comunidad entera, la industria tomó serias medidas para incrementar la seguridad en las obras. La Cámara Chilena de la Construcción, en coordinación con la Mutual de Seguridad, creó la Comisión de Prevención de Riesgos, que integró a cada uno de sus comités, un ente dedicado exclusivamente al control de los accidentes. Por su parte, la autoridad comenzó la concepción de una normativa que fortaleciera los aspectos de la seguridad y salud en el trabajo. Iniciativa recogida por la Ley de Subcontratación y Servicios Transitorios, que comenzó a regir a comienzos del 2007 y que resulta un nuevo incentivo para la incorporación de medidas que acrecienten la seguridad y salud de los trabajadores. En este sentido la normativa actúa como un nuevo mandante exigente ya que la regulación obliga a las empresas a implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), cuando en una obra o faena existan más de 50 trabajadores.

Además la nueva Ley de Subcontratación establece, entre otros tópicos, una serie de exigencias destinadas a acrecentar y mejorar la seguridad de las faenas donde participan los trabajadores de empresas contratistas de especialidades. Las empresas constructoras y subcontratistas adoptaron medidas para cumplir con la normativa. Además, la Mutual entrega recomendaciones para la prevención de riesgos en algunas de las principales faenas subcontratadas en construcción.

4.1.1. Las faenas riesgosas

El riesgo en el sector construcción se caracteriza por la profunda y constante transformación del entorno, entre estas podemos mencionar la fuerte presión laboral; los intereses contrapuestos de los diferentes actores que participan en el proceso de construcción; la gran proporción de pequeñas empresas y obreros independientes; el aprendizaje limitado y escasa formación de los trabajadores; la alta rotación de los obreros; la diversidad y transitoriedad de las obras; los plazos y precios fijos; la influencia climática; la poca identificación con la empresa; entre otros factores hacen que este rubro tenga características especiales a las de la industria (Rázuri, 2007).

A pesar de la multiplicidad de variables, el registro de accidentes fatales de 2006 detecta como sus principales causas los trabajos realizados en edificación en altura y en excavaciones. Hay que destacar que también existen otras actividades como la colocación de la enfierraduras, instalaciones sanitarias, colocación de tabiques, que generan accidentes, pero frecuentemente no presentan la gravedad del trabajo en altura y excavaciones.

A continuación se muestra el gráfico de accidentabilidad del año 2005, de las empresas socias a la Mutual, con un total de 22.352 accidentes, catalogadas por tipo de circunstancia, donde se destaca:

- Golpes con o por, que ocurre cuando el elemento material es el que se mueve hacia la persona, siempre que dicho elemento sea manejado o accionado por el individuo o sea independiente de la persona, respectivamente, por ejemplo golpe con martillo o golpe por caída de material.

- Contacto con, que ocurre cuando un individuo se acerca al elemento, el cual tiene la característica de provocar daño con esfuerzos insignificativos. Ejemplo: contacto con electricidad, con cuerpos cortantes, sustancias químicas, cuerpos calientes, etc.

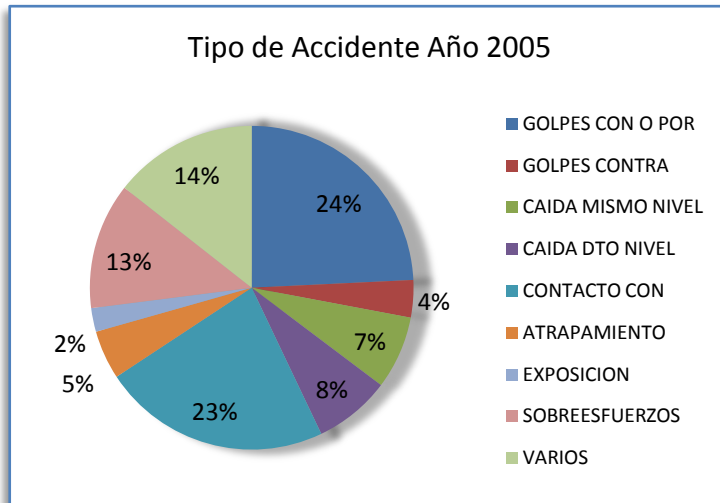


Gráfico 3: Clasificación de accidentes por circunstancia, registro Mutual, año 2005
Fuente: Base de datos de Mutual de Seguridad de los accidentes del año 2005

Por este motivo, las actividades preventivas son fundamentales para evitar accidentes, y debe existir la obligación moral para hacerlo. Pero como no todos tienen presente el auto cuidado, debe existir un servicio fiscalizador de la seguridad y prevención de riesgos, de acuerdo a las leyes y normas chilenas. A continuación se muestran infracciones cursadas por la Mutual, por el no cumplimiento de medidas de protección de la vida y salud de los trabajadores en la construcción.

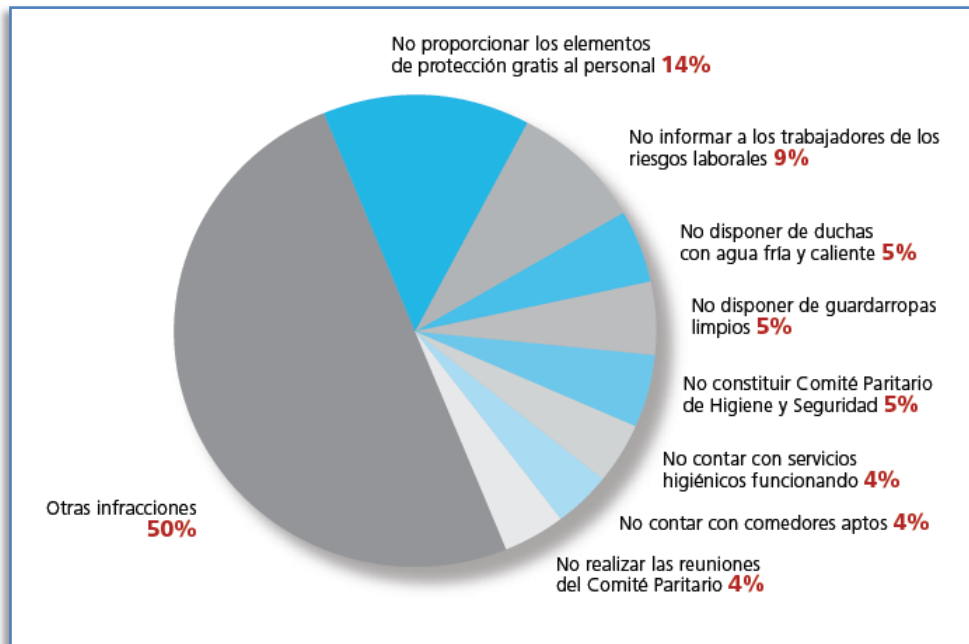


Gráfico 4: Infracciones a las constructoras por el no cumplimiento de la ley
Fuente: Revista Bit "Revista técnica de construcción", Enero 2008

4.2. Prevención de riesgos y seguridad de la construcción en el mundo

Como se ha mencionado distintas investigaciones muestran que la construcción presenta los peores índices de comportamiento no solo en Chile, sino en el mundo entero, un claro ejemplo son los datos aportados por la Bureau of Labor Statistics (Agencia de estadística laboral de U.S.A, 2003), que muestran índices de accidentabilidad en la construcción un 50% más altos que en todas las industrias, como se muestran en el gráfico N°5. Un hecho preocupante es que el número de fatalidades en la construcción ha ido creciendo en la pasada década, mientras que el resto de las industrias ha ido disminuyendo (Heinze y Huang).

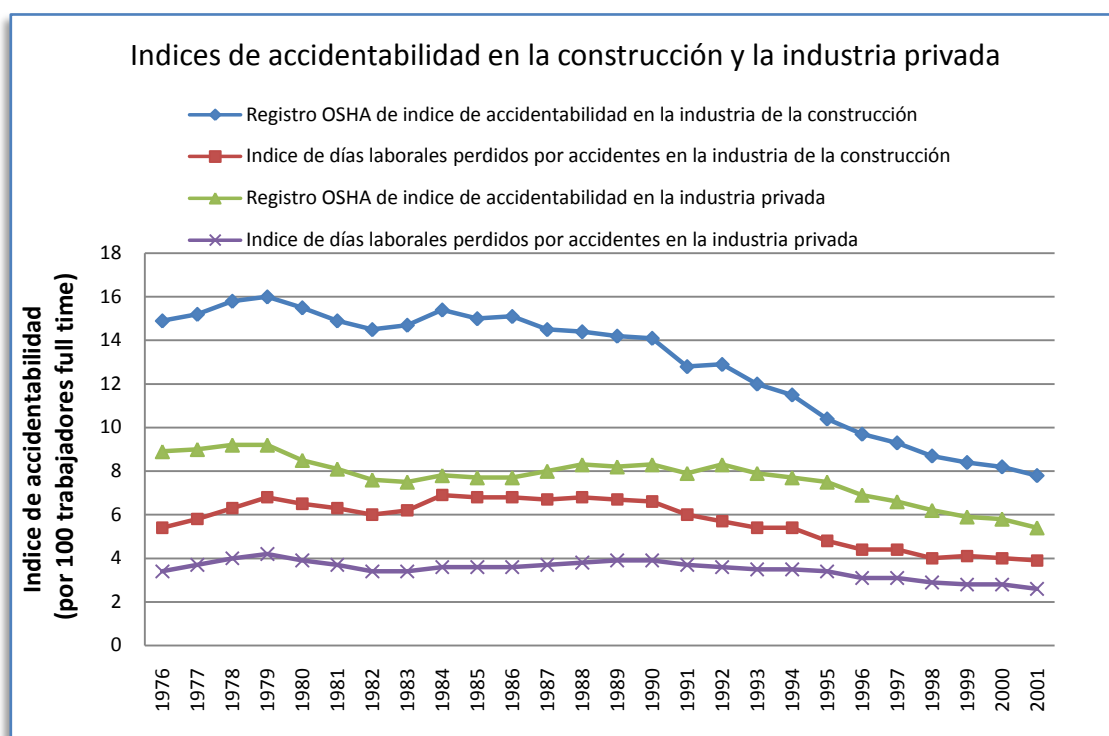


Gráfico 5: Índice de accidentabilidad en la construcción y toda la industria en U.S.A.
Fuente: Hinze y Huang, Universidad de Florida, *The owner's role in construction safety*, 2003

También los mayores accidentes asociados a la construcción investigados por OSHA (Occupational Safety and Health Administration, USA) muestra que las fatalidades y accidentes con daños serios, son producidos principalmente por caídas, golpes por y con, choques eléctricos, atrapamiento en y entre, y otros como se muestra en la figura:

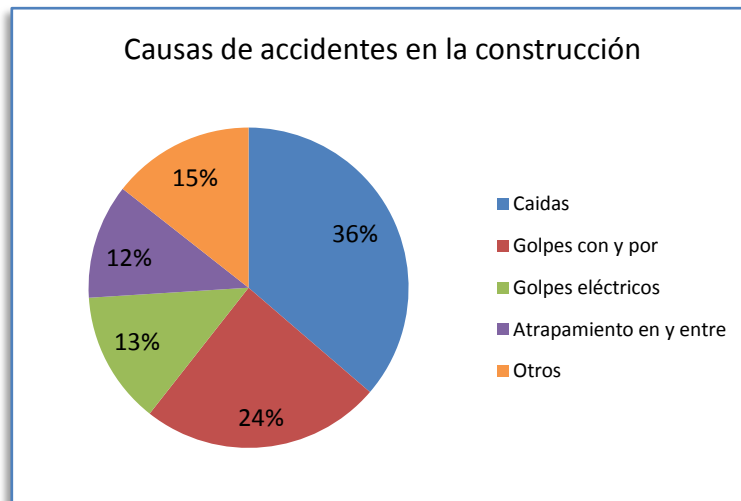


Gráfico 6: Causas de accidentes en la construcción en U.S.A.
Fuente: OSHA (01/90-10/01)

Además de acuerdo con las estadísticas de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), se producen cada año 120 millones de accidentes laborales en los lugares de trabajo de todo el mundo. De éstos, en 210.000 se registran fallecimientos. Por esto se deben realizar las medidas preventivas adecuadas, ya que uno de cada 300 trabajadores eventualmente morirá en un accidente de obra (Ahmed et al., 2000).

Pero el problema que tenemos actualmente es que muchos países poseen otra tipología a la hora de catalogar los accidentes del trabajo, por ejemplo algunos países europeos contabilizan los días perdidos desde el 3 día del accidentes, por lo que no se puede comparar las cifras y estadísticas sin perder ecuanimidad.

4.3. GEPUC

GEPUC – Centro de Excelencia en Gestión de Producción UC es un centro multidisciplinario que tiene como misión llevar a cabo acciones sistemáticas de investigación, desarrollo, implementación y seguimiento de mejoramientos en las empresas.

Nace el año 2000 cuando un grupo de ingenieros y académicos de la Pontificia Universidad Católica observó varios casos de empresas extranjeras que habían logrado incrementar sus niveles de productividad y competitividad gracias a la aplicación de novedosas metodologías de gestión de proyectos basados en el sistema de producción Toyota. Los buenos resultados sirvieron de inspiración y junto a importantes empresas chilenas se emprende la misión de replicar en nuestro país el gran éxito alcanzado por las empresas extranjeras. Hoy GEPUC se ha transformado en referente en la implementación de mejoramientos con una trayectoria en más de 60 empresas y cerca de 250 proyectos.

Como se mencionó las acciones del centro están enmarcadas en la filosofía Lean de producción, mundialmente conocida como el sistema Toyota por su origen en la industria automotriz. Es así como GEPUC centra sus desarrollos, actividades y cambios en los principios Lean: Valor, Cadena de Valor, Flujo, Producción Pull y Perfección. De esta manera se consigue reducir y eliminar las pérdidas, permitiendo entregar al cliente lo que quiere, cuando lo quiere y a un menor costo.

4.3.1. Proyecto FONDEF

Uno de los propósitos de GEPUC es permitir una colaboración fluida y exitosa entre la industria y la Universidad. Con esto se logra que las empresas nacionales tengan contacto directo con temas de vanguardia y apliquen herramientas y metodologías de nivel mundial. Además se logra articular un puente entre la Universidad y la empresa, llevando a la realidad los anhelos de la industria y las investigaciones de la universidad.

En este sentido GEPUC desarrolla un proyecto FONDEF (Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico), organismo dependiente de CONICYT (Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología) del Gobierno de Chile, gracias a la adjudicación en el XIV Concurso Nacional de Proyecto de Investigación y Desarrollo 2006. El proyecto corresponde al D01611013 ‘Utilización de imágenes y videos para el mejoramiento de seguridad productividad y calidad en procesos de construcción’.

El proyecto busca desarrollar un sistema de captura, procesamiento y análisis de información que permita aprovechar imágenes y videos digitales para el mejoramiento de la seguridad, productividad y calidad de procesos en la industria de la construcción chilena. Este sistema contendrá el hardware necesario para facilitar el registro y captura de datos mediante fotografía y videos, y un software integrado con todos los campos a investigar y/o controlar.

En el proyecto cuenta con el siguiente personal trabajando en este proyecto de tecnologías de la información:

- Dos profesores que tienen cargo de directores de proyecto, uno como alterno en ausencia del director principal (Director y Director Alterno de GEPUC)
- Un jefe de proyectos (Subgerente de Investigación, Innovación y Desarrollo de GEPUC)
- Un ingeniero encargado de la parte comercial (Consultor de proyectos de GEPUC)
- Un encargado y memorista del Módulo de Productividad
- Un encargado y memorista del Módulo de Seguridad
- Un técnico en computación encargado del proyecto a nivel software
- Un técnico en computación desarrollador de programación del software

Cada encargado de un módulo (Seguridad, Productividad) debe crear las nuevas herramientas y diseñarlas en su totalidad, para que puedan ser programadas por los desarrolladores de software.

Además para tener la documentación exacta y respaldada de cómo operan las herramientas, el equipo de Investigación y Desarrollo (I+D) de GEPUC requiere de dos fichas por cada una de las herramientas, para poderlas desarrollarlas adecuadamente, estas fichas son:

- i. Ficha Técnica de especificaciones: En esta ficha se hace una descripción de la herramienta, su propósito, datos de entrada y de salida, el proceso de medición y análisis. Además cuenta con el ejemplo con los *screenshot* o las interfaz que realiza el usuario al momento de usar completamente la herramienta
- ii. Ficha Técnica de Software: Esta ficha de respaldo, como su nombre lo indica se centra en la programación del sistema, por lo tanto que se deben indicar los requerimientos funcionales, los atributos y restricciones, las excepciones que ocurren, la definición de los actores o usuarios, los casos de uso con su descripción exacta de cómo funciona la herramienta, el diagramas conceptual de elementos, el diagrama de actividades y un glosario de los términos ocupados

Cada Ficha Técnica de especificaciones la debe confeccionar el investigador a cargo del módulo, en cambio, para la de software se realiza conjuntamente con el Ingeniero Computacional de I+D.

4.3.2. Participación de Mutual de Seguridad en Proyecto FONDEF

Actualmente la Mutual Chilena de Seguridad C.CH.C., participa en el Proyecto FONDEF, específicamente en el módulo de seguridad y prevención de riesgo. Dicha cooperación tiene sentido, pues ellos son los que conocen y controlan los planes de seguridad, de gran parte de las empresas nacionales. En efecto, la misión de la Mutual es prevenir los accidentes y enfermedades profesionales. Para cumplir esta misión, las empresas y la Mutual se hacen socios en prevención de riesgos, otorgándole la asesoría necesaria para que la empresa sea más rentable, eficiente y competitiva, además de mejorar la calidad de los trabajadores.

Mediante esta visión especializada de la Mutual en el tema, se logra complementar el proyecto mediante entrevistas, focus group, utilización y revisión del prototipo mismo, por parte de los expertos. Cabe destacar que la mayoría de los ellos son constructores o ingenieros civiles con estudios posteriores en seguridad y prevención de riesgos, que pertenecen a la gerencia de investigación de la Mutual.

4.4. Entrevistas a expertos de Mutual de Seguridad

Como la realidad de las empresas constructoras chilenas es compleja, se realizan una serie de entrevistas a expertos en Prevención de Riesgos y Seguridad en la Construcción de la Mutual de Seguridad, que forma parte de la búsqueda de información necesaria para poder llevar a cabo el desarrollo del proyecto FONDEF, y de esta forma conocer la visión de los problemas y contingencias que presenta la industria y la supervisión que realiza la Mutual a las empresas.

Las entrevistas tuvieron un carácter exploratorio, para conocer temas generales, orientados a la experiencia de los expertos más que la teoría de prevención de riesgos. Cabe destacar que la mayoría de los ellos son constructores o ingenieros civiles con estudios posteriores en seguridad y prevención de riesgos, que pertenecen a la gerencia de investigación de la Mutual, con experiencia laboral de más de 4 años en el rubro de la construcción

También hay que notar que en los comentarios no hay una uniformidad absoluta, y que gran parte de los entrevistados tiene en su cartera distintos tipos de empresas con variados niveles de compromiso en prevención, se pueden distinguir 3 tipos de empresas constructoras, las que no tienen un plan de seguridad y generalmente son empresas nuevas y pequeñas; las que ya tienen una planificación programada y vienen trabajando hace tiempo con la mutual y tienden a ser constructoras grandes y reconocidas; y las que se encuentran en el término medio que cumplen con la ley, pero no tienen mayor compromiso en el tema. También depende del tipo de obra en construcción, como por ejemplo obra en altura, vivienda, obras civiles, obras viales, etc.

4.4.1. Identificación de Accidentes

Ante la pregunta de donde están los problemas de la prevención de riesgos los expertos distinguen la cultura del chileno, de realizar actividades sin pensar las consecuencias; la falta de control por parte de los supervisores; la estructura organizacional de la empresa sin preocupación en el tema; no existe un conocimiento adecuado de los roles en la obra y línea de supervisión; la existencia de una mala planificación o simplemente una falta de estudio previo a realizar alguna actividad; la mano de obra cada vez menos especializada, etc. La mayoría acata que son principalmente en la obra gruesa la mayor cantidad de accidentes

Ante la pregunta de priorizar por importancia todos opinan que es muy complejo hacerlo, pues son muchas variables en juego, pero 5 expertos opinan que es fundamental el sistema de gestión en obra.

Entre los tipos de accidentes más comunes, los nombrados son: La proyección de partículas, sobretodo ocular; accidentes de contacto por herramientas (cortes o golpes); fracturas, esguinces

o torceduras de pies y manos; caídas en altura o del mismo nivel y excavaciones. Solo dos entrevistados mencionan los accidentes de trayecto casa-trabajo como los más comunes, y solo uno traslado de materiales dentro de la obra.

A su vez las más riesgosas, que son las que generan accidentes fatales, se nombraron las caídas en altura, caída en el mismo nivel, aplastamiento por excavaciones y electrocución. También se nombra la ventilación en obras de túneles como el metro.

En las faenas en altura las labores más riesgosas se observan en el montaje y desmontaje incorrecto de las superficies de trabajo; la excesiva separación entre andamio y las fachadas; el vuelco del andamio por incorrecto apoyo, por hundimiento y/o reblandecimiento del suelo; por anclaje al edificio deficiente o inexistente; y por desplome. A esto se suma el mal uso de las escaleras de acceso a los distintos niveles del andamio; la deformación o rotura por sobrecarga o mal uso del andamio; falta de puntos de anclajes o mal uso de cuerdas de vida, y el bajo uso de elementos de protección personal, entre otros.

En excavaciones también se encuentran identificadas las acciones más riesgosas como el atrapamiento por derrumbe de las paredes o del material acopiado; la caída de personas desde el borde de la excavación; los golpes por caídas de herramientas o materiales, pasarelas y escalas; la intoxicación por acumulación de gases; el contacto eléctrico con redes subterráneas existentes, los golpes de máquinas y uso de explosivos para el movimiento de tierra. Estos accidentes se relacionan con las excavaciones que desconocen o no respetan el ángulo de reposo del terreno; las fallas en la cohesión y pérdida de humedad de las paredes de las excavaciones; las fallas en las entibaciones o su inexistencia; el acopio de material cerca de los bordes; la existencia y tránsito de maquinaria pesada en las cercanías y el tránsito peatonal próximo a la excavación.

En cuanto al riesgo eléctrico este puede producir daños sobre las personas como parada cardíaca, respiratoria, quemaduras por lo que se considera de riesgo grave.

Entre estas últimas actividades más riesgosas no hay uniformidad de criterios, pues algunas empresas tratan de minimizar estos accidentes a la hora de asignarle la magnitud, ya que no ocurren tan frecuentemente, lo que puede ser perjudicial cuando no se han tomado las medidas adecuadas. La forma adecuada de identificarlas es mediante el inventario de riesgos críticos previo a cualquier ejecución de estas tareas. La minoría (3 expertos) encuentra que existe coordinación y uniformidad cuando se hace algún análisis de criticidad.

4.4.2. Características de las personas

En este tema, casi todos los entrevistados están de acuerdo que existe influencia en la ocurrencia de accidentes según la característica de las personas. En este aspecto se nombraron los siguientes términos:

- **Edad:** El 80 % de los entrevistados asegura que los trabajadores jóvenes son más temerarios, ya que son los que no toman conciencia de los percances que se generan por una acción insegura. Según los expertos, esto se debe a que no tienen una meta o un objetivo claro en la vida, como los operarios de más edad, que ya poseen hijos y/o una familia a la cual solventar. El resto de los entrevistados opina que no hay suficientes estudios que corroboren esta afirmación.
- **Experiencia:** Cinco expertos consideran que también los trabajadores con muchos años trabajando en el rubro, tienden a sobreestimar su confianza. Se auto-convencen de que al haber realizado una actividad tanto tiempo, ya no les pasara nada. A su vez van traspasando estas 'mañas' a las nuevas generaciones en la obra.
- **Tiempo de viaje:** Casi todos los expertos indican que es una causa de desmotivación del trabajador, pues debe disponer mucho tiempo viajando entre su casa y el trabajo, provocando que llegue cansado a la obra, pues es muy raro que los obreros vivan cerca de las obras, como por ejemplo el boom inmobiliario que vive Las Condes y La Dehesa, y los trabajadores casi siempre viajan alrededor de una hora y más entre su casa y trabajo, ya que viven en la otra periferia de la capital. Otro punto que juega en contra es el sistema de transporte de Santiago (Transantiago), porque el trabajador requiere hacer una serie de trasbordos y/o irse de pie en el bus, sin la posibilidad de dormir en el trayecto como lo hacían con el antiguo sistema de micros amarillas, que los trasportaba en un solo trayecto.
- **Cultura del chileno:** La prevención de riesgos en general se ve como un tema obligatorio y no de ética y salud del trabajador. También el pobre nivel educacional que poseen los obreros, y hasta el Supervisor, que ha ido ascendiendo en la mayoría de los casos desde jornal hasta llegar a ese rango. En general se contrata mano de obra muy poco especializada.
- **Contratista:** Según la opinión de 3 expertos estos son los que sufren mayor cantidad de accidentes en comparación con los trabajadores de la empresa principal. Esto se puede atribuir a que en general las empresas contratistas realizan las labores más peligrosas en una obra, por ejemplo, enfierraduras, termino de fachadas, instalaciones eléctricas, etc.

En cambio otra entrevistada opina todo lo contrario, que en obra se desconoce las actividades que realizan los contratistas, por lo que en el papel son los que menos

accidentes tienen. Incluso su experiencia le ha llevado a encuestar a los obreros de la empresa principal para que le informen si han visto accidentes de los contratistas, porque la empresa desconoce su comportamiento con respecto a los accidentes.

- Presión de trabajo: Sin duda la construcción es uno de los rubros más presionado por cumplir las metas y plazos propuestos. Además está sobre exigencia, siempre al borde del límite es un vicio del rubro, porque si una empresa propone mayores holguras seguramente no se ganará la licitación. Hay un cansancio permanente por la carga de trabajo.

Además al ser obras de corta duración (1 o 2 años), no existen las vacaciones y se les paga generalmente a los trabajadores al final de la obra las vacaciones, también se trabajan horas extras y algunas veces días sábados también.

- Nacionalidad: Uno de los expertos opina que últimamente se está contratando personal extranjero (peruanos y bolivianos), con sueldos mucho menores a los del mercado, logrando que el trabajador se sienta desmotivado y discriminado.
- Aseo y orden: Si una obra se encuentra con áreas limpias y claramente ordenada el trabajador hará lo mismo para mantenerla en ese estado. Al menos 4 expertos nombran esta característica como fundamental, ya que de esa forma el personal puede transitar de manera segura por las áreas debidamente delimitadas para ese uso, sino los trabajadores transitan donde se encuentran los materiales y frecuentemente se producen accidentes allí.
- Drogas: Solo un experto mencionó que esta adicción afecta a los trabajadores, en su comportamiento y lucidez a la hora de realizar correctamente sus labores.
- Gestión de la obra: Casi todos los encuestados consideran que depende mucho de la línea de gestión como es el comportamiento que tiene la obra en seguridad. Siempre que exista una gerencia de obra comprometida en prevención de riesgo, este ámbito tendrá buen éxito, todo depende del administrador de obra y la prioridad que se le dé a la seguridad. También la mayoría opina que basta solo un quiebre en la cadena de mando para que el tema de prevención no funcione.
- Diferencias de sexo: De acuerdo a un experto, dependiendo del sexo del experto en seguridad en terreno (prevencionista), se ven mejores resultados. A su parecer si es mujer existen mejores desempeños, ya que los obreros la respetan más, y generalmente las mujeres hacen su labor más ordenada y metódicamente.

Otros factores personales nombrados son la falta de carácter del supervisor y del prevencionista, que son fundamentales para que el personal acate y respete sus órdenes.

4.4.3. Alternativas de solución

Las acciones para evitar accidentes, recae en hacer una buena planificación. Desde un comienzo se tiene la carta Gantt del proyecto. Con esto se conocen las actividades a realizar y se debe hacer una planificación en cuanto a prevención de riesgos (Inventario de riesgos críticos). Esta planificación debe hacerse al comienzo del inicio de la obra, e ir actualizando el plan de acuerdo al avance de la obra.

En cuanto a la pregunta si se ve coordinación entre la oficina central de una empresa y sus obras, hay una opinión dividida, ya que unos si ven que la empresa tiene como meta la participación de toda la compañía en prevención, pero otros ven cada obra como un ente independiente, con un jefe de obra y personal que le dan su propio estilo en seguridad. También 2 expertos opinan que la oficina central de las empresas tratan de maquillar la información, mostrando una “cara bonita” distinto al panorama real, como por ejemplo que tienen buenos estándares, buena gestión, buenas capacitaciones, etc., pero en obra se ve algo totalmente distinto.

La medida de incentivos también causa controversia entre los expertos. Por un lado la entrega de dinero genera que se traten de ocultar accidentes ocurridos, para así ganarse el bono extra, es un arma de doble filo. Quizás las medidas que mejor apuntan en el incentivo son el reconocimiento entre sus pares como por ejemplo, elegir el trabajador del mes, entregarle beneficios como canastas familiares (algunas empresas ya lo hacen entregándole a un par de trabajadores por mes), cenas, afiches con su foto, tríptico, entrevista en las revista de la empresa, etc. También un experto afirma que los incentivos que hoy se realizan son con objetivos muy vagos, como por ejemplo se hacen reconocimientos al trabajador que hace uso correcto de los elementos de seguridad, lo que en la práctica es lo básico que se debería cumplir.

Las charlas y capacitaciones deben revisarse en la manera y objetivos a tratar. Según varios expertos éstas se deben redirigir ya que inducciones y charlas se dan casi solo por obligatoriedad. Tres expertos reconocen que las charlas son fundamentales para instruir a los trabajadores en el tema preventivo y corregir conductas. Las capacitaciones a la vez casi siempre se realizan después de las largas jornadas de trabajo, donde el trabajador ya está cansado y además no posee mucha retención por más de una hora de aprendizaje. En cuanto al número o la frecuencia que se deberían realizar casi todos los expertos opinan que depende directamente de la obra, de cuantos accidentes ocurren, cuáles son sus planes de acción y planificación frente a actividades riesgosas, etc. Tampoco existe un cálculo de cuantos horas hombres son necesarias invertir en capacitación, ningún experto conoce y tampoco estima algún valor de referencia.

Las charlas deben estar dirigidas a supervisores y trabajadores y diferenciar claramente cuáles son las labores de cada uno en prevención. También se debe contar con una línea de mandos medios y gerenciales igual de identificados en el tema. Varios expertos nombran que si la toda la línea de trabajo tienen conciencia no habrá problema, pero si se empieza a capacitar desde la

pirámide de abajo (trabajadores) el sistema no funciona pues se encuentran con jefes más preocupados por avanzar en la obra que a preocuparse por tomar mayores medidas de seguridad, es decir, debe empezar a capacitarse desde el gerente a un jornal, en ese orden.

En este sentido, dos expertos hacen referencia a que algún tiempo atrás Mutual realizó charlas enfocadas a crear conciencia de las consecuencias que los accidentes. Estas charlas denominadas lúdicas o vivenciales entregaron excelentes resultados. Eran realizados a grupos pequeños, simulando la pérdida de alguna extremidad y realizando actividades tan simples como recoger un papel. En este tipo de charlas el trabajador estaba atento, se sentía participe y además se lograba el objetivo que era crear conciencia de la pérdida de alguna parte de su cuerpo.

Según la mitad de los expertos las inspecciones de seguridad deben realizarse permanente en obra. También depende del tipo de obra y accidentabilidad de esta, por ejemplo obras muy críticas y complejas en términos de seguridad se deberían hacer inspecciones semanales, y obras bien planificadas y sin mucho peligro al menos una vez al mes. Las inspecciones a los equipos generalmente se realizan solo visualmente pues no se puede abrir los equipos y herramientas, pues esto alteraría la garantía. Generalmente los equipos arrendados son revisados solo por la empresa contratada, pero el equipo mismo de la empresa casi no existe mantención, siendo la vida útil hasta que falla y hay que reemplazarla por una nueva.

También varios expertos afirman que el comité paritario (exigido en empresas de más de 25 persona), no realiza su labor adecuadamente, solo es creado para cumplir la ley, pero son muy pocas empresas donde realmente funciona. Cabe destacar que este ente es el organismo técnico de participación entre empresas y trabajadores, para detectar y evaluar los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales.

4.4.4. Productividad

La afirmación de que a mayor seguridad también es mayor la productividad el 60% de los entrevistados percibe que es correcta, pero acotan que las empresas no siempre están de acuerdo con este pensamiento. Incluso uno acata que el permanentemente lo indica en la obra, pero no se lleva a la práctica esta afirmación.

Además por cada accidente que se genera, ocurre que parte o incluso toda la obra se paraliza. Desde el mismo instante que alguien se lesiona, todos los trabajadores empiezan a observar y/o investigar el hecho y esto puede durar 1 o 2 horas, desde el instante del accidente hasta que el trabajador es derivado a un hospital. Por lo tanto se generan pérdidas de tiempo vitales para avanzar en la obra. Esta es la forma más efectiva de apreciar la seguridad vs productividad según los expertos.

Pero también hay voces disidentes entre los expertos, dos de ellos no están del todo de acuerdo, incluso uno asegura que para él no es tan clara y directa esa afirmación, sino el libre mercado ya habría asimilado esta pérdida, pues la economía misma habría acotado esta situación, al notar las pérdidas y costos que genera un accidente.

En cuanto a si se conoce algún estudio que lo respalde solo uno recordó que la Universidad Católica tenía investigaciones en el tema. Y el resto desconocía bibliografía donde recurrir a este punto.

También ya ha sido nombrado en este informe el orden y aseo de la obra, y 2 expertos rescatan que en las obras donde se cumple esto son más productivas, pues el trabajador puede transitar y de mejor forma dentro de la obra siendo más productivo el tiempo.

Dos expertos afirman que cualquier forma de pago como trabajo a trato genera problemas porque el trabajador solo pretende llegar lo antes posible a la meta de su trato, omitiendo medidas de seguridad. Entonces esa productividad por obra avanzada, es la que se toma en cuenta generalmente en obra. Un experto propone establecer un límite de productividad pues esa sobre exigencia genera lesiones, porque se les exige más allá de donde son capaces. Otro afirma que hay horas de baja productividad y por eso mismo al finalizar la jornada laboral comienzan a sobre exigirse generando que esta parte del día sea una hora crítica en cuanto a accidentes.

4.4.5. Manejo de Información

La mitad de los entrevistados reconoce que si se maneja bien la información de prevención de riesgos en las obras, y la otra mitad es mucho más crítica y asegura que no es la correcta, que no se rescata y no se analiza en forma adecuada, como por ejemplo, los informes no apuntan a la investigación de cuasi accidentes o al inventario de riesgos críticos, y generalmente son solo inspecciones visuales las que se informan y corrigen.

Con respecto al tipo de información que debería ser rescatada son las condiciones de trabajo, condición ambiental, estadística, seguimiento e investigación de causas de accidentes, auditorias mensuales, etc. En lo posible deberían realizarse semanalmente. Uno de los encuestados afirma que generalmente la información rescatada no apunta al inventario de riesgos críticos lo que es fatal.

Donde existe un total acuerdo, es que se debe realizar una investigación de los cuasi accidentes, es decir, un incidente no deseado, que bajo circunstancias ligeramente diferentes, podría haber resultado en lesiones a las personas, daños a la propiedad o pérdida del proceso. Además la mitad de los expertos afirman que hoy en la industria no existe la suficiente motivación para que el

trabajador informe de estos cuasi-accidentes, pues los trata de esconder para no sufrir repercusiones en su labor.

También se considera que, de acuerdo a como la empresa maneja la información es como estos análisis son tomados en cuenta en la toma de decisiones. Generalmente Mutual en las asesorías corrige y enfoca una nueva directriz a seguir y la mayoría de las empresas acatan.

En cuanto a los indicadores proactivos, 7 expertos indican que en el rubro no se usan, aunque algunos acotan que se usan muy poco y/o ocasionalmente. El resto estima que hay algunos usados actualmente, pero los existentes son como por ejemplo, evaluar calidad de las charlas o capacitaciones, o tasas de inspecciones con respecto a trabajos similares. Pero sin duda, el más usado son los días sin accidentes o días sin tiempo perdido.

Entre los indicadores proactivos sugeridos por los expertos son:

- i. Número de hh capacitados vs hh trabajadas.
- ii. Número de hh capacitados vs masa de trabajadores (%).
- iii. % de trabajadores capacitados.
- iv. Número de inspecciones.
- v. Entregar algún valor a las capacitaciones de acuerdo al tópico tratado.
- vi. Número de capacitaciones programadas vs realizadas.
- vii. Cantidad de cuasi accidentes detectados.
- viii. Cuantos cuasi accidentes han sido reportados vs accidentes ocurridos.
- ix. Usar índices de frecuencia y gravedad, que en construcción se usan muy pocos
- x. Numero de hh sin accidentes

Otro experto afirma que Chile está lejos de registrar índices proactivos, incluso en países que tienen (España) no generan grandes resultados.

4.4.6. Proyecto e inversiones

Ante la pregunta de que si el experto sabe si se toman en cuenta los aspectos de seguridad en el estudio previo del proyecto. El 85 % afirma que esto no se realiza, ni siquiera las empresas grandes, que poseen mayor conocimiento en el tema. También todos afirman que el único ítem controlado en prevención en el estudio es el gasto de los elementos de protección personal, que en definitiva es lo mínimo que se debería cumplir.

Solo un experto afirma que hoy en día las empresas grandes tienen un ítem destinado a prevención, pero sólo por la experiencia y comparación con otro proyecto sacan ese valor. Otro afirman que se destina cierta cantidad en los gastos generales destinado a prevención, pero a mitad del proyecto ya se ha acabado este dinero.

Solo un experto afirma que el porcentaje destinado a prevención debería ser entre un 5% o 10% del presupuesto. Dependiendo también del tipo de obra.

En cuanto a la pregunta si existe una evaluación de costo por accidente más allá de las hrs por reemplazo por trabajador o por horas perdidas, el 85% de los entrevistados afirman que no existen estos cálculos y que la empresa ni siquiera hace el esfuerzo por conocerlos.

También 2 expertos han observado que se destina cierta cantidad de dinero contabilizando gastos de 1 o 2 trabajadores muertos en obra, es decir, tienen contabilizado en el presupuesto los costos de gastos médicos, de indemnizaciones, multas, etc. Lo que a juicio del experto es una irresponsabilidad, pues prefieren contabilizar los costos en vez de realizar prevención con ese mismo monto.

En general se gasta en prevención, pero se oculta a través de cajas chicas. Finalmente por la falta de planificación se termina comprando en cualquier parte y de emergencia, gastando mucho más si se hubiese planificado correctamente.

Otro entrevistado comenta que hoy en día, a raíz de varios juicios por accidentes laborales se puede conocer un valor a nivel judicial de cuanto paga la empresa si se la declara responsable y cuanto debe aportar por indemnización del accidentes. También se destaca que hace 10 años eran muy pocos estos casos pero ahora esta cifra se ha multiplicado por 10.

4.4.7. Uso de cámaras en Proyecto FONDEF

Una vez comentado de que se trata el proyecto rápidamente, se procede a preguntar sobre filmaciones en las obras.

Ante la pregunta que si se pudiese estar siempre mirando el terrero, los expertos afirman que observarían los riesgos críticos presentes. Pero al filmar una parte de la obra en construcción estas son las siguientes respuestas, donde los expertos se enfocarían:

- i. Conductas (4 expertos) Uno de los expertos divide esta conducta entre observación a trabajadores y lugares, ya que se pueden hacer inspecciones a ambas partes por separado
- ii. En el avance de losa (3)
- iii. Shaft, ascensores, pasadas, caja escalera, es decir, secciones abiertas en la losa
- iv. Descarga y carga de la grúa torre
- v. Inicio de jornada laboral
- vi. Enfierradores
- vii. Materiales

- viii. Una vez ocurrido un accidente filmar la reacción de la gente y las acciones involucradas posteriormente.

La mayoría afirma que la filmación ayuda para observar las situaciones tal cual como suceden, sin una interpretación subjetiva del supervisor o prevencionista, y que pueden entregar una información incuestionable a la hora de reproducir. Además se puede contar con el registro previo a un accidente y no solo rescatar información posterior como es lo que ocurre en la actualidad.

También la gran mayoría ve posible la implementación siempre que el trabajador no se sienta invadido en su privacidad, sienta que la grabación no servirá como método de castigo o penalización; que se sienta participe del proyecto, y no “actué” frente a las cámaras, ya que fuera del foco de grabación o por a falta de luz presente, realice las actividades sin la prevención necesaria pero cuando la cámara lo enfoque si se preocupará de realizarlas correctamente.

4.4.8. Conclusiones de las entrevistas

Casi todos los expertos coinciden en enumerar los accidentes más comunes y riesgosos, además se conoce la estadística que emana la Superintendencia de Seguridad Social (Suceso), de los accidentes por año en Chile, por lo que se puede comparar los datos anuales con la información entregada de los entrevistados.

También todos están consientes de que factores externos afectan el cumplimiento de reglas y procedimientos de seguridad, estos pueden ser como la personalidad del trabajador, problemas familiares, el traslado, el tipo de contrato, la experiencia, la sobre-exigencia del rubro, por nombrar algunos. En este sentido, algunos expertos proponen alguna investigación desde el punto de vista psicológico que pueden tener estas variables.

Los roles tampoco están claros, por eso cuando ocurre algún incidente, todos se traspasan la responsabilidad. Y si ocurre un accidente este debe investigarse en el desarrollo del hecho y encontrar los puntos en los que se cometieron errores, de forma de poder establecer responsabilidades (si las hay) y, de ser necesario, un procedimiento a seguir en el futuro, de acuerdo a los roles que posee cada personal de la obra.

Un punto conflictivo que existe, ya que hay dos puntos de vista es el auto-cuidado del trabajador. Por una parte unos investigadores afirmaron que es la vía de solución para la prevención de riesgos. En cambio otros apuntan que esta solución no es posible de acuerdo a la cultura del trabajador chileno, que sin una supervisión, no procede de acuerdo a la norma y tiende a saltarse procedimientos o derechamente a no ser productivo.

En las vías de solución existe un consenso de que la planificación y una buena gestión son fundamentales. Un experto afirma que mientras el departamento de prevención este ligada al departamento de calidad, se ven excelentes resultados. Por eso es fundamental que ambos sectores trabajen colaborando entre sí.

En el manejo de la información falta mucho por hacer, aun hay empresas que no actualizan y procesan sus datos y no se enfocan en lo relativamente importante, además de la gran cantidad de tiempo que se demoran en recolectar y la falta de pro actividad en la información obtenida.

Otro punto es que el prevencionista o experto en obra, no está muy capacitado, la mayoría de los expertos afirma que no conocen bien del tema hasta después de 3 a 4 años de experiencia en obra, que los profesionales que egresan hoy no están aun capacitados. Además, generalmente realizan su labor actuando reactivamente y siendo que debería tener un carácter proactivo. Un experto destaca que después de años de experiencia el prevencionista también se acostumbra a las labores riesgosas, sub estimando la peligrosidad y la probabilidad de ocurrencia de un accidente.

En cuanto al proyecto y las inversiones necesarias la mayoría concuerda que esto no se hace, que no existe un cálculo de cuando es el costo monetario de que un trabajador se accidente, y que también sería muy difícil estimarlo, pues se requiere de muchas variables a considerar.

Por todo lo antes nombrado, se observa que no existe un criterio único entre los mismos expertos, y que también los accidentes dependen del tipo de obra, la predisposición a la seguridad y la gestión encargada de ella.

5. Marco teórico

5.1. Definiciones de seguridad y prevención de riesgos

En el presente capítulo, se revisará la literatura de prevención de riesgos y seguridad, comenzaremos por definir los tópicos más comunes y relevantes relacionados en el campo de la construcción. Finalmente los elementos críticos que se encuentra en la literatura y en la práctica misma de la seguridad, y que ya se han mencionado en las entrevistas a los expertos de prevención de riesgo, son que las que se resumen a continuación.

➤ Seguridad

Según la NCH 18000. Of 2004, seguridad es la condición de ausencia de riesgo inaceptable. Griffel (2006) define un lugar de trabajo seguro, si todos los riesgos existentes fueron identificados, analizados, controlados y reducido su nivel de tolerancia aceptable.

➤ Accidente

La mayoría de las definiciones del concepto accidente contienen dos elementos fundamentales: los eventos no planeados y no deseados, y el daño causado. Heinrich (1959) definió un accidente como: “Un evento no planeado y no controlado, en el cual la acción o reacción de un objeto, sustancia, persona, o radiación provoca daño personal”. El Standards Institution of Israel (ISI) (2000) define accidente como “Un evento no deseado que provoca muerte, enfermedades a la salud, o causa daño y perjuicio a la propiedad u otra pérdida”.

➤ Accidente del trabajo

Toda lesión que una persona sufra a causa o con ocasión del trabajo, y que le produzca incapacidad o muerte. Son también accidentes del trabajo los ocurridos en el trayecto directo, de ida o regreso, entre la habitación y el lugar de trabajo. Se consideran también accidentes del trabajo los sufridos por dirigentes de instituciones sindicales a causa o con ocasión del desempeño de sus cometidos gremiales. Se exceptúan los accidentes debidos a fuerza mayor extraña que no tengan relación alguna con el trabajo y los producidos intencionalmente por la víctima. Las pruebas de las excepciones corresponderá al organismo administrador (Ley N° 16.744)

➤ Peligro

Es la condición, situación o causa física, administrativa o de otra naturaleza, que causa o podría causar sucesos negativos en el lugar de trabajo. (NCH 18000. Of 2004).

➤ Riesgo

Es la probabilidad y consecuencias asociadas a la materialización de un peligro. (Fuente: NCH 18000. Of 2004), pero la definición de riesgo que más se ajusta a este estudio es “Una medida de la probabilidad, gravedad, y exposición a un peligro de una actividad” (Jannadi y Almishari, 2003).

➤ Incidente

Es el evento que deteriora o podría deteriorar la eficiencia operacional, origina o posee el potencial para producir un accidente, enfermedad profesional o daño a la propiedad. (NCH 18000. Of 2004). Es decir, son los accidentes que no causan lesión o daño físico a las personas, y en obra se dice coloquialmente que el trabajador ‘se salvo por un pelo’.

➤ Error Humano

El error es el elemento central en los accidentes y ha sido estudiado extensivamente. Uno de esas investigaciones (Rigby, 1970) define al error como un set de acciones humanas que exceden algún nivel de tolerancia o comportamiento aceptable. Tradicionalmente, existe una normativa de comportamiento, desde esta perspectiva, el error humano es una desviación del procedimiento normado.

Dentro de los errores humanos se distinguen dos tipos: los deslices o lapsus, que son errores involuntarios en la ejecución de otro tipo de plan correcto; y las violaciones o rutinas de violación, que son desviaciones de las normas con un conocimiento previo de la infracción que se está cometiendo, como por ejemplo manejar sobre el límite de velocidad en rangos de 20 a 30 km/hr en la ciudad.

➤ Acción y condición de trabajo subestándar

Según la NCH 18000. Of 2004 la acción subestándar es la trasgresión u omisión que realiza una persona a la normativa que protege a la salud, seguridad y medio ambiente de trabajo. Desde esta perspectiva cualquier desviación en el desempeño de las personas, en relación con los estándares establecidos, para mantener la continuidad de marcha de las operaciones y un nivel de pérdidas mínimas, se lo considera un acto anormal que impone riesgo y amaga en forma directa la seguridad del sistema o proceso respectivo. Además una acción subestándar se detecta con observaciones.

También una condición subestándar es cualquier cambio o variación introducida a las características físicas o al funcionamiento de los equipos, los materiales y/o el ambiente de trabajo y que conllevan anormalidad en función de los estándares establecidos o aceptados,

constituyen condiciones de riesgo que pueden ser causa directa de accidentes operacionales. Una condición subestándar se detecta con inspecciones.

En su tesis Carlos Rázuri sostiene que se debe tener cuidado en la utilización de estos términos de acción insegura o acto inseguro refiriéndose a los acciones subestándares, ya que esta definición por lo general se malinterpreta como culpabilidad, lo que unido a nuestra cultura, lleva a adoptar un comportamiento defensivo y de esta manera las causas reales de los accidentes se olvidan de investigar a fondo, o simplemente se omiten al informar al encargado de seguridad para evitar represalias.

5.2. Marco teórico de Prevención de Riesgos

La teoría de seguridad se sostiene en axiomas implícitos en que los accidentes tienen causas, y estos son sistematizables en modelos (Melia, 1998). Además que la comprensión de su impacto puede generar estrategias de intervención que alteren las cadenas causales, reduciendo o impidiendo el riesgo de tales accidentes.

Los modelos se diferencian por elecciones en el nivel de análisis, por el foco de variable a explicar y las variables seleccionadas como explicadoras, entre otros factores. Smith y Beringer (1987) sostienen que los modelos pueden separarse en dos grupos: modelos secuenciales y modelos explicativos o estructurales.

Pero es importantes señalar que según indica la organización Internacional del Trabajo, ninguna de las teorías ha tenido aceptación unánime hasta el momento (Rázuri, 2007).

5.2.1. Modelos Secuenciales

Los modelos secuenciales ponen énfasis en la cadena de sucesos, que afectándose conducen a un accidente. Son algo más escasos que los estructurales, quizás debido a que la descripción de los pasos que conducen al accidente puede implicar un nivel de especificidad mayor que tratar de identificar factores generales que afectan a la accidentabilidad. Entre los modelos secuenciales destacan los modelos de procesamiento cognitivo, como los de Hale y Hale (1970), Surry (1969), Rasmussen (1981), Ramsey (1987), Leather (1987) y Hale y Glendon (1987). En general, estos modelos tratan de describir la interacción hombre máquina que, considerando componentes situacionales y de factor humano, conducen a los accidentes.

El modelo de Ramsey por ejemplo, trata de expresar qué sucede cuando una persona se enfrenta a una situación de riesgo mediante cuatro etapas: percepción del riesgo, cognición del riesgo, toma

de decisiones para su prevención y capacidad de prevención. Cada etapa actúa sobre la siguiente y, en conjunto, la presencia del accidente es el resultado de una combinación probabilística que el modelo no precisa, pero en la que hay que considerar que aproximadamente por cada accidente con daños físicos hay 30 con daños materiales y 600 sin efectos materiales o humanos, a veces denominados incidentes (Dejoy, 1990).

Pero el modelo que más investigación ha desarrollado es el de Jens Rasmussen, conocida también como Teoría de la Ingeniería de Sistemas Cognitivos de Rasmussen, ya que contiene una visión más amplia de las relaciones entre el individuo y el ambiente de trabajo, y los factores primarios que generan los accidentes (Mitropoulos et al, 2005)

De acuerdo al modelo de Rasmussen, los trabajadores operan dentro de un sistema de trabajo formado por objetivos y obligaciones (económicas, funcionales, relacionadas con seguridad, etc.). Un trabajador busca libertad dentro de ciertas fronteras definidas por criterios como la carga de trabajo, costos de efectividad, riesgos de falla, exploración, etc. La figura siguiente ilustra el modelo propuesto.

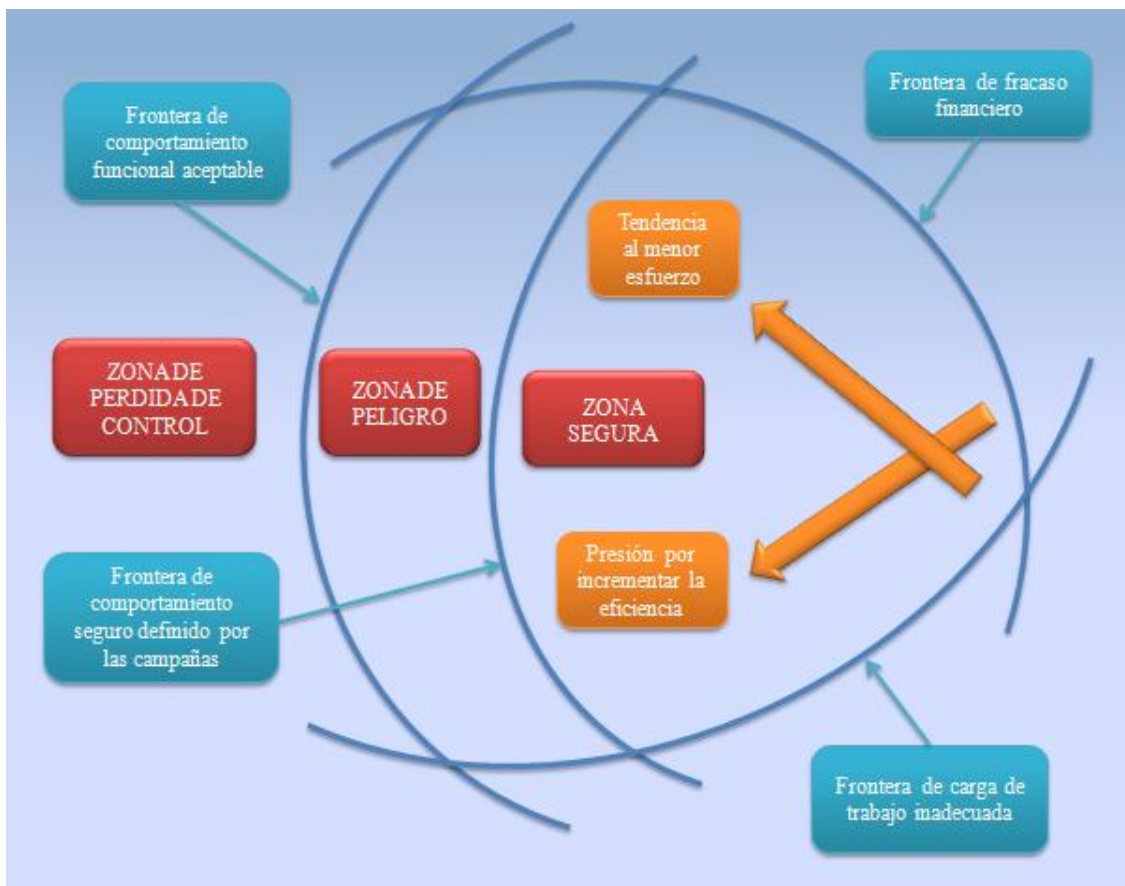


Figura 2: Modelo de Rasmussen de comportamiento de trabajo
Fuente: Mitropoulos, Abdelhamid, Howell, 2005: System Model of Construction Accident Causation

El modelo ilustra como el comportamiento de los trabajadores tiende a migrar cerca de la frontera de comportamiento funcional aceptable (límite de pérdida de control), debido a dos causas: las presiones en la producción por incrementar la eficiencia y la tendencia a realizar el menor esfuerzo, el cual es el responsable de incrementar la carga de trabajo. Estos dos gradientes dan como resultados *“una migración sistemática hacia la frontera de comportamiento aceptable, y cuando se cruza esa frontera es irreversible el proceso, y el trabajo no será exitoso debido al error humano”* (Rasmussen et al, 2005). El esquema además identifica una zona segura, donde el comportamiento está definido por las reglas en prevención; la zona de peligro, cercana al borde del límite de pérdida de control; y la zona de pérdida de control, donde ocurren los accidentes.

Este modelo reconoce también la adaptabilidad de los trabajadores y quien mejor que ellos mismos para evaluar las fronteras donde se mueven dentro de la zona segura. De esta manera se recomienda que en lugar de forzarlos a cumplir las reglas, los trabajadores mantengan el autocuidado siguiendo los siguientes pasos:

- Identificar el trabajo de acuerdo a su criterio
- Identificar los peligros de acuerdo a la expertiz
- Prevenir liberando peligros
- Continuar su trabajo cuando los peligros se han liberado

Los programas de seguridad intentar contrarrestar las presiones del esquema de Rasmussen y recomiendan o recetan “comportamientos seguros”, alejados de las fronteras. Sin embargo, las presiones a las que están sometidos los trabajadores requieren de esfuerzos continuos en seguridad. Además, las conductas de trabajo tienen una probabilidad de acercarse a las fronteras de pérdida de control, y para redirigir ese problema, el modelo propone que los esfuerzos en prevención deben ser enfocados en desarrollar en los sistemas de trabajos una tolerancia al error, permitiendo que la frontera de pérdida de control sea reversible.

Además del esquema de comportamiento del trabajo, Rasmussen también propone modelos de las causas de los accidentes. Este esquema identifica las variables que influyen la probabilidad de accidentes durante las actividades de construcción.

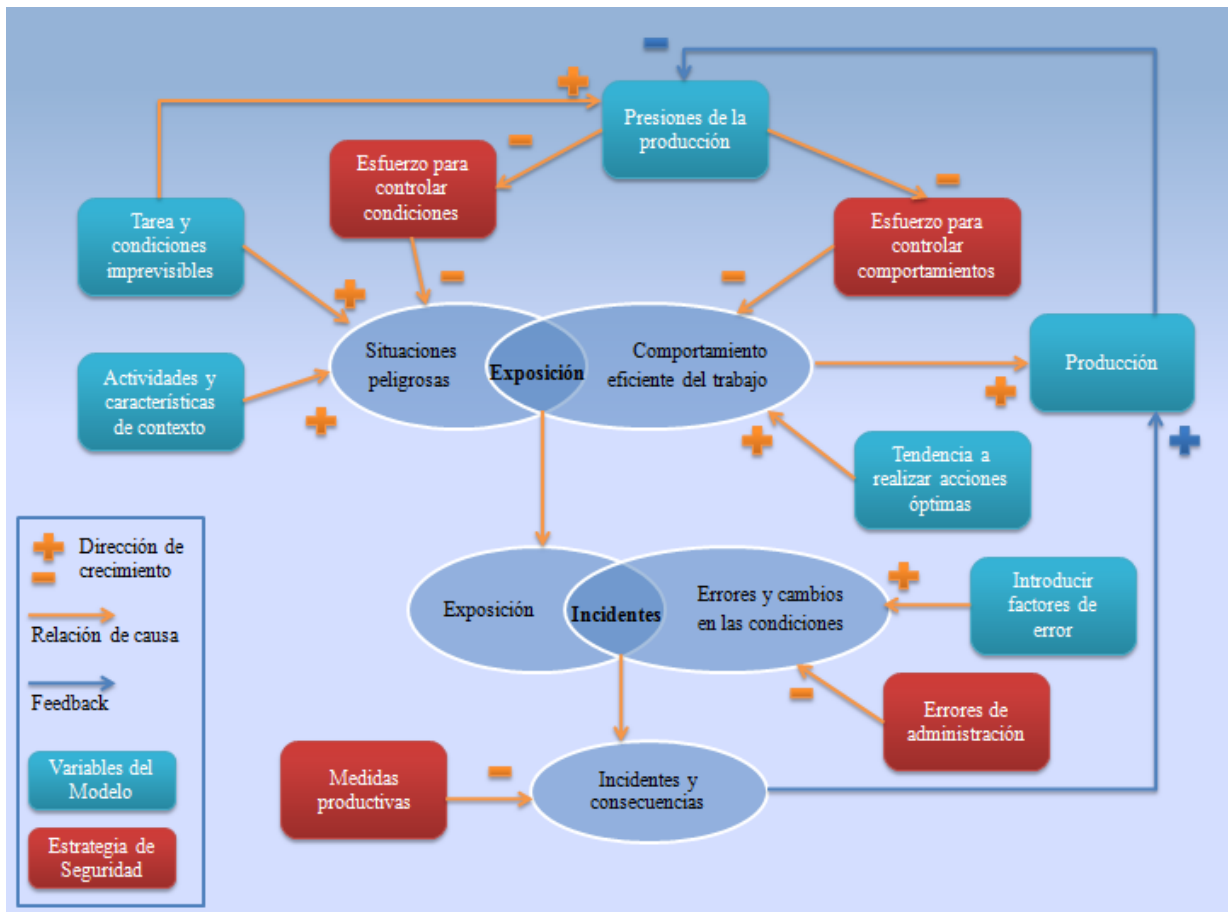


Figura 3: Modelo de causas de accidentes

Fuente: Mitropoulos, Abdelhamid, Howell, 2005: System Model of Construction Accident Causation

En la figura del modelo, las flechas indican las relaciones de causa - efecto. A su vez los signos indican la dirección de las relaciones entre los factores, es decir, si es signo positivo indica que cuando el factor causal X cambia, el efecto Y cambia en la misma dirección. En cambio, un signo negativo indica que el efecto cambia en la dirección contraria.

Las actividades y características del contexto, y las tareas imprevisibles, forman las situaciones de trabajo donde el trabajador opera y crean las condiciones de peligros. Así, diferentes actividades envuelven diferentes situaciones de peligros, dependiendo de los materiales, las herramientas, la localización, etc. Además la misma actividad responde distinto bajo otro contexto (condiciones físicas o ambientales) y envuelve a un peligro diferente.

También el comportamiento de los obreros determina tanto los resultados en la producción, como la exposición a los peligros. Esto debido a que las exigencia y metas, la sobrecarga laboral y tendencia a competir (como por ejemplo manejar rápido, tomar atajos, no usar el equipo de protección personal necesario, etc.), si bien aumenta la producción, al ganar tiempo, también aumenta la exposición a los peligros.

5.2.2. Modelos Estructurales

También se les denomina explicativos, o de naturaleza analítica, pues tratan de enfocar y seleccionar los factores ambientales y de tarea que dan lugar a esas secuencias de eventos. Los modelos de naturaleza estructural son los más frecuentes. En este grupo pueden incluirse los modelos de secuencia de dominó, los de factores situacionales y error humano, los de perspectiva sociológica y los de factores de personalidad.

Los modelos secuenciales de dominó parten del modelo clásico de Heinrich (1931) y se han desarrollado a través de los modelos de Wearver (1971) y de Adams (1976). Estos modelos entienden el accidente como el fruto de una secuencia, simbolizada por la caída en cadena de unas fichas de dominó, donde cada ficha representa un factor o un conjunto de factores. Estos modelos, en general, han puesto el acento en el factor humano y en el orden secuencial en que actúan los grupos de factores.

Heinrich con la Teoría del Dominó propone, que los accidentes son causados por una secuencia compuesta por 5 fases en el siguiente orden:



Figura 4: Diagrama del modelo del Dominó de Heinrich

Heinrich afirmaba que cada etapa del proceso de accidente es análoga a una fila de fichas de dominós en línea, donde si uno cae, automáticamente empuja al otro dominó. Esta teoría y su raciocinio, han influenciado las prácticas administrativas de seguridad actuales. Sin embargo, este modelo seguía relacionado con la idea de propensión de personas a los accidentes.

Debieron pasar años para que la Teoría de Dominó de Heinrich evolucionara, Adams en 1976 cambió el énfasis en las tres primeras fichas de dominó para reflejar las características organizacionales más que personales del trabajador. Adams también reconoció implícitamente el concepto de cultura de seguridad al afirmar que la personalidad de una organización se refleja en sus elementos de operación establecidos



Figura 5: Diagrama del modelo del Dominó de Adams

También en 1976, Bird y Loftus adaptaron la Teoría de Dominó de Heinrich al proponer la influencia de la administración es la causa de los accidentes, de esta forma los accidentes son proporcionales al pobre control administrativo, debido a los pobres factores personales y de trabajo. Estos dos últimos factores en combinación llevan a una acción insegura o condición insegura o subestándar.



Figura 6: Diagrama del modelo del Dominó de Bird

Luego en 1985, Bird y Germain agregan el concepto de multiplicidad de fuentes de causas y controles, es decir, que por cada accidente, pueden existir numerosos factores, causas, subcausas que contribuyen a su aparición. En esta teoría se basa la norma chilena NCh436 (2000) para clasificar la causalidad de accidentes, al igual que para la implementación del programa de prevención de accidentes en las empresas. (Rázuri, 2007)

5.2.3. Ingeniería de Resiliencia en prevención de riesgos

En término de resiliencia viene de la ingeniería de los materiales donde la resiliencia es la magnitud que cuantifica la cantidad de energía por unidad de volumen que absorbe un material al deformarse elásticamente debido a una tensión aplicada.

En este nuevo enfoque, el término *Ingeniería de Resiliencia* es usado para representar una nueva manera de pensar sobre la seguridad. Mientras que los enfoques convencionales de gestión de riesgo, se basan en análisis posteriores a la tabulación de errores y el cálculo de probabilidades de falla (enfoque negativo), la resiliencia consiste en la anticipación en seguridad y se centra en la evaluación de lo que ocurre correctamente, así como en lo que debería haber salido bien, y en cómo los sistemas pueden tener éxito en diversas e impredecibles condiciones (Hollnagel, 2008). De esta manera ha sido definida como el aumento de la capacidad del personal técnico para evaluar los riesgos (Specht y Poumadère, 2006) y busca maneras de aumentar esta capacidad en todos los niveles de la organización para crear procesos que sólidos pero flexibles, para supervisar y revisar los modelos de riesgo, y de utilizar los recursos de manera proactiva para afrontar las interrupciones, la producción en curso y las presiones económicas presentes, Teniendo una visión prospectiva se asume que los desafíos para el desempeño del sistema ocurrirán siempre, y se busca activamente el alcance y los detalles de esas amenazas. (Hollnagel et al, 2008)

En la Ingeniería de Resiliencia los fracasos no representan una pérdida de control o un mal funcionamiento de las funciones normales del sistema, sino que representan el inverso de las adaptaciones necesarias para hacer frente a la complejidad del mundo real. Las personas y la organización siempre deben ajustar su comportamiento a las condiciones actuales, porque los recursos son finitos y los tiempos estimados son aproximados. El éxito ha sido atribuido a la capacidad de los grupos, individuos y organizaciones para anticiparse a la forma cambiante de los riesgos antes que estos produzcan lesiones. El fracaso es simplemente la ausencia temporal o permanente de anticiparse a ello.



Figura 7: Diagrama del enfoque negativo a positivo de resiliencia

Las prácticas de resiliencia en ingeniería (sistema proactivo de administración) requiere que en todos los niveles de la organización sea posible lo siguiente:

- a) Factual: Aprender de los eventos del pasado, entendiendo correctamente que pasó y porqué.
- b) Actual: Responder a amenazas regulares e irregulares en una manera efectiva y flexible.
- c) Criticidad: Monitorear amenazas y revisar los modelos de riesgos.
- d) Potencial: Anticipar las amenazas, irrupciones y condiciones desestabilizadoras.

Una mayor disponibilidad y fiabilidad del funcionamiento en todos los niveles, no sólo mejora la seguridad, sino también aumenta el control, involucrando otras áreas de interés como la productividad y calidad, al mejorar la capacidad de predecir, planificar y producir.

5.2.4. Indicadores de seguridad

Normalmente los indicadores usados en seguridad se dividen en dos grupos: reactivos y proactivos (Booth y Amis, 1992). Los primeros son obtenidos después que ha ocurrido un evento, en cambio los proactivos, son más difíciles y menos utilizados porque indican medidas de seguridad antes de que ocurra algún incidente.

Actualmente, la mayoría de los sistemas de medición del desempeño de seguridad se han preocupado de las consecuencias negativas o reactivas de los accidentes de obra más que en estrategias proactivas de prevención (Mohamed, 2003). En efecto la norma oficial NCh436.Of2000 establece la obligatoriedad de mantener las estadísticas de cuatro indicadores de carácter reactivo, estos son:

- Índice de Frecuencia (If): Número de lesiones incapacitantes con respecto a un millón de horas-hombre trabajadas.
- Índice de Gravedad (Ig): Número de días perdidos como consecuencia de las lesiones con incapacidad con respecto a un millón de horas-hombre trabajadas.
- Tasa de Accidentabilidad (Tac): Número de lesiones incapacitantes ocurridas por cada 1000 trabajadores.
- Tasa de Riesgo (Tr): Número de días efectivamente perdidos por accidentes incapacitantes y por enfermedades profesionales por cada 100 trabajadores.

Además, la ley 16.744 exige el cálculo una tasa de siniestralidad para la valoración del pago de primas a las aseguradoras, que sigue siendo un registro post accidente.

- Tasa de siniestralidad: $\text{Número días perdidos por Accidentes del Trabajo} \div \text{período Promedio Mensual de Funcionarios en el período} \times 100$

En el otro extremo tenemos a los indicadores proactivos, que gracias a ellos se pueden tomar acciones correctivas al programa de seguridad antes de la ocurrencia de un accidente. Algunos indicadores vistos en esta investigación son:

Nombre	Objetivo	Cálculo
Incidentes	Incentivar el reporte de incidentes (*)	N° incidentes reportados / N° por los trabajadores promedio
	Relación entre incidentes y accidentes	N° incidentes reportados / N° de accidentes ocurridos
5S	Implementación de organización, orden y limpieza (*)	Índice 5S promedio de la obra.
IPA	Indicador de Acciones y condiciones subestándar	ΣN° de acciones y condiciones subestándar / Masa laboral
PAS	Porcentaje de paquetes de trabajo ejecutados seguramente (*)	ΣN° de paquetes de trabajo seguro / ΣN° de paquetes de trabajo
AST	Análisis seguro de trabajo (*)	N° reportes AST / N° trabajadores promedio
Capacitación	Administración (*)	h-h capacitación / h-h trabajadas (mes)
	Administración	N° de inspecciones (mes)
	Administración	N° de capacitaciones programadas / N° capacitaciones realizadas
	Trabajadores (*)	h-h capacitación / h-h trabajadas (mes)
	Trabajadores	% de trabajadores capacitados

Tabla 1: Indicadores proactivos

Fuente: (*) **Tabla indicadores proactivos, Rázuri, 2007; entrevistas a expertos de Mutual de CChC**

5.3. Captura de datos en la construcción

El control es una obra en construcción, basado en la alta calidad de la información, es esencial para identificar las discrepancias entre el ‘deseo’ y los rendimientos reales (R. Navon, Serpell 2002). Este control permite a adoptar las medidas correctivas oportunas, y una reducción de los daños causados por las disconformidades. Cuanto más tiempo se tarda en identificar y reaccionar a estas discordancias, el potencial del daño será más grave, más complejo y la aplicación de medidas correctivas se harán más costosas. Por lo tanto los datos precisos son necesarios no sólo para el control de los proyectos, sino también para actualizar la base de datos histórica. Y dicha actualización permitirá una mejor planificación de futuros proyectos en términos de costos, horarios, asignación de trabajo, etc. (Oglesky et al, R. Navon, E. Goldschmidt) Por este motivo muchos autores plantean que existe un consenso de que el registro en tiempo real de la información de la obra es esencial para mejorar los resultados de los proyectos de control.

Un reciente estudio de un proyecto a gran escala de información de gestión y control (supervisión de más de 1.500 proyectos de obras públicas) muestra que la necesidad de datos de entrada a

nivel de proyecto crea un obstáculo importante para el éxito del sistema (Navon y Goldschmidt, 2003). Y por eso este mejoramiento es indispensable en la construcción actual, ya que es la única forma que las empresas sumen esfuerzos para afrontar el reto y sean competitivas en el mercado.

Dentro de las herramientas adecuadas para la obtención de datos es para recopilar datos exactos y oportunos sobre los resultados actuales, el contratista debe observar a los trabajadores, medir los tiempos que se tardan en construir cada uno de los elementos pedidos, registrar el número de trabajadores de la cuadrilla, y calcular su respectiva productividad.

Dado que estos métodos de recopilación de datos son caros y llevan mucho tiempo, muchas empresas de construcción no recogen amplios datos y mucho menos realizan un análisis en tiempo real. En consecuencia, los métodos actuales no permiten que se tomen medidas correctivas a tiempo para mitigar los daños al proyecto en curso. A veces, el administrador de proyectos y/o los capataces realizan algún tipo de control en obra, pero esto normalmente no se realiza de manera sistemática y probablemente solo intervalos largos en el tiempo, sin ninguna frecuencia clara. En consecuencia, la toma de decisiones en obra se basa en la intuición más que en los hechos reportados.

Por esto nuevas corrientes han entrado en la conciencia como por ejemplo la filosofía *Lean Construction*, cuya función es minimizar o eliminar todas aquellas fuentes que impliquen pérdidas, entendiendo que estas pérdidas implican menor productividad, menor calidad, más costos, etc., considerando las necesidades del cliente. (Koskela et al. 2002). Desde luego existe una cantidad innumerable de variables necesarias de controlar en la obra, pero estas han estado enfocadas principalmente en la categoría de productividad, dejando la seguridad y calidad con indicadores y reportes no menos importantes, pero sí en un segundo plano. En este sentido en seguridad se han establecidos tasas de accidentabilidad, índices de frecuencia, etc., para tener una estimación del rango adecuado donde se debe trabajar, pero aun resta mucho camino por recorrer sobre qué capturar, cómo y porqué. En la categoría de calidad, se han integrado conceptos en los informes de control (Serpell, 2002)

5.3.1. Herramientas de captura

A continuación se explican algunas de las herramientas utilizadas actualmente en obra, la mayoría dirigidos a control de productividad.

5.3.1.1. Muestreo del trabajo

Esta técnica es una herramienta en la medición de actividades de un proyecto, que consiste en realizar una cantidad importante de observaciones aleatorias y usar la teoría de probabilidad para identificar aquellas actividades cuya productividad pueda ser mejorada.

Esta herramienta ha sido ampliamente utilizada dado sus bajos costos y la simplicidad en su utilización. El objetivo del Muestreo del Trabajo es determinar los distintos porcentajes de pérdidas de tiempo y productividad de los obreros, para determinar cómo invierten su jornada laboral ya sea la mano de obra o los equipos y maquinarias. Luego con los resultados de esta muestra aleatoria se puede realizar una inferencia estadística de las actividades de los recursos.

Las principales ventajas de utilizar esta herramienta se enumeran que es simple de llevar a cabo, es económica, fácil de comprender, estadísticamente confiable, no perturba el trabajo en la obra, entrega información útil y actualizada.

Su principal desventaja radica en que no permite identificar en forma clara y precisa las causas que producen pérdidas de productividad, lo que se traduce en que no se conoce donde actuar. Por esto motivo, esta técnica es considerada dentro de la investigación preliminar de carácter general y no como parte de las técnicas de mejoramiento de métodos.

Ya en la captura a través del muestreo del trabajo, ya sea desde una posición fija o recorriendo la obra, se debe capturar la información en instantes predeterminados aleatoriamente. Para esto se debe calcular el número de mediciones que se desea realizar. La frecuencia de las mediciones va de la mano con los objetivos trazados con anterioridad.

5.3.1.2. Carta de balance

La Carta de Balance es una técnica que permite resolver la necesidad de describir formalmente el proceso de una operación de construcción, de una manera detallada. Permite comentar el método usado y determinar la cantidad de obreros más adecuada para cada cuadrilla. También, con la utilización de esta herramienta, se consigue importante información para un análisis de rendimientos (Serpell 2002).

El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros. Con esto no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino de forma más inteligente. Las vías para mejorar la eficiencia del grupo de trabajo que materializa las actividades de interés, son la reasignación de tareas entre sus miembros y/o la modificación del grupo que conforma la cuadrilla.

La Carta de Balance de una cuadrilla es un gráfico de barras verticales, que tiene una ordenada de tiempo, y una abscisa en la que se indican los recursos (trabajador, maquinaria, etc.) que participan en la actividad que se estudia, asignándole una barra vertical a cada recurso. Tal barra se subdivide en el tiempo según la secuencia de actividad que participa el respectivo recurso, incluyendo los lapsos improductivos o las ausencias del trabajador. Dado que cada elemento de la cuadrilla es un graficado en el mismo período de tiempo, la relación de éstos se puede observar mediante una comparación de líneas horizontales de referencia, pudiendo descubrirse patrones

comunes que inciden en los ciclos de trabajo. La Figura muestra una Carta de Balance de la actividad de hormigonado de una columna.

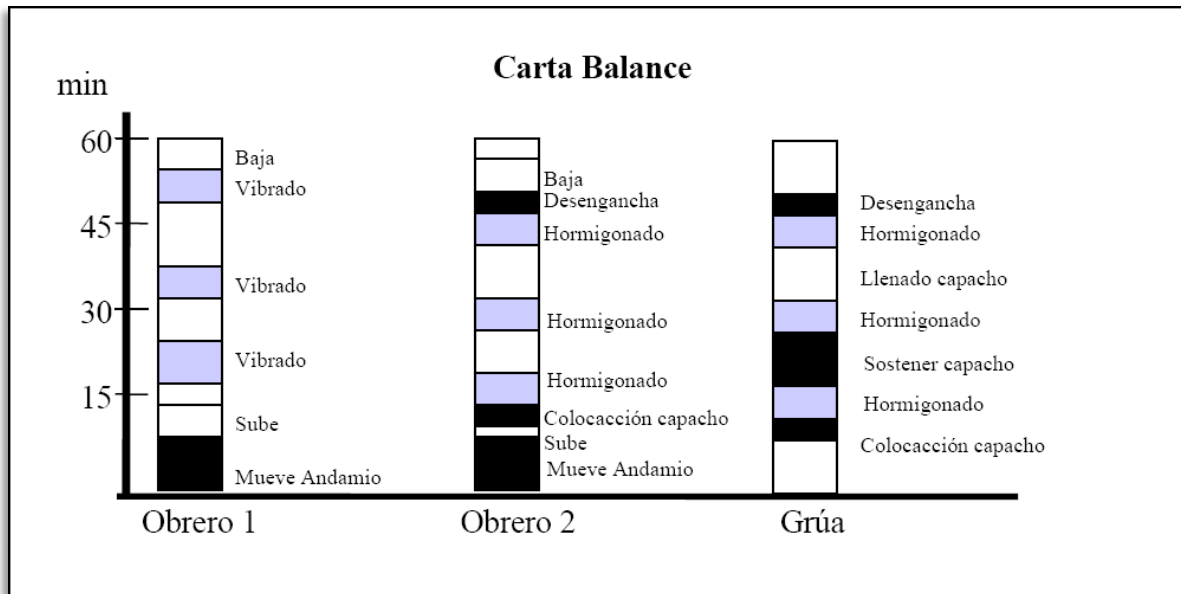


Figura 7: Carta de Balance de la Actividad de Hormigonado de una columna
Fuente: Silva 2005, Uso de técnicas de video como herramienta para la captura y análisis de datos en la construcción

Una consideración que se debe tener presente, es la de enfocar preferentemente el estudio a una reducción de los tiempos improductivos, para ello se propone que en general se respete la siguiente secuencia

- i. Revisar el proceso constructivo seleccionado y buscar otro método que permita cuestionar comparativamente su conveniencia.
- ii. Cuantificar previamente un grado de utilización eficiente de los recursos para ese proceso.
- iii. Analizar con más detalle el diagrama de proceso de los recursos.
- iv. Muestrear la operación al menos 3 veces y en días distintos. Determinar las condiciones reales de trabajo de los recursos.
- v. Procesar la información, concluir y discutir. Determinar mejoras necesarias y describir una carta balance ideal al procedimiento propuesto

De esta manera se busca encontrar un ciclo representativo y eliminar posibles sesgos producto de una captura no representativa. La captura normalmente se realiza a mano mediante lápiz y papel. Los tiempos se pueden obtener con el apoyo de un cronómetro. (Serpell, 2002)

5.3.1.3. Multicuadrilla

Muchas veces, en obras de magnitud, existe la necesidad de coordinar múltiples cuadrillas e trabajo y/o maquinaria para la realización de diversas actividades ubicadas en diferentes frentes de trabajo (Alarcón, 1997). Luego también se necesita conocer el comportamiento de varias cuadrillas a través del método de cartas de balances, de allí nace el concepto de multicuadrillas.

Es decir, las Cartas Multicuadrilla son una técnica que permite analizar y describir cómo operan las diferentes cuadrillas y maquinarias en los diferentes frentes de la obra. Una Carta Multicuadrilla es semejante a una Carta de Balance en su construcción y análisis. Sin embargo, describe un panorama mucho más global que la Carta de Balance (que solo describe una operación). La Figura siguiente muestra una Carta Multicuadrilla de un movimiento de tierra con refuerzo.

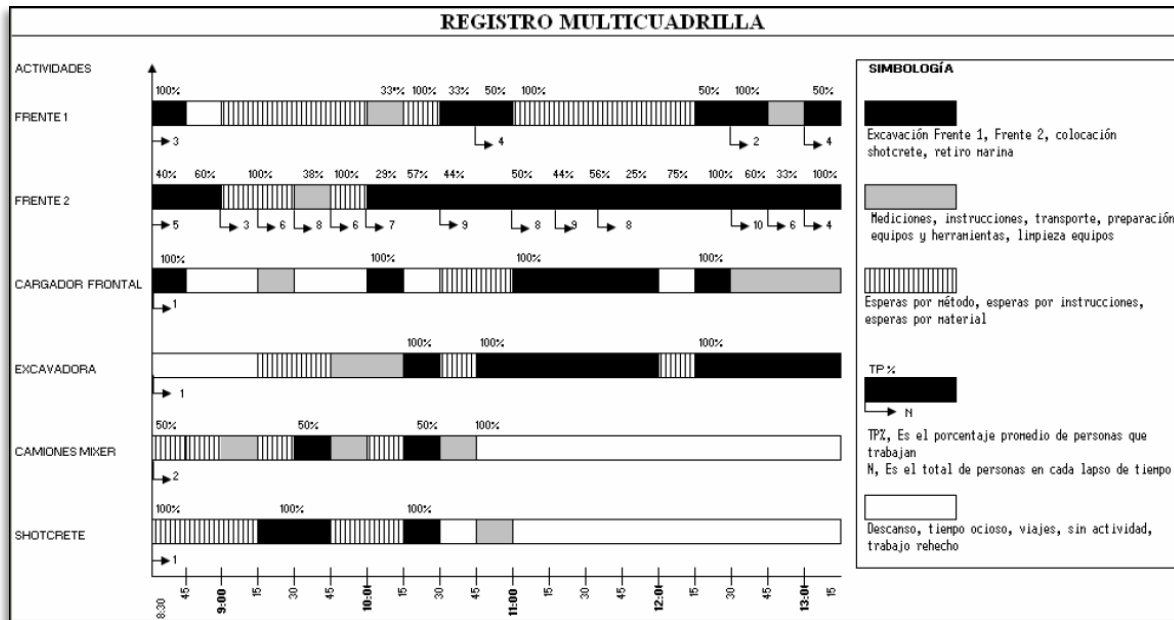


Figura 8: Carta Multicuadrilla de un Movimiento de Tierra con Refuerzo
Fuente: Fuster 2004, Elaboración de una guía práctica para el uso conjunto de análisis y simulación de procesos de Construcción.

La Carta Multicuadrilla al igual que las cartas de balance, es un gráfico de barras horizontales, que tiene en la ordena los frentes de trabajo y maquinaria utilizada, asignándole una barra horizontal a cada uno de éstos, y una abscisa de tiempo. En las barras horizontales también se incluye el número de personas que incluye la cuadrilla y el porcentaje de personas con el cual está trabajando la cuadrilla o el porcentaje de rendimiento con el que opera un equipo. (Silva, 2005)

El análisis que se realiza en una Carta Multicuadrilla es muy similar al que se hace en la Carta de Balance. En la Carta de Balance se reasignan tareas de manera de disminuir los tiempos muertos en una operación, en cambio en la Carta Multicuadrilla se pueden reasignar las cuadrillas y/o maquinaria de manera de hacer más productiva la obra en un marco más global. Se puede decir que la Carta Muticuadrilla permite hacer un análisis macro de la obra; a su vez que las Cartas de Balance hacen un análisis micro de la obra mejorando una operación.

La representación gráfica mediante el uso de Carta Multicuadrilla presenta varias ventajas que se señalan a continuación:

- i. Permite a la administración apreciar la distribución de los períodos no productivos de las cuadrillas.
- ii. Provee una representación cronológica de las actividades en los diferentes frentes de trabajo de las diferentes cuadrillas de trabajo y sus relaciones con los equipos.
- iii. Permite fácilmente desarrollar estrategias de mejora a nivel macro

Una desventaja que se debe considerar al momento de utilizar esta metodología es que no representa el trabajo al interior de las actividades, ni como éstas se componen.

5.3.1.4. Encuestas sobre detenciones y demoras

Estas encuestas son realizadas con el objetivo de identificar con precisión las fuentes de interrupciones, y la incidencia de cada una en términos de horas-hombre desperdiciadas. Uno de sus puntos conflictivos es que supone que el capataz es capaz de identificar y estimar con una exactitud adecuada las pérdidas del tiempo debido a las interrupciones presentadas. Por esto es fundamental la confianza e interés del capataz y los supervisores en analizar la información, de forma que la administración tome medidas para disminuir las pérdidas y concretar el mejoramiento. (Serpell, 2002)

Algunas veces se cuestiona la exactitud de la información de esta encuesta, ya que es difícil asegurar que los valores obtenidos son precisos. Sin embargo, más que el valor mismo, lo que debe interesar en su importancia relativa entre cada una de las categorías. (Serpell, 2002)

Cuadrilla:		N° de obreros:		
Fecha (día):		Actividad:		
Problemas que producen interrupciones en el trabajo		Horas-Hombre Pérdidas		
		N° de horas	N° de obreros	hh Pérdidas
1	Esperando por materiales (bodega)			
2	Esperando por materiales (externo)			
3	Esperando por herramientas no disponibles			
4	Esperando equipos			
5	Modificaciones/Rehacer Trabajo (errores de diseño)			
6	Modificaciones/Rehacer Trabajo (errores de prefabricación)			
7	Modificaciones/Rehacer Trabajo (errores de construcción)			
8	Traslado a otras áreas de trabajo			
9	Esperando la información			
10	Interferencia con otras cuadrillas			
11	Sectores muy atestados de trabajadores			
12	Otros			
Comentarios:				

Tabla 2: Encuesta sobre detenciones y demoras a nivel capataz
Fuente: Serpell, 2002, Administración de operaciones de Construcción

5.3.2. Mediciones automatizadas

Actualmente existen variados métodos para automatizar la captura de datos. A continuación algunos de los métodos más utilizados.

a) Código de barras

Es una tecnología de captura de datos en tiempo real. Los datos en código de barras actúan como una referencia que está asociada a un registro en un servidor. Este registro contiene información que es necesario completar en la identificación del proceso. En la construcción, ha sido principalmente utilizado para el seguimiento de materiales; monitoreo de procesos; y labores de control.

b) Sistema RFID

La identificación por radiofrecuencia o RFID (Radio Frequency Identification), es una tecnología de identificación remota e inalámbrica en la cual un dispositivo lector o reader vinculado a un equipo de computo o receptor, se comunica a través de una antena con un transponder (también conocido como tag o etiqueta) mediante ondas de radio. Esta tecnología que hoy en día forma parte de nuestra vida diaria, tiene su uso más común en los controles de acceso, la logística de mantener localizado un producto de una cadena de suministros o resguardar la seguridad (ejemplo son los museos), los sistemas de transporte público y en el sistema de pago automático en carretera. Comparada con los códigos de barras, el RFID es más ventajoso, especialmente para seguimiento de materiales, debido a que posee mayor capacidad de almacenaje y es más potente y no requiere una línea de visión directa (a diferencia del infrarrojo) entre emisor y receptor.

c) Global Positioning System (GPS)

Es un sistema de navegación, que provee el posicionamiento tridimensional. Se basa en la tecnología satelital. Y aunque el GPS estándar necesita una línea de visión entre el receptor y el satélite, recientes investigaciones permiten operar el GPS en ambientes indoors o techados, al complementarlo con otro tipo de tecnología como celular, laser, etc. Actualmente el uso de GPS en la construcción ha sido desarrollado principalmente en la línea de la cartografía, y sobre todo en proyectos de movimiento de tierras. Numerosas investigaciones indican el inmenso potencial que entrega este sistema en este campo, debido a la alta precisión del el sistema, por ejemplo permitiría monitorizar en tiempo real las deformaciones de grandes estructuras.

d) Tecnologías de audio y video

El uso de cámaras de videos en la construcción ha sido propuesto en diversos estudios, aplicado en la gestión y control de la obra (Deng et al., Abeid et al., y Wu y Kim). Las cámaras de video

pueden fotografiar una obra en tiempo real y obtener análisis manuales. Así pueden reconocer avanzados patrones, que proveen información invaluable en lo que respecta a procesos o a la localización de materiales en la obra. En cambio la automatización en la captura de datos, aun necesita mayor investigación como en los patrones de reconocimiento; en el procesamiento de datos crudos; o en integrar otro programa (por ejemplo RFID); o filtrar información de las imágenes.

e) Detección de láser and Ranging (LADAR)

Debido al crecimiento de la confiabilidad en este sistema y a que el costo ha bajado considerablemente. LADAR se ha convertido en un atractivo sistema de control y gestión en la construcción. Además otros autores (Cheak y Stone, 2004) plantean otros potenciales como reconocimiento de objetos, caracterización de terreno, etc.

5.4. Uso de videos e imágenes como herramienta de captura

El video, hace referencia a la captación, procesamiento, transmisión y reconstrucción por medios electrónicos de una secuencia de imágenes y sonidos que representan escenas en movimiento. Inicialmente la señal de video está formada por un número de líneas agrupadas en varios cuadros y estos a la vez divididos en dos campos portan la información de luz y color de la imagen.

La tecnología de video fue desarrollada por primera vez para los sistemas de televisión, pero se ha diversificado en muchos formatos para permitir la grabación de video por parte de los consumidores en diversas situaciones y lugares. A continuación se describen algunas de las técnicas de videos, más usadas en la construcción.

5.4.1. Registro de actividades mediante fotografías y videos

El uso de video o imágenes en la construcción nace en la década de los sesenta como consecuencia de la necesidad de capturar y analizar datos en la construcción (Kannan, 1999). En efecto, Paulson (1978) destacó el uso de tiempo de la fotografía como un primer paso hacia la automatización del proceso de recopilación de datos en obra. Ya en esta década de los años setenta la Universidad de Michigan utilizaba técnicas de videos uno de sus ramos impartidos en la malla de Ingeniería. Es así que se exhibió un video de una duración de 15 minutos, donde se observaba la construcción de un puente peatonal cuya elaboración tardó 3 meses. El propósito del video era iniciar a los alumnos en el uso de técnicas de video para el análisis de actividades en la construcción. Una vez que los alumnos observaban el video podían responder preguntas que, sin el uso de un video a alta velocidad hubiese sido más complicado, como por ejemplo sobre las

condiciones del clima sobre la constructabilidad, la ubicación de los materiales, la distribución de accesos a la obra, etc. Además se rompe con uno de los obstáculos más frecuentes que tienen los estudiantes y profesores al momento de ingresar a las obras, como son los permisos, la responsabilidad ante un accidente, los arreglos de viaje, etc. (Lucas, 1999). También el tiempo de clase es demasiado restrictivo, por lo que ver la obra en la misma sala hace esta técnica muy eficiente, debido a lo repetitivo del tiempo real.

Luego con el paso del tiempo y los avances en la tecnología, el efecto sobre el sector, que se considera tradicionalmente lento para adoptar las nuevas innovaciones, ha ido variando. En efecto, en investigaciones (Abudayyeh de 1995, Liu 1995, Liu 1996, y Songer 1995) se comenzó a explorar las variadas aplicaciones de la tecnología de imágenes digital en la industria de la construcción, y aunque muchas organizaciones han comenzado a experimentar con cámaras digitales e imágenes, muchas preguntas siguen siendo acerca de cómo esta tecnología puede mejorar los procesos de diseño y construcción. (Riley y Whitesides, 1999)

Pero desde sus inicios, la principal ventaja del uso de técnicas de videos reside en que se podía reproducir de manera acelerada mediante el uso de intervalos de tiempo o “Time-Lapse Technique”. De esta manera era posible realizar un análisis en menos tiempo del que hubiese sido necesario en caso de observar el video en tiempo normal.

Además gracias a la fotografía digital se puede acceder a imágenes disponibles inmediatamente para su análisis. En consecuencia, la imagen es mucho más versátil que una fotografía tradicional, que requiere una amplia transformación. Una vez descargados a un computador, la imagen, como cualquier otro documento electrónico, se pueden imprimir, mejorar, presentada en una base de datos, o ser transmitida a lugares remotos. Por lo tanto los computadores también juegan un papel integral en las imágenes digital, teniendo consideraciones pertinentes para esta tecnología. Estas consideraciones se dividen en cuatro categorías generales: capturar, almacenar, administrar y compartir imágenes.

A continuación se describe cómo opera esta técnica de Time-Lapse o Intervalos de Tiempo y cómo ésta ha ido evolucionando a lo largo de los años, en la industria de la construcción.

5.4.2. Técnica de Intervalos de Tiempo o “Time-Lapse”

El ojo humano es capaz de distinguir aproximadamente entre 20 imágenes o cuadros por segundo. De este modo, cuando se muestran más de 15-30 imágenes por segundo, es posible crear la ilusión de una imagen en movimiento, menos que esa cantidad el video se ve poco fluido o cortado. Por lo tanto la fluidez de un video se caracteriza por el número de imágenes por segundo (frecuencia de cuadros), expresado en FPS (cuadros por segundo). Luego el concepto de Time-Lapse consiste básicamente en reproducir a la misma velocidad de un video normal (15 -

30 FPS) una serie de cuadros que tienen un intervalo de tiempo mayor al normal entre ellos. Si un video es capturado con su metodología tradicional, se capturan 30 cuadros por segundo. Esto implica un cuadro cada 1/30 de segundo. Por el contrario, utilizando la tecnología de Time-Lapse se pueden capturar 1 cuadro cada 1 segundo, para luego ser reproducidos a 30 FPS con lo que 30 segundos de captura se observan en 1 segundo. Esto implica aumentar la velocidad de reproducción en 30 veces o 30x (Silva, 2005).

A continuación se muestra una tabla de los lapsus de tiempo a través de esta técnica por FPS.

Intervalo de captura en FPS	Total cuadros en 24 h	Tiempo de observación en minutos a 30 FPS	Cantidad de veces más rápido que tiempo real
0,5	172800	96	15
1	86400	48	30
2	43200	24	60
3	28800	16	90
5	17280	9,6	150
10	8640	4,8	300

Tabla 3: Observaciones a distintos intervalos de tiempo con técnica time-lapse

Fuente: St. Aubin 2008, Diseño de un sistema de captura de datos de productividad y prevención de riesgos por medio de videos digitales

Luego se puede estimar que grabando en una obra, una jornada laboral completa de 9 horas (ley de 45 horas semanales de trabajo) y despreciando la hora de almuerzo, la jornada se reduce a observar 8 hrs el video, por lo que se tiene el siguiente cuadro si se considera capturas de imágenes a 1 FPS.

Velocidad si Intervalo de captura es 1 FPS	Cuadros en 8 hrs (jornada laboral)	Duración del video [hrs]
1x	28800	8
2x	14400	4
4x	7200	2
8x	3600	1
16x	1800	0,5
32x	900	0,25

Tabla 4: Duración de video a 1 FPS

También como se ha mencionado varios autores validan las ventajas de esta técnica. Oglesby et al. (1989) afirman que es una aplicación de valiosa supervisión en la construcción, aunque varios autores señalan la complejidad del vídeo time-lapse como un importante impulso para la obtención de datos. Alternativamente, otras técnicas como el uso de un programa de computador para crear un video time-lapse en tiempo real han sido investigadas. Senior y Swanberg-Mee (1997) describe la creación de un esta técnica con la grabación de vídeo con un marco pre-especificados por cada intervalo de tiempo.

Es interesante observar que el uso del time-lapse en la gestión del proyecto y la recopilación de datos están estrechamente unidos a los avances logrados en la industria tecnológica (Kannan, 1999), pero el interés por el time-lapse ha sido esporádico. A menudo el paso crítico son las capacidades de los nuevos equipos, y su costo, y por lo tanto la necesidad de equilibrarse entre sí, y aunque los equipos modernos tienen mejoras en los procesos de captura de vídeo, la metodología, como tal, se ha mantenido estancada. Las actividades humanas tales como la supervisión y la extracción de datos son factores importantes en el proceso de análisis.

También como cualquier sistema de gestión de la construcción que hace uso de videos de corta duración en una obra de construcción debe superar dos problemas importantes. El primer problema consiste en la velocidad del cuadro (FPS) que permite la gestión eficaz de cualquiera de los muchos problemas de gestión por ejemplo los retrasos, accidentes, reclamos, etc., asociados a los proyectos de construcción. El segundo problema es cómo encaja todo esto la información digital en un disco duro disponible comercialmente. (Jorge Abeid and David Arditi, 2002)

5.4.3. Investigaciones

Algunos ejemplos de uso de videos o imágenes en investigaciones pasadas o productos actuales se nombran a continuación.

5.4.3.1. Computación y videos interactivos aplicados al análisis de operaciones de construcción

Esta investigación realizado en 1988 por los profesores Luis Fernando Alarcón y Pedro Hepp, se enmarca dentro del contexto global de una investigación en productividad, realizada en un esfuerzo conjunto del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, DICTUC, y la Corporación de Capacitación de la Construcción, con el fin de de optimizar la producción en operaciones de construcción, en cuanto a costo, calidad y plazos de ejecución. Se trata de abordar los diversos aspectos y factores que tienen efecto sobre la productividad y realizar paralelamente a estos programas un traspaso continuo de los resultados a la industria de la construcción, sin perder la posibilidad de extender las aplicaciones a otros campos.

Los objetivos del proyecto, fueron encontrar y adaptar la tecnología de video interactivo para su aplicación al análisis de construcción. Luego desarrollar los métodos computacionales para el análisis de operaciones en obra, y finalmente aplicar estas herramientas computacionales desarrolladas con el fin de mejorar la eficiencia y la productividad. Al mismo tiempo, el uso de estas herramientas en la formación de profesionales y la capacitación de los constructores, ofrece posibilidades de extender rápidamente los progresos que se alcancen en este campo.

El proyecto cuenta con cintas de video para guardar las filmaciones, diskettes magnéticos para uso de microcomputadores y discos de almacenamiento óptico para almacenar información gráfica en el desarrollo de software de video interactivo.

5.4.3.2. CapCam

Esta investigación nace en GEPUC y es desarrollada por Silva (2005), como tema de memoria, donde se busca validar el potencial que tiene el uso de las técnicas de video como medio de captura de datos en la construcción. Luego se crea y propone un sistema que sea capaz de analizar las imágenes capturadas de manera de poder introducir mejoras a la productividad y calidad de la obra. A este sistema prototipo se le denominó CapCam.

Las partes fundamentales del prototipo son el software y hardware que utiliza el sistema. El hardware está constituido por las cámaras y el servidor que almacena los videos. El diseño del software varía según las características de cada obra y debe ir evolucionando durante la puesta en marcha en los diferentes emplazamientos. A continuación se describe el diagrama de flujo del prototipo CapCam V1.0, cuya aplicación está dirigida a la construcción de túneles.

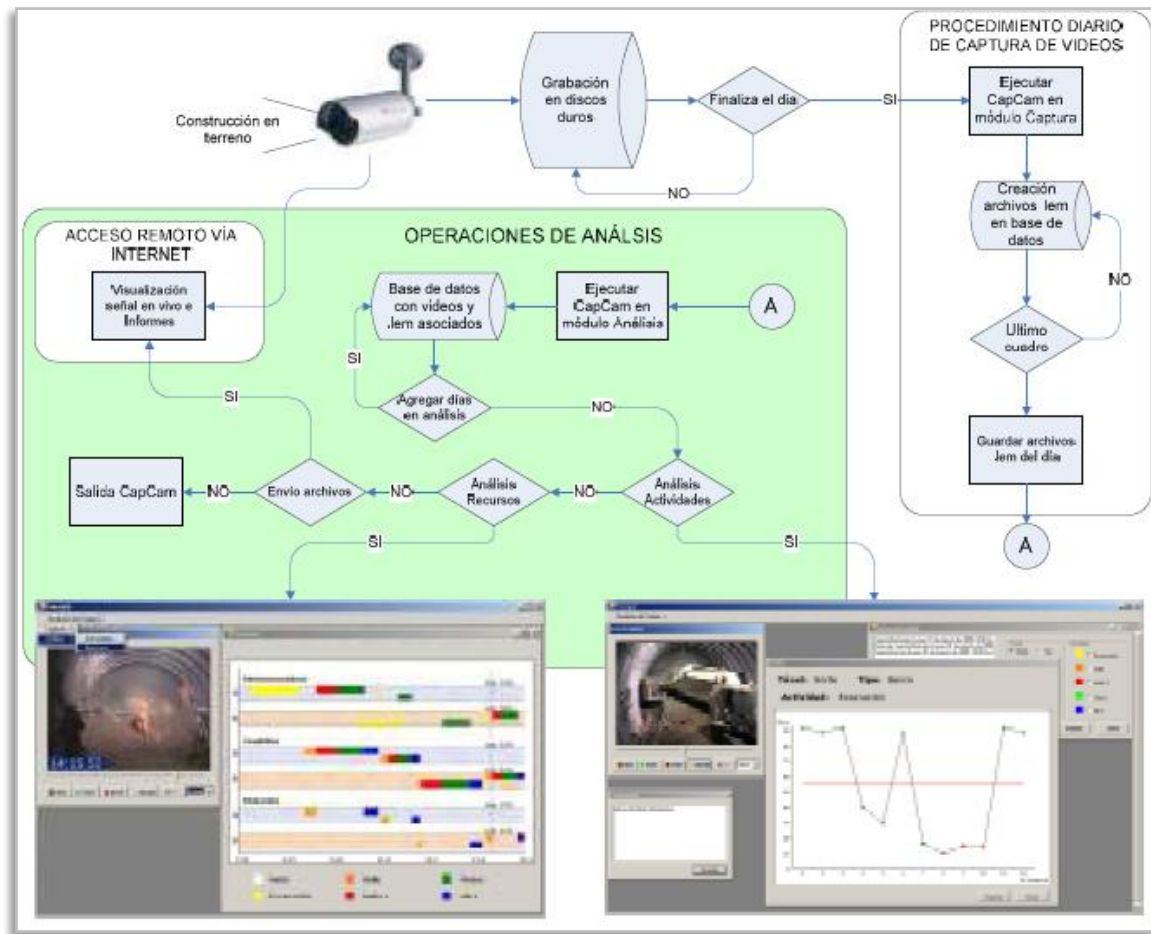


Figura 9: Diagrama de flujo de CapCam

Fuente: Silva 2005, Uso de técnicas de video como herramienta para la captura y análisis de datos en la construcción

5.4.3.3. Photo-Net II

Esta herramienta vendida por la empresa canadiense Remontech (Remote Monitoring Technologies), es un sistema integrado de hardware y software, de programación y control de procesos en la construcción, donde se utilizan cámaras en obras y un sistema automatizado de monitoreo en tiempo real. Este programa realiza la grabación de las actividades de construcción mediante el método de time-lapse (en este caso el proveedor del sistema recomienda usar 1 cuadro cada 6 segundos) y lo vincula con el método del camino crítico (CPM) mediante un gráfico de barras. El usuario debe ingresar el avance de las actividades diarias, y a partir de esa información, el programa construye un modelo dinámico de la obra, y lo compara con los videos observados. El programa provee una interfaz intuitiva y amigable para manejar e introducir los datos pedidos. Además en la misma pantalla se puede visualizar un histograma de los porcentajes de avances programados y los reales de obra.

A continuación, se muestra una de las pantallas dinámicas del sistema. Al apretar el botón *PlayBack* se genera el video sincronizado con la animación de las barras. Entonces, las barras de color azul crecen pintando los logros del rendimiento y permitiendo comparar con lo planificado en la construcción.

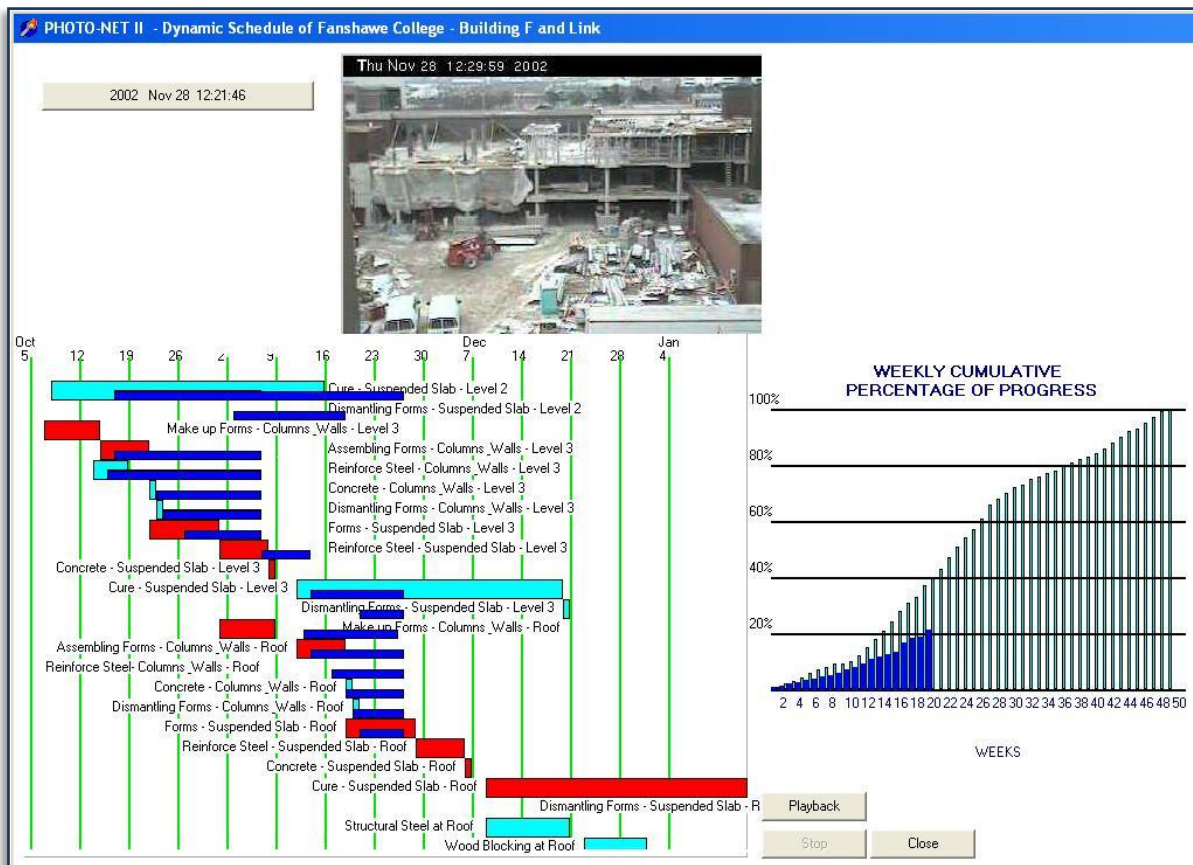


Figura 10: Pantalla de PHOTO-NET II
Fuente: Manual for PHOTO-NET II cliente version

5.4.3.4. Sistema 4D

El sistema 4D hace referencia a un modelo tridimensional (3D) de una obra, y agregándole la cuarta dimensión del tiempo. 3D es un modelo de producto, que permite visualizar como será la construcción final. Al introducir la variable tiempo el programa permite visualizar el avance en períodos de tiempo intermedios, Para realizar este sistema se requieren realizar los siguientes pasos: i) Modelación 3D; ii) Análisis de interferencias; iii) Estructuración del modelo en sus elementos de volumen de acuerdo a estructura de programación de obra; iv) Programa de construcción. Generalmente las partidas recomendadas a destacar son: obra gruesa (moldaje, fierros y hormigón), estructuras soportantes de revestimiento y revestimientos, e instalaciones.

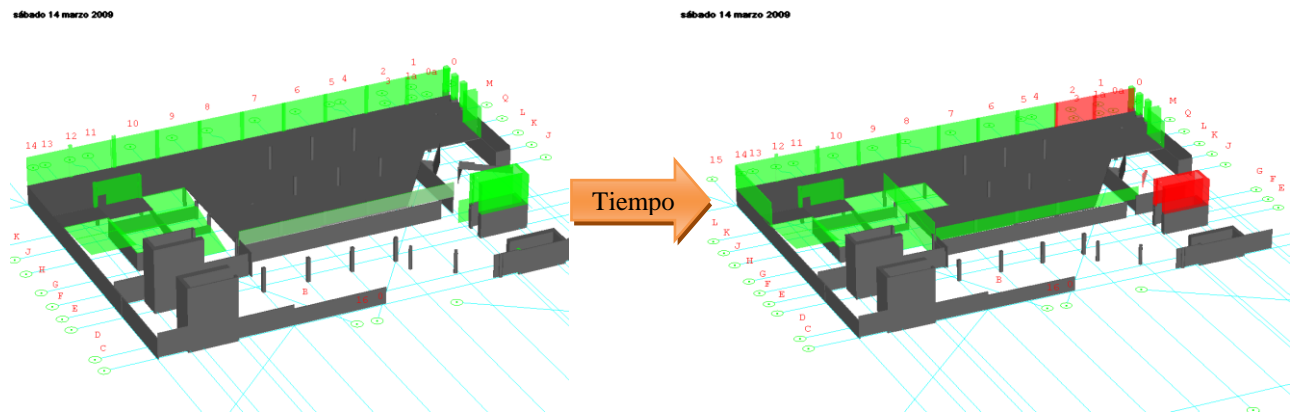


Figura 11: Sistema 4D
Fuente: Presentación GEPUC, proyecto Comsa

5.4.4. Clasificación de videos

Como se nombró anteriormente en el capítulo, un video es una sucesión de imágenes presentadas a cierta frecuencia. El ojo humano es capaz de distinguir aproximadamente 20 imágenes por segundo. De este modo, cuando se muestran más de 20 imágenes por segundo, es posible ‘engañar’ al ojo y crear la ilusión de una imagen en movimiento. La fluidez de un video se caracteriza por el número de imágenes por segundo (frecuencia de cuadros), expresado en FPS (cuadros por segundo). Además, el video multimedia generalmente está acompañado de sonido, es decir, datos de audio.

Inicialmente la señal de video está formada por un número de líneas agrupadas en varios cuadros y estos a la vez divididos en dos campos, portan la información de luz y el color de la imagen. El número de líneas, de cuadros y la forma de portar la información del color depende del estándar concreto.

El video puede ser clasificado como video análogo o digital, donde:

- Video digital, incluye DVD, QuickTime y MPEG-4
- Videos análogos, asociados a grabaciones magnéticas como VHS y Betamax

En las décadas pasadas el formato predominante era el análogo, pero hoy en día está en franca retirada, ya que en la actualidad el formato habitual es el digital debido a los avances tecnológicos. El tamaño de una imagen también depende de la clasificación, así el video digital se mide en píxeles, y video analógico en líneas de barrido horizontal y vertical.

El video puede ser transmitido en varios medios físicos:

- En cintas magnéticas es grabado en PAL
- Señales eléctricas NTSC por video cámaras
- En MPEG-4
- DV en cámaras digitales

5.4.4.1. Videos IP

Esta clase de videos pertenecen a los videos digitales, en donde la información utiliza valores discretos (discontinuos) en altos o bajos valores de almacenamiento conocidos como bits. Al ser representaciones discretas, la información representada también lo puede ser, como letras o iconos y otro rango continuo como sonido e imagen más comprimido que el sistema análogo.

Este tipo de video hace referencia al protocolo IP, que permite la comunicación de datos a través de de una conmutación de paquetes InterRed . De este modo, una Cámaras IP es un dispositivo de vídeo en que la propiedad intelectual que puede ofrecer son imágenes en directo a través de una red IP, tales como una red de área local (LAN) o Internet. Además las cámaras IP suelen ser desarrolladas como una grabadora de vídeo digital (DVR) o una grabadora de vídeo de red (NVR) para formar un sistema de vigilancia por vídeo. Es por esto que las cámaras IP, al ser digitales, vienen con una amplia variedad de características como lentes fijos, pan-inclinación-control de zoom, la panorámica de 360 grados sin fin, en interiores o al aire libre, de 2 vías de audio, iluminación por infrarrojos, análisis inteligente de vídeo, etc.

Además el aporte del vídeo en red o IP, es que sus soluciones son flexibles y sólidas, le permiten supervisar y proteger personas, bienes y procesos industriales de forma remota y rentable. Se puede utilizar para realizar sesiones de formación o resolución de errores remotas, o para retransmitir imágenes y sonidos en un sitio Web. Puede tener un sistema de vídeo en red sencillo o altamente sofisticado, según sus necesidades.

5.4.4.2. Videos Análogos

El tipo de video análogo o ‘no digital’, utiliza un sistema de un rango continuo en el almacenamiento y la representación de la información.

Para la realización de esta actividad, se dividió la sesión en 3 partes:

- La primera consistió en la reproducción de varias actividades riesgosas y otras no tanto, grabadas anteriormente con cámara handycam en 3 obras de distinto tipo cada una, vivienda, edificación en altura y excavación. El objetivo era que gracias a estos videos los expertos los validaran como una herramienta útil y efectiva de visualización de datos.
- La segunda parte consistió en mostrarles en qué consiste el prototipo actualmente, y que modificaciones ellos harían o que herramientas agregarían.
- La tercera etapa se planteó como preguntas sobre la gestión en la construcción y como le aportaría los videos a las variables criticas plateadas en una investigación anterior de Carlos Rázuri, pero estas preguntas fueron saliendo espontáneamente en la discusión durante las anteriores etapas, por lo que se omiten y además por la falta de más tiempo en la sesión.

El número de expertos que asistió a la sesión fueron 9, pero uno de ellos se debió retirar en la primera etapa (Video 10), por causa de un accidente perteneciente a su cartera de empresas.

5.4.5.1. Videos grabados con handycam

En esta etapa a los entrevistados se les mostraron 15 videos grabados con Handycam (Detalle completo de las respuestas en el Anexo), y debían contestar las siguientes preguntas:

- a) Se logra ver a los trabajadores y distinguirlos a cada uno en el video
- b) Se logra ver las actividades que realizan los trabajadores en el video
- c) Se logra ver detalles de la obra, como herramientas y maquinaria
- d) Se puede observar detalles de orden, organización y limpieza de la obra

Con las opciones Claramente, Medianamente y Deficientemente, las siguientes 2 últimas preguntas las respuestas eran Si o No y si era afirmativa, desarrollar la idea.

- e) Se pueden apreciar acciones riesgosas que cometen los trabajadores
- f) Se pueden apreciar condiciones riesgosas

Estos videos fueron seleccionados de acuerdo a la percepción de actividades riesgosas por el equipo GEPUC y otros definidos solamente para conocer la opinión de la calidad del video. De esta manera 9 videos son catalogados con falta de seguridad, con 6 de ellos por acciones riesgosas y 3 por condiciones riesgosas. También se exhiben otros 6 videos sin problemas aparentemente de seguridad.

Luego los resultados de estos 15 videos exhibidos, se resumen con la siguiente segregación de respuestas por cada pregunta.

Respuestas	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Claramente	77	81	43	78
Medianamente	50	46	60	53
Deficientemente	13	12	31	10
Totales	140	139	134	141

Tabla 5: Resumen de respuestas por cada pregunta de videos handycam

Luego en porcentajes, se observa que:

Respuestas	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Claramente	55%	58%	32%	55%
Medianamente	36%	33%	45%	38%
Deficientemente	9%	9%	23%	7%
Totales	100%	100%	100%	100%

Tabla 6: Resumen porcentual de respuestas por cada pregunta de videos handycam

Por lo tanto, en la detección del trabajador, y las actividades que estos realizan, más de la mitad de los encuestados indican que se indica que se puede apreciar claramente. También en la misma proporción afirman que las condiciones de orden, organización y limpieza de la obra se observan nítidamente. Y la alternativa siguiente es el término medio rondando el 35%. Y la observación deficiente fue bajo el 10%.

En cambio en la observación e identificación de maquinarias y herramientas la opción que lidera es la forma medianamente clara, siendo las herramientas de menor tamaño las más complicadas de detectar. Le sigue la alternativa clara con un 32% y luego la deficiente con un 23%, lo que indica que hay más dificultad de detectar mediante videos.

En las preguntas sobre acciones y condiciones riesgosas el resumen es el siguiente:

Respuestas	Pregunta 5	Pregunta 6
SI	80	105
NO	60	35
Totales	140	140

Tabla 7: Resumen de respuestas por cada pregunta de videos handycam

Respuestas	Pregunta 5	Pregunta 6
SI	57%	75%
NO	43%	25%
Totales	100%	100%

Tabla 8: Resumen porcentual de respuestas por cada pregunta de videos handycam

Por lo que se infiere que las condiciones de seguridad, son más fácil de detectar, que las acciones. Pero ambos porcentajes son importantes y abarcan más del 50%, siendo el de las condiciones riesgosas el más destacado con un 75% de las respuestas.

Además gracias a las grabaciones hechas con Handycam en los variados tipos de obras, se puede apreciar que en pocas horas de grabación se registraron una cantidad importante de acciones y condiciones riesgosa, y que en la primera parte del Focus Group, con la exhibición de la selección de videos de estas imágenes, los expertos se mostraron totalmente sorprendidos e impactados por la peligrosidad y realidad que mostraban.

Con el paso de los videos fueron reconociendo que ellos tenían en sus carteras a esas empresas, por lo que de seguro les va a servir a ellos en sus futuras inspecciones. Y les sirve para reconocer las falencias cuando ellos no están presentes en la obra.

Algunos videos no eran muy nítidos o tenían mucho movimiento de la cámara, pero aun así, encontraron peligrosidad en las situaciones. Un hecho destacado es que en todos los videos de handycam exhibidos se encontraron acciones o condiciones riesgosas, siendo que en la selección de ellos, se pensó que no todos eran situaciones críticas, y algunos videos apuntaban a ver sus reacciones a planos generales y otros más específicos.

5.4.5.2. Videos IP

En esta parte de la sesión, se exhiben tres videos del tipo IP, grabadas con las cámaras que GEPUC cuenta instaladas en la obra de construcción un hotel en el oriente de Santiago, de una constructora asociada al proyecto.

La metodología es la misma que el paso anterior, con la excepción de que al final es una discusión grupal sobre las actividades y condiciones inseguras que los expertos observaron. A continuación las preguntas personales eran:

- a) ¿Se observan flujos de circulación?
- b) ¿Se distinguen con claridad unos trabajadores de otros?
- c) ¿Se distinguen con claridad las actividades y tareas por trabajador?
- d) ¿Se logra apreciar las acciones riesgosas?
- e) ¿Se logra apreciar las condiciones riesgosas?

Con el tipo de respuestas de Claramente, Medianamente y Deficientemente.

➤ Video 1

El video corresponde a una toma en altura desde la grúa mirando hacia abajo en la última losa construida.

Se distingue que los expertos afirman que es medianamente claro distinguir a los trabajadores, y que se debe seguir a una persona a la vez, sino es muy difícil. Lo mismo ocurre con las actividades el 75% afirma que es posible en término medio. Y las acciones riesgosas también son calificadas en un 63% como término medio y las condiciones riesgosas un 50% opina que se pueden apreciar medianamente y el 37% claramente y un 12% deficiente.

Entre las actividades observadas se nombran: Flujos de circulación de personas, inactividad, enfierraduras y colocación de vigas. Y en las condiciones o acciones se distinguen el sector de colocación vigas, el sector de colocación de placas, bordes desprotegidos y falta de barandas perimetrales.

➤ Video 2

El siguiente video es una grabación desde el primer piso, y registra los primeros pisos de la construcción.

En este video la mitad de los expertos cree que los flujos se observan claramente, y el 38% medianamente, probablemente debido al ángulo de la cámara. Con respecto a distinguir a la los trabajadores el 63% afirma que es con claridad, pero en el caso de las actividades de estos trabajadores el 75% afirma que es medianamente claro y el 25% restante opina que es deficiente. En cuanto a acciones y condiciones, ambas preguntas generan un consenso de 50% de alternativa medianamente y deficientemente, respectivamente.

En cuanto a los actividades observadas se menciona el ajuste de alzaprime, y con respecto a las acciones y/o condiciones inadecuadas esta la estructura deficiente de andamios (tercer cuerpo), el desorden en la obra, la rampla hechiza y que la zona de tránsito no está protegida de caída de material. Los entrevistados comentan que es una obra de un colegio u oficina, sin saber que es la misma obra del hotel desde otra perspectiva y en otra etapa del proyecto (primeros pisos).

➤ Video 3

Este video también está grabado con la cámara en la posición de la grúa, solo que esta vez, la grabación no es sobre la losa, sino que es con un ángulo, y sobre los moldajes.

Acá los flujos son detectados claramente por el 63%, y la detección de los trabajadores el 50% los define como medianamente claro y el 38% deficientemente. En la observación de las actividades el 75% la definen en término medio. En cuanto a las acciones el 63% cree que son medianamente claras y los restantes deficientes. En las condiciones inseguras el 50% opina que son medianamente claras, el 38% deficiente y solo uno opina que es clara la observación.

Con respecto a las actividades encontradas y opiniones respecto al video son: parte de muros no hay visión, se observa la manera que pierden el tiempo, hay bastante movimiento de flujos de

personas, se distingue el acopio de placas y materiales. En las condiciones o acciones subestándar en el video se observa la bajada de escalera (mala calidad), andamios y bordes desprotegidos

Como resumen de esta etapa se obtienen los siguientes resultados en forma porcentual:

Respuesta	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5
Claramente	58%	29%	8%	8%	25%
Medianamente	38%	50%	71%	54%	50%
Deficientemente	4%	21%	21%	38%	25%
Totales	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 9: Tabla resumen respuestas de videos IP

Como se observa en la tabla n°9, el 58% opina que los flujos de circulación se aprecian claramente, y 38% medianamente y solo el 4% de mala calidad. Esta es la única pregunta sobre videos IP, que el porcentaje sobre la imagen de buena calidad es mayor que las otras alternativas.

En las siguientes preguntas, sobre las distinguir al del trabajador de otro, el 50% opinó que se nota medianamente claro. En distinguir las tareas de cada trabajador la mayoría opina que es medianamente posible.

Con respecto a las acciones y condiciones riesgosas, los expertos creen que es medianamente posible en un 54% y 50% respectivamente.

Por lo tanto a través del uso de video, se valida la captura de datos en seguridad, tanto en videos Handycam e IP, ya que el porcentaje de observaciones claramente y medianamente domina respectivamente, y en los videos IP se recomienda la opción de mejorar la calidad de la cámara para lograr una observación clara.

6. Desarrollo del sistema

6.1. Definición del sistema

Esta investigación forma parte de la participación de GEPUC en el proyecto FONDEF ‘Utilización de imágenes y videos para el mejoramiento de seguridad productividad y calidad en procesos de construcción’.

El proyecto busca desarrollar un sistema de captura, procesamiento y análisis de información que permita aprovechar imágenes y videos digitales para el mejoramiento de la seguridad, productividad y calidad de procesos en la industria de la construcción chilena. Este sistema contendrá el hardware necesario para facilitar el registro y captura de datos mediante fotografía y videos, y un software integrado con todos los campos a investigar y/o controlar. Una de las necesidades que cubre el proyecto es disminuir la tasa de accidentabilidad y mejorar la productividad y calidad de la industria de la construcción donde se aplique el programa.

Este programa puede ser aplicado en cualquier empresa ligada a la industria de la construcción, con la directa participación de la plana profesional administrativa de las obras, ya que ellos serán los usuarios directos que ocuparan y controlaran el programa, en este sentido el prevencionista o experto de seguridad en terreno, será el encargado de la revisión del módulo de seguridad, aunque cualquier usuario con conocimiento en cómo funciona el sistema podrá trabajar en él. La plana gerencial de la empresa tendrá la opción de recibir y ver los resultados obtenidos en el control de la obra, así como también los subcontratistas, personal de GEPUC, etc.

A este programa se le ha denominado CamCap2, al ser una extensión al CapCam propuesto por Pedro Pablo Silva, que era solo era un programa de captura de datos pero enfocado en túneles. A grandes rasgos el programa puede ser secuenciado como sigue:

- i. Captura en obra a través de las cámaras
- ii. Almacenaje de la información mediante servidor
- iii. Distribución de los archivos a los usuarios
- iv. Los usuarios realizan la reproducción y análisis de los videos o imágenes en CapCam2
- v. Resultados de los análisis
- vi. Medidas al encontrar problemas y/o informar buenas prácticas o correctos avances, etc. (feedback constante entre terreno y oficina)
- vii. Anexamente se puede acceder a los resultados más importantes vía web

A continuación se muestra el diagrama del funcionamiento de CapCam2:

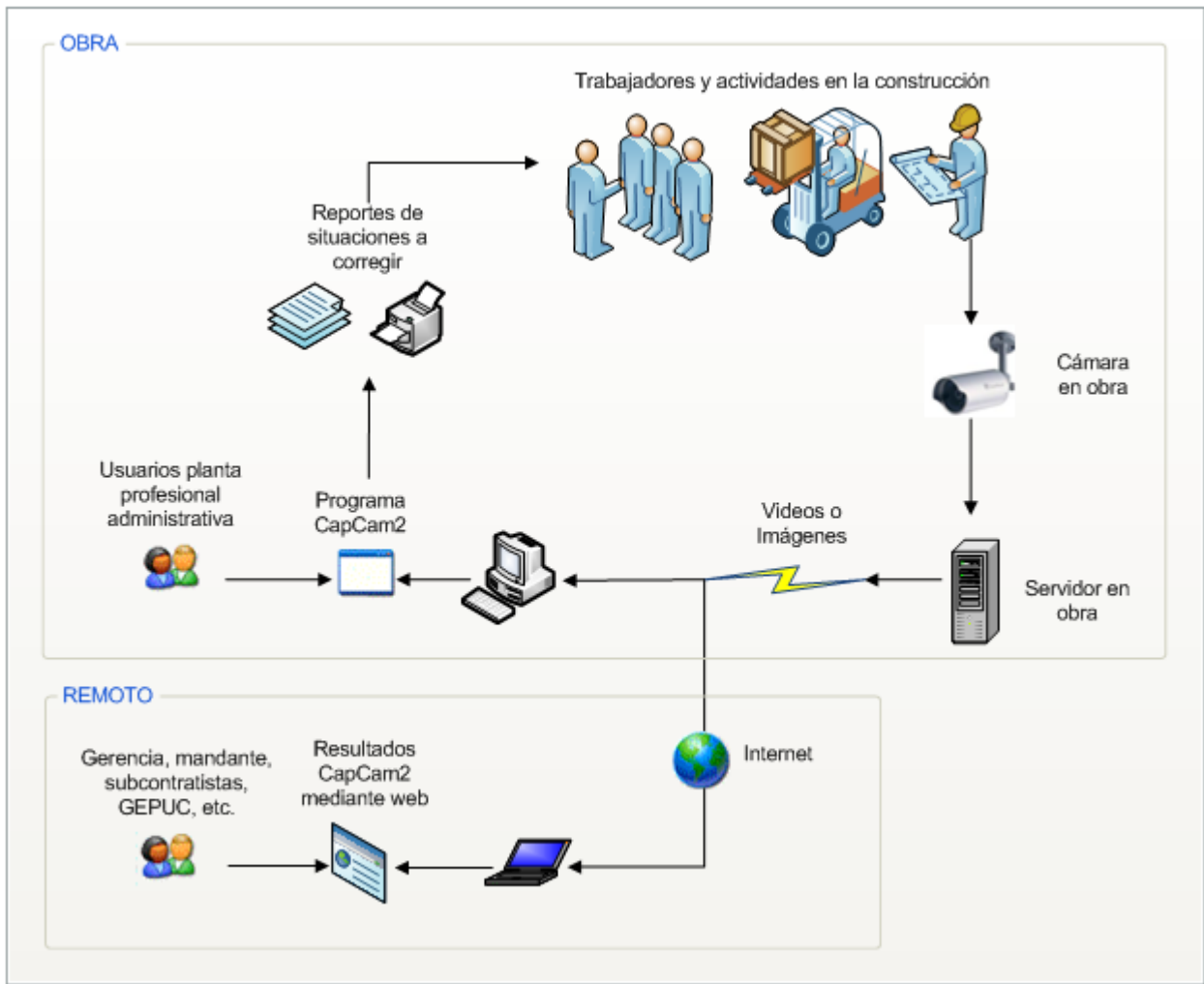


Figura 13: Diagrama de flujo de CapCam2

Como se observa en la última figura de la representación del programa interactúan tanto componente como usuarios, que se explican a continuación.

- Cámaras: Estos dispositivos de captura podrán ser una o más, dependiendo de la cantidad de puntos de observación deseado.
- Servidor: Es necesario contar con un computador en la obra para almacenar la información capturada por las cámaras.
- Swith: (Conmutador) es un dispositivo que permite conectar varios computadores o dispositivos, como el de captura en el caso del CapCam 2, para la comunicación entre ellos.

- Red Interna de la Obra: Red que comunique a un número mayor de computadores y personas, pudiendo permitir también el acceso a internet.
- Usuario: En el módulo de seguridad será el prevencionista de riesgo de la obra. En la parte productividad y calidad serán los encargados de las respectivas áreas. También puede ser el jefe de terreno o administrador, que posean el aprendizaje en el uso del programa.
- Computadores en obra: Cada usuario dispondrá de uno para el uso de CapCam2
- Internet: Permitirá acceder a los videos y analizarlos con el CapCam desde cualquier parte donde se cuente con acceso a esta red.
- Impresora: Permitirá la impresión de informes provenientes del software.
- Trabajadores: Que realizan actividades constructivas

La investigación actual abordará el diseño y metodologías del interfaz del módulo de prevención de riesgos, pero en forma paralela se trabajan las investigaciones del módulo de productividad (memoria) y calidad (tesis). El proyecto seguirá el curso en el diseño del software para completar el sistema completo que permita su venta y producción en las empresas constructoras.

6.2. Análisis de factibilidad del sistema

El análisis de factibilidad del proyecto se enfoca en analizar si existen las condiciones para desarrollar el proyecto económicamente y técnicamente, a continuación se exponen estos puntos

6.2.1. Análisis de económico presentado a FONDEF

El siguiente resumen corresponde al informe emitido el año 2006, como formulario de presentación del proyecto a FONDEF, donde se realiza una evaluación económica privada y social del proyecto ‘Utilización de imágenes y videos digitales para el mejoramiento de la seguridad, productividad y calidad en procesos de construcción’

En la evaluación económica privada se hace referencia al negocio tecnológico donde se expone que al finalizar el proyecto, la PUC, a través la empresa DICTUC S.A., distribuirá, en conjunto con Iconstruye, el producto propiamente tal (sistema de cámaras y software). Y ofrecerá, en conjunto a GEPUC, el servicio de asesoría a la gestión basado en el producto anteriormente

señalado. Además se exponen algunos puntos a rescatar con la captura de la información como indicadores y registros.

También no se aprecian amenazas sustantivas al éxito del proyecto, principalmente por la gran experiencia del equipo de trabajo en proyectos de diversa envergadura en el área de construcción, aunque la inversión requerida es alta en cuanto a capital (MM \$399, costo total del proyecto FONDEF). Es de esperar que los primeros beneficios privados comiencen a generarse inmediatamente después de finalizado el proyecto (30 meses). La inversión se pagaría al segundo año de operación.

El horizonte de evaluación pensado es de 12 años, porque se requiere un proceso de maduración por parte del mercado, por lo que se espera una penetración relativamente lenta al principio, pues se necesita que los tomadores de decisión reconozcan la capacidad de la herramienta, su facilidad de operación y servicio, es decir, ganarse la confianza de los usuarios.

En la evaluación social los ahorros producto de la utilización de esta herramienta son:

- Ahorros en desarrollo de proyectos de infraestructura, lo que se traducirá en rebajas en los precios por vivienda (ahorro de UF40 por casa, se consideran viviendas de UF2.000, y proyectos de 73 viviendas por obra). Este punto se demorará más en visualizarse en el mercado, por los tiempos involucrados en obra y en comercialización.
- Reducciones de tiempos de ejecución de obras de edificación, infraestructura productiva y extracción de mineral. (Industria de la construcción, el ahorro promedio de 2% sobre los costos de construcción; industria minera el ahorro es de 1% de los costos)
- Reducción de accidentes laborales, producto del análisis y el control de las acciones de riesgo. Para la evaluación se consideró un ahorro anual promedio de: 2 lesionados y una muerte (US\$29.000 en costos de rehabilitación de lesionados y M US\$100 en costos en caso de muerte). Por conceptos de aprendizaje los accidentes se irán reduciendo progresivamente un 20% adicional cada año, hasta el quinto año de aplicación donde la curva de aprendizaje se estancará.
- Ahorros en la fiscalización del cumplimiento de estándares de calidad. En la evaluación se considerarán ahorros de 30 horas-hombre mensuales por obra de construcción; lo que corresponde en promedio a \$150.000.
- Los impactos ambientales del proyecto se consideran nulos, pues de ser positivos se consideran marginales.

La curva de penetración del proyecto en el mercado, se ha planteado en un escenario conservador, pues sólo se consideraron las empresas grandes de la industria. Adicionalmente sólo

se consideró un promedio de 4 proyectos por empresa, lo cual es cauto si se piensa que comúnmente estas empresas se adjudican 8 contratos anuales. Como resumen se tiene los indicadores económicos de la evaluación del proyecto.

Análisis económico de proyecto FONDEF		VAN		TIR
Tipo de Evaluación	Tipo de Negocio	Valor	Tasa de interés	Valor
Evaluación económica privada	Negocio tecnológico para institución de I+D (GEPUC)	MM\$ 957	12%	73%
	Negocio productivo para agente intermedio tipo	MM\$ 2705	12%	93%
Evaluación económica Social	Negocio desde punto de vista económico social	MM\$126789	8%	283%

Tabla 10: Indicadores económicos del proyecto FONDEF

6.2.2. Análisis de factibilidad técnico

La factibilidad técnica de un proyecto se relaciona con verificar si el equipo de trabajo cuenta con los conocimientos, las habilidades y la experiencia necesarias, y al mismo tiempo comprobar si la tecnología es la adecuada. En este caso, el requerimiento de los materiales y la tecnología forma parte de la contingencia y la precaución a la hora de realizar el proyecto, ya que el personal de GEPUC cuenta con una amplia experiencia y conocimiento.

En este sentido, es fundamental que la información capturada, ya sea videos o imágenes, sea de buena resolución para poder apreciar claramente las actividades y trabajadores. También debe tener cámaras a precios accesibles al proyecto, y el sistema creado debe ser factible de programar

Cámara

Como se mencionó la calidad de la imagen es fundamental, y de acuerdo a declaraciones de los expertos de la Mutual de Seguridad en el Focus Group realizado, y a pruebas hechas al programa, se decide descartar el uso de cámaras IP en el proyecto, y comenzar con el uso de cámaras análogas (Ver punto 5.4.4.1 y 5.4.4.2). Este punto se da solamente por la práctica, porque según la literatura, las cámaras IP tienen mejores funciones y resolución que las análogas.

Sistema en obra

El sistema en obra, no requiere grandes equipos y espacios, en efecto solo se agrega una CPU por cámara tentativamente (un servidor). Cabe destacar que actualmente en la construcción, la mayoría de las obras cuentan con computadores para el uso administrativo y de control, por lo que instalar el programa no requiere mayor inversión de equipos y por lo tanto, un costo extra a la

empresa, y además ya existe un conocimiento previo a nivel usuario de programas como Excel, Word, Project, AutoCad, etc., o sistema Windows, por lo que el programa CapCam2 se podrá entender fácilmente e intuitivamente.

Sin embargo, un punto crítico es la conectividad en la captura de imágenes, ya que la transmisión sigue siendo una propuesta costosa, porque la red por la que se transmite, requiere ciertas capacidades de hardware y software. Este punto debe ser abordado por la empresa para lograr supervisar las cámaras y obtener los datos vía web. La conectividad entre la cámara y el servidor se realiza mediante un cable, de bastante extensión, debido principalmente a que la cámara se encuentra en el exterior, en la obra y el servidor dentro de una oficina de la instalación de faena, y esta distancia puede abarcar fácilmente 100 [mt] si una obra es de edificación de casas, o en altura cuando ya se han avanzado varios pisos.

6.3. Software y sus requerimientos

El sistema ha sido diseñado mediante el lenguaje de programación Visual Basic, mediante la plataforma Ipronet, que permite la utilización y manipulación de videos e imágenes. Esta labor de programación lo realizan 2 expertos computacionales de I+D de GEPUC.

La configuración general se aprecia en la Figura N° 13, donde las cámaras envían la información al servidor, y estos servidores transmiten los videos a los computadores donde está instalado el programa. Este paso entre servidor y computador del usuario, aun no está bien definido, pero actualmente se realiza manualmente, ya que cuando existe un buen número de videos grabados, se visita la obra y se retiran los videos a través de un disco duro externo, los cuales son llevados a las oficinas de GEPUC para su análisis.

En un principio GEPUC cuenta con dos cámaras I.P., las cuales están a disposición del proyecto. El modelo de dichas cámaras es “Panasonic BL-C111” y cuenta entre otras funciones con movimiento remoto (vertical y horizontal), micrófono, zoom digital y resolución de hasta 640 x 480 pixeles. Luego se cambia la cámara a una PTZ 1/4" CCD SONY SUPER HAD, que pertenece a cámaras analógicas, por lo que al servidor a que llega la información debe tener una tarjeta de video que convertir la información en formato digital. Esta cámara cuenta con una carcasa, motor PTZ, decodificador y soporte)

Con respecto al precio de las cámaras, estos también han bajado considerablemente en el tiempo (Suchart, 2004) especialmente las cámaras IP, donde existen cámaras para cualquier propósito y en una gran variedad de precios.

6.4. Arquitectura del software

Como se mencionó anteriormente este sistema se denomina CampCam2, y consta de los tres módulos de trabajo: Productividad, Seguridad y Calidad. Para explicar claramente como está estructurado se tiene el siguiente esquema:

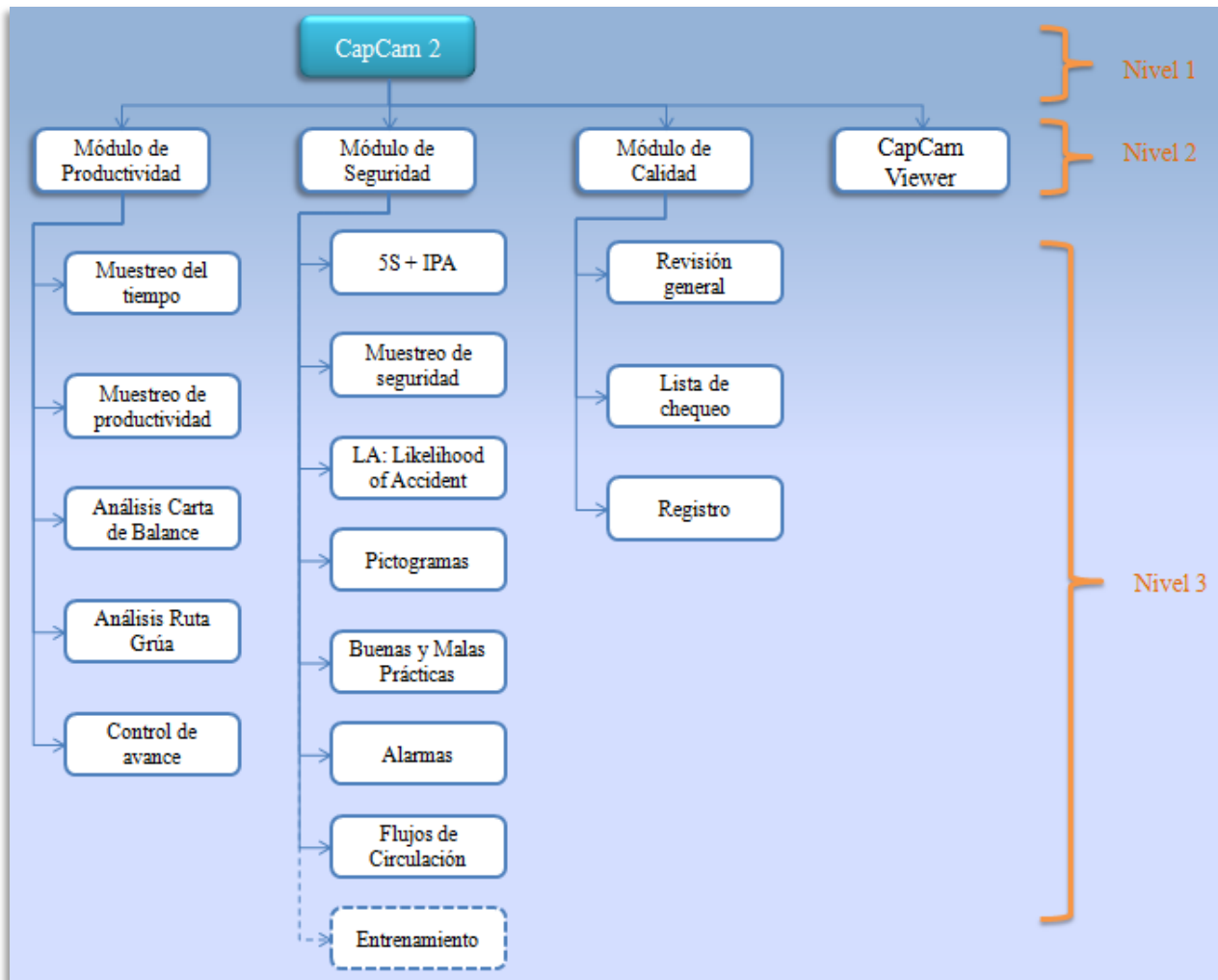


Figura 14: Arquitectura de CapCam2

Como se observa en la figura 14, el sistema tiene en el nivel 2 los módulos de productividad, seguridad y calidad, y uno llamado CapCam Viewer que contará con un resumen de todos los datos obtenidos, que se podrá acceder mediante una página web, de manera de chequear más rápido los resultados principales para la organización y control de la obra, o varias obras de la empresa. Cada módulo fue investigado y diseñado por cada investigador a cargo del mismo, pero eso no le restó validez en el sesgo de cada tema, porque existen comentarios y feedbacks de todos los integrantes en reuniones, y se define un esqueleto en las dimensiones del video, sus

formularios y los comandos de control del video. Por lo tanto, esta memoria solo abarca la sección de seguridad y prevención de riesgos.

El sistema tiene un factor común de análisis en todos los módulos, y el primer paso que debe realizar el usuario que ocupa este programa, cuando lo inicia es definir los datos del proyecto. Estos datos son: el nombre, la empresa, el tipo de obra; definir las cámaras a ocupar; definir a qué nivel guardará la información, si como un todo o por sector de la obra. Luego de especificado la información en esta pestaña de Propiedades del Proyecto, se puede acceder al siguiente subnivel, la figura a continuación muestra el inicio del programa y se parecían además las pestañas de cada módulo.

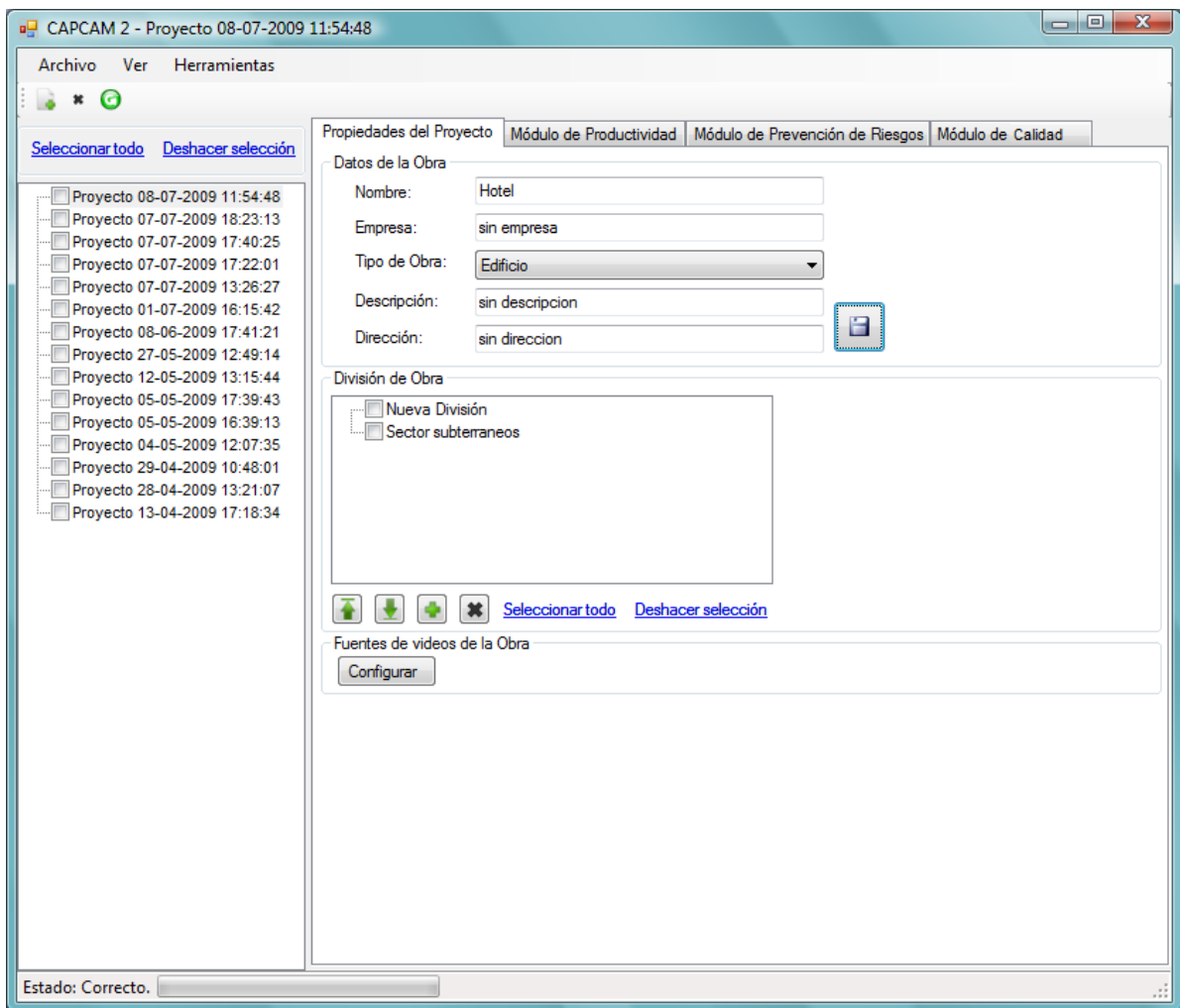


Figura 15: Pestaña Propiedades del Proyecto del CapCam2

Luego en el siguiente nivel, dentro de cada módulo existen las denominadas “*Herramientas*”, que son metodologías específicas e independientes entre ellas, que nacen de acuerdo a los requerimientos de la industria en la toma de datos, y se especifican a través de base teórica y el diseño de la interfaz en cada investigación.

Actualmente el prototipo de CapCam2 en el módulo de prevención de riesgos, cuenta con las metodologías de las siguientes herramientas propuestas por de St. Aubin, estas son:

- i. 5S+IPA
- ii. Muestreo de Seguridad
- iii. LA: Likelihood of accidents

Estas herramientas con el desarrollo del proyecto FONDEF han cambiado desde la idea original, por lo que podemos decir que son un versión 2.0, luego de varios feedback y pruebas del sistema. Por este motivo, se incluyen en el desarrollo de la memoria, porque se han complementado, cambiado o editado los datos a pedir y la interfaz, para sacar un producto optimo al mercado.

Finalmente se han agregado nuevas herramientas al módulo de seguridad de acuerdo a los requerimientos de las obras, estas son:

- i. Pictogramas
- ii. Buenas y malas prácticas
- iii. Flujos de Circulación
- iv. Alarma
- v. Sistema de entrenamiento

Hay que destacar que la mayoría de las herramientas, en todos los módulos, cuentan con la opción de acelerar el videos a 2, 4, 8, 16 o 32 veces el tiempo real, mediante un cuadro de comandos de reproducción, dado que los videos se graban a 1 FPS. Este punto es fundamental en este proyecto, porque se puede reducir el tiempo de observación de los videos. Esta aceleración se permite gracias a la técnica del time-lapse.

Para abordar las oportunidades se desarrolló un sistema computacional (llamado CAPCAM2) con herramientas diseñadas para rescatar datos desde videos e imágenes digitales y realizar análisis para mejorar la productividad y disminuir las tasas de accidentabilidad de las operaciones constructivas. Una de las mayores ventajas de este sistema es que el esfuerzo de captura, procesamiento y análisis se reduce a una fracción menor del tiempo requerido con las prácticas actuales, facilitando el uso de herramientas y métodos de mejoramiento en los proyectos, con el potencial de convertirlo en una práctica habitual.

6.5. Marco teórico de las herramientas

Estas metodologías nacen de las oportunidades que en seguridad provienen de la erradicación de malas prácticas tanto de los trabajadores, como de la administración. También no existe estadística y análisis de cuáles son las actividades más riesgosas y no hay un claro control de las muchas zonas de peligro que se generan en una obra, por lo que es necesario enseñar el correcto control de la seguridad en la construcción.

6.5.1. 5S + IPA

Estas herramientas del 5S y del IPA se integran como una sola, porque se basan en emitir tarjetas con la imagen y la información relacionada al problema. A continuación se explica en que se basa esta herramienta.

6.5.1.1. 5S

Las 5S se definen como una filosofía de trabajo vinculada con una filosofía de vida. Las “5 S” se refieren a las iniciales de sus 5 palabras japonesas y resumen un enfoque integral hacia el orden, la limpieza y comportamiento. A riesgo de caer en una generalización excesiva, podemos afirmar que, en gran medida, el Japón, como sociedad culta y civilizada existe un culto a la pulcritud, al orden y limpieza, y al deseo de superación permanente.

A continuación, se presenta en detalle el significado de las “5 S”:

- Seiri (Organización): Significa que debemos diferenciar entre los elementos necesarios y los innecesarios, y descartar estos últimos. Por lo tanto con base en el conocimiento del proceso, debemos clasificar los elementos y agruparlos según un común denominador: su utilidad para desarrollar el trabajo, y cuál es el tiempo de uso, ya que muchos de ellos no los utilizaremos nunca o solo serán necesarios en un futuro lejano.
- Seiton (Orden): Significa poner las cosas en orden, es decir, disponer en forma ordenada todos los elementos que quedan después del Seiri. En pocas palabras, debemos organizar lo necesario, lo que es sinónimo de estandarizar el almacenamiento de los objetos, lo que permitirá que cualquier persona pueda localizar determinado elemento en forma rápida, tomarlo, utilizarlo y devolverlo fácilmente a su lugar.
- Seiso (Limpieza): Es sinónimo de limpieza permanente del entorno de trabajo, incluidas las máquinas y las herramientas, pisos y paredes, erradicando fuentes de suciedad. La limpieza es un factor común de los procesos altamente productivos, y es una tarea que

exige constancia y participación de todos. No es aconsejable subcontratar las tareas de limpieza en los procesos clave de la organización, debiendo recaer la responsabilidad en las mismas personas que trabajan en el sector.

- **Seiketsu (Estandarización):** Es extender hacia nosotros mismos el concepto de pulcritud, y practicar continuamente los tres pasos anteriores, es decir, llevar a cabo una rutina de limpieza y verificación. De esta forma las personas mantienen su aspecto adecuado, utilizando ropa de trabajo limpia, lentes, guantes, y zapatos de seguridad, y hacen de la ejecución de las tres primeras S un hábito.
- **Shitsuke (Autodisciplina y hábito):** Construir la autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5S, mediante el establecimiento de estándares. La autodisciplina consiste en respetar las reglas de juego, nuestros acuerdos y compromisos, a partir del natural auto convencimiento. Sin disciplina, toda actividad de mejora a partir del trabajo en equipo estará destinada al fracaso. Además la disciplina nos marca el camino que nos conduce a la formación de los hábitos, es decir, que podamos ejecutar de manera natural ciertas tareas que antes presentaban dificultad. La clave está en la sucesiva repetición de esas tareas, hasta que las ejecutemos de manera inconsciente.

Pero en esta investigación se optó por incluir solo las tres primeras medidas, ya que se pueden observar mediante la simple inspección en obra, y además estas medidas son fundamentales para el mejoramiento de los niveles de accidentes en construcción.

Para la creación de esta herramienta, se fusionó los dos primeros conceptos, el orden y el de organización, como problemas del mismo tipo que pueden ser identificados en una misma categoría, llamada Orden y Organización.

6.5.1.2. IPA

Este indicador fue creado por la profesional de prevención de riesgos en obra, Priscilla Quintana, de la empresa constructora Echeverría Izquierdo Ingeniería y Construcción S.A. Este indicador proactivo se basa en registrar las acciones subestándar y condiciones subestándar que ocurren en la obra. El indicador se define como:

$$IPA = \frac{N^{\circ} \text{ acciones subestándar} + N^{\circ} \text{ condiciones subestándar}}{\text{Masa laboral}} \times 100\%$$

Este registro se realiza diariamente durante aproximadamente hora y media de inspección en terreno. En lo posible, es recomendado inspeccionar la obra en la mañana para lograr corregir las condiciones subestándar para el resto de la jornada laboral. Estas indicaciones se deben realizar además con un respaldo digital (fotografía), para emitirse al encargado respectivo de esa área.

Se optó por incluir este indicador como herramienta en el CapCam2, porque ha funcionado exitosamente en la empresa que lo aplica, además son parámetros generales y fáciles de detectar en una inspección por la obra.

Además en esta herramienta se optó por asignarle una categoría a las condiciones y acciones subestándar encontradas. Esta clasificación fue hecha comparando los datos tomados en la empresa donde lo aplican y los comentarios de los expertos en entrevistas y en el focus group, de los problemas más comunes presentes en la obra. El cuadro de clasificación es el siguiente:

Categorías	
Acciones subestándar	Condiciones subestándar
No mantiene orden caja de herramientas	Áreas obstruidas con material
No usa permanente su EPP básico	Zonas de peligro sin delimitaciones
No respeta el entorno de otros trabajadores	Shaft descubiertos
No respeta la señalética existente	Rebalse de losa sin barandas
No usa las cuerdas de vida del arnés	Iluminación deficiente
No controla proyección de partículas	Falta de limpieza en las áreas de trabajo
No coopera con orden, limpieza, señalética	Andamios deficientes o fuera de norma
Trepa por moldajes y no usa escaleras	Cable de extensión sin accesorio en extremo
Usa en andamios que no cumplen con normas	Cubierta de aislación de cables deteriorada
No usa los basureros para desechos	Escaleras sin barandas
Transita bajo carga suspendida	Escalas en mal estado
Trepa por enfierraduras	Falta escalera de acceso a losa
Trabajo en rebalse de losa sin baranda	Superficie de trabajo deficiente
Trabajo en rebalse de losa sin amarrarse	Falta cuartón en tablones
Trabajo en superficie insuficiente	Falta pasamanos a escalera
No transita por escalera principal	Faltan vías de circulación
Realiza hormigonado sin antiparras	Falta de vientos en cargas
Trabajo con llama abierta y sin extintor	Herramientas en lugar no apropiado
Se lanzan materiales o herramientas	Otro
Trabajo con sobre-esfuerzo	
No utiliza adecuadamente las herramientas	
Otro	

Tabla 11: Categorías de Acciones y Condiciones Subestándar

6.5.1.3. Indicadores de 5S + IPA

Como la herramienta sirve para detectar problemas en el orden y organización, y la limpieza generando tarjetas, que notifican y muestran estos problemas, St. Aubin planteó unos indicadores a obtener según estos datos. Estos indicadores de orden y también de limpieza, están definidos como:

$$\text{Índice de Orden y Organización} = \frac{N^{\circ} \text{ de tarjetas de Orden y Organización}}{\text{Masa laboral}} \times 100\%$$

$$\text{Índice de Limpieza} = \frac{N^{\circ} \text{ de tarjetas de Limpieza}}{\text{Masa laboral}}$$

Finalmente para integrar estos índices propuestos al CapCam2, se le introduce una modificación, para poder comparar este valor entre sesiones distintas y porque no necesariamente tienen la misma duración de análisis o de grabación entre ellos. Luego ha definido los índices como:

$$\text{Índice de Orden y Organización} = \frac{N^{\circ} \text{ de tarjetas de Orden y Organización}}{\text{Masa laboral del video} * \text{Tiempo de medición}} \times 100\%$$

$$\text{Índice de Limpieza} = \frac{N^{\circ} \text{ de tarjetas de Limpieza}}{\text{Masa laboral del video} * \text{Tiempo de medición}} \times 100\%$$

También para integrar el indicador IPA a las mediciones del CapCam2, y hacer efectiva la comparación mediante gráficos, el indicador debe depender de la fracción de tiempo que se analiza el video. Luego el indicador planteado es:

$$IPA = \frac{N^{\circ} \text{ acciones subestándar} + N^{\circ} \text{ condiciones subestándar}}{\text{Masa laboral del video} * \text{Tiempo de medición}} \times 100\%$$

Luego llevándolo a tarjetas esto queda como:

$$IPA = \frac{N^{\circ} \text{ tarjetas IPA}}{\text{Masa laboral del video} * \text{Tiempo de medición}} \times 100\%$$

Cabe destacar como el video enfoca solo una zona o varias zonas de la obra, es muy difícil que se tenga a toda la masa laboral trabajando y siendo enfocada al mismo tiempo, por eso en los indicadores se contabiliza a la Masa laboral del video, como a todos los trabajadores asociados a las tareas o actividades que se realizan y que se enfocan en el video.

6.5.2. Muestreo de Seguridad

Los controles y análisis en la construcción tienen generalmente relación con los procesos de producción. Estos métodos se han estudiado anteriormente, como por ejemplo: identificar variables de ineficiencia, desarrollar métodos óptimos e incentivar las mejoras en las condiciones de trabajo. Más aun las técnicas de medición del trabajo de los niveles de productividad y los planes de control son usados en una multiplicidad de aplicaciones relacionadas con el control de la producción. (Olomolaiye et al, 1988)

En cualquier industria uno de los objetivos primarios de su administración es asegurar los recursos, por lo cual se requiere planificación y constante monitoreo durante su ejecución, pero la dificultad de guardar esta información de los niveles de producción en la construcción, se debe a la complejidad de los grupos de trabajadores, la maquinaria y procesos, debido a la inestable naturaleza de este rubro. En este sentido, el muestreo del trabajo, es una técnica, en que la información puede ser obtenida no solo rápidamente y económicamente sino también predetermina los niveles de ocurrencia con precisión.

En un muestreo de trabajo, se miden los porcentajes de productividad de una tarea realizada por el trabajador. Luego la actividad de muestreo está basada en el hecho de que un reducido número de posibilidades ocurridas, tienden a formar el mismo patrón de distribución que la operación completa. Entonces existe una relación matemática asociada con la estadística y la teoría de probabilidades. Este aspecto será explicado a continuación.

Pero este tipo de muestreo también ha sido usado para medir niveles de prevención de riesgos (Tarrans 1980), donde nace la idea de muestreo de seguridad.

Claramente un muestreo de trabajo o de seguridad, basado en la simple observación, requiere una certeza estadística de los principios y reglas, para obtener la representación de la operación entera. Es así, que en una larga lista de muestras, mayor es la precisión de la predicción pero también alto es el costo del tiempo en obtenerlas. De ahí nace el grado de certeza que necesitamos en el estudio. Es por esto que hablamos del límite de confianza, límite de error, la estimación de proporciones y la cantidad de muestras.

El límite de confianza entrega la dependencia del resultado. Claramente mientras más grande sea la muestra, más alto es el límite de confianza. Generalmente existe el consenso que un límite de confianza de 95% es certero para investigaciones de construcción. Por el otro lado el límite de error, provee el grado de exactitud donde el resultado es falso. Por ejemplo si el límite de confianza es 95%, el límite de error es 5%. También existe consenso que $\pm 5\%$ de error es suficiente para operaciones de construcción.

También otro factor fundamental, es la estimación de proporciones, ya que es la proporción de ejemplos que se espera que entreguen una característica específica. Por ejemplo si se encuentran 10 tejas deterioradas de una muestra de 100, la estimación de proporciones de tejas dañadas es 10%. Este factor afecta directamente la cantidad de muestras requerida para conocer los señalados límite de confianza y de error, y puede ser matemáticamente demostrado por la siguiente fórmula

$$N = \frac{Z^2 P(1 - P)}{L^2}$$

Donde:

- N es el total de muestras
- Z es el valor estadístico, obtenido de tablas dependiendo del intervalo de confianza
- P es la estimación de proporciones
- L es el límite de precisión requerido

Y generalmente la estimación de proporciones en el ámbito de seguridad se divide dos clasificaciones: en trabajo seguro y no seguro, e independiente del esquema de muestreo estos dan un rango promedio de 80% de trabajo seguro y 20% de no seguro. (Ver Validación). Pero considerando que existe una variación dentro del rango 70%-100% del trabajo seguro y 30%-0% del trabajo no seguro, se estimó que la peor condición es 70% y 30% de trabajo seguro y no seguro respectivamente.

Luego si se utiliza una distribución normal estándar (Valor Z correspondiente al riesgo deseado, si es de dos colas = 1,96), y utilizando un límite de confianza de 95% \pm 5% de error, se tiene que reemplazando en la formula anterior se requiere una cantidad de 323 muestras.

Hay que señalar que esta herramienta se diseño con lapsus aleatorios de 10 segundos del video a mostrar, lo que representa otra variación de la propuesta anterior que estaba diseñada sobre una fotografía. Estos 10 segundos se basan en poder conocer exactamente durante un instante suficiente cuál es la labor del trabajador, ya que con solo una imagen no se aprecia cuál es el movimiento completo de la persona. Además cada trabajador ingresado en los lapsus de tiempo se considera una muestra, y como regularmente en cada 10 segundos hay más de un trabajador, las muestras se completan fácilmente en los fragmentos de 10 segundos del video.

6.5.3. LA: Likelihood of Accidents

Esta herramienta se basa en la metodología Task Demands de Panigiotis Mitropoulos. Para comprender como funciona, hay que comprender el ámbito como se genera.

Rasmussen (1997) identifica tres paradigmas en la evolución de las investigaciones sobre accidentes y seguridad en el trabajo. El primer paradigma se centra en la normativa y los esfuerzos para prevenir los accidentes de trabajo, que se centran en el diseño de indicadores y normas de conducta segura, al tratar de controlar el comportamiento a través de la normativa mediante el castigo y la motivación. En efecto, las actuales prácticas de seguridad en el sector de la construcción se basan en este paradigma de seguridad.

El segundo paradigma se centra en modelos descriptivos de comportamiento del trabajo en términos de desviaciones de la normativa. Este paradigma guía para el control del comportamiento mediante la eliminación de las causas de los errores.

El tercer paradigma tiene un enfoque cognitivo a la seguridad y desarrolla modelos descriptivos de comportamiento los trabajos en términos de elaboración de las características del entorno de trabajo. Estos modelos incluyen la teoría de la homeostasis del riesgo (Wilde, 1976, 1985), Rasmussen (1997) con su modelo de la migración hacia los accidentes y el Interfase Tarea-Capacidad TCI (Fuller, 2000, 2005). El enfoque cognitivo a la seguridad tiene por objeto hacer visibles las limitaciones de trabajo y el lugar de trabajo (Flach et al. 1998).

El modelo de Rasmussen ilustra como el comportamiento de los trabajadores tiende a migrar cerca de la frontera de comportamiento funcional aceptable (límite de pérdida de control), debido a dos causas: las presiones en la producción por incrementar la eficiencia y la tendencia a realizar el menor esfuerzo, el cual es el responsable de incrementar la carga de trabajo. Estos dos gradientes dan como resultado que el comportamiento laboral se mantenga cerca del límite de pérdida de control (riesgo de homeostasis). (Ver modelos secuenciales, 5.2.1.)

Por otro lado, El modelo de la Interfase Tarea-Capacidad o modelo TCI (Fuller 2005) plantea que existe una interfase entre (a) las exigencias de la tarea de conducir para lograr un viaje seguro y (b) la capacidad aplicada durante la tarea. Según esto, si la Capacidad excede a la Exigencia de Tarea, entonces el conductor está en control de la situación. Sin embargo, si la Exigencia de Tarea excede la Capacidad, el resultado es la pérdida de control, lo que puede resultar o no, en un accidente. Por esto se planteó que las personas, al conducir adaptan su comportamiento basado en la dificultad percibida de la tarea.

A raíz de esto Mitropoulos et al. (2007) proponen un modelo TCI pero enfocado a accidentes en la construcción. Posteriormente ha cambiado el enfoque y ha planteado una nueva metodología que se basa en la premisa de que los atributos de la tarea y el medio ambiente afectan a la probabilidad de errores y, en consecuencia, el rendimiento de la operación. Es la llamada Demanda de la Tarea, y cuantifica el potencial de accidentes debido un peligro particular. Luego plantea la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo en Seguridad} = \text{Exposición al riesgo} \times \text{Demanda de la tarea}$$

Donde

- Exposición al riesgo: se determina como el porcentaje de tiempo que un trabajador esté expuesto a la presencia del peligro. El porcentaje de tiempo se utiliza para normalizar y comparar las distintas operaciones.
- Demanda de la Tarea: La demanda de la tarea o exigencia refleja la dificultad para hacer el trabajo con seguridad con respecto a un peligro particular. La exigencia durante la exposición indica la probabilidad de que no habrá pérdida de control (por ejemplo, el error del trabajador), que tiene el potencial de dar lugar a una lesión. La probabilidad de pérdida de control depende también de factores relacionados con los trabajadores la capacidad (habilidades, fatiga, etc.) que no se consideran actualmente por el método.

El método es un indicador para cuantificar el potencial de accidentes (Likelihood of Accidents) y no una probabilidad, y es independiente de las capacidades del trabajador, la realización de la tarea, y es similar a los métodos ergonómicos que calculan la carga, pero no tienen en cuenta la fuerza del trabajador. Por lo tanto la metodología de la exigencia mide el riesgo en la seguridad independiente de las medidas de seguridad aplicadas, por ejemplo, en lo que respecta a la caída de altura de riesgo, pero si el método cuantifica el riesgo en la seguridad de perder el equilibrio (la pérdida de control) independiente de la utilización de un sistema de prevención de caídas por el trabajador.

El método propuesto por Mitropoulos propone realizar los siguientes pasos:

- 1) Identificar los principales peligros. La revisión de la tarea de análisis de riesgos realizado por la cuadrilla,
- 2) Determinar la exposición al riesgo, es decir los tiempos
- 3) Determinar los factores que afectan la exigencia de la tarea

Un tema central en la metodología es la identificación de los factores que determinan la demanda de la tarea. Estos factores son específicos de la amenaza y la operación, y se determinan mediante la observación y el análisis de la operación y entrevistas a los participantes de la actividad, es decir, es un valor subjetivo de acuerdo al potencial de ser afectado por un peligro. En una de sus investigaciones el autor propone. En la última investigación el autor propone un valor a la exigencia baja de 1, a la exigencia media 3 y a una alta un valor 9.

Luego para aplicar el indicador de riesgo en seguridad o LA: Likelihood of Accidents, se requiere el tiempo de exposición al peligro (T) y la demanda de la tarea o Exigencia (E) y se debe calcular de la manera siguiente:

- Para la una tarea en particular

$$LA_{TAREA} = T_{\text{exposición al peligro}} \times E_{TAREA}$$

- Para el trabajador que puede realizar varias tareas en la actividad

$$LA_{TRABAJADOR} = \sum_i T_i \text{ exposición al peligro} \times E_i \text{ TAREA}$$

- Para la actividad que puede o no contar con varios trabajadores

$$LA_{ACTIVIDAD} = \sum_i LA_i \text{ TRABAJADOR}$$

6.5.4. Pictogramas

Actualmente la Mutual Chilena de Seguridad posee un plan llamado “Plan de Control de Riesgos Mediante Pictogramas”, basado en el exitoso modelo de intervención irlandés del nombre. Este programa se trata de unas novedosas cartillas que a través de sencillos dibujos y gráfica permiten al trabajador identificar rápidamente los riesgos a los que está expuesto, además de integrar un lenguaje unificado en prevención dentro de toda la jerarquía de la obra.

La idea de los “Pictogramas” nació en Irlanda, en 1997, donde las elevadas tasas de accidentes en la construcción eran tan graves que se transformó en una verdadera crisis social donde los dirigentes sindicales pusieron un freno total a la labor de sus trabajadores, los empresarios hicieron un fuerte llamado al gobierno por responsabilidades compartidas y el gobierno irlandés instó a un diálogo inmediato para hacer frente al tema. Entonces, se formó una mesa de trabajo creada específicamente para solucionar los problemas de accidentes mortales. Uno de sus resultados fue esta idea de los pictogramas, ya que la primera conclusión fue que Irlanda tenía un grave problema de idioma dada la gran migración de personas que llegaban desde Europa del Este a trabajar en la construcción. Luego era necesario poder tener un lenguaje común en prevención de riesgos y ponerse de acuerdo en cierta terminología básica. (Mutual de Seguridad, 2007)

Desde su creación la herramienta de los pictogramas ha sido utilizada exitosamente hasta la fecha. Los datos así lo confirman: la tasa de accidentes bajó de 16 por cada mil trabajadores, a 6 por cada mil, en 2007. De acuerdo a las evaluaciones de los especialistas, el método es simple, claro y facilita la prevención.

Luego se propone incluir esta herramienta al CapCam2, con la clara autorización de la Mutual y que el sistema tenga integrado en su base de datos estas cartillas de figuras e iconos, para así al reproducir el video y si se detentan irregularidades, poder sobreponerlas a la imagen, en este caso fotografía.

Actualmente, el “Plan de Control de Riesgos Mediante Pictogramas” ha sido implementado como plan piloto en algunas obras de Santiago. Hasta el momento, se han destinado 1.020 horas/hombre para capacitar a 120 supervisores y 780 trabajadores.

6.5.5. Buenas y malas prácticas

La idea de la creación de esta herramienta nace a raíz de una propuesta en el focus group con expertos en seguridad de la Mutual de Seguridad. Ellos plantean que a través de los videos de la obra se puede concientizar al trabajador de los peligros existentes en la obra.

Luego esta herramienta se basa en un registro de imágenes o videos de la obra misma, que se puede acceder rápidamente y reiterativamente a ellos. Por lo tanto se debe contar con una base de datos de videos o tarjetas donde se realicen y observen acciones y/o condiciones riesgosas y también de las buenas prácticas, para así poderlas mostrarselas a los trabajadores en charlas y capacitaciones, y también registrar y grabar sus propias malas prácticas. También se pueden guardar videos donde se realicen las labores dentro de las normas de seguridad y así exhibirlas de ejemplo a seguir.

El objetivo de esta herramienta es que el trabajador se identifique y reconozca una obra similar o la misma en que está trabajando, ya que los videos pueden pertenecer o no a la obra si se desea.

6.5.6. Flujos de circulación

La idea utilizar flujos de circulación, nace al reproducir videos en velocidades altas (x16 y mayores). A estas velocidades es posible observar de manera más clara los patrones de circulación, es decir, de los desplazamientos realizados, que en comparación con el tiempo real, no serian factibles de seguir con tanta facilidad, debido a que el intervalo es mucho mayor (St. Aubin, 2008). En este sentido se puede definir como un caso a estudiar, a los trabajadores en la construcción.

Dado que hoy en día existe la tecnología para el seguimiento de un determinado elemento, se puede definir algunos elementos característicos de los trabajadores, para saber la circulación que están estos realizan. Luego, con este sistema se podría detectar cruces innecesarios, viajes en exceso, detectar el correcto uso de zonas de tránsito, vías o zonas congestionadas, etc.

Dentro de los elementos que podrían servir como detector de esta herramienta, pueden ser los cascos o los chalecos reflectantes, ya que todos los trabajadores los usan y se pueden detectar preferentemente por su forma (cascos) o color (chalecos). Ya otros elementos de identificación, tendrían que hacerse por algún tipo de uniforme que se diferenciase por su color por ejemplo.

La complejidad que involucra este sistema, viene dado en cómo se define y como capta el sistema de captura de datos lo declarado. Basta con alguna alteración o parecido con uno de los elementos a distinguir, para que el programa se confunda, por lo que se debe definir muy bien los elementos

de uso cotidiano en la construcción tales como: taladros, maquinaria, bombas, compresores, elementos de iluminación, tuberías, herramientas, letreros, etc., ya que se pueden parecer a través de cierto ángulo de filmación con los cascos o chalecos. Por lo tanto hay que definir el tipo de filtro que tiene esta herramienta, que podría reconocer por forma o color, o ambas al instante. Además el detalle o la veracidad de la identificación de los elementos.

También se pensó en el hecho de hacer grabaciones de las circulaciones en rangos de tiempo más cortos y aleatorios durante el proceso de filmación, para luego a través de estadísticas, extrapolar lo observado a toda una jornada de trabajo. Así a través de estas sesiones generar un ahorro de usos de los equipos de CapCam2, como puede ser la energía o el mismo uso de estos.

Además, sabemos que el formato de un video, está compuesto por varias imágenes o fotografías seguidas, es así que una película normal registra 30 cuadros por segundo. Luego si el video está en una posición fija y utilizando una comparación entre estos cuadros, se lograría observar que elementos se han desplazado desde el cuadro anterior. Con esto el sistema marca “donde hay movimiento” y lo almacena en una matriz igual a la de los pixeles de la imagen. Si esto se hace en forma consecutiva y reiterativa, tendremos todos los puntos por donde el sistema notó movimiento, para luego exhibirla y resaltar en colores llamativos los pixeles de la matriz donde el sistema captó movimiento.

Los requerimientos críticos para esta herramienta serían, la grabación desde un enfoque fijo y el software que compare las imágenes, y que además pueda guardar en una base de datos.

Actualmente el personal a cargo de la parte computacional de Investigación y Desarrollo de GEPUC se encuentra estudiando la metodología para la identificación de imágenes y el lenguaje de programación a usar. Preliminarmente se sugiere usar el lenguaje de MathLab®, ocupando la metodología de Sustracción de Fondo para tratamiento de imágenes. (Lobel, 2009)

6.5.7. Alarma

El objetivo principal de esta herramienta es poder detectar en un tiempo razonable el comportamiento de los trabajadores en las zonas determinadas y delimitadas en el video. Las zonas no solo fueron pensadas en seguridad, también se incorporó zonas de productividad y de calidad.

La zona de riesgo es una zona donde no debe existir personal transitando, mirando o trabajando en ese sector. La zona de productividad se define como la zona donde existen tareas a realizar, y por lo tanto deben existir trabajadores en el sector. La zona de calidad es la zona, donde se están realizando o se realizaron tareas, y que requiere que no exista tránsito por ese sector.

La idea básica es poder detectar a los trabajadores cuando traspasen estas zonas y que el sistema guarde la información cuando ocurra esta situación. El factor crítico de esta idea es poder detectar a los trabajadores en el video y que los compare con el ingreso a las zonas. En este sentido, esta herramienta requiere al igual que Flujo de Circulación gran trabajo sobre el tratamiento de imágenes. También se sugiere trabajar con el programa y lenguaje de MathLab ®, ya que la detección y la comparación cuadro por cuadro de las imágenes es similar a la herramienta de flujos.

6.5.8. Sistema de Entrenamiento

Hoy en día los profesionales como técnicos o ingenieros en prevención de riesgos, no tienen una base sólida cuando egresan o salen al mercado a trabajar, tampoco cuentan con experiencia en obra y con un conocimiento de las reales condiciones de la construcción, y es solo con la experiencia, la que les permite interiorizarse y conocer los procesos productivos en las obras. Esta opinión es brindada por la mayoría de los expertos en seguridad de la mutual, y se refuerza esta opinión tanto en las entrevistas como en el focus group.

Por este motivo, se sugiere implementar un producto final del prototipo CapCam2 que contenga solo el módulo de prevención de riesgos, con videos previamente revisados y con sus datos de salida definidos y comercializarlos en dos instituciones distintas. Una de ellas es a Institutos o Universidades, y estos la apliquen en laboratorios o en cursos a sus alumnos. La segunda opción es ofrecer el sistema en empresas constructoras o de otra industria para entrenar a su personal a cargo.

En los institutos de formación técnica el sistema se puede aplicar mediante clases o laboratorios, cuantas veces sea necesaria al menos una hora a la semana frente al computador, para comprometer al alumno a trabajar constantemente y agudizar los criterios. Con esto, el estudiante podrá simular su trabajo futuro y conocer el ejercicio de su profesión y aplicar términos como inspección, control de procesos, detectar acciones y condiciones, etc. Y aunque no necesariamente trabaje con el CapCam2 a futuro, este sistema le permitirá conocer y realizar el seguimiento a una obra y/o a los procesos constructivos que ella involucra, sin moverse y trasladarse de su computador.

En las empresas se puede aplicar en capacitaciones, o instalando el programa en los computadores personales en obra que ofrece la empresa, para que en el usuario aplique el programa cuando disponga de tiempo suficiente y no comprometa tiempo destinado a otra labor. Además se deja propuesta la idea de implementar el mismo sistema en los otros módulos de acuerdo a los requerimientos de las distintas industrias.

El sistema se utiliza siguiendo las pautas de todas las herramientas de seguridad nombradas en esta investigación. Estas son:

- i. 5S + IPA
- ii. Muestreo de Seguridad
- iii. LA: Likelihood of Accidents
- iv. Pictogramas
- v. Buenas y malas prácticas
- vi. Flujos de Circulación
- vii. Alarma

7. Desarrollo del módulo de prevención de riesgos

Este módulo del CapCam2 tiene los siguientes objetivos a cumplir:

- Ser una herramienta útil en la captura de datos relacionados a la seguridad de la obra: A través de los videos e imágenes de la obra, se tiene un registro único y detallado, que puede ser revisado cuantas veces sea necesario, y en donde se puede rescatar las situaciones relevantes para seguridad y prevención de riesgos fácilmente.
- Ser una ayuda o complemento a la labor del experto de seguridad en obra: Este profesional dispondrá de ventajas que sin la tecnología no sería posible: Podrá ocupar algunas de las herramientas en su oficina, sin tener que supervisar en terreno; tendrá la opción de almacenar alguno de sus datos tomados en terreno; poder determinar cuáles son las zonas inseguras que se infringen cuando el no está presente; contar con 2 herramientas casi 100% automatizadas, etc.

Sin duda este profesional, en la obra realiza múltiples labores, y es solicitado constantemente desde el administrador hasta los trabajadores, luego este módulo busca complementar su labor, sin tener que ser una sobrecarga extra de trabajo.

- Facilitar la toma de datos en obra, al reducir el tiempo a través de los videos inspeccionados en algunas herramientas: El usuario puede revisar mediante los videos las actividades de la obra, en un tiempo mucho menor, al tener la opción de acelerar los videos.
- Generar nuevos análisis en torno a la prevención, que no se suelen tener en terreno: Por ejemplo obtener flujos donde transitan las personas dentro de la obra; obtener gráficos automáticamente; tener índices de tareas más peligrosas, cuadrillas más peligrosas, etc.

Luego los resultados esperados al ocupar este módulo son:

- Controlar disposiciones básicas en la ejecución del proyecto
- Que las herramientas identifiquen potencialidades de riesgos en la obra, para poder alertarlas a tiempo.
- Con ello disminuir las tasas de accidentabilidad.

Aunque muchas de las herramientas creadas cumplan labores parecidas, cada una de ellas tiene propósitos distintos. A continuación se muestra una matriz esquematizada hacia donde apuntan las herramientas.

Herramientas Descripción	5S + IPA	Muestreo de Seguridad	LA: Likelihood of accidents	Pictogramas	Buenas y Malas Prácticas	Flujos de circulación	Alarma
Controlar disposiciones mínimas relativas a los puestos de trabajo	X			X	X		
Controlar disposiciones mínimas en la ejecución de tareas en la obra	X	X		X	X		
Controlar disposiciones mínimas relativas al lugar de trabajo en obra	X			X	X	Indirecto	X
Obtener indicador de medición de trabajo	X	X	X	X			
Analizar y conocer nivel de riesgo de tareas, puestos y lugar de trabajo	Indirecto	Indirecto	X	Indirecto			X
Conocer el tránsito del personal dentro del lugar de trabajo						X	X
Destacar el correcto cumplimiento de puestos, tareas, y lugares de trabajo					X		

Tabla 12: Matriz de control por herramienta

Se puede apreciar que varias herramientas controlan la correcta ejecución de los puestos, las tareas y el ambiente de trabajo, pero tienen objetivos distintos de acuerdo al uso que se desee, por ejemplo 5S+IPA emana un informe mediante comentarios que el mismo prevencionista o usuario aporta, en cambio pictogramas busca unificar un lenguaje de seguridad mediante el uso de esos pictogramas tanto en oficina como en terreno. De la misma forma Buenas y Malas prácticas controla los errores típicos de seguridad en la ejecución de métodos constructivos, pero esta herramienta busca mantener estos archivos como una base de datos para mostrarlos en capacitaciones e incentivar al trabajador a no ser el protagonista de una mala práctica o serlo en el ejemplo de una buena práctica.

Otro punto a rescatar en esta matriz, es que varias herramientas permiten conocer los niveles de riesgos de las tareas directa o indirectamente, ya sea enfocándose solo en una labor, un sector o una cuadrilla, y al obtener indicadores se puede comenzar a comparar o a disminuir paulatinamente los resultados. Algunas obtienen indirectamente estos resultados, porque es necesario que el prevencionista defina qué cuadrillas, actividades o sectores medirá previamente para compararlo con otras de las mismas características. Y finalmente con la obtención de mediciones comparar y obtener promedios de los indicadores.

También una de las desventajas de la creación de herramientas por separado es que se debe tener claro cuál será la forma de inspeccionar o respaldar, porque una vez comenzado a ver el video en una de ellas, la metodología de captura es diferente y no es posible guardar información cruzada de otra herramienta. Luego cada herramienta tiene un objetivo diferente o concepto clave, que se enuncia a continuación:

Herramientas	Concepto clave
5S + IPA	Encontrar problemas en orden, limpieza, acciones y condiciones subestándar
Muestreo de Seguridad	Obtener porcentajes de Trabajo Seguro y No Seguro
LA: Likelihood of Accidents	Encontrar probabilidad de riesgo en las actividades
Pictograma	Encontrar problemas frecuentes de la construcción representados mediante pictogramas
Buenas y Malas Prácticas	Crear base de datos de la obra con archivos de buenas y malas prácticas
Flujos de Circulación	Conocer los flujos de circulación de los trabajadores de la obra
Alarma	Conocer los traspasos a zonas definidas como de seguridad, productividad o calidad
Sistema de entrenamiento	Producto que reúne a todas las herramientas para entrenar a futuros usuarios

Tabla 13: Concepto que define a cada herramienta

A continuación se introducen las metodologías seleccionadas de toma de datos y análisis, y las herramientas computacionales creadas a partir de las metodologías anteriores para mejorar los problemas de seguridad en base a videos e imágenes digitales. Se procede a detallar como se desarrollan las herramientas, los objetivos de cada una, el proceso de medición y de análisis, y como son las interfaces principales del sistema.

7.1. 5S + IPA

Uno de los problemas típicos de la industria de la construcción es la desorganización en la obras, debido a la acumulación de materiales necesarios para el avance de los trabajos. Este rápido proceso lleva a cometer faltas tanto en el orden ambiental como en el comportamiento del personal. Por lo tanto la creación de normas permiten controlar y ordenar estos procesos.

Sin lugar a dudas con todas las normas existentes aún el esfuerzo es insuficiente y sobre todo en el auto-cuidado y la cultura de seguridad de los trabajadores durante su jornada laboral. Es efecto, los trabajadores se despreocupan de utilizar las medidas y acciones de seguridad necesarias cuando el experto en obra no está presente inspeccionándolos.

Por lo tanto esta herramienta es un aporte al control de la obra, ya que permite observar los procesos grabados y se pueden inspeccionar, desde una perspectiva general y tal cual es el comportamiento de los trabajadores en la vida cotidiana.

Finalmente al tener los reportes de las faltas en el orden, la limpieza y las acciones o condiciones subestándar, se pueden traspasar y comentar las situaciones al encargado de la cuadrilla o al trabajador mismo, para que corrija su comportamiento y se comprometa con el orden dentro de la obra día a día.

Propósito de la herramienta

Esta herramienta sirve para detectar inconvenientes a través de la observación de videos, en el lugar de trabajo, en las tareas o de los trabajadores mismos de los problemas en el orden y organización, limpieza y acciones o condiciones subestándar (IPA), generando tarjetas que notifican el error y luego poderlas corregir en el futuro. También cubre la necesidad de identificar los problemas antes de que ocurra un accidente o corregir alguna acción a realizar próximamente. Luego el impacto de 5S + IPA es el de mejorar las condiciones de trabajo a través del mantenimiento del ambiente, y así disminuir los accidentes o condiciones de riesgo, como también ir enseñando las mejores prácticas en las actividades realizadas.

Con esto, el interesado puede ser tanto el administrador de obra, como el prevencionista en obra, para decidir cómo aplicar métodos de más seguridad, aún cuando la medida inmediata es entregar la tarjeta al encargado de la zona inspeccionada para que corrija o no se comote nuevamente el problema.

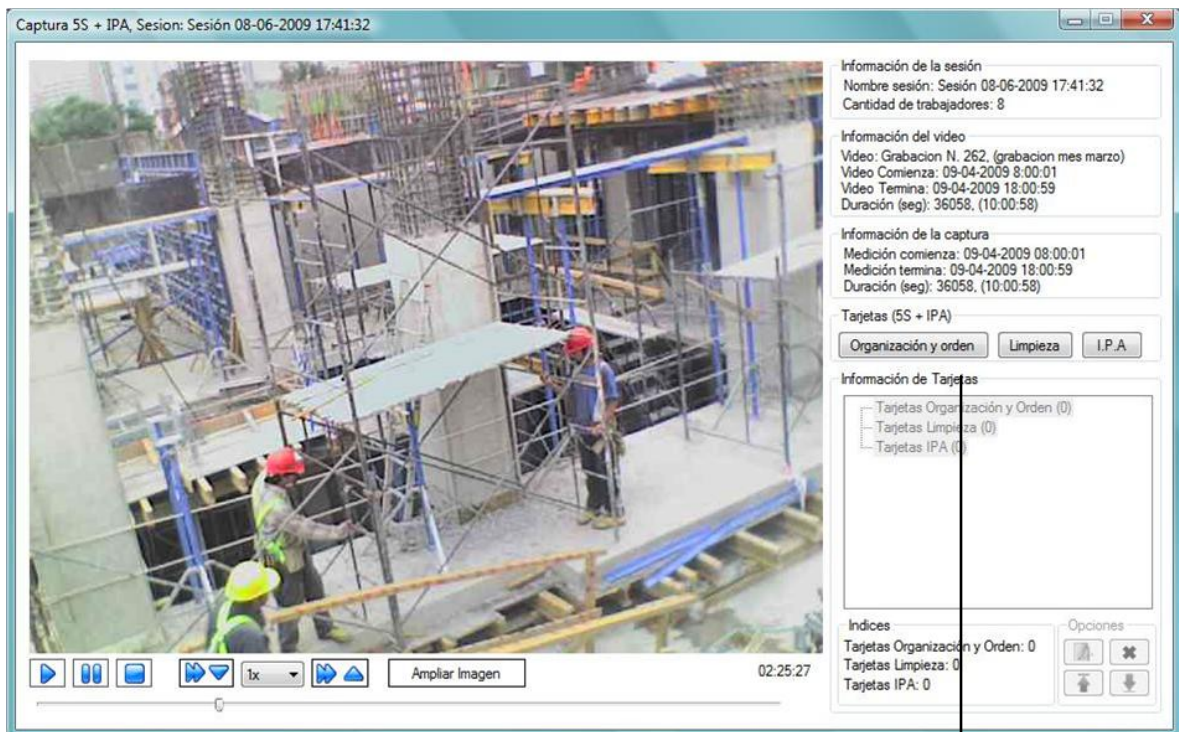
Descripción de la herramienta

La herramienta consiste en reproducir videos a una velocidad alta y cuando se detecten irregularidades en cuanto a orden, limpieza e IPA, general las tarjetas con su respectivo informe de lo sucedido. Esta herramienta la utiliza el prevencionista, o cualquier persona que tenga conocimientos en prevención de riesgos, y se utiliza cuantas veces sea necesario, dependiendo de la obra. En lo posible se debería revisar diariamente al comienzo del día los videos de la jornada anterior, para corregir las condiciones subestándar para el resto de la jornada.

Y la manera de utilizar la herramienta es conocer la cantidad de trabajadores que se asocian a lo observado, ver el video en forma acelerada y al detectar los problemas en la prevención de riesgos, ingresar a las tarjetas para dejar constancias de los problemas de la obra. También existe la pestaña cargar fotos obtenidas en inspecciones en terreno de la obra, con la opción de completar la información idénticamente al sistema de formularios de los videos, esta opción extra del sistema se explicita más adelante.

Ejemplo de aplicación

Se carga un video, donde se va observando las actividades, en este video en particular se observa el trabajo de ensamble de andamios para proseguir con la colocación de moldajes.



Una vez encontrado el problema se introduce en las tarjetas correspondientes. En este caso, al ser una cámara enfocada en una tarea específica, no se aprecian grandes problemas en limpieza y orden en la obra, pero si en IPA donde se destacan los problemas recurrentes en la construcción. El primero de ellos es cómo se ensamblan los andamios, y el segundo es el trabajo a distinto nivel, donde los trabajadores no utilizan correctamente el uso de la cuerda de vida.

Al revisar el video se encuentra la siguiente situación donde el tercer trabajador (de izquierda a derecha) no utiliza la cuerda mientras transita por un tablón del andamio sin cuerpo superior.

Tarjeta IPA Nº 2, ocurrida: 09-02-2009 12:34:12, detectada: 02-06-2009 18:42:12

Información General
Tarjeta Nº 2
Ocurrida: 09-02-2009 12:34:12
Detectada: 02-06-2009 18:42:12
Área de inspección: Seleccione una ubicación

Encargado
Ingrese el nombre del encargado:
D.S.

Inconformidad de la tarjeta
Elegir: Acciones Subestándar
 Condiciones Subestándar
Categoría:
No usa las cuerdas de vida del arnés
Detalle:
Un trabajador realiza labores en altura sin anclaje de cuerda de vida y en superficie insuficiente de apoyo (andamio sin cuerpo)
¿Que hacer?:
Informar y realizar charla de correcto uso de cuerda

Luego se completa la información y con esto el encargado en prevención tendrá el respaldo de lo ocurrido y tendrá la opción de entregársela al capataz de la cuadrilla de trabajo o al trabajador mismo para que corrija su comportamiento hacia el futuro.

Tarjeta N°2
IPA

- Revisó: D.S.
- Área de Inspección: Losa 10



No usa las cuerdas de vida del arnés

Un trabajador realiza labores en altura sin anclaje de cuerda de vida y en superficie insuficiente de apoyo (andamio sin cuerpo)

Informar y realizar charla de correcto uso de cuerda

Encargado del problema

Fecha: Hora:

Receptor:

Firma: _____

Al seguir revisando el video se continúan encontrando problemas y emitiendo tarjetas. Luego al finalizar se obtienen varias tarjetas y se conocen los indicadores de la sesión analizada, que permite comparaciones con:

- El indicador máximo de 15% para mantenerse bajo un rango de accidentabilidad del 3%,
- Otras sesiones con la misma actividad realizada previamente en la obra, u en otra de la misma empresa,
- Estadísticas que ha encontrado el encargado en mediciones manuales, etc

Pero más allá del indicador entregado y toda la información rescatada por encargado o usuario de la herramienta, esta herramienta permite ir construyendo una capacitación y apoyo permanente a los trabajadores, ya que va perfeccionando su comportamiento en seguridad y también insta a la empresa dar todas las comodidades y buena logística en seguridad y por lo tanto darle los recursos necesarios para que el trabajador pueda desempeñarse adecuadamente en la obra de construcción.

Datos de entrada

La información de entrada son los videos, y la fracción del video que se quiere observar. Si no se cambia este dato de las horas, por defecto queda establecido el video completo. También se debe ingresar la cantidad de trabajadores involucrados en los procesos a los que apunta el video. Este dato es manejado por el usuario que conoce la obra, las tareas y los trabajadores involucrados. Si se va a trabajar con fotografías de la obra para completar las tarjetas, estas fotos corresponden a datos de entrada de la sesión

Datos de salida

El resultado de 5S+IPA, son las tarjetas, en una versión imprimible, que se emiten con un número único dentro de la sesión, con el nombre del encargado y con información de qué hacer con respecto a la acción o condición a corregir. La cantidad de tarjetas genera un indicador por sesión de:

- i. Indicador de Orden y Organización
- ii. Indicador de Limpieza
- iii. Indicador IPA

Luego estos índices se graficarán por sesión de medición y se muestra un resumen mediante una tabla de las categorías de IPA encontradas en la sesión.

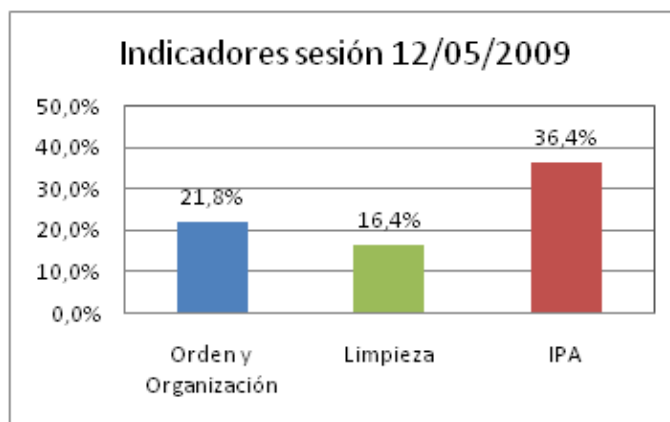


Gráfico 7: Indicadores de 5S + IPA

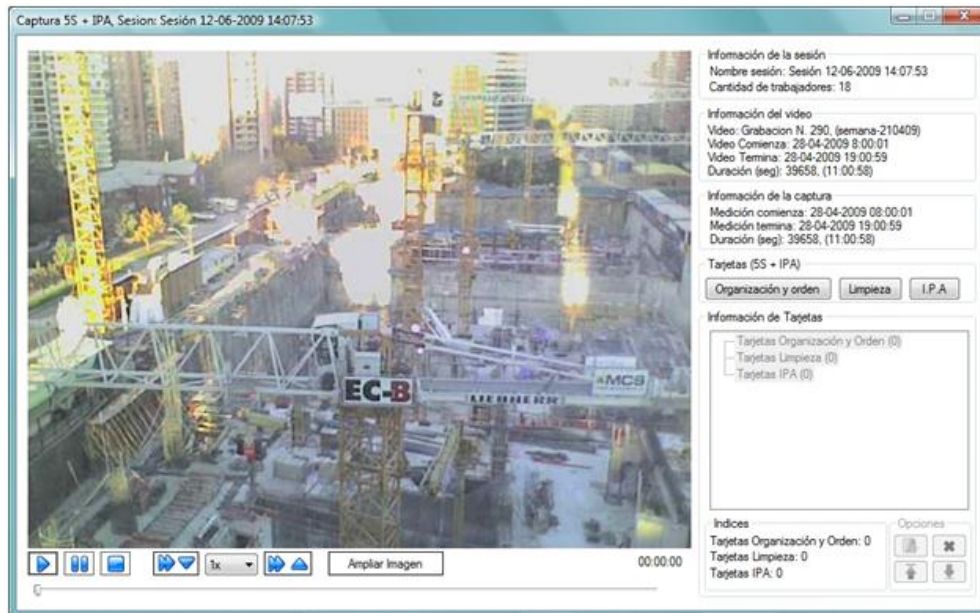
Acciones subestándar	Cantidad
No usa las cuerdas de vida del arnés	3
Usa en andamios que no cumplen con normas	2
Trepa por moldajes y no usa escaleras	1
Trabajo en rebalse de loza sin amarrarse	1
Condiciones subestándar	Cantidad
Rebalse de losa sin barandas	1
Andamios deficientes o fuera de norma	1

Tabla 14: N° de tarjetas por categoría de acciones y condiciones subestándar

Proceso de medición

Una vez en la pestaña 5S+IPA, el sistema primero pide seleccionar y elegir un video de acuerdo a la sesión elegida. El video tiene una designación única, y contiene la información de la fecha del proyecto.

Como primera medida se pide ingresar el número de trabajadores relacionados a tareas de la zona enfocada por el video. Luego para visualizar la grabación, se ingresa en el icono correspondiente y aparece el video, con la barra de herramientas para controlar la reproducción y los botones de las tarjetas, para introducirse en ellas. Como se observa en la siguiente figura.



Se elige una velocidad alta para la reproducción del video, (2x, 4x, 8x, 16x o 32x), y luego se procede a ver el video para trabajar en él.

Proceso de Análisis

El usuario al revisar el video y, al encontrar algún problema, genera la tarjeta apretando el botón correspondiente. El sistema pondrá la reproducción del video en modo pausa y a la vez emerge el cuadro de captura de la información de la tarjeta, con la fotografía del momento y las alternativas a completar del problema, con esto el usuario podrán analizar el elemento debidamente y en el tiempo que requiera.

Primero se marca en la fotografía al objeto o persona con un rectángulo en blanco, mediante el cursor del *mouse*, para que quede claramente definido donde está el problema. También el operador debe agregar los datos que se piden para especificar la situación en conflicto y el que hacer respecto a eso. Los tres tipos de tarjetas se especifican a continuación.

i. Orden y Organización

El usuario debe ingresar a esta tarjeta, cuando al observar en la reproducción del video, encuentre un elemento perteneciente a los trabajos constructivos de la obra, que esté alterando la organización u orden del lugar. En la tarjeta de Organización y Orden se debe especificar el

encargado de la medición, el nombre del elemento y, debe darse una de las siguientes situaciones respecto del mismo:

- a. **No es necesario:** Se debe definir donde se reubica, para ello se debe completar lo siguiente:
 - **Tener en área de “pre-eliminación”:** Con esto se analizará en un corto tiempo si es necesario en esa ubicación.
 - **Desechar elemento ¿Dónde?:** Aquí se debe completar la información, por ejemplo puede ser devolverlo a bodega, alquilarlo, botarlo, enviar a otra obra, etc.
- b. **Es necesario pero no en esa cantidad:** Se debe agregar en qué dirección cambiar el material.
 - **Aumentar en:** Se debe completar la información de cuanto es la cantidad a subir
 - **Disminuir en:** Se debe completar la información de cuanto es la cantidad a bajar
- c. **Es necesario pero no en esa ubicación:** Se debe definir a la ubicación a donde se va a mover el elemento, como sigue:
 - **Mover a:** Se debe ingresar al sector donde reubicar el material o herramienta.
- d. **Otra inconformidad:** Si ninguna de las anteriores alternativas, corresponde se procede a detallar el problema.

La interfaz grafica de este problema es:

Tarjeta Organización y Orden Nº 1, ocurrida: 06-02-2009 8:00:06, detectada: 12-06-2009 18:52:15

Información General
Tarjeta Nº 1
Ocurrida: 06-02-2009 8:00:06
Detectada: 12-06-2009 18:52:15
Modificar Área de inspección: Seleccione una ubicación

Encargado
Ingrese el nombre del encargado:
D.S.

Información de la tarjeta
Nombre elemento: vigas

Este elemento

No es necesario

Tener en área de "pre-eliminación"

Desechar el elemento ¿Dónde?

Es necesario pero no en esta cantidad

Aumentar en:

Disminuir en:

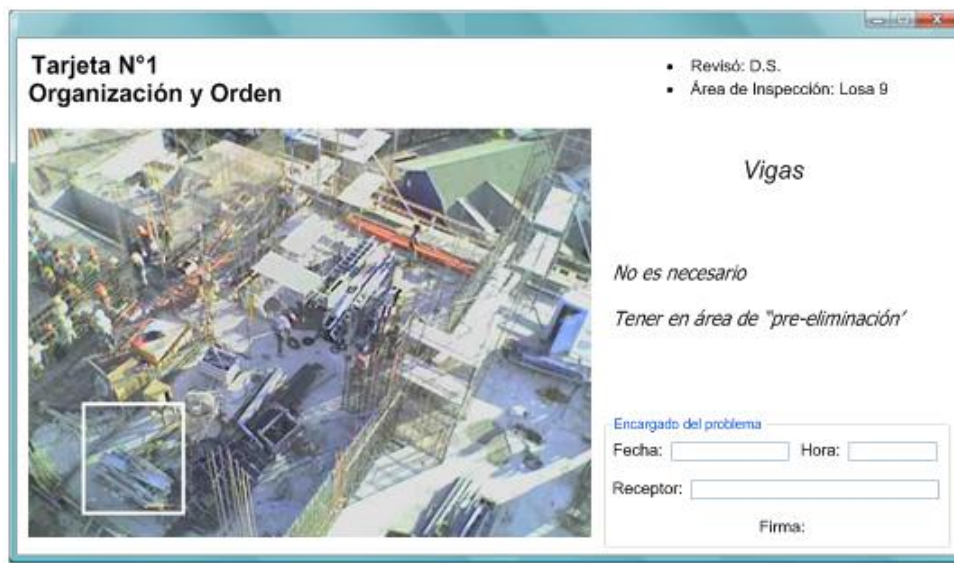
Es necesario pero no en esta ubicación:

Mover a:

Otra Inconformidad

Cancelar Guardar Tarjeta

Luego la versión imprimible es:



Tarjeta N°1
Organización y Orden

- Revisó: D.S.
- Área de Inspección: Losa 9

Vigas

No es necesario
Tener en área de "pre-eliminación"

Encargado del problema

Fecha: Hora:

Receptor:

Firma:

ii. Limpieza

El usuario debe ingresar a esta tarjeta, cuando al observar en la reproducción del video, encuentre algún elemento que esté alterando la limpieza, o que un elemento este sucio. Generalmente estos elementos no pertenecen a materiales de construcción, o simplemente lo eran y ya no son parte de los procesos constructivos de la obra. En la tarjeta de limpieza se debe especificar el encargado de la medición, el problema y debe plantearse una de las siguientes soluciones respecto del mismo:

- Hay un elemento sucio:** Se elige esta opción cuando es algún material o herramienta que está sucio, y con ello puede generar problemas en su uso, por ello se debe especificar lo siguiente:
 - Nombre
 - ¿Qué hacer?
- Hay una situación que genera suciedad:** Con esta opción se especifica cuál es el elemento, materiales o acción de los trabajadores que genera falta de limpieza, por ellos se debe aclarar lo siguiente
 - Nombre
 - ¿Qué hacer?

La interfaz de esta tarjeta es:

Tarjeta Limpieza N° 1, ocurrida: 04-12-2008 8:00:03, detectada: 13-06-2009 21:25:54

Información General
Tarjeta N° 1 Ocurrida: 04-12-2008 8:00:03
Detectada: 13-06-2009 21:25:54
Modificar Área de inspección: Seleccione una ubicación



Encargado
Ingrese el nombre del encargado:
D.S.

Información de la tarjeta
Inconformidad
 Hay un elemento sucio
Nombre:
¿Qué hacer?
 Hay una situación que genera suciedad
Nombre:
Trazos de maderas
¿Qué hacer?
Botarlas en contenedor de basura
 Otra inconformidad

Cancelar Guardar Tarjeta

Finalmente la versión imprimible es:

Tarjeta N°1
Limpieza

- Revisó: D.S.
- Área de Inspección: Losa 1



Trazos de madera

Botarlas en el contenedor de basura

Encargado del problema
Fecha: Hora:
Receptor:
Firma:

iii. IPA

El usuario debe ingresar a esta tarjeta cada vez que observe una situación que está alterando la seguridad del área grabada, y pueda generar accidentes a futuro. Para insertar una tarjeta IPA, se debe definir el encargado de la sesión, luego hay dos inconformidades posibles a completar:

a. Acción subestándar: Es cualquier desviación en el desempeño de las personas, en relación con los estándares establecidos, para mantener seguridad en las operaciones y un nivel de pérdidas mínimas. Por ello se debe especificar los siguientes aspectos.

- **Categoría:** El sistema consta de un conjunto de alternativas, para clasificar la ocurrencia de la acción, y saber con mayor exactitud el comportamiento de los malos procedimientos
 - i. No mantiene orden caja de herramientas
 - ii. No usa permanente su EPP básico
 - iii. No respeta el entorno de otros trabajadores
 - iv. No respeta la señalética existente
 - v. No usa las cuerdas de vida del arnés
 - vi. No controla proyección de partículas
 - vii. No coopera con orden, limpieza, señalética
 - viii. Trepa por moldajes y no usa escaleras
 - ix. Usa en andamios que no cumplen con normas
 - x. No usa los basureros para desechos
 - xi. Tránsito bajo carga suspendida
 - xii. Trepa por enfierraduras
 - xiii. Trabajo en rebalse de loza sin baranda
 - xiv. Trabajo en rebalse de loza sin amarrarse
 - xv. Trabajo en superficie insuficiente
 - xvi. No transita por escalera principal
 - xvii. Realiza hormigonado sin antiparras
 - xviii. Trabajo con llama abierta y sin extintor
 - xix. No utiliza adecuadamente las herramientas
 - xx. Se lanzan materiales o herramientas
 - xxi. Trabajo con sobre-esfuerzo
 - xxii. Otro
- **Detalle:** Se debe describir la situación encontrada
- **¿Qué hacer?:** Se debe explicar la solución a esta situación

b. Condición subestándar: Es la variación introducida fuera de los estándares de seguridad, a las características físicas o al funcionamiento de maquinarias, equipos y/o al ambiente de trabajo. Por ello se debe especificar los siguientes aspectos.

- **Categoría:** El sistema consta de un conjunto de alternativas, para clasificar la condición, y saber con mayor exactitud el comportamiento de los malos procedimientos.
 - i. Áreas obstruidas con material
 - ii. Zonas de peligro sin delimitaciones

- iii. Shaft descubiertos
- iv. Rebalse de losa sin barandas
- v. Iluminación deficiente
- vi. Andamios deficientes o fuera de norma
- vii. Cable de extensión sin accesorio en extremo
- viii. Cubierta de aislación de cables deteriorada
- ix. Escaleras sin barandas
- x. Escaleras en mal estado
- xi. Falta escalera de acceso a losa
- xii. Superficie de trabajo deficiente
- xiii. Falta cuartón en tablonos
- xiv. Falta pasamanos a escalera
- xv. Faltan vías de circulación
- xvi. Falta de vientos en cargas
- xvii. Herramientas en lugar no apropiado
- xviii. Otro

- **Detalle:** Se debe describir la situación encontrada
- **¿Qué hacer?:** Se debe explicar la solución a esta situación



Luego el programa almacena la tarjeta y todos sus datos ingresados, para mostrarlo en las versiones imprimible de las tarjetas.



El sistema guarda los datos por sesión y saca los indicadores correspondientes en la parte Resultados. La interfaz final del programa muestra el listado de las tarjetas y el gráfico de indicadores (con la opción de ampliar el gráfico) y con un resumen de las categorías IPA encontradas.

CAPCAM 2

Archivo Ver Herramientas

Propiedades del Proyecto Módulo de Productividad Módulo de Prevención de Riesgos

5S + IPA Muestreo de seguridad Probabilidad de ocurrencia de accidentes

Captura de Video y Análisis Cargar Fotos y Análisis

Captura
 Elegir sesión: Sesión 12/05/2009 10:32

Listado de Tarjetas por proyecto

- Tarjetas Organización y Orden (3)
- Tarjetas Limpieza (2)
 - Tarjeta N° 1, Sesión: Sesión 07-07-2009 17:41:02, Video: Grabacion N. 195, 14-04-2009 11:13:48
 - Tarjeta N° 2, Sesión: Sesión 07-07-2009 17:41:02, Video: Grabacion N. 195, 14-04-2009 11:31:12
- Tarjetas IPA (9)
 - Tarjeta N° 1, Sesión: Sesión 07-07-2009 17:41:02, Video: Grabacion N. 195, 14-04-2009 11:14:30
 - Tarjeta N° 2, Sesión: Sesión 07-07-2009 17:41:02, Video: Grabacion N. 195, 14-04-2009 11:19:28

Opciones

Resultados

Indicadores sesión 12/05/2009

Categoría	Porcentaje
Orden y Organización	21.8%
Limpieza	16.4%
IPA	36.4%

Total Tarjetas:
 - Organización y Orden: 3
 - Limpieza: 2
 - IPA: 9

Resumen IPA categorías

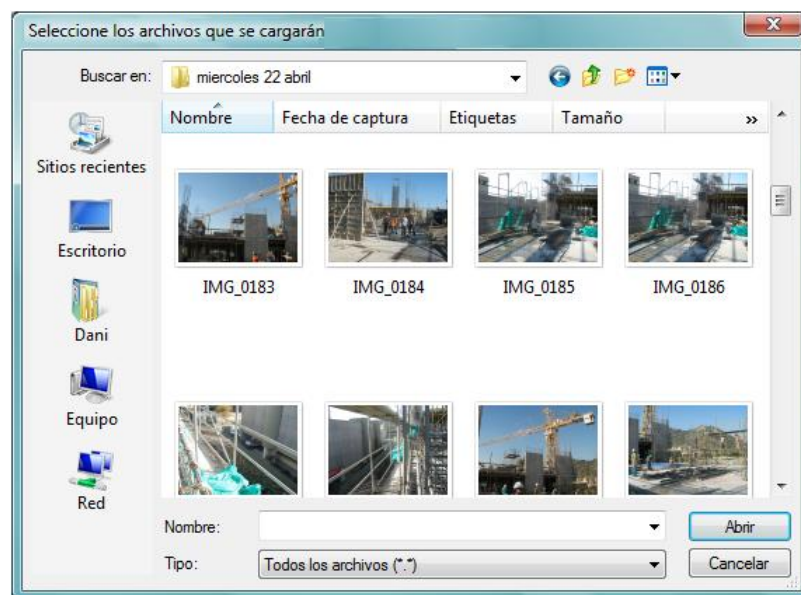
Acciones subestándar	Cantidad
No usa las cuerdas de vida del arnés	2
Usa en andamios que no cumplen con norm	3
Trepa por moldajes y no usa escaleras	1
Trabajo en rebalse de loza sin amarrarse	1
Condiciones subestándar	Cantidad
Rebalse de losa sin barandas	1
Andamios deficientes o fuera de norma	1

Estado: Correcto.

Nota: Cargar Fotos y Análisis

Esta extensión del 5S + IPA, se creó porque actualmente este sistemas de fotos son los que se ocupan en la empresa que ocupa el indicador IPA. A través de estas fotos se hace un informe del problema y se imprimen para entregársela al encargado. Luego si el prevencionista obtiene algunas imágenes en sus inspecciones en terreno y quiere entregarlas inmediatamente al responsable, carga las fotografías en el programa y puede completar el formulario rápidamente, con el mismo formato visto en las observaciones mediante el video. Finalmente la pestaña queda definida como sigue:

Se carga la sesión y con la opción Adjuntar Fotos se abre la siguiente pestaña, donde se escogen las situaciones a informar.



Ahora en la sección Fotos se muestran las imágenes y a través del icono se procede a introducirse en ellas para completar los formularios correspondientes mediante la ventana que emerge con la foto y los datos a completar. Estos formularios son idénticos a los nombrados anteriormente al describir la herramienta con la única diferencia que se debe definir primero a qué tipo de problema se refiere la fotografía para que despliegue el formulario completo de Organización y Orden, Limpieza o IPA. Una vez terminado de completar los datos se cierra la ventana y se vuelve a la pestaña Cargar Fotos y Análisis.

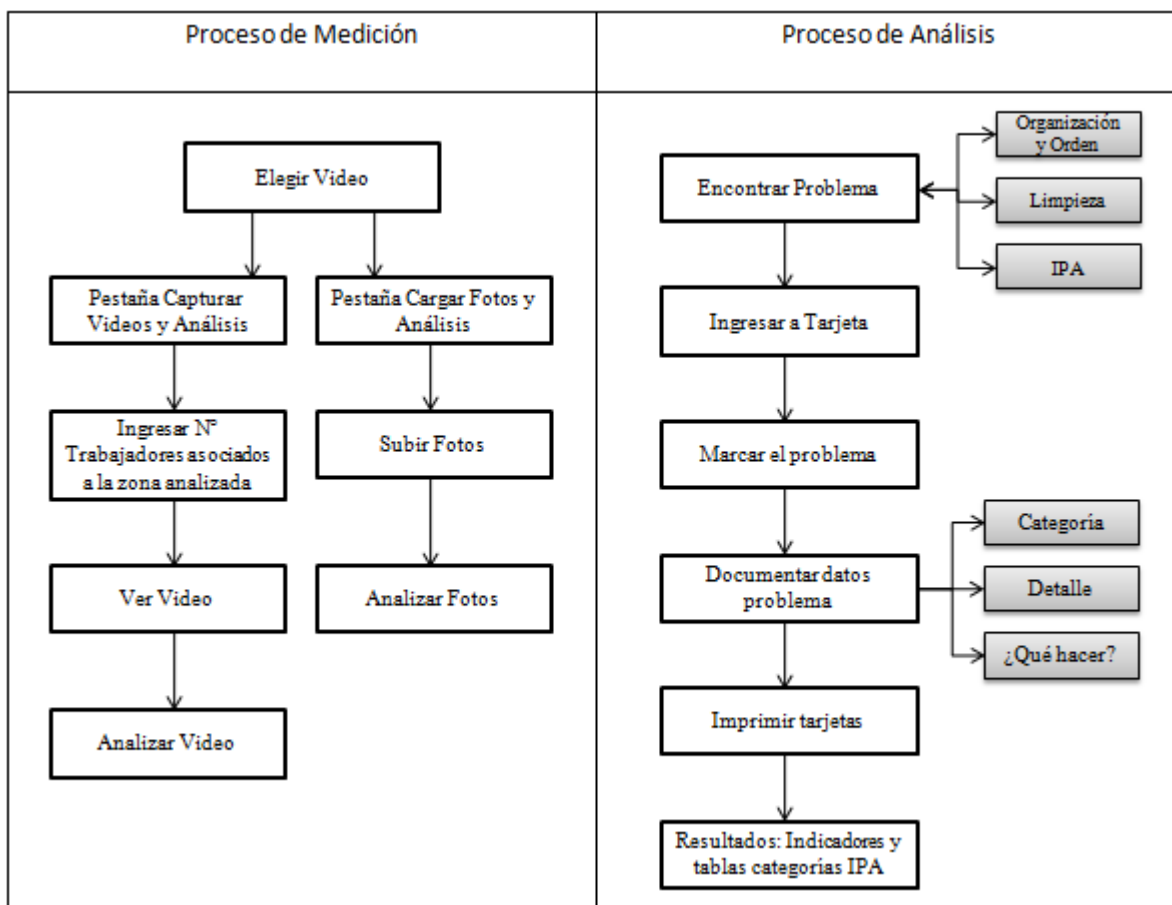
Luego al guardar la información por cada tarjeta, la foto analizada aparece con el icono guardar sobre ella, con esto se identifica que fue revisada y ha quedado guardada toda su información. También existe la opción imprimir para entregar las tarjetas a los respectivos responsable. Finalmente el sistema va mostrando los resultados del análisis, con el gráfico de los indicadores y el resumen de las categorías del IPA.

A continuación se muestra esta configuración:

The screenshot displays the CAPCAM 2 software interface. The main window is titled 'CAPCAM 2' and features a menu bar with 'Archivo', 'Ver', and 'Herramientas'. Below the menu bar, there are tabs for 'Propiedades del Proyecto', 'Módulo de Productividad', and 'Módulo de Prevención de Riesgos'. The 'Módulo de Prevención de Riesgos' is active, showing sub-tabs for '5S + IPA', 'Muestreo de seguridad', and 'Probabilidad de ocurrencia de accidentes'. The 'Muestreo de seguridad' sub-tab is selected, with further sub-tabs for 'Captura Videos y Análisis' and 'Cargar Fotos y Análisis'. The 'Cargar Fotos y Análisis' sub-tab is active, showing a session selection dropdown set to 'Sesión 12/05/2009 09:20' and an 'Adjuntar Fotos' button. Below this, a grid of six photos is displayed, each with a green arrow icon and a label: IMG_0181, IMG_0182, IMG_0191, IMG_0198, IMG_0204, and IMG_0206. To the right of the photos is an 'Imprimir' button. Below the photos, the 'Resultados' section shows a bar chart titled 'Indicadores sesión 12/05/2009' with three bars: 'Orden y Organización' at 21.8%, 'Limpieza' at 16.4%, and 'IPA' at 36.4%. To the right of the chart, the 'Total Tarjetas' are listed: '- Organización y Orden: 4', '- Limpieza: 3', and '- IPA: 8'. On the far right, the 'Resumen IPA categorías' section contains a table with two columns: 'Acciones subestándar' and 'Cantidad'.

Acciones subestándar	Cantidad
No usa las cuerdas de vida del arnés	2
Usa en andamios que no cumplen con norma	3
Trepa por moldajes y no usa escaleras	1
Trabajo en rebalse de loza sin amarrarse	1
Condiciones subestándar	
Acciones subestándar	Cantidad
Rebalse de loza sin barandas	1
Andamios deficientes o fuera de norma	1

Estado: Correcto.



7.2. Muestreo de Seguridad

Uno de los requisitos importantes que frecuentemente se desconocen en prevención de riesgo, es saber estadísticamente cuales son las tareas más peligrosas y que porcentajes de este trabajo se realizan en forma segura. Principalmente se requiere saber el comportamiento de la cuadrilla en determinados periodos durante los cuales deben aplicar los conocimientos mínimos en mantener la integridad de su salud y la convivencia con el entorno.

Por esta razón surge la necesidad de estimar estos tiempos mediante mediciones rápidas y confiables, en este caso se obtiene los tiempos dedicados a trabajo en forma segura y no segura. Además el uso de videos ayuda al prevencionista a realizar la medición sin necesidad de estar presente en terreno mismo y por lo tanto los trabajadores no se enteran cuando los están analizando y no sobreactúan su comportamiento al verse examinado por un profesional.

Al tener este respaldo estadístico se pueden implementar medidas correctivas inmediatas. Estas pueden ser drásticas como paralizar la obra si los rangos de trabajo no seguro son mayores que el 30% máximo establecido (St. Aubin, 2008), o medidas de retroalimentación a largo plazo tales

como seguir disminuyendo el tiempo de trabajo no seguro en las tareas más expuestas y/o frecuentes.

Propósito de la herramienta

Esta herramienta sirve para calcular los porcentajes de trabajo seguro y no seguro que realizan los trabajadores, pero también permite un diseño a elección libre para quien utilice el muestreo, como por ejemplo acción segura o insegura, expuesta o no expuesta a peligros, etc. Esta herramienta cubre la necesidad de sacar una estimación del tiempo que se realizan trabajos riesgosos, dentro de una jornada o fracción del tiempo, y por eso mismo el impacto dependerá de que porcentajes que se generen y se encuentren en los trabajos no seguros. Luego el interesado en esta herramienta serán los cargos de mando.

Descripción de la herramienta

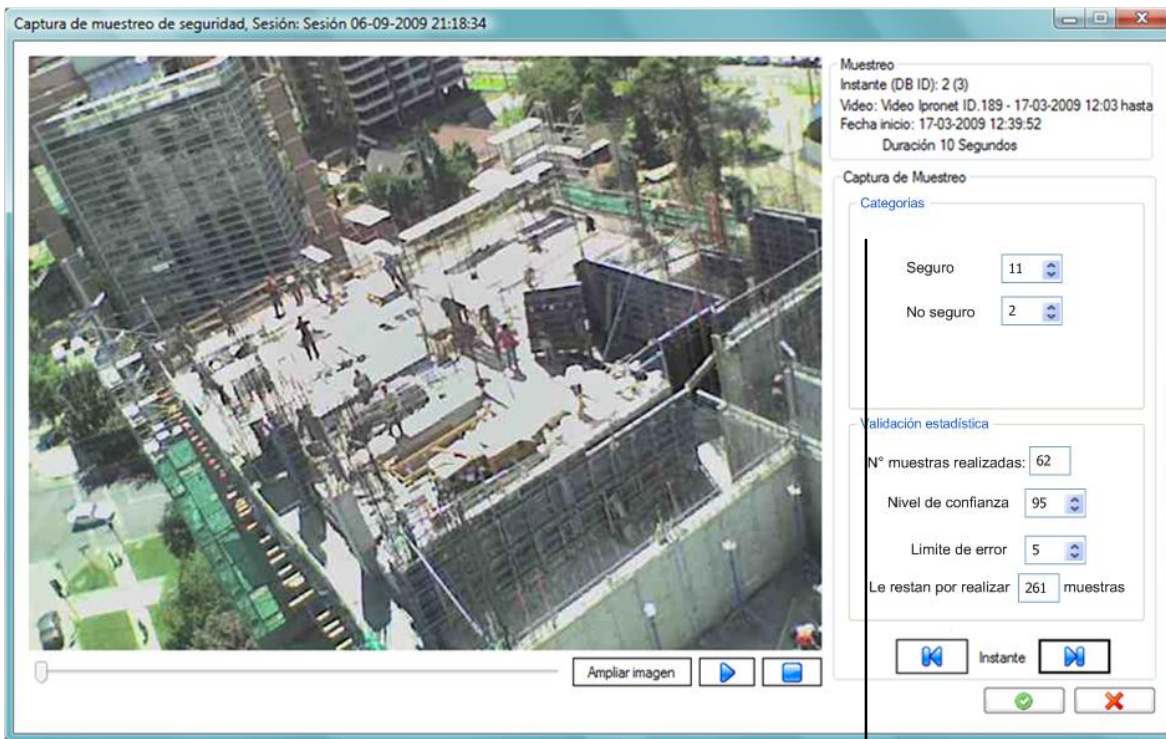
La herramienta consiste en observar 10 segundos aleatorios de la grabación, y definir la cantidad de trabajadores que realizan un trabajo seguro o no seguro. Cada conteo de trabajador ingresado se cuenta como una muestra ingresada al sistema.

Como se requiere tener un conocimiento previo de identificar labores riesgosas, esta herramienta la utilizaría un experto en prevención. Además se utilizaría cuantas veces fuera necesario al finalizar una o media jornada, o revisar solo algún video semanalmente. Y la manera de utilizar la herramienta es ir viendo las fracciones aleatorias del video que duran cada una 10 segundos, para finalizar el muestreo con una cantidad razonable de muestras.

Ejemplo de aplicación

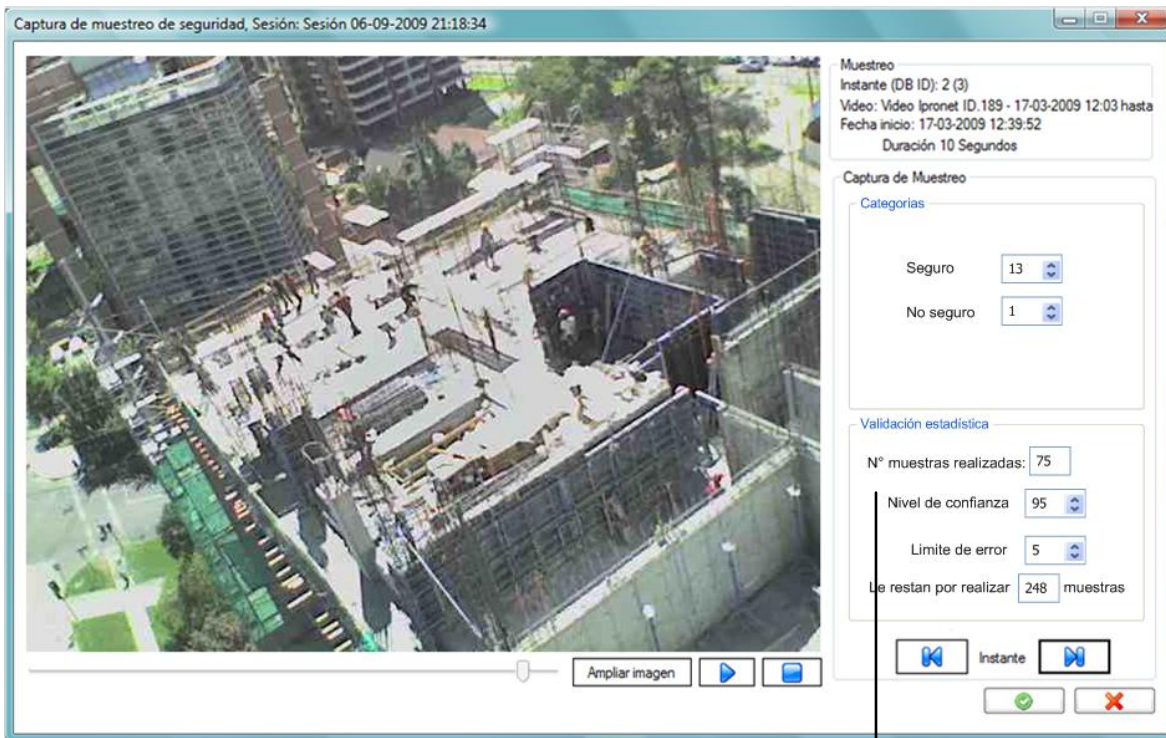
Se carga el video de la ultima loza construida y se observa desde colocación de moldaje, tránsito del personal, colocación de enfierradura, transporte, etc. y se comienza a documentar cuál es la cantidad de trabajadores que realizan trabajo seguro y no seguro dentro de los 10 segundos que dura el fragmento de video. Estos lapsus son elegidos al azar por el sistema.

Cabe destacar que en esta herramienta no es fundamental conocer que tareas se realizan, sino que solo analizar si ese trabajo se está ejecutando correctamente de acuerdo a las normas de seguridad y sistemas de prevención de riesgo.



Ingreso de datos

Se siguen realizando mediciones hasta completar las muestras necesarias para validar la estimación.



Zona resumen sobre la validación

Una vez obtenidas las muestras se tiene los porcentajes de 81% seguro y 19% no seguro para el trabajo en la última losa en construcción. Si bien este rango de valores esta dentro de lo comúnmente encontrado, se siguen repitiendo faltas muy frecuentes como por ejemplo:

- Falta de uso de cuerda de vida en altura
- Trepas por los moldajes (sin uso de escaleras)
- Tránsito sin precaución cerca de bordes expuestos
- Tránsito sobre acopio de material, lo que puede provocar torceduras o caídas

Con este resultado el experto de seguridad puede constatar si los trabajadores aplican los programas de seguridad en obra y también le permite seguir capacitando a su gente en obra, reforzando los puntos antes descritos.

Datos de entrada

La información de entrada son los videos, y la fracción del video que se quiere observar. Si no se cambia este dato de las horas, por defecto queda establecido el video completo.

Datos de salida

Los datos entregados en una ventana denominada tabla de resultados son:

- i. El total de muestras, con su porcentaje.
- ii. El total de trabajo seguro, su cantidad y porcentaje.
- iii. El total de trabajo no seguro, su cantidad y porcentaje.
- iv. Acceso a generar el gráfico. Es del tipo torta (Botón gráfico de categorías).

Proceso de medición

Una vez en la pestaña de Muestreo de Seguridad, el sistema primero pide seleccionar y elegir un video de acuerdo a la sesión elegida. El video tiene una designación única, y contiene la información de la fecha del proyecto. Luego se debe definir la configuración del muestreo a analizar entre dos alternativas:

- i. Seguro – No Seguro
- ii. Personalizada

También se puede elegir el tipo de análisis a realizar, entre las opciones de:

- i. Resultados para un muestreo
- ii. Resultados para varios muestreos en el tiempo

Si se analiza para un solo muestreo, para visualizar la grabación, se ingresa en el icono correspondiente y aparece el video, con la barra de herramientas para controlar la reproducción y las categorías correspondientes a llenar. En resultados para varios muestreos se comparan

resultados de varias mediciones, donde se debe elegir entre las muestreos desplegados en la elección los que de quieren incluir.

Pero para cualquier tipo de muestreo se debe realizar el siguiente proceso: Una vez que se ha definido el video, se comienza la observación de este. Acá van apareciendo las fracciones de 10 segundos, donde se debe completar la información requerida respecto al trabajo seguro o no seguro. Cuando se ha introducido los valores de seguridad en los trabajos de todos los trabajadores presentes en el video, se procede a ver la siguiente muestra aleatoria, con el botón hacia la derecha en Instantes. Se realiza este procedimiento reiterativamente hasta abarcar todas las muestras necesarias, de acuerdo al tipo de validación estadística que se requiere, que en este estudio se ha fijado en 323 para una confianza de 95% y 5% de error, pero perfectamente puede ser un número mayor a ese mínimo.

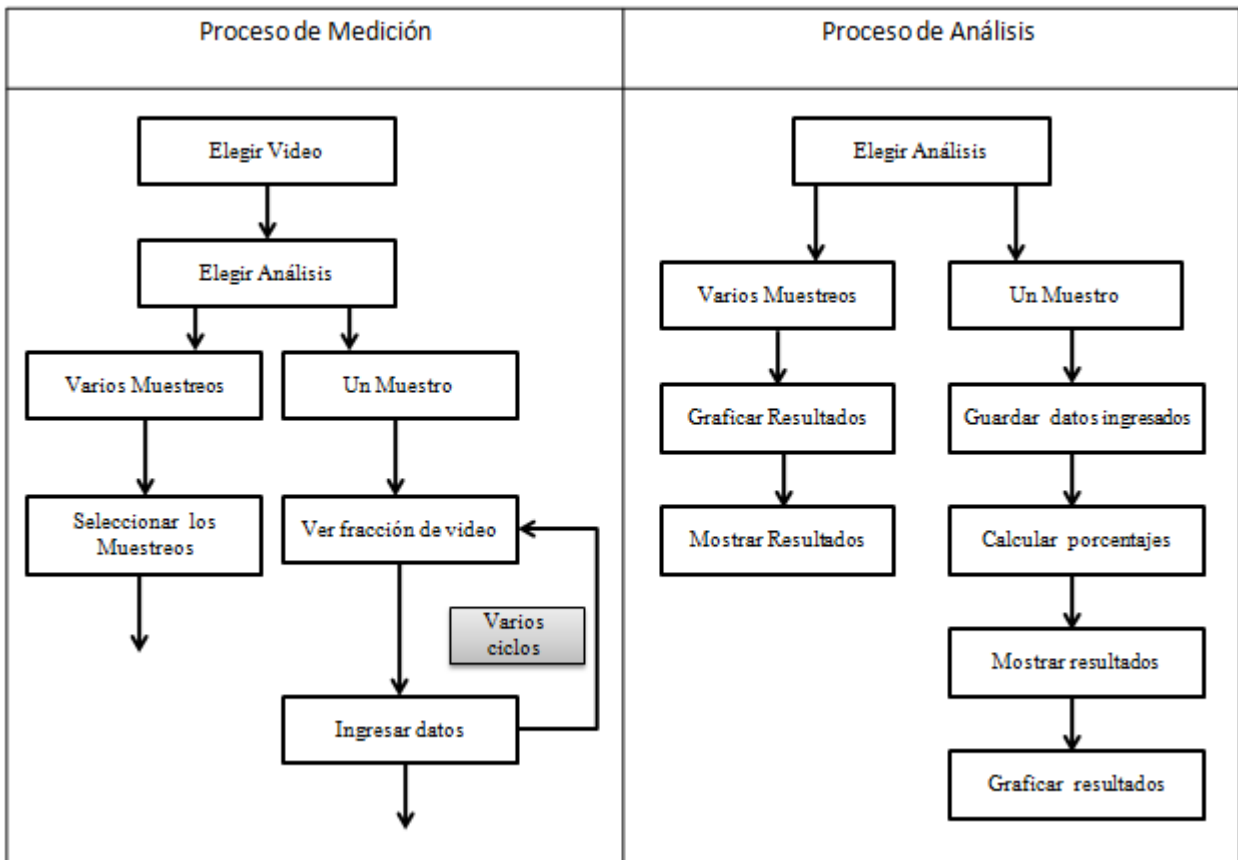
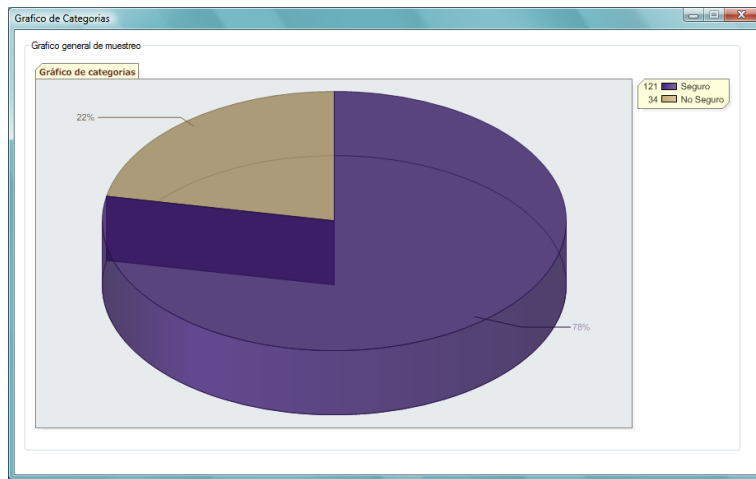
En cambio para resultados de varios muestreos, se seleccionan las sesiones elegidas en esta pestaña y mediante la opción ver resultados, que se encuentra más abajo, se genera la información final.

Proceso de Análisis

El programa realiza una partición de los videos, cuando se carga dicho video, realizando lo siguiente:

- i. Eligiendo un segundo del video al azar.
- ii. Luego selecciona los 9 segundos siguientes.
- iii. Compara si dentro de esos 10 segundos no ha existido una elección anterior.
- iv. Si no existe previamente esa medición se valida la partición.
- v. En cambio si se ha seleccionado antes alguno de esos segundos, itera nuevamente buscando un segundo al azar, hasta encontrar alguno que no haya sido analizado.

Por lo tanto cuando el usuario ingresa los valores, el programa suma todas las muestras, y saca el porcentaje del total de muestras por cada categoría. Luego en la pestaña inicial en la parte resultados se muestran los porcentajes de las categorías con la opción de ver los resultados como en el siguiente gráfico de torta.



7.3. LA: Likelihood of Accidents

Como se describe en la herramienta Muestreo de Seguridad uno de los desafíos actuales en prevención de riesgo es conocer cuáles son las tareas más peligrosas y cuantificar el potencial de accidentes debido un peligro particular (Mitropoulos, 2003). Por este motivo una forma de atacar este problema es crear modelos que identifiquen los comportamientos en la evolución de los accidentes en el trabajo.

Gracias al modelo de probabilidad de accidentes propuesto por Mitropoulos podemos conocer un valor de riesgo asociado a una actividad específica de la construcción que es entregado mediante un indicador de cuan exigida o riesgosa es la tarea, (por razones de simplicidad, en el modelo se omiten las capacidades propias del trabajador como la edad, la experiencia, la resistencia a la presión del trabajo, etc). El método requiere estimar cuál es el tiempo expuesto al riesgo y la exigencia de realizar dicha tarea, con esto se realiza un análisis enfocado en la tarea, el trabajador y la actividad, por este motivo está enfocado a cuadrillas específicas y no a toda la masa laboral de la obra

Con la obtención del indicador del trabajador, de la tarea y de la actividad, se tiene una noción de cuán alto es el valor de labor, y se pueden tomar medidas que mitiguen paulatinamente las exigencia y el tiempo que se expone a ellas. Esta herramienta por lo tanto requiere planificación a mediano y largo plazo para ir midiendo las diferentes actividades, conocer los valores de las actividades, poder compararlas entre las distintas etapas, y a la vez tratar de disminuir al máximo la exposición a las exigencias altas.

Propósito de la herramienta

Esta herramienta sirve para determinar un indicador de probabilidad de accidentes de una actividad o trabajador. Este indicador ayudaría a identificar cuáles son las más riesgosas dentro de una obra. Luego el impacto entregado de esta estimación, ayudaría a la programación y control de las actividades, para ejecutar el trabajo lo más seguro posible. Esta herramienta sirve a todo el alto mando para tomar en cuenta medidas a seguir o corregir, pero es un experto en seguridad quien debiera utilizarla, pues él puede estimar la peligrosidad y exigencia de una tarea.

Descripción de la herramienta

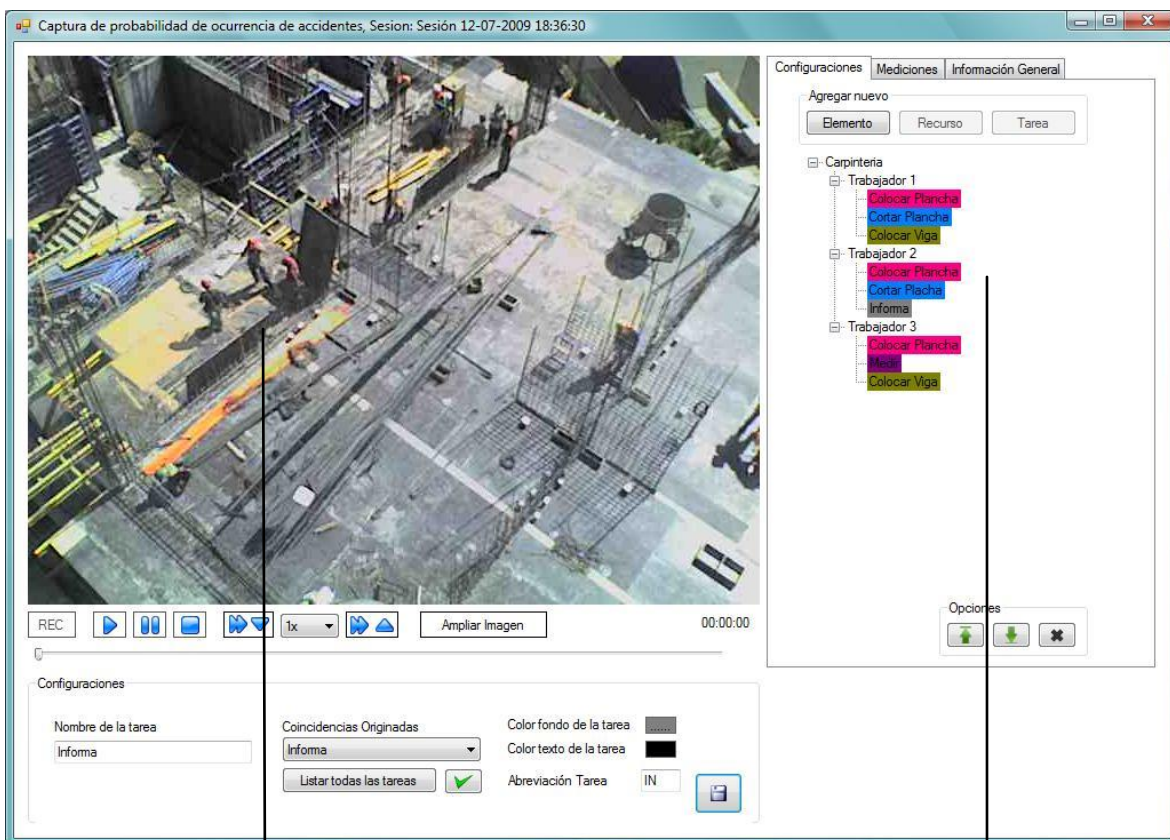
La herramienta consiste en observar las actividades que realizan uno o más trabajadores, y determinar la exigencia que emplean en la ejecución de esta, con esto se determinara cuál es el indicador de probabilidad de accidente.

Como se requiere determinar cuáles son las tareas más peligrosas y su posterior exigencia a lo largo del tiempo, es un experto en seguridad quien debería realizar este análisis. También el debe determinar la frecuencia de este análisis, como recomendación en la parte inicial del proyecto se deberían hacer más análisis para determinar las actividades más riesgosas y con eso obtener resultados de los riesgos mayormente expuestos y planificar hacia al futuro.

La herramienta se utiliza observando en forma acelerada un video, una vez identificados los requerimientos se procede a ingresar los datos. Luego se comienza la medición viendo el video nuevamente e instantáneamente ir marcando las labores que realiza el trabajador observado, para después repasar la observación marcando la opción de la exigencia de esa labor.

Ejemplo de aplicación

Comenzaremos a definir cuáles son las tareas asociadas al video, donde nos enfocaremos en el trabajo de carpintería realizado en los bordes de la losa



Cuadrilla = Tres trabajadores

Tareas asociadas a cada trabajador

Una vez observado el video rápidamente se introducen las tareas que realiza cada trabajador en especial. Se procede a realizar la medición ingresando la carta de balance de las actividades y posteriormente asignarle la exigencia de realizar dicha tarea. Si fuera posible, esta última opción puede hacerse simultáneamente entre todos los trabajadores. Esto se hace presionando mientras transcurre el video los botones de las exigencias, con el verde el valor menos expuesto y el rojo más expuesto a peligros, con valores de factor de exigencia (1, 3, 6, 9) respectivamente:



Como se observa los trabajadores ya han colocado principalmente vigas (el tercer trabajador está en el piso inferior colocándolas, el segundo colocando las planchas y el tercero no realiza actividad). Esta actividad es una de las más riesgosas porque:

- Los trabajadores en el piso superior no tienen una superficie de apoyo suficiente cuando avanzan a través de las vigas
- Los trabajadores no realizan el anclaje a un punto a través de la cuerda de vida cuando colocan las planchas estando cerca de bordes desprotegidos o sobre superficies insuficientes
- El trabajador del piso inferior debe sostener carga pesada hasta que lo ayude un compañero del piso superior, con el peligro de caída del elemento si el traspaso no se realiza adecuadamente
- Medir es una tarea con exigencia baja y media baja según el sector que se realiza, ya que el trabajador permanece apoyado sobre las planchas que es una superficie adecuada pero puede estar cerca de un borde sin protección ante una caída.

Luego se continúa realizando la estimación de las exigencias. Con la recolección de datos terminados el sistema calculará los resultados y entregará el o los datos de los LA. Finalmente se tiene en la medición el gráfico siguiente:



Gráfico 8: Análisis de balance (Tareas y Exigencias)

A simple vista se aprecia que las tareas Colocar Planchas (color fucsia) y Cortar Plancha (azul) son las más frecuentes, luego le sigue Mide (morado). Luego al calcular los porcentajes que se destinan en realizar las tareas, se tiene el siguiente resultado:

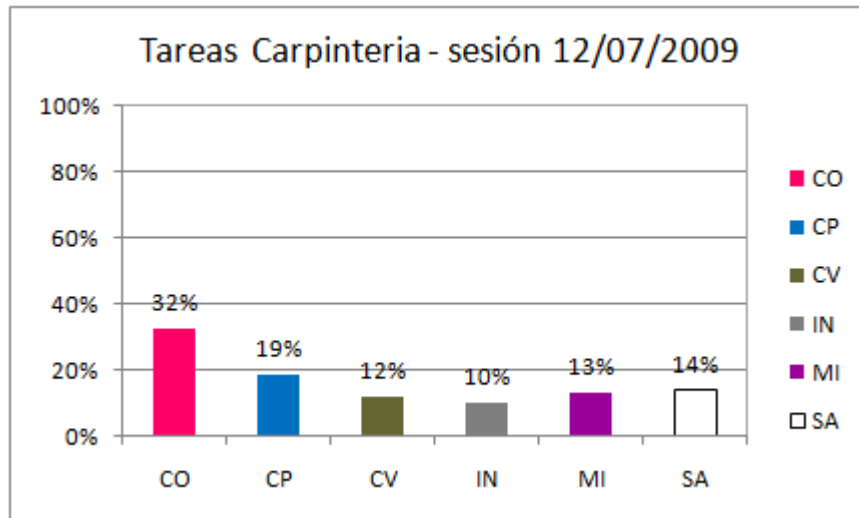


Gráfico 9: Porcentajes de Tareas de la Actividad

En el gráfico anterior se observa que la colocación de planchas abarca casi un tercio de la actividad, luego le siguen el Cortar plancha, y con porcentajes bastantes similares las restantes tareas. Cabe destacar que estos resultados se asemejan a los esperados mediante a la simple observación del gráfico “Exigencia de taras por trabajador”.

Luego el sistema evalúa el indicador LA de la tarea:

$$LA_{TAREA} = T_{exposición} \% x E_{TAREA}$$

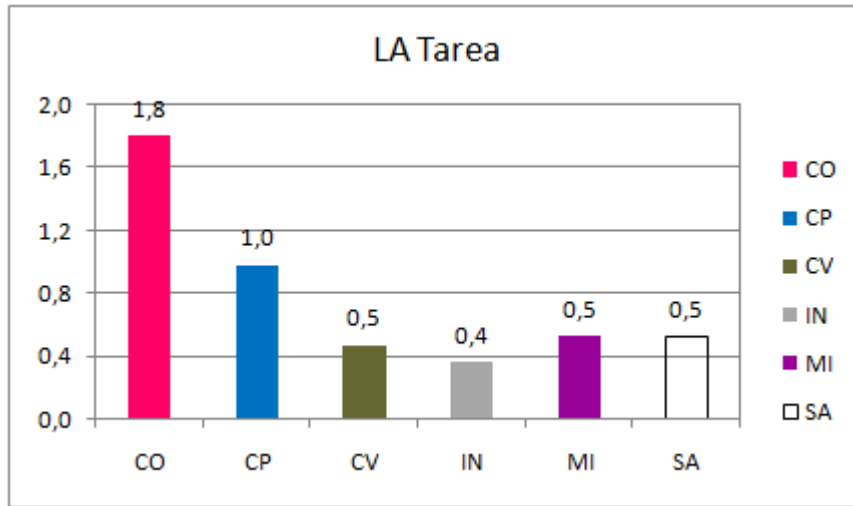


Gráfico 10: Indicadores de LA Tarea

Con esto se obtiene que la tarea colocar plancha tienen una alta incidencia en el riesgo, por lo que deberíamos supervisar en el futuro esta labor o capacitar a los trabajadores a minimizar los riesgos vinculados a esta tarea.

De la misma forma se tiene el cálculo del LA del trabajador:

$$LA_{TRABAJADOR} = \sum_i T_i \text{ exposición al peligro } \% x E_i \text{ TAREA}$$

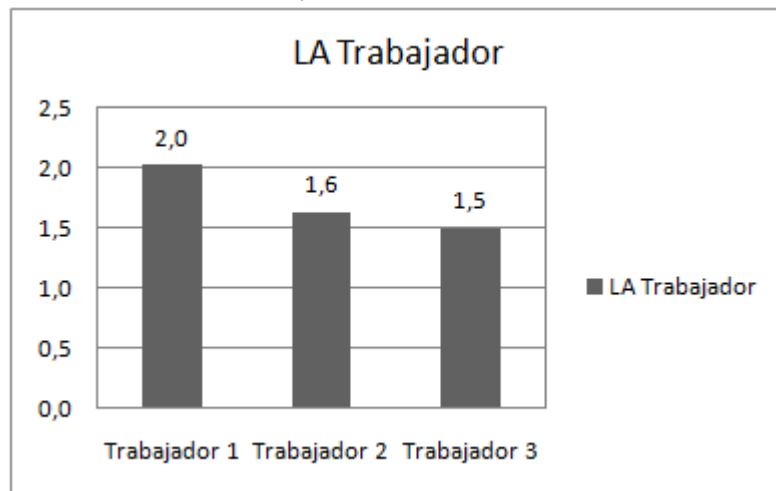


Gráfico 11: Indicadores de LA de los Recursos

Con este resultado a priori solo se conoce que los trabajadores tienen comportamientos bastante similares, o se podría inferir que el trabajador 1 tiende a tener más actitudes expuestas al riesgo, pero esto no se puede afirmar con seguridad ya que el método no entrega una precisión y es bastante subjetivo al criterio del observador.

Finalmente se tiene que la actividad tiene el siguiente valor:

LA Actividad: Carpintería	4,7
---------------------------	-----

Tabla 15: Indicador LA de Actividad

Datos de entrada

La información de entrada son los videos seleccionados y la medición de tiempos. Si existe previamente una medición de tiempos asociada a ese video en el Módulo de Productividad, esta se importa a la herramienta. Si no existe estos datos se debe realizar dicha medición de tiempos en ese mismo módulo.

Para realizar esa medición, dentro del video hay que identificar la actividad (proceso general), los recursos que realizan esta actividad, ya sea trabajador o maquinarias (medios), y las tareas que realizan estos medios (procesos específicos). Para esto último es necesario, observar previamente el video e ingresar estos datos en la pestañas configuraciones. Una vez definidas los requerimientos se realiza la medición de tiempos que será importada a LA.

Datos de salida

Los resultados mostrados corresponden al gráfico del indicador LA de la actividad, por trabajador y por tarea. También un gráfico de los tiempos que abarcan cada tarea en toda la actividad y además se puede acceder a un análisis de balance, con las tareas de los recursos y la exigencia de esas tareas.

También puede compararse los indicadores entre sesiones, dado que se graficarán con el eje X la fecha de trabajo del video y en el eje Y, los indicadores LA respectivos, todos en el mismo gráfico.

Proceso de medición

Una vez en la pestaña Probabilidad de ocurrencia de accidentes, el sistema primero pide seleccionar y elegir un video de acuerdo a la sesión elegida. El video indicará si existe medición de tiempos, si posee esta medición, al abrir LA, se importará automáticamente. En el caso que no tenga, se debe visitar el Módulo de productividad y realizar la medición.

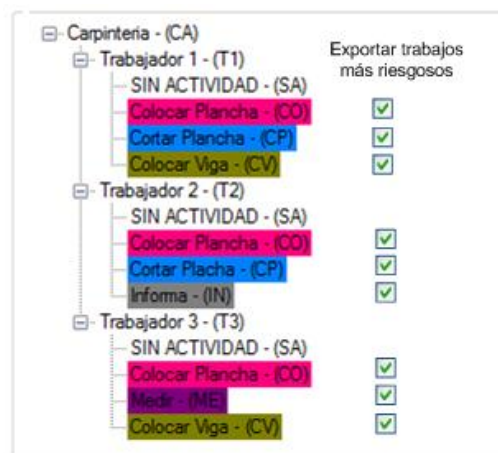
Aquí se debe cargar nuevamente el video, se ingresa en el icono correspondiente y comienza la exhibición el video seleccionado en la pestaña configuraciones. En esta pestaña se cuenta con la barra de herramientas para controlar la reproducción y se debe observar el video en la más alta velocidad posible para optimizar el tiempo y detectar las tareas asociadas a cada uno de los

trabajadores que van a ser parte del estudio. Con esta primera observación se procede a introducir los datos al programa, en la misma pestaña.

Proceso de Análisis

Una vez definido las configuraciones, se comienza la medición de tiempos, viendo el video y marcando instantáneamente el botón correspondiente a las labores que realiza el trabajador observado. Se realiza el mismo procedimiento con cada recurso ingresado.

Luego se vuelve a la pestaña de LA y se tiene toda la medición de tiempos. Acá existe la opción de visualizar en las barras demarcadas solo las tareas más peligrosas.



Una vez definido estas actividades a través del marcador, se revisa nuevamente el video para marcar la opción de la exigencia de las tareas (presionando mientras transcurre el video los botones de las exigencias)



Con el verde el trabajo menos expuesto y el rojo más expuesto a peligros, con valores de factor de exigencia (1, 3, 6, 9) respectivamente. Con estos datos el sistema calculará los resultados y entregará el o los datos de los LA. Finalmente la interfaz donde se entregan los resultados es:

CAPCAM 2 - Proyecto 01-07-2009 16:15:42

Archivo Ver Herramientas

Propiedades del Proyecto Módulo de Productividad Módulo de Prevención de Riesgos

5S + IPA Muestreo de seguridad Probabilidad de ocurrencia de accidentes

Captura

Elegir Sesión: Sesión 12-07-2009 18:36:30

Resultados

LA Actividad Carpintería : 62,0

EXIGENCIA DE TAREAS POR TRABAJADOR

RECURSOS

T1

T2

T3

11:13 12:13 13:13 14:15 HORA

SESIÓN 12/07/2009

LA Trabajador

Trabajador 3

Trabajador 2

Trabajador 1

0,0 5,0 10,0 15,0 20,0 25,0 30,0

LA Tarea

Tareas Carpintería - sesión 12/07/2009

100%

80%

60%

40%

20%

0%

CO CP CV IN MI SA

35% 19% 21% 8% 14% 11%

35,0

30,0

25,0

20,0

15,0

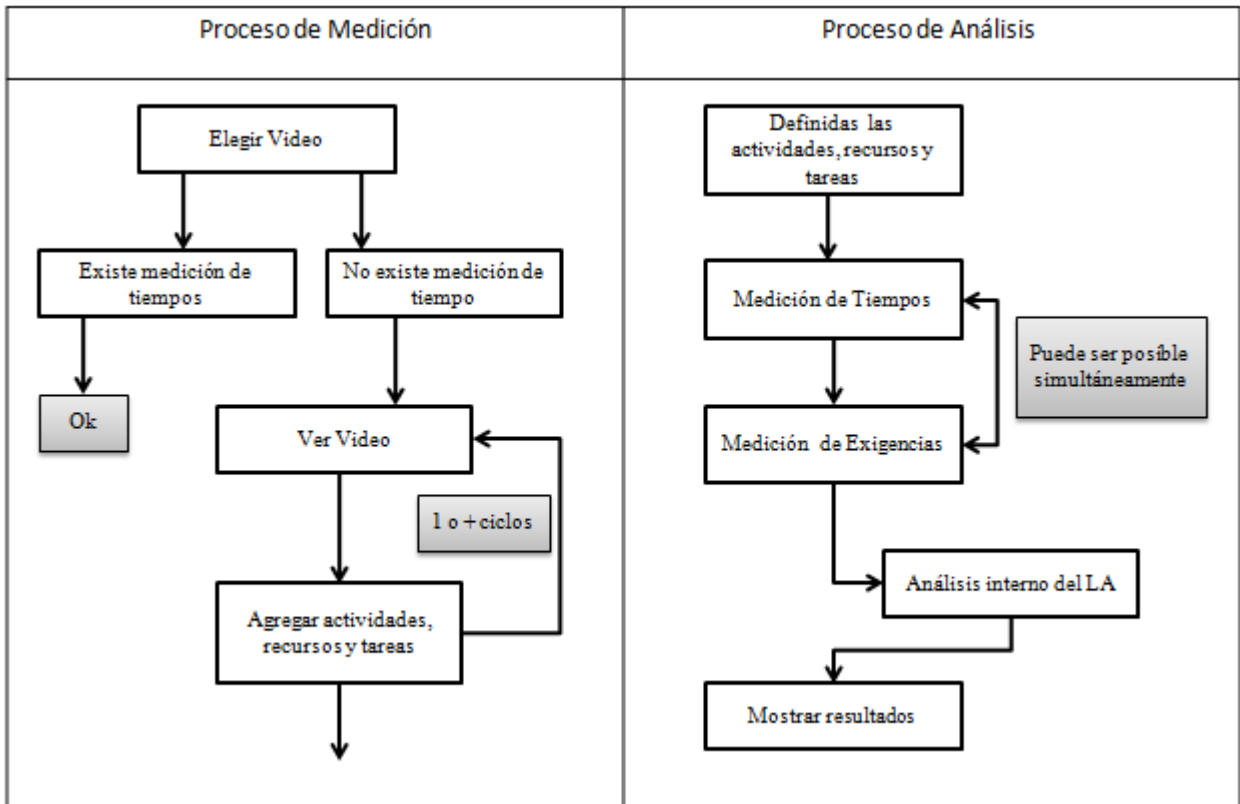
10,0

5,0

0,0

CO CP CV IN MI SA

29,6 7,8 2,0 0,8 4,3 1,2



7.4. Pictogramas

Como se ha mencionado la seguridad en obra no solo se basa en los planes de acción preventivos y el auto-control de todos los involucrados, sino también una parte primordial es el control e inspección permanente del comportamiento en la ejecución de las tareas constructivas. Estos dos puntos generan una dificultad indisoluble en obra: A sentirse presionado a realizar el trabajo en forma segura y a flexibilizar este comportamiento cuando no se es vigilado.

Por esto motivo, el programa piloto de Pictogramas implementado por la Mutual busca que el trabajador conozca previamente los peligros a que se encuentra expuesto en su trabajo, chequeando antes de comenzar su jornada laboral que todas las medidas exhibidas en las figuras se encuentren en perfectas condiciones. Por el otro lado al implementar este sistema en el CapCam2 se controla a distancia gracias a la grabación de videos si se cumplieron las medidas en la ejecución en los comportamientos o en las acciones dentro de la obra. De existir estas faltas se emana una foto del instante con el respectivo pictograma del problema y se entrega en terreno para corregir inmediatamente si es una condición subestándar o a futuro si es una acción.

Por lo tanto además de servir al control de accidentes esta herramienta permite crear un lenguaje unificado en seguridad y con solo la observación y la memoria fotográfica sea posible entender los riesgos.

Propósito de la herramienta

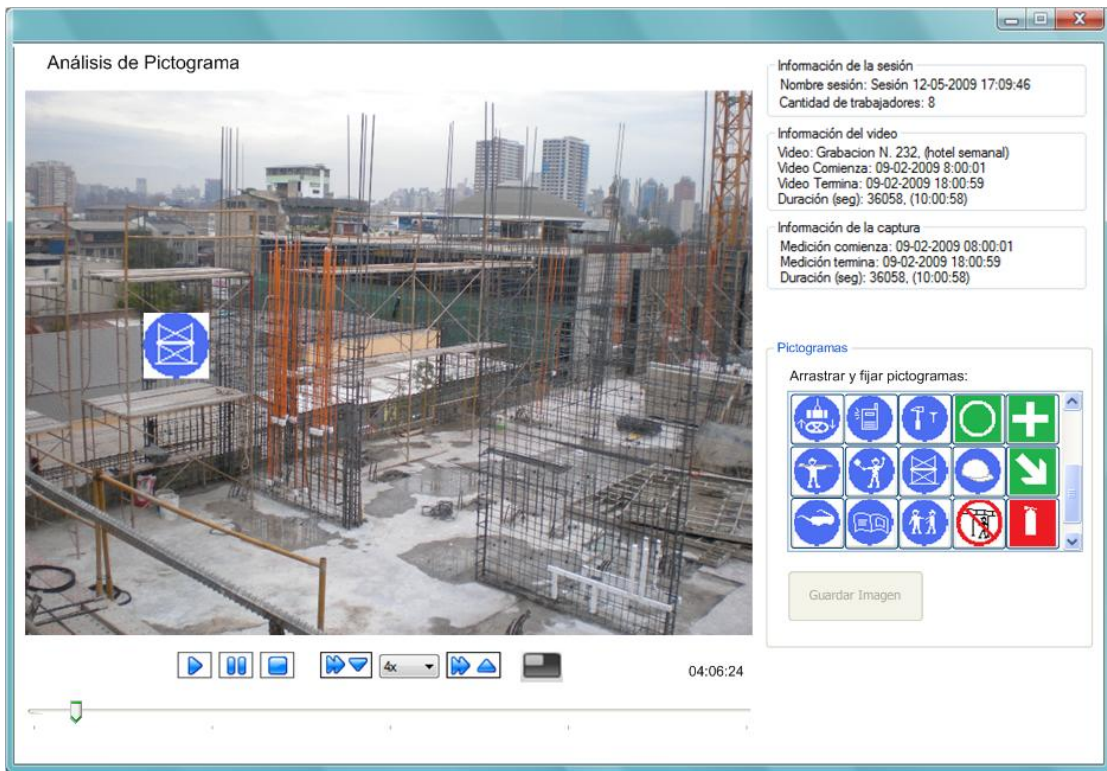
Esta herramienta sirve para incentivar un plan seguro, al reconocer los peligros antes de ejecutar una obra, y además unificar un idioma al identificarlos, por lo tanto impacto esperado a través de los pictogramas es planificar en terreno y después corroborar dicha planificación mediante el video. Con esto, el interesado puede ser tanto el administrador de obra, como el prevencionista en obra, para decidir qué hacer con las condiciones que no cumplen con la planificación de seguridad.

Descripción de la herramienta

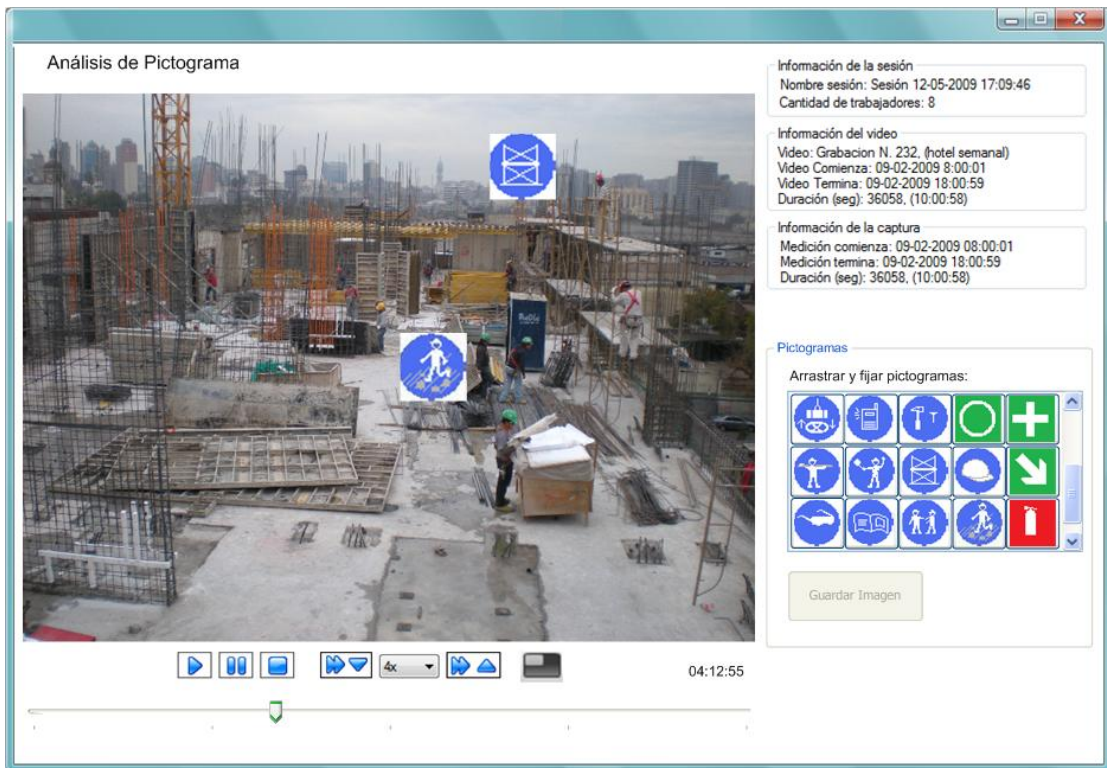
La herramienta consiste en una serie de cartillas (figuras e iconos), que al reproducir el video se pueden sobreponerlas a la imagen del video y así notificar el problema. Lo utilizaría un experto en prevención de riesgos y que además conozca la nomenclatura de las figuras. Se utiliza tantas veces sea necesario y se encuentren obviamente acciones y/o condiciones inseguras. Y si mientras se observa el video, se identifican condiciones o acciones riesgosas, se debe elegir la cartilla que indica que no se cumple en ese sector o persona, y se sobrepone a la imagen.

Ejemplo de aplicación

Comenzamos a ver el video, este comienza con el inicio de la jornada cuando hay no hay trabajadores listos en sus puestos. A medida que la observación transcurre tendremos que encontrar las situaciones que generan o podrían generar algún accidentes. Como las causas más comunes han sido estudiadas y hay estadística que la respalda, estas situaciones han sido consideradas y representadas en los pictogramas. Luego cada vez que detectemos problemas se le inserta sobre la imagen del video el o los pictogramas respectivos, se recomienda dejarlo insertado junto a la fuente del inconveniente. De inmediato notamos que los andamios observados no tienen el rodapié respectivo, por lo que marcamos y generamos la tarjeta respectiva con el pictograma “Problemas en andamio”.




Mientras transcurre el video se continúa observando los posibles problemas y nuevamente nos encontramos con andamios no seguros (segundo cuerpo en el andamio al fondo de la imagen) y además que los trabajadores circulan sobre materiales (enferradura) y estos se podrían deslizar y provocar torceduras u otro daño)





Finalmente se sigue revisando el video hasta obtener toda la información necesaria de las tarjetas, para el buen funcionamiento de la obra. Estas tarjetas se le entregan al capataz o al trabajador mismo para que tome las medidas necesarias en corregir la situación. La tarjeta para el último caso analizado es:

Tarjeta de Pictograma N°2



Información de Captura
Video:232
Fecha:09-02-2009
Hora de captura: 11:45 [m]
Edificación en altura

Descripción pictogramas asociados

-  Problemas en andamio
-  Paso sobre material inestable

Encargado del problema

Fecha: Hora:

Receptor:

Firma:

Además de las tarjetas, el programa calcula un indicador para poderlo comparar con otras sesiones de inspección (N° total de tarjetas/ Duración de medición [hr]). Luego con el constante uso de la herramienta se logra:

- Crear un lenguaje uniforme de los problemas tanto en terreno como en oficina. En terreno se cuenta con paneles explicativos de los pictogramas agrupados por actividad a realizar.
- Aprender a identificar los problemas y corregirlos antes de que ocurra un accidente.
- Conocer indirectamente cuales son las actividades más riesgosas al identificar donde están concentrados la mayor cantidad de tarjetas y cuáles son los pictogramas que más se repiten.
- Reducir en el largo plazo las tasas de accidentabilidad.

Datos de entrada

Se debe elegir un video de acuerdo a la sesión elegida. El video tiene una designación única, y contiene la información de la fecha del proyecto. Se puede escoger la fracción del video que se quiere observar. Si no se cambia este dato de las horas, por defecto queda establecido el video completo. Se debe seleccionar el tipo de trabajo para así generar los pictogramas esenciales para esa labor, y así se reduce la cantidad de pictogramas a observar según actividad o sector de trabajo.

Datos de salida

El sistema guarda una fotografía del instante con sus respectivos pictogramas superpuestos en la imagen, a esta información se le denomina tarjeta de pictograma. El sistema además cuenta cuantos pictogramas se han registrado por sesión. Con esto se emitirá la cantidad total de tarjetas emitidas y el indicador de pictogramas (N° total de tarjetas/ Duración de medición [hr]). Además se muestra un gráfico de Pareto con los pictogramas más frecuentes encontrados.

Como por ejemplo: N° total de tarjetas: 23
Indicador de Pictogramas: 4%

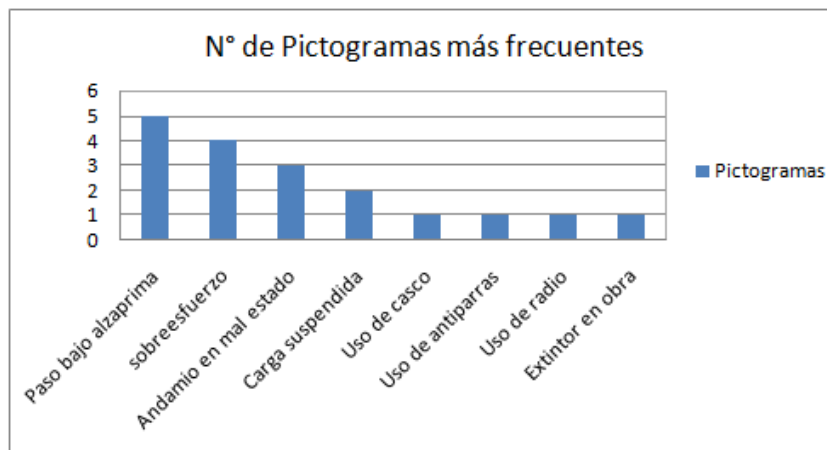


Gráfico 12: Pareto de Pictogramas más frecuentes

Proceso de medición

Una vez en la pestaña de Pictogramas, el sistema primero pide seleccionar y elegir un video de acuerdo a la sesión elegida. El video tiene una designación única, y contiene la información de la fecha del proyecto. Se elige el tipo de trabajo que se realiza o actividad en el video, y así se cargará solo los pictogramas necesarios. Estos filtros son por tipo de obra y/o actividad

Por tipo de obra	Por actividad
General	Todas
Edificación en altura	Hormigonado
Edificación en intensión	Enfierradura
Movimiento de tierras	Terminaciones
Construcción vial	Carpintería
Otros	Albañilería

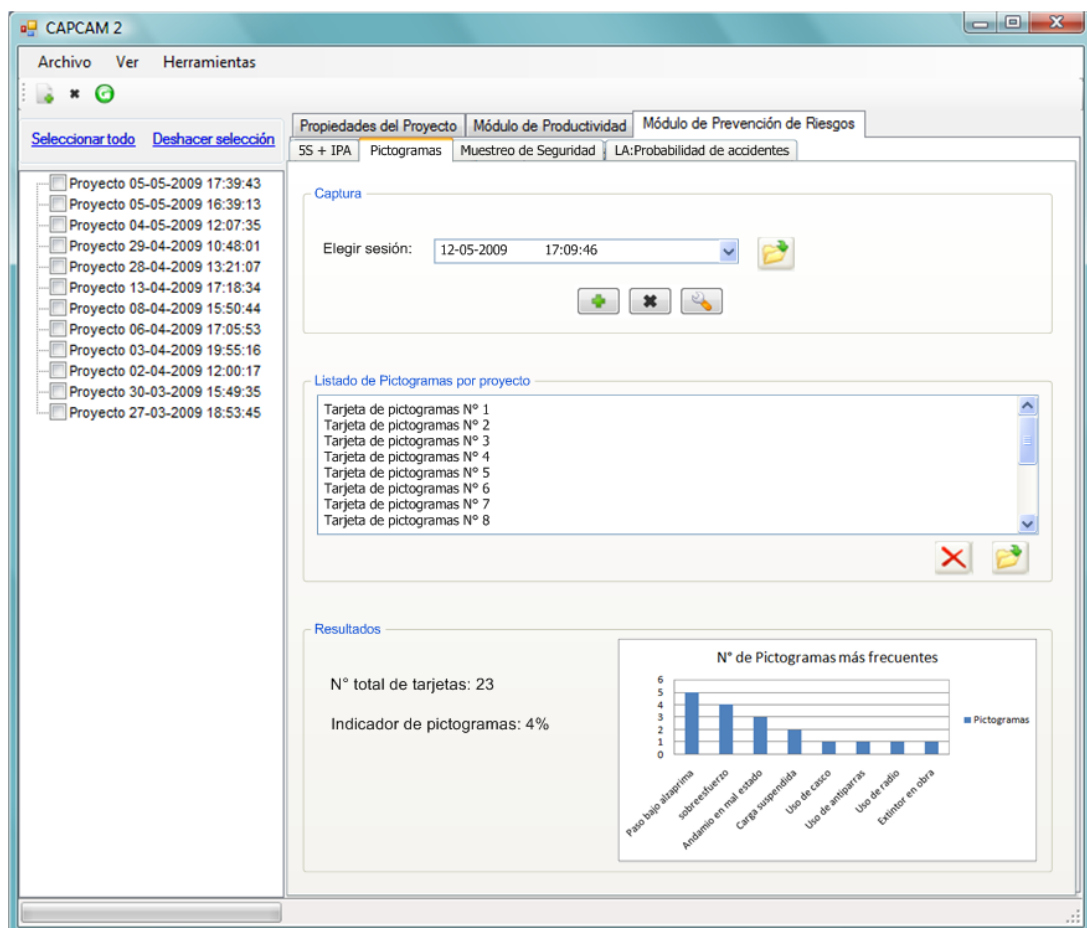
Tabla 16: Filtro en la elección de pictogramas

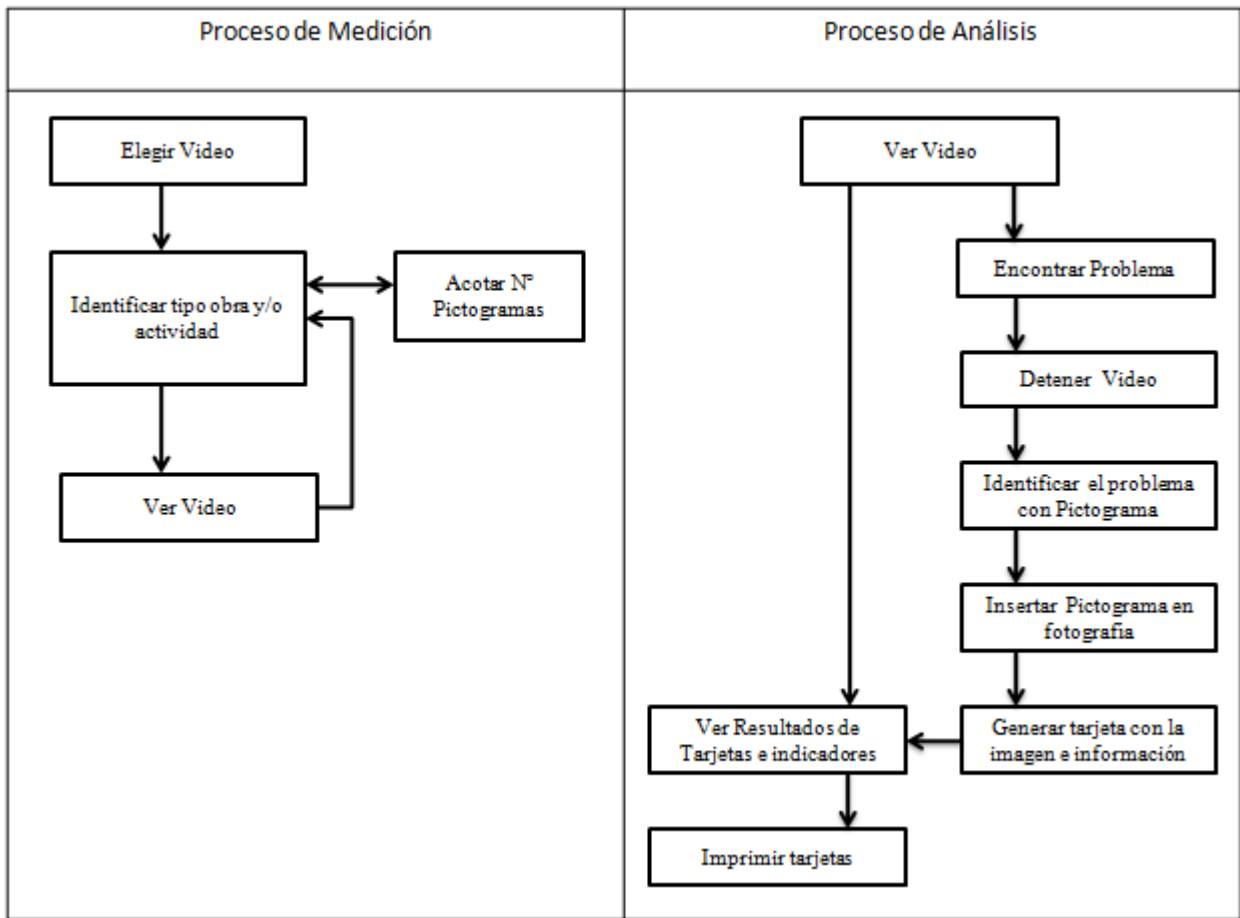
Luego para visualizar la grabación, se ingresa en el icono correspondiente y aparece el video, con la barra de herramientas para controlar la reproducción y la opción de ingresar a la fotografía para introducirle los pictogramas que no se cumple.

Proceso de Análisis

Una vez que el usuario ha encontrado problemas, genera la fotografía correspondiente, con esto emerge la imagen y se debe identificar cuál es la figura idónea que demuestra la situación o condición comprometida. Una vez identificada se procede a insertar el pictograma en la imagen. También el operador debe agregar los datos que se piden con respecto al encargado. El programa almacena la imagen y todos sus datos ingresados, en una tarjeta que puede ser imprimida para entregársela al responsable o al mismo trabajador, para que corrija su comportamiento. Luego el programa muestra cuantos pictogramas se generaron en la medición y un indicador de pictogramas y guarda los datos por sesión. Una tarjeta es de la forma siguiente:

Como se observa la versión imprimible tiene la información de la captura, una descripción de todos los pictogramas insertados en la imagen y datos de la recepción de la tarjeta, que debe ser completada por el encargado respectivo.





7.5. Buenas y malas prácticas

El incentivo a los trabajadores siempre ha sido una práctica constante en la seguridad en obra y en los planes de prevención de riesgos (inducciones, capacitaciones, charla inicial de 5 minutos, señaléticas, trípticos, etc.). Pero estas medidas nunca son suficientes, pues la presión por avanzar en la producción lleva a los trabajadores a flexibilizar reiterativamente su desempeño en seguridad, también está el caso de los trabajadores que no le encuentran sentido a este tipo de iniciativas y solo las realizan por cumplir con la autoridad.

Por otro lado al ser la construcción un sector de trabajo a corto plazo (generalmente contrato por obra), hay bastante movilidad de empresa en empresa constructora, entonces el personal carece de identificación y compromiso con la empresa misma, generando desinterés de avanzar como una organización planificada y comprometida en el bienestar de todos los integrantes.

En este sentido, esta herramienta busca tener una serie de archivos (videos o fotos) donde existieron problemas o malas prácticas en la ejecución de actividades pertenecientes a la obra, para poderlas mostrar al personal en capacitaciones, charlas, reuniones, etc., con el fin de que el

trabajador no realice estas malas prácticas y a la vez se identifique con la obra, al ver el trabajo que ellos construyen, su obra, sus compañeros, etc., y no el video prototipo emanado o confeccionado en alguna mutualidad. También esta herramienta posee el enfoque proactivo de mostrar las buenas prácticas y destacar como se realizaron los trabajos correctamente.

Propósito de la herramienta

Esta herramienta sirve para tener un registro de videos e imágenes de la obra, de cuáles son las prácticas más riesgosas de la obra misma, o como se deben ejecutar de la forma correcta, de manera de acceder a ellos rápida y reiterativamente. De esta manera, cubre la necesidad de mostrar e indicar en capacitaciones, charlas, y reuniones, cuales son los comportamientos riesgosos o los realizados en forma adecuada. Si se muestran en capacitaciones el objetivo es que los trabajadores se identifiquen con los peligros de la obra en los videos, por lo tanto el impacto esperado es disminuir las acciones subestándar que realizan los trabajadores, mediante el auto cuidado y buenas prácticas en seguridad.

Descripción de la herramienta

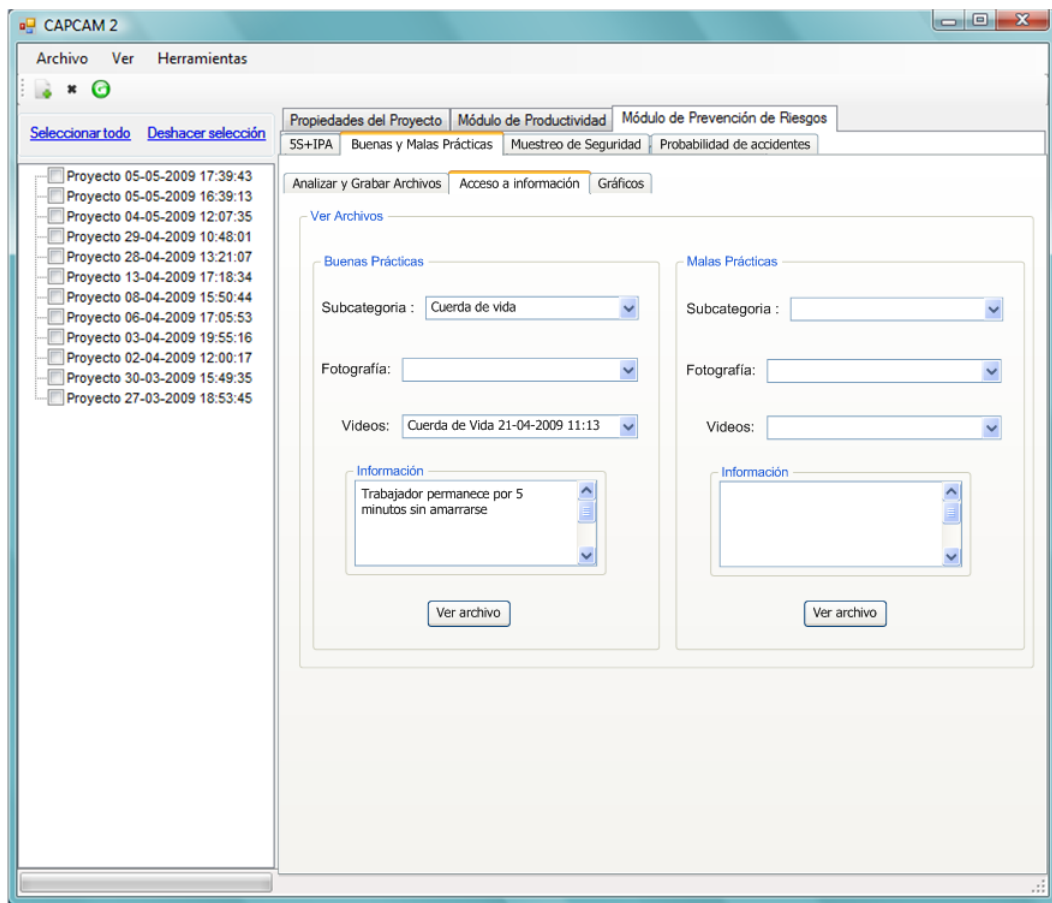
La herramienta consiste en tener una base de datos de videos o imágenes, de distintas etapas del proyecto y de distintas labores, de las buenas y malas prácticas realizadas en obra. Se pueden importar situaciones de otras herramientas del software y también revisar videos e integrarlos a la herramienta. Esta herramienta lo utilizaría cualquier persona que tenga conocimientos en prevención de riesgos y se utiliza cada vez que se requiera mostrar las buenas y malas prácticas, pueden mostrarse semanalmente en las reuniones por ejemplo.

La herramienta se utiliza cargando el video archivado. Los videos archivados se separan en Buenas y Malas prácticas, además poseen una subcategoría, para conocer en detalle cómo es el tipo de situación, además el video trae la opción de incorporar un comentario sobre la información que posee el video, con esto se puede conocer cuál es la irregularidad de una mala práctica, o forma adecuada de una buena práctica de trabajo. Si no se cuenta con los archivos necesarios se pueden importar archivos detectados en las otras herramientas de seguridad que posean comentarios y revisarlos si es necesario. También se puede acceder a revisar videos con la opción de guardar la parte necesaria en el sistema. Además el sistema cuenta con los gráficos de Pareto de la clasificación de los videos por subcategoría.

Ejemplo de aplicación

Esta herramienta permite ver los videos guardados inmediatamente a través de un reproductor y conocer previamente la información contenida según la categoría, subcategoría y comentarios.

Para ver directamente un video se selecciona en la pestaña *Acceso a información* y se selecciona el tipo de archivo a observar, con esto se abre una nueva pestaña donde se exhibe el archivo del sistema.



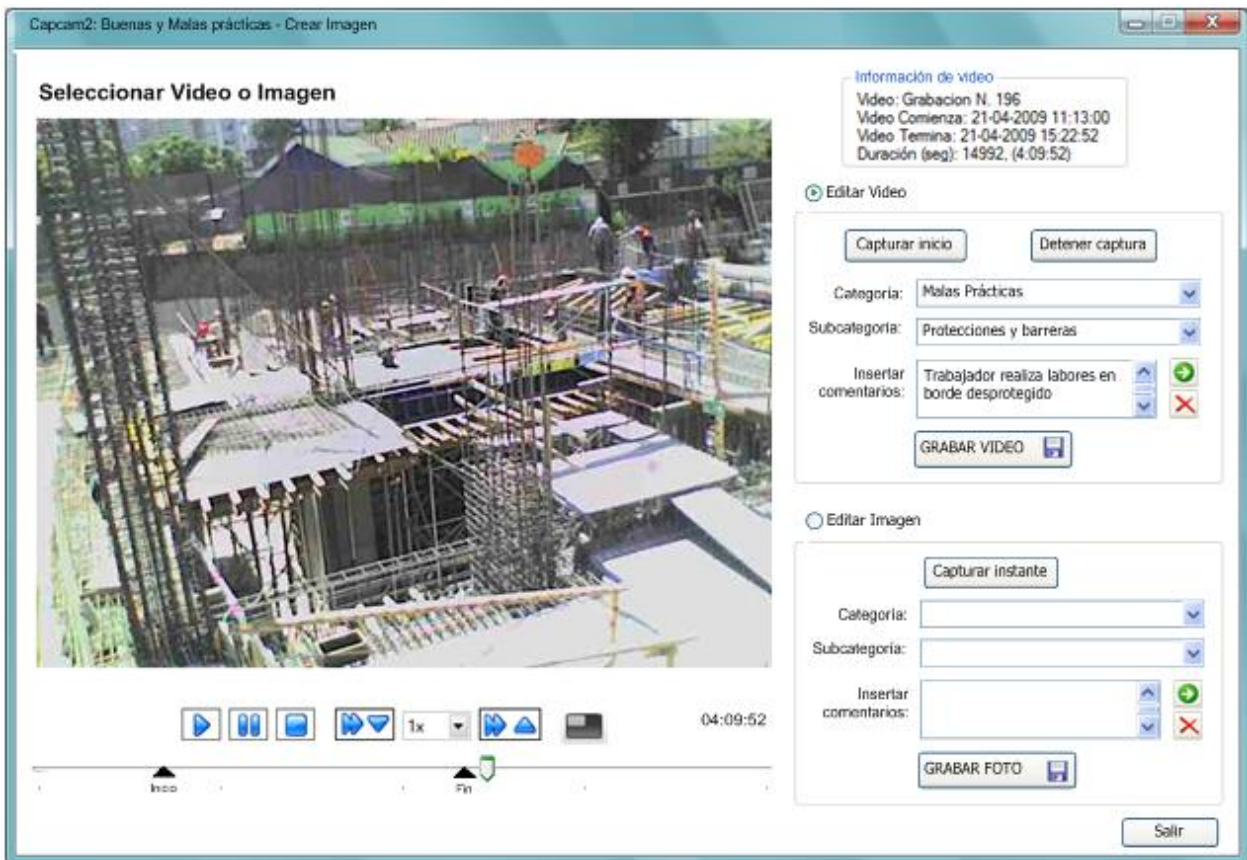


Ahora para almacenar estos archivos se requiere más trabajo. La pestaña Analizar y Grabar permite realizar esta operación:

- Crear Archivo:
- Eliminar video
- Importar videos
- Subcategoría

Ahora bien hay dos formas de ingresar videos al sistema, uno es crear directamente los videos y la otra es ver los comentarios agregados en la revisión de videos de otras herramientas, y estimar si apartan estos fragmentos de video a las buenas y malas prácticas.

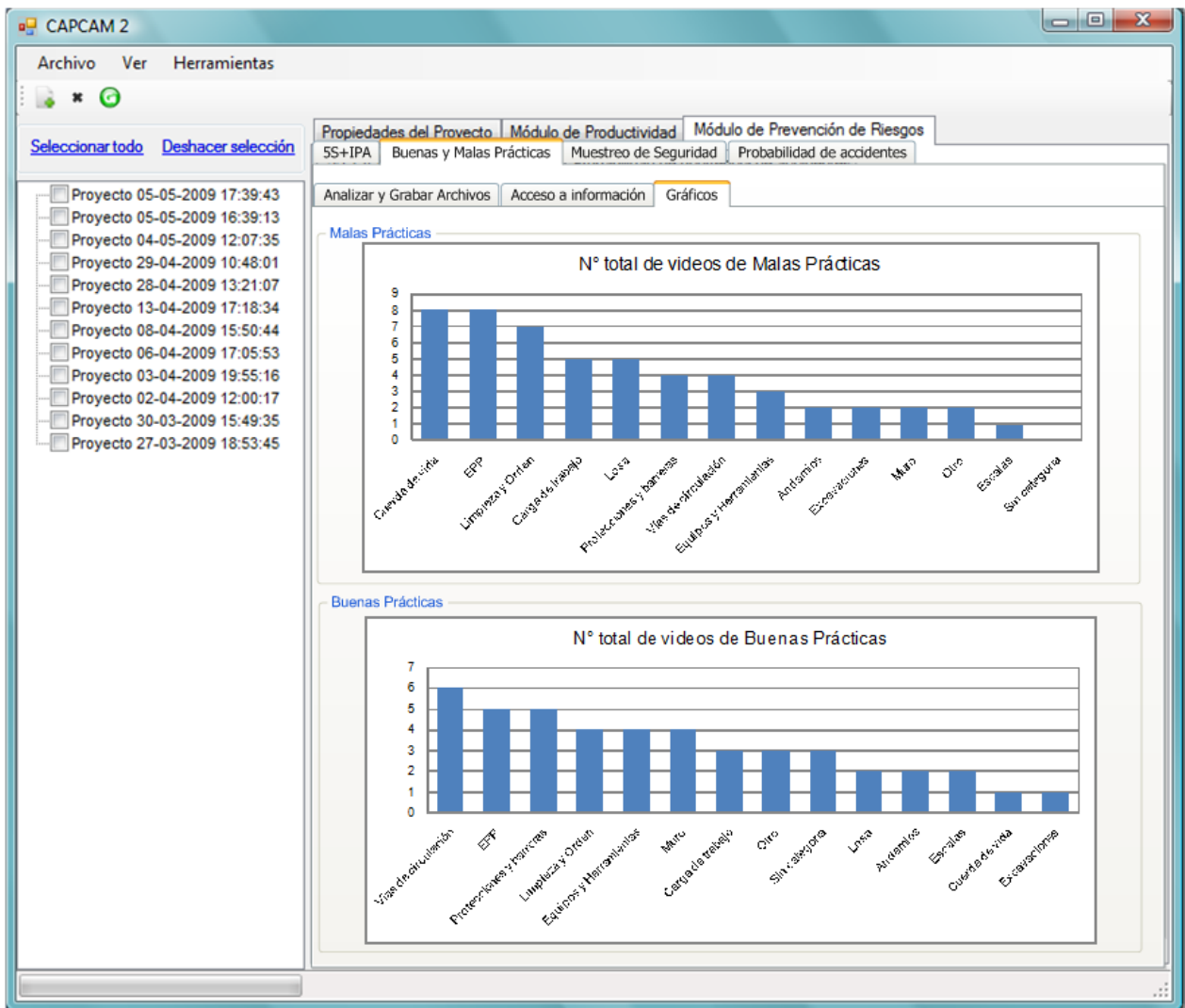
Luego la interfaz principal de *Grabar archivo* es:



En esta pantalla se elige el tipo de archivo a guardar, sus datos y además queda destacado en que tiempo fue el inicio de la captura y cuál fue el del final.

Y la interfaz de *Importar videos* es idéntica solo con una pequeña variación en el cursor del video, ya que sale destacado en rojo el momento donde se inserto el comentario. Y el punto *Subcategoría* permite agregar más temas de acuerdo a las necesidades de la obra.

Luego en la pestaña *Gráficos*, se muestran 2 gráficos Pareto, uno de las buenas prácticas y el otro de malas prácticas, de los números de video por subcategorias de todos los videos del sistema, esto para tener en el sistema un conteo de los archivos y a simple vista observar cuales son los más frecuentes positiva o negativamente.



Con estos últimos puntos en prevencionista podrá contabilizar como tiene destinada la base de datos y además inferir cuales son los problemas más frecuentes si ingresa archivos periódicamente, sin un criterio más que revisar videos al azar.

Datos de entrada

Los datos de entrada son los videos y si es que existen importar los comentarios de los videos de las otras herramientas del módulo de seguridad.

Datos de salida

Los datos de salida son los videos editados o las imágenes obtenidas. Estos dos tipos de archivos tienen también asociados comentarios de las situaciones rescatadas y categorías para clasificarlos.

Luego se muestra un gráfico de Pareto por categorías de los archivos en el sistema y con cada elemento del gráfico una subcategorías

Los videos están identificados por las siguientes categorías:

- i. Buenas prácticas
- ii. Malas prácticas

Y por las siguientes subcategorías:

- i. Andamios
- ii. Carga de trabajo
- iii. Cuerda de vida
- iv. EPP
- v. Equipos y herramientas
- vi. Escalas
- vii. Excavaciones
- viii. Limpieza y orden
- ix. Losa
- x. Muro
- xi. Protecciones y barreras
- xii. Vías de circulación
- xiii. Otro
- xiv. Sin categoría

Pero a estas subcategorías, se les puede agregar otra que se desee.

Un ejemplo del gráfico obtenido es el siguiente:

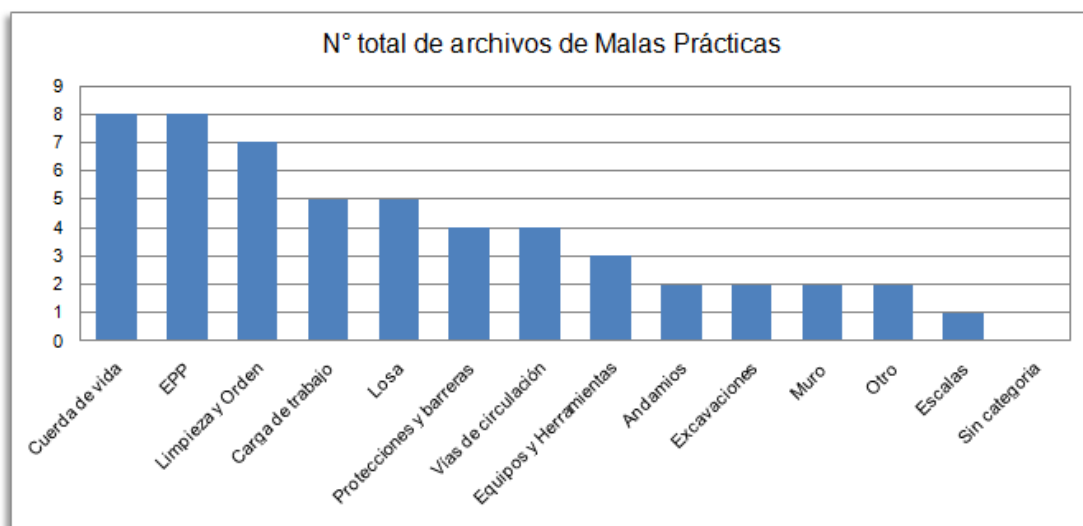


Gráfico 13: Pareto de archivos por categoría

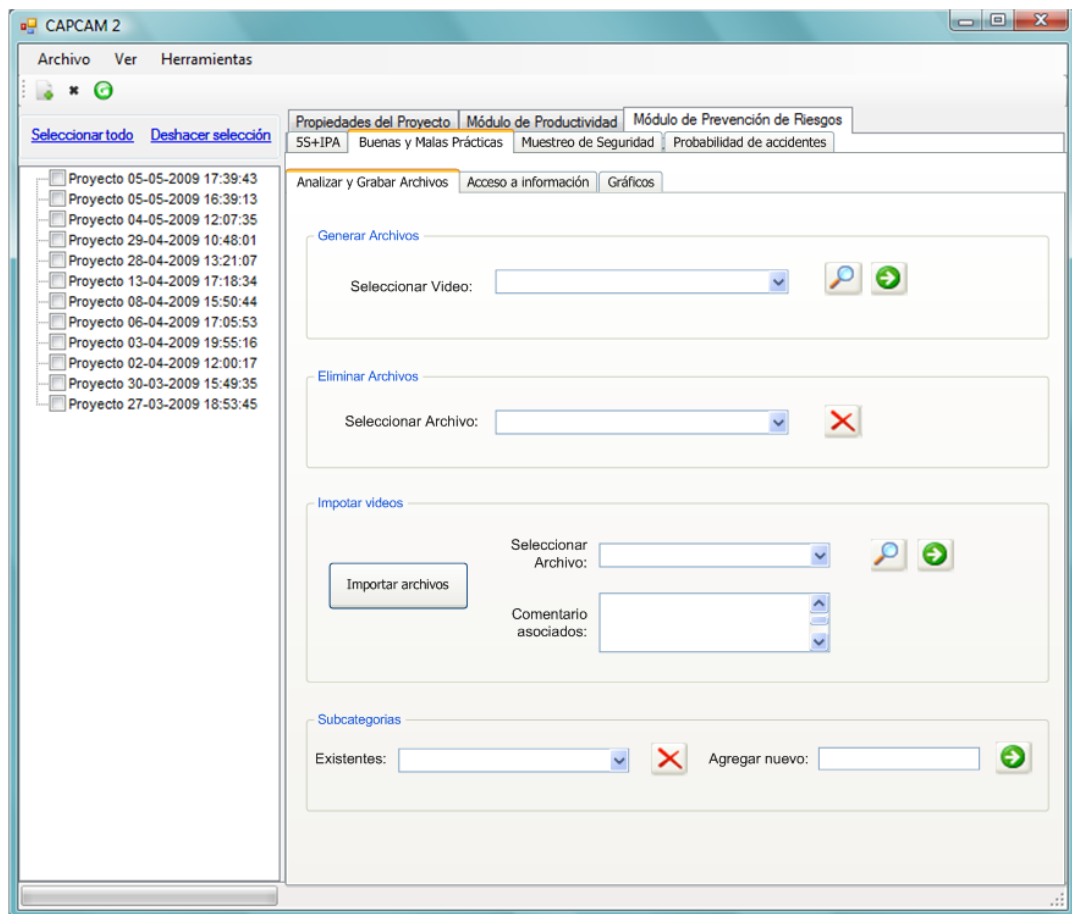
Proceso de medición

Una vez en la herramienta de buenas y malas prácticas, existen 3 pestañas. La de Analizar Video, Acceso a información y Gráficos.

En la Analizar video se cuenta con las opciones

- i) Generar Archivos
- ii) Eliminar Archivos
- iii) Importar archivos (que posean comentarios)
- iv) Subcategorías

La pestaña Analizar y Grabar se muestra a continuación:



- Crear Archivo: Aquí se carga un video, se observa, y si se encuentra alguna situación interesante se puede agregar a la base de datos como buena o mala práctica. El archivo puede corresponder a una Fotografía capturando el instante o un video, capturando el inicio y final de la parte que quiere ser guardada.
- Eliminar video
- Importar videos: Al activar esta opción se despliega la información de donde existen comentarios, se elige los que son necesarios revisar y se importan los videos con solo el

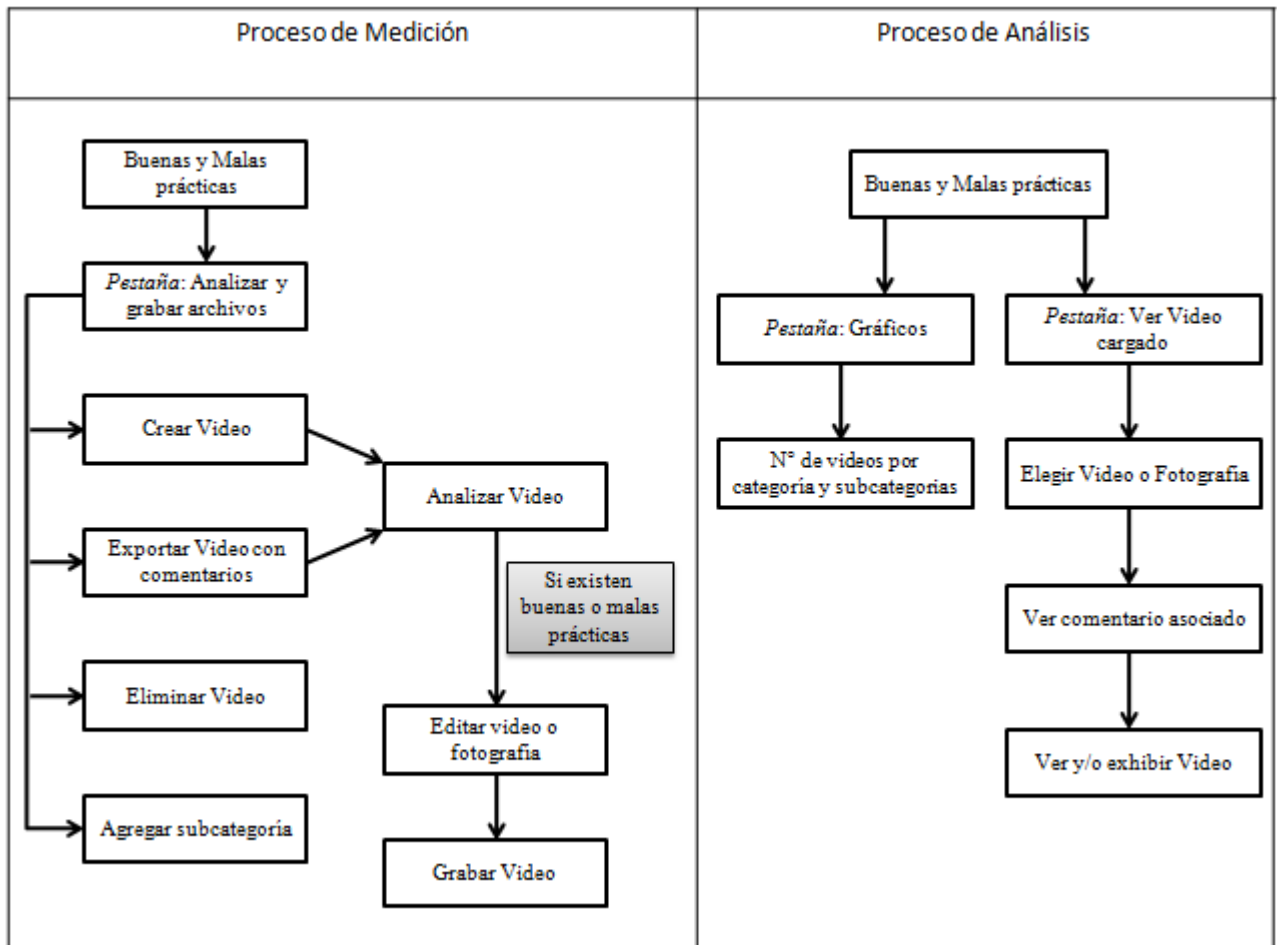
fragmento donde existe el comentario (con un intervalo de 10 minutos antes y 10 minutos después), al revisarlos se pueden detectar si existieron problemas en seguridad, de acuerdo a eso, se pueden agregar al programa. Al abrir los videos aparece marcado en el cursor en la parte donde existe (n) comentario (s).

- Subcategoría: Con esta opción se pueden agregar más temas a la sección de acuerdo al tipo de proyecto y riesgos más frecuentes.

Proceso de Análisis

Como se mencionó existen 2 pasos: Ver un video seccionado, que ya se encuentra en la base de datos o examinar uno nuevo e integrarlo al sistema, que se enuncio en el proceso de medición. Para ver directamente un video se selecciona en la pestaña Acceso a información. Se selecciona el tipo de archivo a observar (Fotografía o Video) y su subcategorias y se carga el comentario existente.

Finalmente se pueden observar los gráficos emanados por el sistema de las categorías buenas y malas práctica, que permite fácilmente un conteo de los archivos y a simple vista observar cuales son los más frecuentes positiva o negativamente.



7.6. Flujos de Circulación

Hoy en día se requiere supervisar en terreno para saber cómo se comportan los trabajadores en sus puestos, pues solo observándolos se puede conocer por donde transitan, si respetan la señalética, si ayudan a mantener las vías de circulación despejadas, etc. Desde luego es difícil respaldar el seguimiento de cuáles son los flujos de circulación precisos y menos aún una medición de muchas horas, que sería tediosa y costosa de realizar al mismo tiempo.

Por lo tanto se propone el uso de esta herramienta que detecta flujos de circulación gracias al uso de la tecnología actual, que permite detectar al trabajador y marcar cuál es el movimiento o tránsito que realizó dentro de la obra. Por lo tanto, este instrumento debe ser automático en el análisis de imágenes y casi no requerir de la intervención del usuario o experto en seguridad, permitiéndole ser una ayuda bastante útil, dinámica y fundamentalmente que no le quita tiempo extra en realizar la medición.

Además esta herramienta al igual que otras permite supervisar el correcto uso de las vías o delimitaciones, pero aquello solo se puede inferir en forma indirecta, observando el resultado entregado por el sistema, pues este programa en particular no puede detectar una infracción. Por lo tanto el prevencionista deberá tener la expertiz necesaria para reconocer su obra, las tareas y sus restricciones e identificarlas cuando se tengan los flujos marcados a través de líneas (blancas) en el plano general de la imagen.

Propósito de la herramienta

Esta herramienta automatizada sirve para conocer los flujos de circulación dentro de una zona de la obra, reduciendo el tiempo de medición al reproducir el video en velocidades altas. Con este sistema se cubre la necesidad de detectar cruces innecesarios, viajes en exceso, detectar el correcto uso de zonas de tránsito, vías o zonas más congestionadas que otras, etc.

Además al ser una herramienta automatizada de captura de la información, el impacto es mayor porque permite obtener los resultados de los flujos y también reducir los tiempos del operador en el uso de la herramienta. Con esto el interesado en la herramienta será no solo personas ligada a la seguridad y prevención de riesgos sino también aquellas ligadas a la productividad, como oficina técnica, jefe de terreno o administrador.

Descripción de la herramienta

La herramienta consiste en reproducir un video de una cierta zona de la obra, y que el sistema al reproducirlo detecte cuales son los movimientos que tienen los trabajadores y los muestre en el

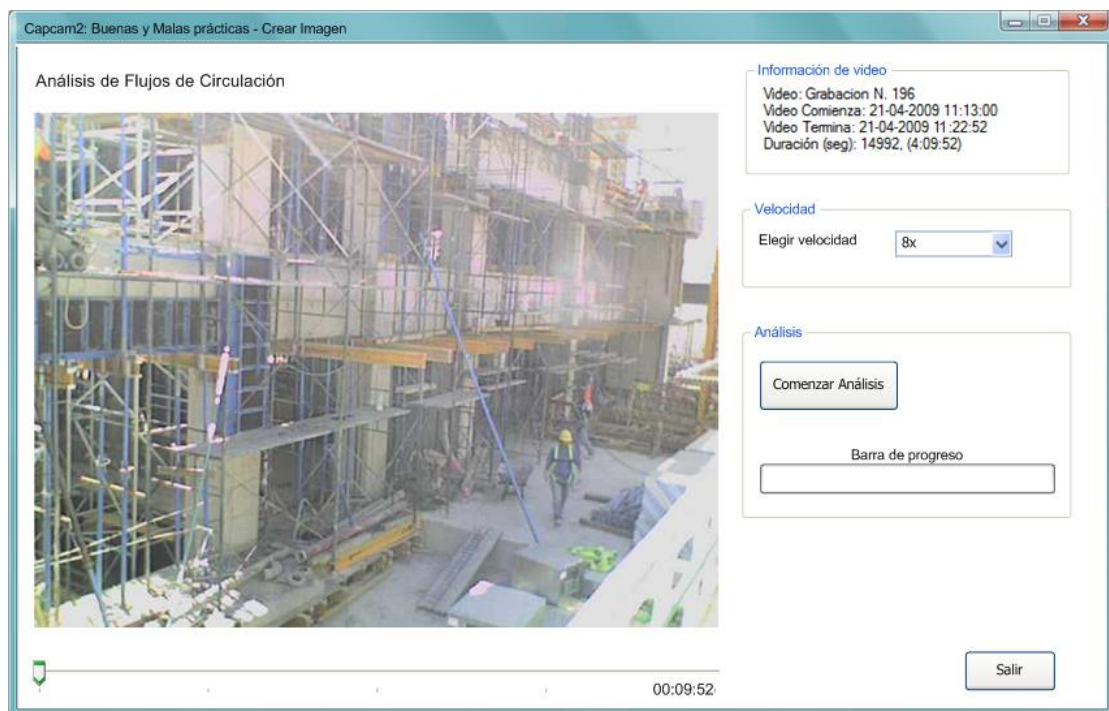
instante que van ocurriendo. Para realizar este proceso de detección, la cámara de video debe estar enfocada en una posición fija y no debe tener movimientos de zoom incluidos en el video. Esto debido a que el video está compuesto por una serie de cuadros o fotos, y es mediante estas fotos donde el programa trabaja, ya que se analiza cuanto ha sido el cambio entre estos cuadros. Luego se marcan los pixeles de la fotografía donde existió un cambio con respecto al cuadro anterior siguiendo el entorno del trabajador.

Esta herramienta puede ser ocupada por personal ligado a administración, a productividad o prevención de riesgo. Se utiliza cuantas veces sea necesario, pero se sugiere hacer la medición de media jornada o del día completo, pues un tiempo menor que eso puede ser muy sesgada la muestra.

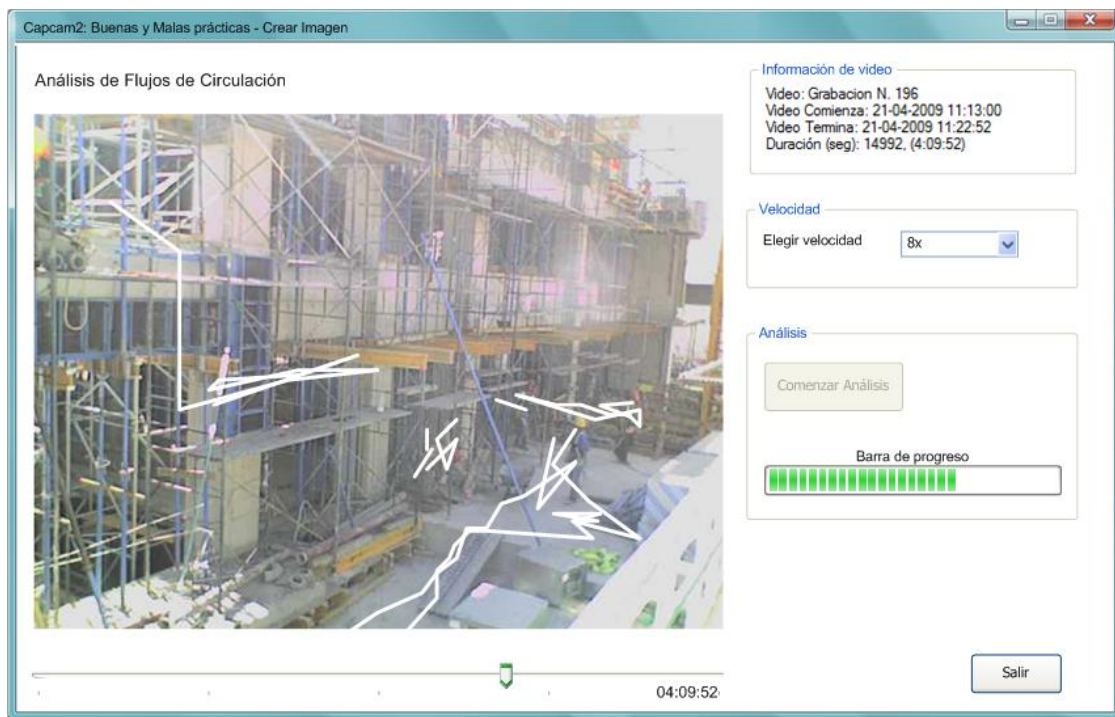
La herramienta se utiliza seleccionando el video, definiendo el inicio y final de la grabación, y luego al cargar el video, comienza la detección de movimiento para obtener los flujos de circulación asociados a la zona filmada.

Ejemplo de aplicación

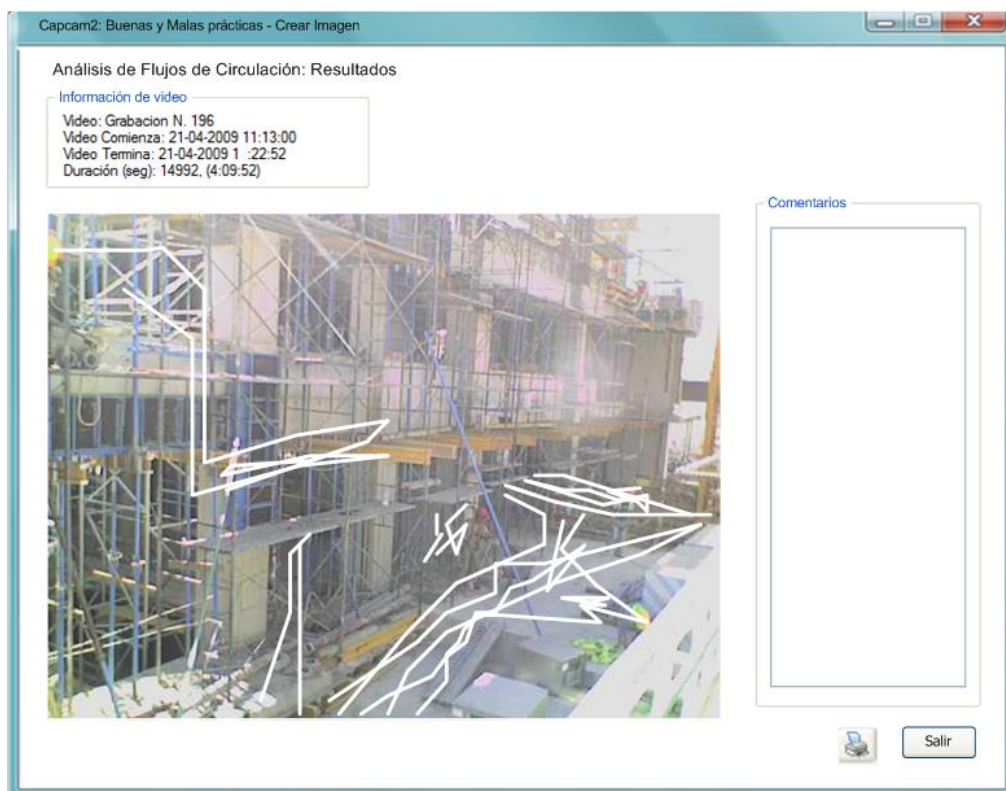
Una de las preguntas frecuentes en la obra son las zonas de tránsito, dado que no se puede analizar a simple vista cuáles son los flujos de circulación. Al comenzar a trabajar en el video notamos un pasillo de alto tráfico, y se comienza la observación. El usuario solo debe definir la velocidad acelerada de reproducción y comenzar el análisis.



El sistema empieza a trabajar internamente y automáticamente, y solo va sumando a la imagen los movimientos de los trabajadores representados mediante líneas blancas.



Finalmente la herramienta solo entrega en resultado final de todas las interacciones.



Acá es donde el experto en obra debe analizar qué datos se pueden rescatar, si se encuentra congestión en puntos, si el tránsito por los andamios es el adecuado, si trabajadores respetan los límites, si las vías de circulación están en buenas condiciones, etc.

Finalmente como comentario a los problemas que se pueden inferir del resultados está la gran cantidad de andamios, lo que implica trabajo a distinto nivel, la falta de rodapiés y terminaciones del tercer cuerpo, también que los movimientos en el segundo cuerpo del andamio no es correcto, ya que las líneas denotan que el obrero trepó por el mismo andamio hacia el interior del segundo piso del edificio; además la zona se encuentra sin malla anti caída y existen materiales depositados en la vía.

Datos de entrada

La información de entrada son los videos, y la fracción del video que se quiere observar. Si no se cambia este dato de las horas, por default queda establecido el video completo.

Datos de salida

Al finalizar la sesión se mostrara el último cuadro del video, con todos los puntos demarcados como movimientos.

Proceso de medición

Una vez en la pestaña de Flujos de circulación, el sistema primero pide seleccionar y elegir un video de acuerdo a la sesión elegida. El video tiene una designación única, y contiene la información de la fecha del proyecto. Aquí se define la fracción del video que se quiere observar. Luego para visualizar la grabación, se ingresa en el icono correspondiente y aparece el video. Acá existe la barra de herramientas para controlar la reproducción, con esto se puede analizar en video en velocidades altas (de 8x, 16x o 32x) y el botón de análisis.

Proceso de Análisis

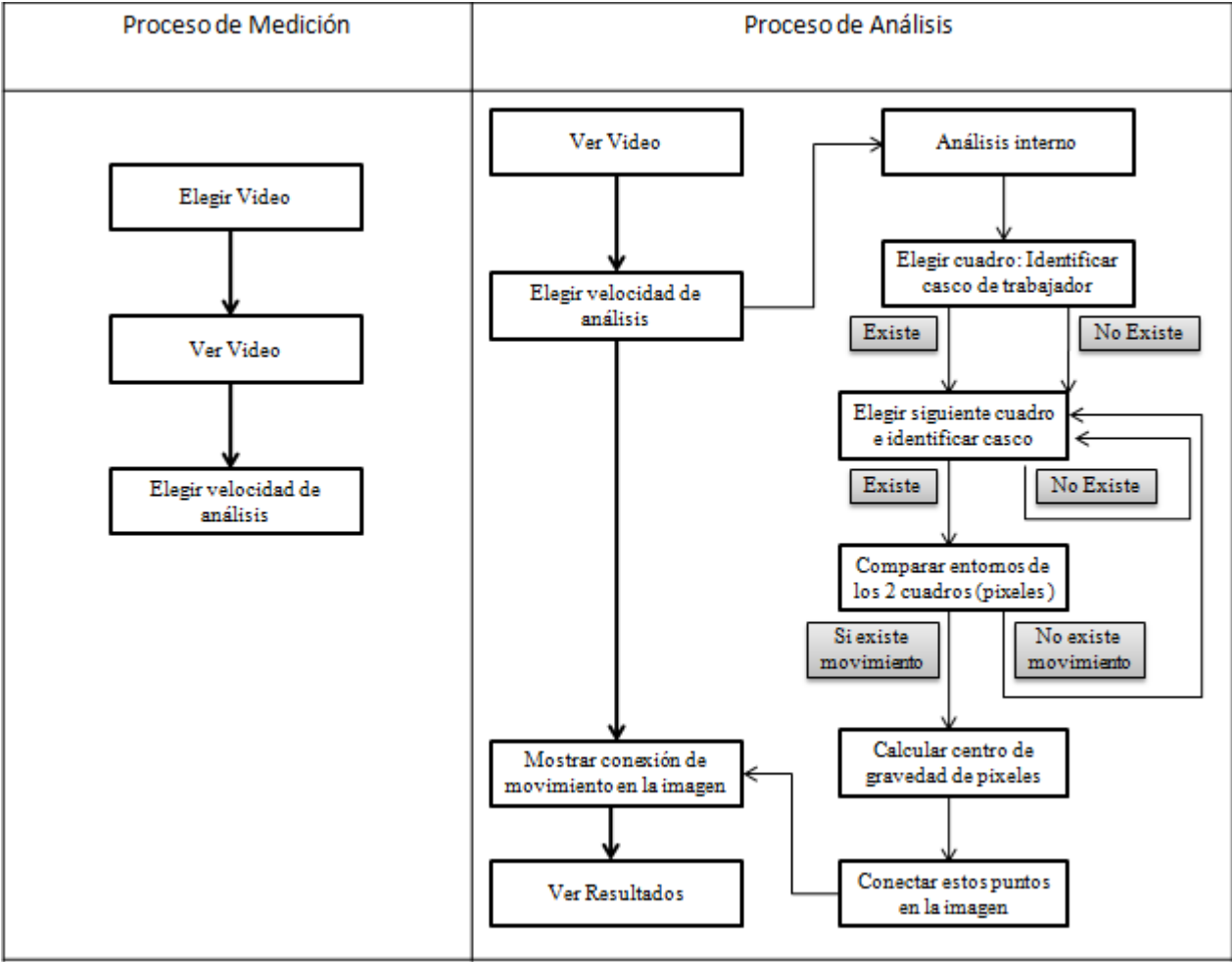
Una vez definida la velocidad a que se analizará el video, se aprieta el botón comenzar análisis y automáticamente comienza a trabajar el sistema. El sistema ya no permite accionar el botón comenzar análisis y el análisis se realiza automatizadamente.

Como se mencionó el video al ser una composición de cuadros, es gracias a estos, donde se puede comparar la existencia de movimiento. Esto se debe a que se compara un cuadro con su anterior y

la variación de colores en la misma posición del pixel, indica que existe un cambio de la figura, lo que a se traduce es un movimiento de un objeto a persona. Por esto se debe definir la velocidad de análisis para que el programa pueda escoger los cuadros respectivos a esa velocidad y realizar la comparación.

También por este motivo el sistema debe distinguir cuál es un trabajador, mediante la identificación de su casco, y realizar la comparación de pixeles al entorno de ese casco. Con esto el sistema encuentra solo movimiento de personas y no de tránsito de maquinarias, materiales o grúas. El análisis de movimiento se realiza teniendo una matriz con exactamente el mismo número de pixeles por cuadro. Si se identifica diferencias de pixeles entre dos cuadros. Luego se calcula el centro de gravedad de todos puntos encontrados en la matriz con esto queda referenciado desde donde y hacia donde se movió el trabajador, ya que se traza una línea entre estos puntos (o se muestran estos dos puntos)

Luego el sistema comparará todos los cuadros realizando el proceso antes nombrado y al finalizar la sesión mostrará todos los puntos donde se registraron flujos de personas, para que en encargado en seguridad tome la decisión de si es necesario corregir algo en la obra.



7.7. Alarma

Pensando en la dificultad de vigilancia sobre los movimientos que se realizan en la construcción y en la restricción de identificar las infracciones de manera autónoma (herramienta de flujos de circulación), nace un nuevo concepto que consta en identificar los trasposos a delimitadas zonas.

Esta herramienta cuenta las veces durante el transcurso del video se ingresa a dicha zona delimitada, para realizar este conteo el sistema debe identificar al trabajador de la misma manera que la herramienta flujos de circulación, en efecto Alarma es también considerada casi una herramienta automática, pues el usuario solo debe dibujar en pantalla y definir el tipo de zona a estudiar. Cada una de las zonas tiene objetivos distintos a los que apunta, estas son:

- Zona de riesgo: De acuerdo a la seguridad y prevención de accidentes, es una zona donde no debe existir personal transitando, mirando o trabajando en ese sector. El objetivo es determinar si se cumple la regla de no transitar por ese sector (bordes desprotegidos, pasadas, shaft, caja escalera, etc.)
- Zona de productividad: Se define como la zona donde existen tareas a realizar, y por lo tanto deben existir trabajadores en el sector. Su objetivo es verificar que si están trabajando de acuerdo a la programación establecida.
- Zona de calidad: Se define esta zona, donde se están realizando o se realizaron tareas, y que requiere que no exista tránsito por ese sector y/o solo avalar que era el personal adecuado el que ingresó. El objetivo es lograr la calidad del producto siguiendo el proceso constructivo involucrado. Como ejemplos podemos mencionar: fraguado de losa, alzaprimas ya definidas, enfierradura de muros lista para moldaje, etc.

La herramienta se le denomina Alarma, porque cada ingreso queda registrado y es posible informarlo a terreno si es necesario. Finalmente con estas tres alternativas no solo se atacan problemas de seguridad sino también la planificación y control de los procesos constructivos.

Propósito de la herramienta

Esta herramienta automatizada sirve para conocer cuando se produce un traspaso a una zona de la obra definida como peligrosa, productiva o de calidad. Luego este sistema cubre la necesidad de detectar el uso correcto de zonas de tránsito, y verificar si se cumplen las normas de seguridad impuestas. Además al definir una zona donde no se debe transitar también se puede ocupar la herramienta para verificar etapas constructivas, como por ejemplo el fraguado de una losa.

Además al ser una herramienta automatizada de captura de la información, el impacto es mayor porque permite obtener los resultados instantáneos de captura y también reducir los tiempos del operador en el uso de la herramienta. Con esto el interesado en la herramienta será no solo personas ligada a la seguridad y prevención de riesgos sino también aquellas ligadas a la productividad, como oficina técnica, jefe de terreno o administrador.

Descripción de la herramienta

La herramienta consiste en detectar cuando algún trabajador traspasa una zona delimitada previamente por el usuario. En esta consideración de la zona ingresada se puede definir la zona a inspeccionar como de riesgo, de productividad o de calidad, para tener más detalle en los resultados. Una vez definido este paso, el programa realiza la captura automáticamente sobre las infracciones en las zonas y guarda una tarjeta con la imagen y la información del momento.

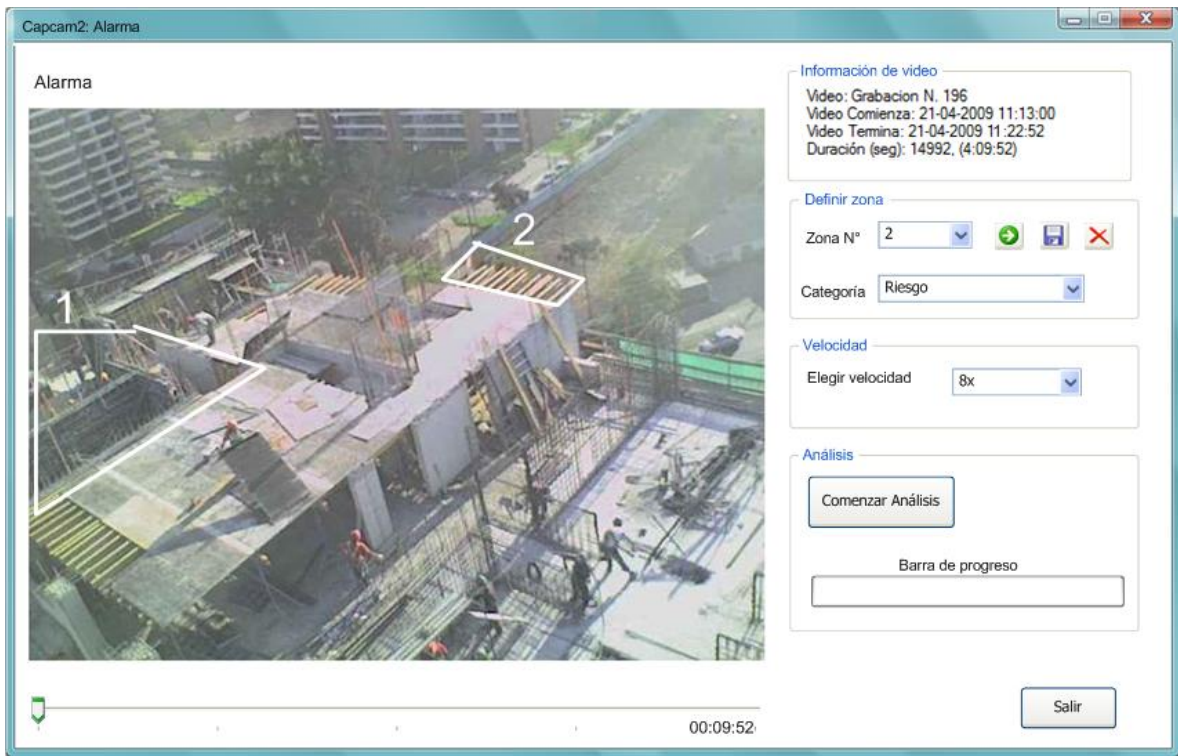
Luego esta herramienta puede ser ocupada por personal ligado a administración, a productividad, a la calidad o prevención de riesgo, ya que solo es necesario conocer algo de la organización del terreno de la obra.

Al ser una herramienta automatizada, su uso es fácil y requiere poco tiempo, se utiliza cuantas veces sea necesario, pero se sugiere hacer la medición de media jornada o del día completo, pues un tiempo menor que eso puede ser muy sesgada la muestra.

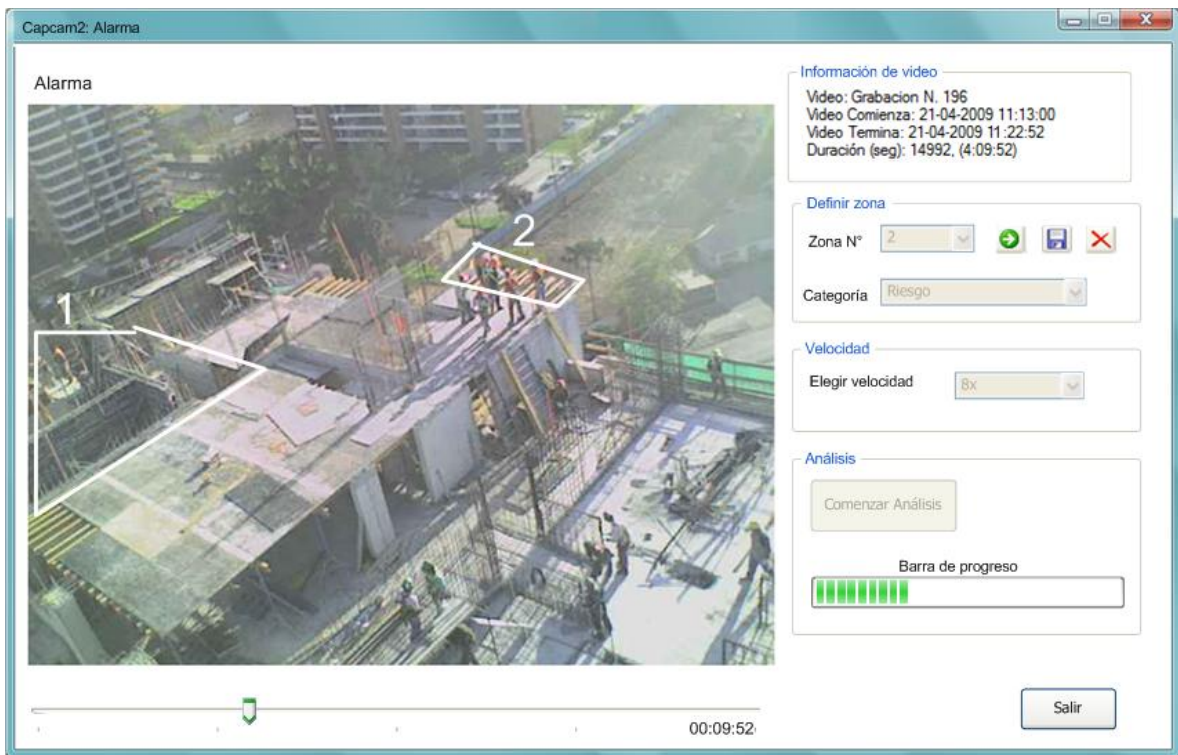
La Alarma se utiliza seleccionando el video, definiendo el inicio y final de la grabación, luego se debe cargar el video, y definir la(s) zona(s) en el video y según su categoría. Con esto listo, el programa procede a analizar la detección de movimiento para obtener las infracciones asociados a la zona filmada. El resultado que genera son fotografías de los momentos que se traspasan las barreras virtuales definidas.

Ejemplo de planificación

Analizaremos la carpintería del último piso de avance. Procedemos a definir cuáles son las zonas a examinar. Por el momento nos enfocaremos en la seguridad, ya que se puede apreciar que hay varios bordes desprotegidos, sobre todo los exteriores que son los más riesgosos, luego definiremos las zonas 1 y 2 como de seguridad y verificaremos si estas son traspasadas generando un gran peligro ante caída de los trabajadores a distinto nivel.



Se define además la velocidad y se comienza el análisis. Si el sistema encuentra una falta internamente la selecciona y la guarda para posteriormente dejar una versión imprimible del ingreso o falta en este caso.



En el video se aprecia que el programa tiene que guardar varias tarjetas, porque detecta a varios trabajadores cerca de la zona y el ingreso con sola una pequeña parte del cuerpo la considera como una interferencia a marcar. Luego no necesariamente todas las tarjetas tendrán ingresos claros y la expertiz del prevencionista servirá para decidir si se debe informar o es dudosa la falta. Una de las tarjetas obtenidas es la siguiente:



Estas tarjetas encontradas se le entregan al encargado respectivo, o al trabajador mismo, para que tenga presente en no repetir esta falta a futuro. Además el prevencionista podrá realizar más capacitaciones sobre comportamientos seguros en avance de losa y se deben implementar bordes perimetrales de doble baranda a la brevedad.

Datos de entrada

La información de entrada son los videos, y la fracción del video que se quiere observar. Si no se cambia este dato de las horas, por default queda establecido el video completo. También se debe dibujar la zona en el video e ingresar el numero de la zona que se requiere inspeccionar según su categoría

- i. Zona de riesgo
- ii. Zona de productividad
- iii. Zona de calidad

Datos de salida

Al finalizar la medición se tendrán N tarjetas de todas las infracciones o ingresos a las zonas, con toda la información de los puntos referente a los movimientos dentro de la zona definida a analizar. Estas tarjetas cuentan con:

- i. La fotografía del momento de la ocurrencia del traspaso a la zona, con la zona destacada en rojo.
- ii. Información del proyecto con la hora de la infracción.
- iii. Con la zona y categoría correspondiente.

En la sección de resultados se puede acceder a estas tarjetas, que cuenta con la siguiente estructura:

- i. Contador: Cuenta el número total de tarjetas que se encontraron en el análisis. Además el número de tarjetas por zona y por categoría (La opción avanzar o retroceder es para observar la zona y su desglose por tarjetas)
- ii. Imágenes: Se muestran un set de 4 fotografías con datos de la zona traspasada y la hr de la captura. (La opción avanzar o retroceder es para observar todas las tarjetas)

Proceso de medición

Una vez en la pestaña de Flujos de circulación, el sistema primero pide seleccionar y elegir un video de acuerdo a la sesión elegida. El video tiene una designación única, y contiene la información de la fecha del proyecto. Aquí se define la fracción del video que se quiere observar.

Luego para visualizar la grabación, se ingresa en el icono correspondiente y aparece el video. Acá existe la barra de herramientas para controlar la reproducción, con esto se puede analizar en video en velocidades altas (de 8x, 16x o 32x). También hay que definir la o las zonas a analizar, primero marcarlas en el video, mediante polígonos, y después clasificar la zona en la categoría correspondiente. Luego se presiona el botón analizar, y comienza la medición.

Proceso de Análisis

Una vez definida la velocidad a que se analizará el video, las zonas con sus categorías, se aprieta el botón comenzar análisis y automáticamente comienza a trabajar el sistema.

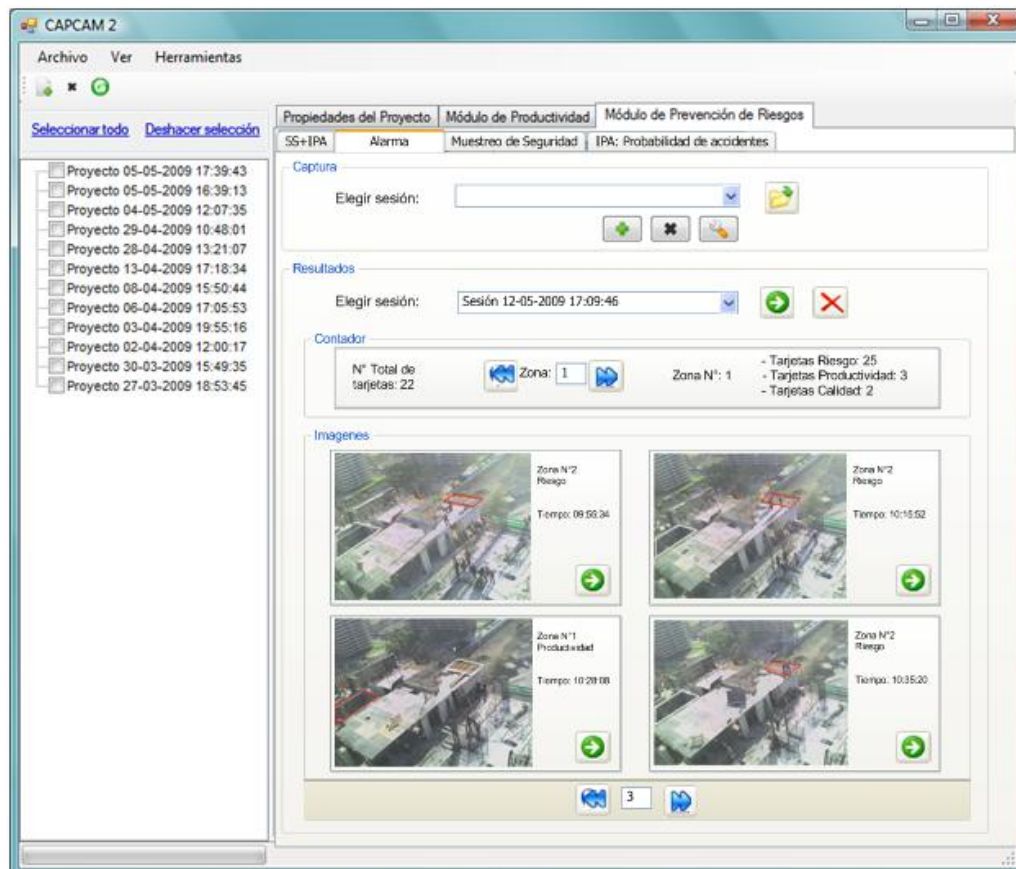
Al definir la zona en la pantalla mediante un polígono con el puntero del cursor, el sistema guarda los puntos geométricos de la figura como puntos referenciados en los pixeles de la matriz. Como se mencionó el video al ser una composición de cuadros, es gracias a estos, donde se puede comparar la existencia de movimiento. Esto se debe a que se compara un cuadro con su anterior y la variación de colores en la misma posición del pixel, indica que existe un cambio de la figura,

lo que a se traduce es un movimiento de un objeto a persona. Por esto se debe definir la velocidad de análisis para que el programa pueda escoger los cuadros respectivos a esa velocidad y realizar la comparación.

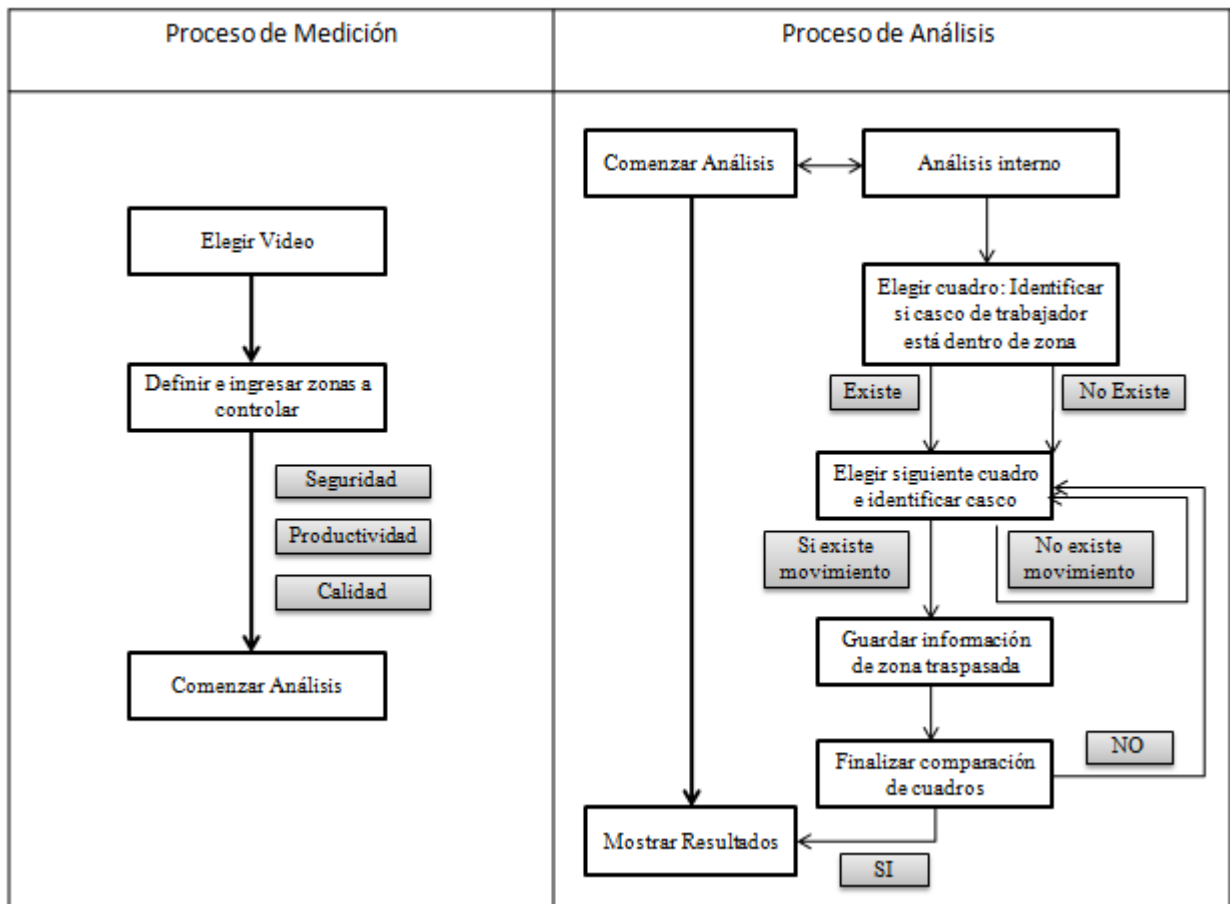
También por este motivo el sistema debe distinguir cuál es un trabajador, mediante la identificación de su casco, y realizar la comparación de píxeles al entorno de ese casco. Con esto el sistema encuentra solo movimiento de personas y no de tránsito de maquinarias, materiales o grúas. El punto crítico a analizar por el sistema, es comprobar este movimiento dentro de las zonas definidas. El análisis de movimiento se realiza teniendo una matriz con exactamente el mismo número de píxeles por cuadro. Si se identifica dentro de las zonas delimitadas diferencias de píxeles entre los dos cuadros, implica que existe movimiento, y el sistema guarda esta información.

Luego el sistema comparará todos los cuadros realizando el proceso antes nombrado y al finalizar la sesión se tendrá el registro de las tarjetas encontradas de todos los puntos donde se registraron movimiento de personas en las zonas a destacar.

En estas tarjetas se imite la fotografía del momento encontrado como entrada a la zona, con la zona demarcada en color rojo, por lo que el sistema las muestras en la pestaña de configuración del video, en la parte resultados. Acá se visualizan en pequeño las tarjetas, con la opción para que el usuario vea la que necesite.



Al ingresar al botón correspondiente a la tarjeta emerge, la versión imprimible de la tarjeta, para informar al encargado de la zona cuál es la situación en conflicto



7.8. Sistema de Entrenamiento en Seguridad

En gran parte de esta memoria se ha planteado las dificultades, complejidades y necesidades que requiere la industria de la construcción respecto a la prevención de riesgos y seguridad. Este sistema es un compendio de las anteriores herramientas donde se identificaron los problemas que se pueden atacar. Pero el fin global de este entrenamiento es enseñar técnicas de control en seguridad y conocer los procesos involucrados en terreno.

Propósito del sistema

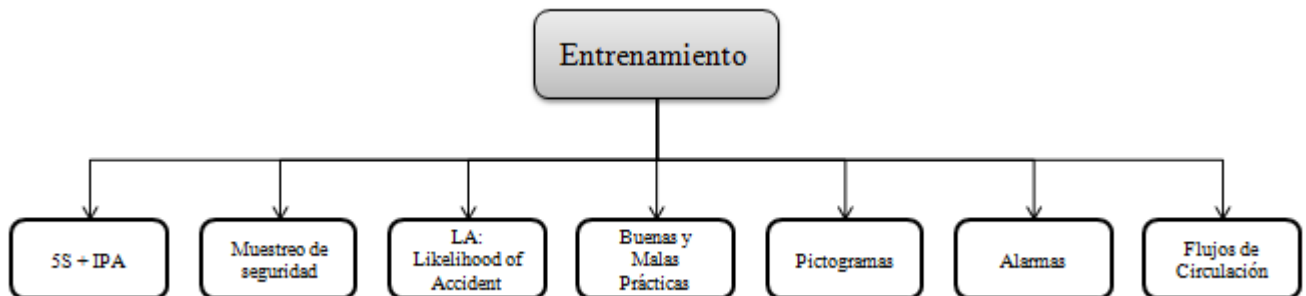
Este sistema busca entrenar a los estudiantes de prevención de riesgos o al personal de una obra, para que conozcan las metodologías aplicadas en terreno en torno a seguridad, y las puedan aplicar ellos a futuro. Además proporciona a través de los videos información de los métodos

constructivos ligados a las actividades que también se desconoce debido a la falta de experiencia en terreno.

La necesidad que cubre el entrenar y poder simular mediante el programa, las labores habituales del experto en seguridad de la obra. Luego el impacto no será inmediato sino a largo plazo, cuando las personas a las que se les aplica este programa ya tengan el criterio agudizado respecto a la seguridad en obra. Luego el interesado en este sistema pueden ser instituciones educacionales para entrenar a sus alumnos; empresas constructores para entrenar a su personal; consultoras, etc.

Descripción del sistema

El sistema consiste es decir tener todas las herramientas de seguridad, es decir, un producto solo con el Módulo de Seguridad, y comercializarlo con una cierta cantidad de videos predefinidos. El esquema se muestra en la figura a continuación.



Estos videos ya han sido revisados por los expertos en seguridad de la Mutual, con lo que se tendrá la línea base o meta de los problemas y contingencia detectados. Con esto el usuario o alumnos deben llegar y detectar los mismos o el máximo de los errores asociados a cada video. Y a través de porcentajes u obtención de una nota, se puede estimar el comportamiento del usuario frente al sistema al identificar las situaciones problemáticas en la seguridad.

Este sistema se puede aplicar en los institutos de formación técnica mediante clases o laboratorios, cuantas veces sea necesaria al menos una hora a la semana frente al computador, para comprometer al alumno a trabajar constantemente y agudizar los criterios. En las empresas se puede aplicar en capacitaciones, o instalando el programa en los computadores personales en obra que ofrece la empresa, para que en el usuario aplique el programa cuando disponga de tiempo suficiente y no comprometa tiempo destinado a otra labor.

El sistema se utiliza siguiendo las pautas de todas las herramientas de seguridad nombradas en esta investigación. Estas son:

- viii. 5S + IPA
- ix. Muestreo de Seguridad
- x. LA: Likelihood of Accidents
- xi. Pictogramas
- xii. Buenas y malas prácticas
- xiii. Flujos de Circulación
- xiv. Alarma

Datos de entrada del sistema

Los datos de entrada serán el nombre del usuario (único), y el sistema por si solo aplica la fecha y hora que va a realizar algún análisis.

Datos de salida del sistema

Los datos de salida serán los resultados del análisis por herramienta, con la comparación al objetivo esperado generado por la evaluación previa de los expertos.

Proceso de análisis del sistema

El alumno comenzara la sesión con su nombre, y debe escoger cuál es la herramienta a analizar. Una vez realizado la medición según corresponda en la pestaña resultados, le aparece los valores obtenidos.

8. Validación y Resultados

El proyecto CapCam2 actualmente, solo cuenta con algunas de las herramientas en formato software, y durante su desarrollo no se habían realizado mayores evaluaciones de su aplicación. Es por esto que se hace necesario validar estas herramientas, para de esta manera asegurar el éxito y el desarrollo de las futuras partes del software.

Luego estas evaluaciones se realizaron en terreno y también testeando el prototipo de software existente en la actualidad, dado que algunas aplicaciones nacen como la variación tecnológica de metodologías aplicadas en terreno para capturas de datos, como por ejemplo el indicador IPA, el muestreo del trabajo y carta de balance o Multicadrilla.

Por lo tanto los objetivos específicos de esta evaluación son:

- Probar en terreno la tecnología propuesta para la medición de datos a través del sistema, comprobando la factibilidad técnica en obra de la conexión y sistema de almacenamiento.
- Comparar resultados teóricos propuestos, por ejemplo la duración de tiempos en mediciones manuales en obra y la de los videos.
- Identificar posibles mejoras a la metodología de trabajo de los módulos de prevención de riesgos y de productividad.
- Evaluar el comportamiento y la percepción de los trabajadores grabados mediante las cámaras y los identificados en las mediciones en terreno.
- También se necesitaron mediciones para validar cuantas muestras se requieren para el Muestreo de Seguridad

8.1. Obras donde se realizaron mediciones

Las obras participantes en estas evaluaciones fueron tres, que se comentaran a continuación.

Obra 1: Corresponde a un edificio de 6 pisos, con 4 subterráneos (2 de estacionamientos y 2 de uso), con $29.625 m^2$ construidos y es la construcción de una clínica en el sector norte de Santiago, con una duración de 18 meses, comenzada en marzo del 2008. Al momento de realizar las mediciones se realizaban trabajos entre el 4 y el 5 piso. En esta obra se prometió la utilización de cámaras pertenecientes a la constructora, pero finalmente estas nunca fueron instaladas para poder usarlas en la captura de videos.

Obra 2: Obra de construcción en altura de 12 pisos ($14.500 m^2$), destinados a un hotel en la zona oriente de Santiago. La duración total de este proyecto es de 15 meses. En una primera etapa la cámara IP estaba ubicada en nivel de oficinas de la obra. Posteriormente a medida que el

proyecto crece en altura, se desplaza la cámara hacia la grúa torre, debajo de la caseta del operador.



Obra 3: Obra de edificación en extensión, ubicada en la comuna de Puente Alto. El proyecto consiste en 84 casas, de tres tamaños distintos, distribuidos en un terreno de aproximadamente de 1 hectárea. En esta obra se conecta la cámara a nivel del techo de las oficinas administrativas.

Obra 4: Obra de edificación en altura, que contempla la construcción de dos edificios de características similares. Ambos contarán con 20 pisos de oficinas, 8 subterráneos y 2 pisos técnicos distribuidos en una superficie total de 110.106m², en pleno corazón del conjunto Nueva Las Condes. En esta obra se conecta una cámara desde un edificio colindante, por lo que la visión aun es muy lejana, ya que la cámara se encuentra alrededor de un séptimo piso, y las obras van en los últimos subterráneos, y las condiciones del zoom y resolución no permite apreciar los detalles de los trabajadores. Por este motivo, en esta obra solo se realizan mediciones manuales, mientras en la actualidad se espera posicionar una cámara de mejor calidad en la obra

Posteriormente al analizar los videos de las obras 2, 3 y 4, se observa que solo las de la obra 2 (hotel) aportan a la investigación, dado que las casas de la obra 3 en construcción se encontraban a unos 100 a 200 m de distancia, por lo que las mediciones en los videos fue descartada, por la falta de nitidez en distinguir actividades y trabajadores, y además por la falta de compromiso de la empresa, que desconectaba las grabaciones de la cámara impidiendo el registro, aduciendo problemas en su conexión de internet. En la obra 4 también se tiene problemas de nitidez, ya que solo se aprecia detalladamente los movimientos de la grúa, por la perspectiva y lejanía de la cámara a la obra. Posteriormente la constructora de la obra 3 deja de participar en el proyecto y se retira la cámara, pero queda el registro de ejemplo de edificación en extensión. En cambio en la obra 2, si existía el apoyo del personal administrativo, y el compromiso en solucionar problemas con la conexión e instalación de la cámara.

Para tener un registro de mediciones en terreno algunas comienzan en Enero y Febrero del presente año, por el equipo de tesis (1) y memoristas (2) de GEPUC, realizando mediciones en

Carta de balance y Muestreo del Trabajo. Ya en el mes de Mayo se integran al equipo 2 alumnos egresados de ingeniería, contratados como medidores, para verificar la dependencia del observador y corroborar posteriormente si existe coincidencia entre los porcentajes de los indicadores obtenidos durante las mediciones, tanto en terreno como en software.

8.2. Mediciones

Se realizaron mediciones en terreno de las herramientas que se encuentran listas en programación y con el prototipo medianamente funcionando, están son 5S+IPA, muestreo de seguridad y LA: Likelihood of Accidents. El resto de las herramientas no requieren comparación entre terreno y el programa.

8.2.1. 5S + IPA

Terreno

En las mediciones en obra se realizaron de 5S + IPA, Muestro de Seguridad y LA: Likelihood of Accidents, ya que alguna de sus aplicaciones nacieron de metodologías en terreno. Para las mediciones de 5S + IPA, se realizaron en la Obra 1, con 3 medidores distinto y en tres días distintos, los resultados de los indicadores se muestran a continuación

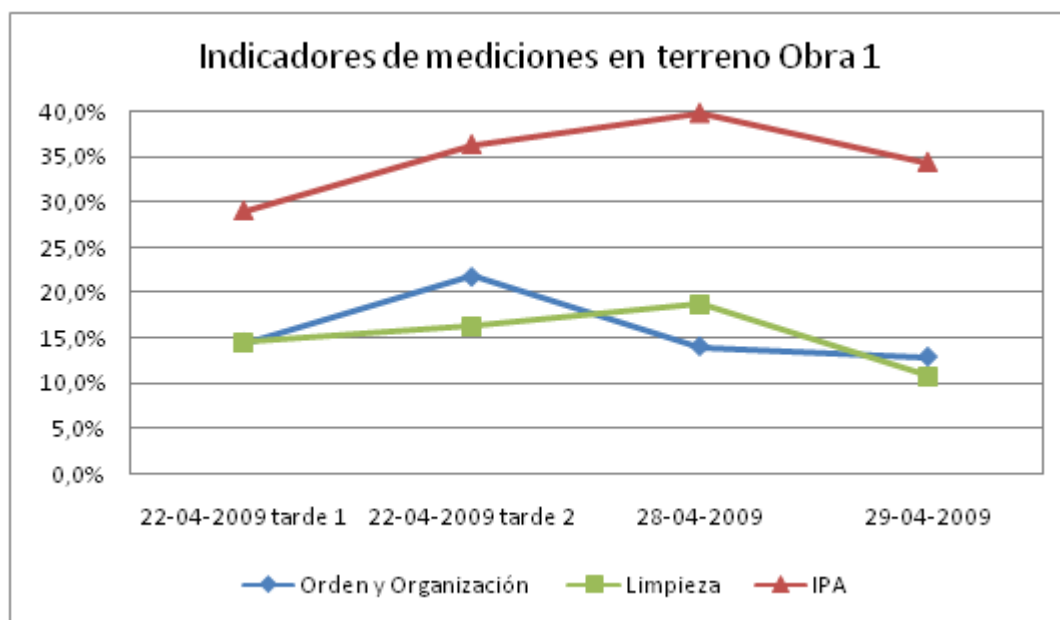


Gráfico 14: Indicadores obtenidos en terreno

Donde se observa que entre las distintas mediciones, existe una constante entre los indicadores medidos, es decir, existe una frecuencia de elementos o situaciones subestándar que se repiten en la obra en distintos días.

Además el indicador IPA, en la empresa Echeverría Izquierdo donde se creó y lo ocupan, estiman que este indicador, no debe sobrepasar el 15% como valor límite, pues a ese rango se trabaja con tasa de accidentabilidad de un 3%, luego en la obra 1 se sobrepasan por alrededor de 20% como se muestra a continuación.

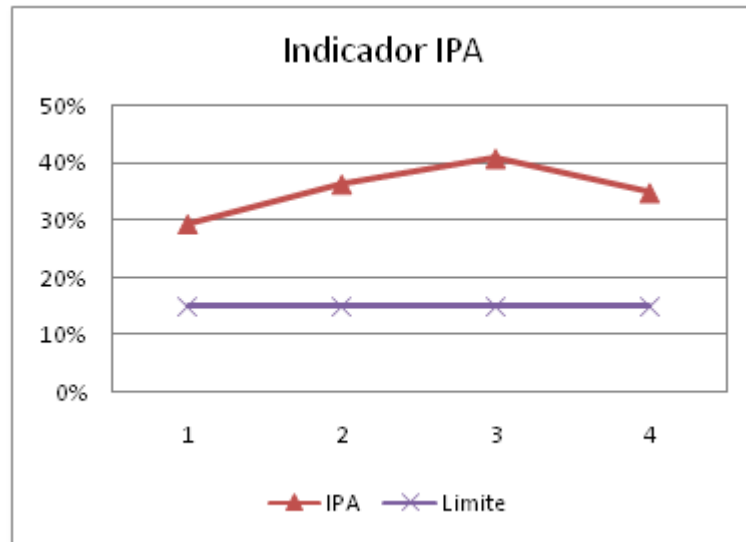


Gráfico 15: Indicador IPA en mediciones en terreno y rango ideal

Con este resultado, es necesario tomar medidas inmediatas para reducir la cantidad de condiciones y acciones subestándar, ya que empíricamente se ha comprobado que existe una dependencia directa entre este indicador IPA con el nivel de accidentabilidad y siniestrabilidad de la obra.

Dentro de las mediciones las situaciones que más se detectaron son:

- Falta de EPP, principalmente la falta de uso de guantes en enfierradores.
- Trabajadores trabajan sin uso de cuerda de vida sobre todo en andamios y en colocación moldajes.
- La mala colocación y el trasporte de los andamios (4), además de el traspaso de los materiales mientras un trabajador se encuentra en el andamio, como lanzar el material o herramienta (2) desde un nivel a otro inferior, o saltar entre 2 andamios.
- Falta de protecciones y líneas de vida, en los avances de losa.
- Falta de andamios o escaleras en trabajos de moldaje, por lo que los trabajadores se suben y paran sobre los amarres del moldaje, que es una superficie insuficiente para trabajar.

A continuación se muestra el detalle de todas las acciones reportadas como tarjetas:

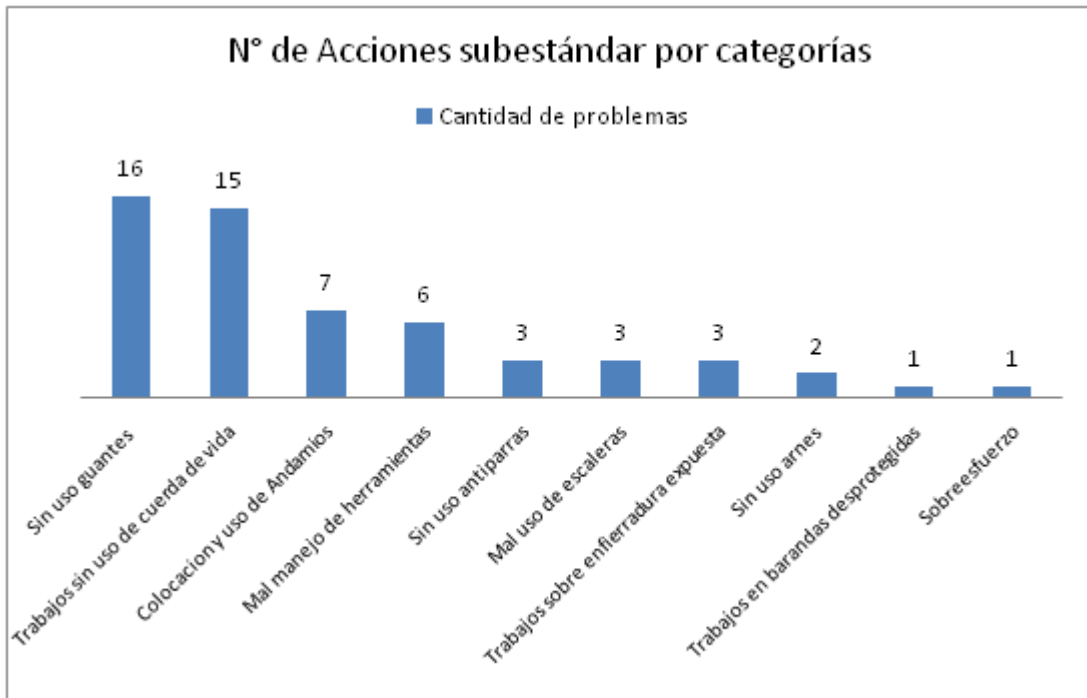


Gráfico 16: N° total de acciones subestándar por categorías en mediciones en terreno

Y las condiciones subestándar son:

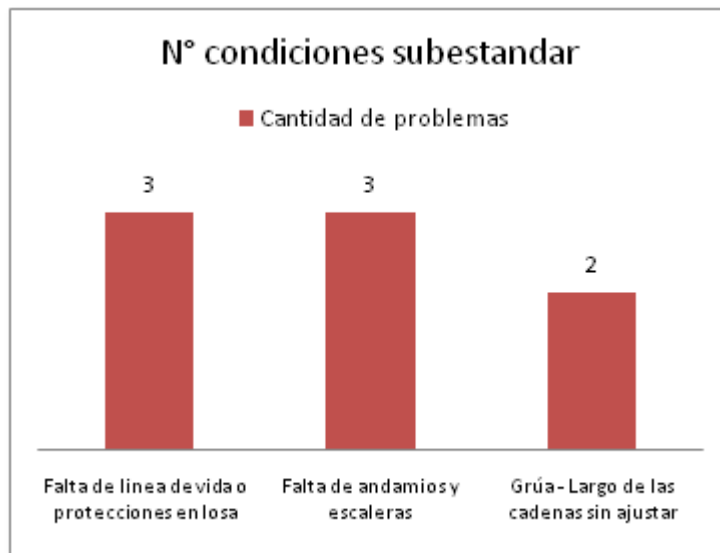


Gráfico 17: N° total de condiciones subestándar en mediciones en terreno

CapCam2

Las pruebas de esa herramienta se realizaron mediante grabaciones de la obra 2, los resultados se muestran a continuación:

Mediciones Obra 2		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4
Datos medición	Duración [hh:mm]	2:29	7:00	1:10	1:18
	Fecha	26-01-2009	09-02-2008	14-04-2009	21-04-2009
	Cantidad trabajadores	20	5	18	13
	Actividad principal enfocada	Enfierradura y Andamios	Andamios y vigas	Moldajes	Enfierradura, carpintería
Tarjetas	IPA	15	16	9	7
	Limpieza	0	1	2	0
	Orden y Organización	6	3	1	1
Indicadores	IPA	30%	46%	43%	41%
	Limpieza	0%	3%	9%	0%
	Orden y Organización	12%	9%	5%	6%

Tabla 17: Mediciones mediante CapCam2, videos obra 2

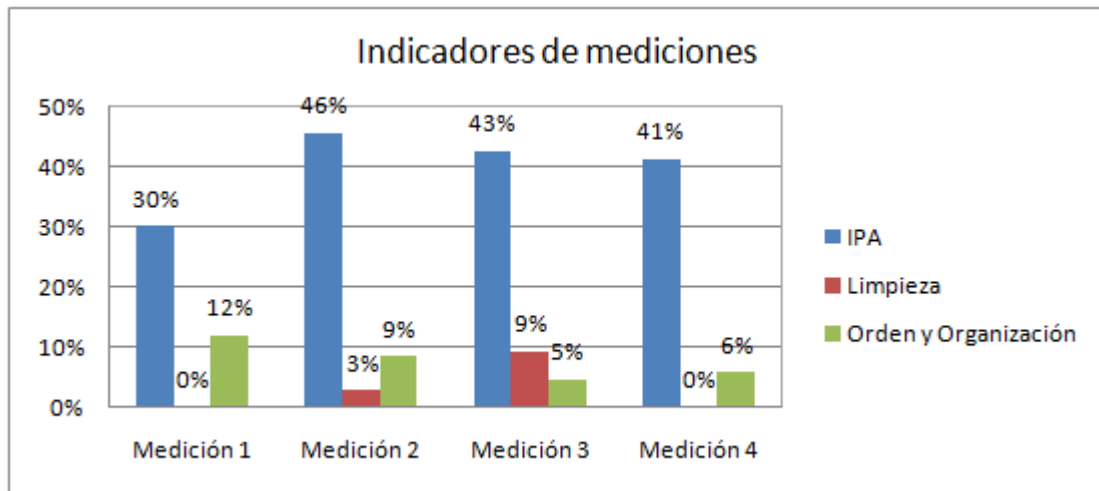


Gráfico 18: Indicadores IPA de mediciones mediante CapCam2

A través de estas pruebas se comprobó que al realizar mediciones, los primeros 10-15 minutos, no se reduce tan ampliamente el tiempo porque los primeros minutos se detecta gran cantidad de problemas preferentemente con el ambiente como son tarjetas de Organización y Orden, Limpieza y Condiciones Subestándar. Luego al transcurrir el tiempo se van encontrado regularmente Acciones Subestándar, en desmedro de las condiciones y en mediciones de jornadas más extensas estas se reducen a un tiempo estimado entre 1 a 3 horas, llegando incluso a revisar una jornada laboral completa en una hora, si existe el manejo del programa y un ojo agudizado, donde en los primeros 5 minutos se encuentran principalmente los problemas ambientales. Por lo tanto uno de los objetivos principales del programa de reducir eficientemente el tiempo de la medición se cumple a cabalidad.

Desde luego, dependiendo de las labores realizadas en el video se encuentran mayor o menor número de problemas. Se sugiere hacer un análisis posterior para estimar cómo se comportan las distintas actividades dentro de la obra en los indicadores 5S + IPA, ya que con esta cantidad de mediciones no es posible afirmar entre que valores se encuentran los indicadores característicos de cada tipo de tareas. Mediante las mediciones solo se demuestra que el indicador IPA es el más crítico que los otros dos, y ronda alrededor del 40% en esta obra.

8.2.2. Muestreo de Seguridad

Uno de los objetivos de estas mediciones tanto en terreno como a través del programa, es encontrar la estimación de proporciones en que se mueve el trabajo seguro y no seguro. Con esto se lograría definir cuantas muestras se requieren observar para estimar válida la herramienta con un 95% de confianza y 5% de error.

Terreno

El muestreo de seguridad en terreno, se realiza desde el mes de Abril, por 3 medidores distintos, para comprobar la dependencia del criterio de la persona que mide en seguridad. En este análisis se considera las opciones trabajo seguro y no seguro, con una cantidad mínima de 384 muestras.

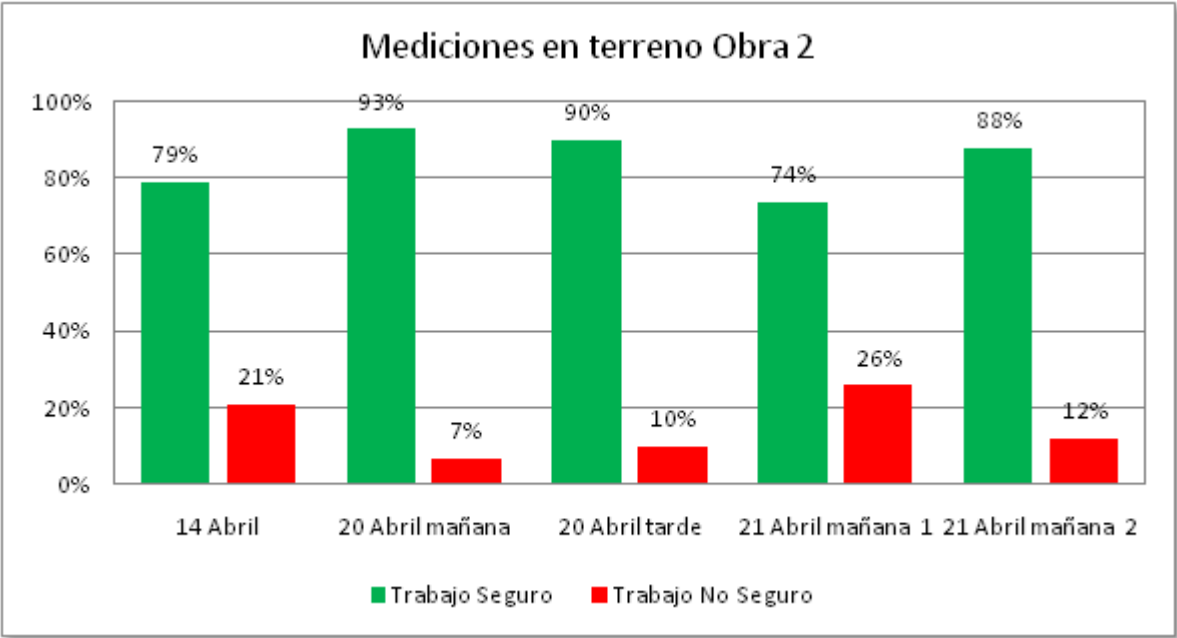


Gráfico 19: Mediciones Muestreo de Seguridad en obra 2

Algunos de los detalles de las mediciones de los trabajos no seguros se enumeran a continuación
 Los más recurrentes de los trabajos no seguros:

- Trabajos al borde de la losa sin anclarse a un punto seguro (sobretudo carpinteros).
- Trabajos sobre el moldaje sin anclarse a enfierradura que emerge.
- Falta de equipo de protección personal:
 - Obreros utilizan herramientas para cortar y no ocupan EPP (guantes y/o lentes).
 - Enfierradores manipulan fierros sin guantes.
- Trabajos en altura con uso correcto de cuerda de vida, pero sin la superficie suficiente de apoyo.
- Trabajadores se lanzan enfierraduras a niveles superiores (andamios)

Algunos ejemplos observados en la obra:




		
Trabajo en altura con correcto uso de cuerda, pero sin superficie adecuada de apoyo	Trabajos sobre el moldaje sin anclarse	Trabajos al borde de la losa sin anclarse a un punto seguro

Figura 16: Algunos trabajo no seguro más frecuente

Algunos trabajos no seguros más ocasionales:

- Trabajadores se lanzan herramientas (cables, serrucho, et)
- Trabajadores se pasan material por donde existen bordes desprotegidos
- Ropa de trabajo no adecuada (polera sin mangas)
- Obrero trabajando con gas (soplete), sin extintor y sin guantes.
- Trabajadores se paran en la doble baranda y miran hacia abajo
- Sobre esfuerzos en transportar material

Algunos ejemplos observados en la obra:




		
Trabajos con gas sin EPP ni medidas adecuadas	Sobreesfuerzo: sube escalera y transporta material	Trabajadores se pasan material por bordes desprotegidos

Figura 17: Algunos trabajos no seguro no tan frecuentes

Luego como resumen de los muestreos de seguridad se tiene lo siguiente:

Fecha medición	Trabajo Seguro	Trabajo No Seguro	Medidor N°
14 Abril	79%	21%	2
20 Abril mañana	93%	7%	1
20 Abril tarde	90%	10%	1
21 Abril mañana 1	74%	26%	3
21 Abril mañana 2	88%	12%	1
Promedio	85%	15%	

Tabla 18: Promedio mediciones Muestreo de Seguridad en terreno

Donde se observa que dependiendo del medidor, se obtienen diferentes resultados debido al criterio conservador o alarmista en seguridad. Pero todos los valores no sobrepasan el siguiente rango de 70% trabajo seguro y 30 % no seguro, y se obtiene un valor promedio de 85% y 15% respectivamente.

CapCam2

Este muestreo mediante el CapCam2 también se realiza a videos de la obra 2, en mediciones de días laborales completos de Abril del presente año. En la mayoría de los videos aparecen gran cantidad de obreros trabajando (en promedio de 10 a 25 personas) porque la cámara enfocaba el último piso de avance visto desde la grúa, como muestra en la siguiente fotografía.



Figura 18: Perspectiva de cámara hacia la obra en jornada laboral típica

Primero se realizan muestras de al menos 384, que es el valor máximo de muestras estimando una proporción de 50%-50%, con una confianza de 95% y error 5%. Todo el resto de la estimación de proporciones entregan números de muestras menores con el mismo nivel de confianza y error.

Luego encontrar las 384 muestras requeridas en un día laboral completo, se logra fácilmente en tiempos de 30 minutos como promedio, lo que es significativamente óptimo en términos de reducción de tiempos. Por esto se considera que esta herramienta es una de las más beneficiadas con este uso de captura de datos, pues es muy poco tiempo se logran apreciar los resultados de trabajo seguro y no seguro. El resultado de las mediciones se muestra en el gráfico 19:

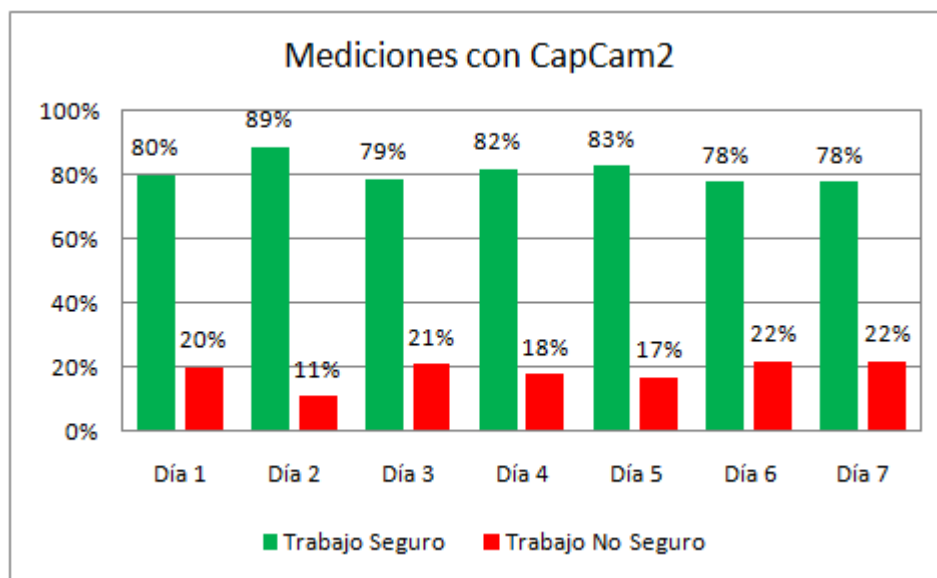


Figura 19: Mediciones Muestreo de Seguridad con CapCam2

Con esto se tiene la siguiente tabla de promedios:

Mediciones con CapCam2	Trabajo Seguro	Trabajo No Seguro
Promedio	81%	19%

Tabla 19: Promedio de mediciones en CapCam2 de muestreo de seguridad

Pero esto no quiere decir que debamos fijar la estimación de proporciones en un 80% el trabajo seguro y un 20% el trabajo no seguro, porque aun existen movimiento en el rango [70%,80%). Y se puede asegurar que dependiendo del criterio conservador o alarmista del usuario, cuán crítico es el valor. Luego se estima que la proporción es de 70 y 30%. Con esto el muestre requiere al menos 323 muestras para ser valido con un 95% de confiabilidad.

8.2.3. LA: Likelihood of Accidents

Terreno

Las mediciones en este punto no fueron muy satisfactorias porque que se registraron actividades sin tanto riesgo, por rangos de alrededor de 1 hora, por lo que fueron mediciones casi similares a hacer una Carta de Balance, y con un riesgo bastante constante. Además el hecho de estar mirando a una cuadrilla de trabajadores y midiéndolos en tiempo real, es una tarea un tanto tediosa y repetitiva.

Se hicieron 4 mediciones de esta herramienta, dos en la mañana y dos en tarde el día 8 de Junio del presente año en la Obra 1, por dos medidores distintos. A cada uno se le designó seguir a una cuadrilla en especial. Al medidor 1 sobre el hormigonado que se estaba haciendo en el último piso y al medidor 2 la enfierradura en el mismo piso pero en el sector sur de la obra. El todas las mediciones se le asigno el siguiente valor a las exigencias:

Tipo exigencia	Valor
Nula	1
Regular	2
Alta	4
Muy alta	8

Tabla 20: Valor de exigencia de tareas

A continuación se muestra solo 1 análisis de hormigón y 1 de enfierradura, porque ambos casos fueron similares para mañana y tarde. La medición de hormigonado fue realizada alrededor de 45 minutos y se detuvo porque se producían largos tiempos de espera del material.

Tareas Realizadas	
Nombre tarea	Abreviación
Soportar cañería (Hormigonado)	SC
Transporte de piezas	TP
Conectar piezas	CP
Lavando cañería	LC
Esperando	ES
Sin Actividad	SA

Tabla 21: Tareas realizadas en Hormigonado

Minuto	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
Descripción trabajador	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea
Trabajador 1	TP	SC	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	LC	LC	SC	SC	SC	SC	SC	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Exigencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trabajador 2	SC	SC	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	SC	SC	SC	SC	SC	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Exigencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trabajador 3	CP	CP	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	SC	CP	SC	SC	SC	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Exigencia	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trabajador 4	SC	SC	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	SC	SC	SC	SC	SC	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Exigencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 22: Tareas y exigencia por trabajador de hormigonado

Con este análisis se obtienen los siguientes resultados:

LA Tarea	
SC	33%
TP	1%
ES	58%
LC	3%
CP	8%

Tabla 23: LA Tarea hormigonado

LA Trabajador	
Trabajador 1	0,13
Trabajador 2	0,13
Trabajador 3	0,15
Trabajador 4	0,13

Tabla 24: LA Trabajador de hormigonado

LA Actividad
0,52

Tabla 25: LA Actividad hormigonado

Como se observa solo esperar (ES) y soportar la cañería (SC) durante el hormigonado abarcan la mayoría de las tareas realizadas, además no representan exigencias altas en la duración de la actividad. También los trabajadores tienen comportamientos de seguridad en rangos similares. Además el resultado de la actividad hormigonado es 0,52 muy por debajo del LA de una cuadrilla de hormigonado de carretera calculado por Mitropoulos para distintos escenarios con mayor o menor riesgo (rangos de 1,5 hasta 6 para el escenario más riesgoso). Hay que destacar que no se pueden comparar ambos resultados porque son procesos constructivos distintos, pero si que se siguió la misma metodología y valores similares en las exigencias de las tareas riesgosas, por lo que los datos obtenidos sirven para comprender los rangos donde se deberían mover los indicadores.

El seguimiento que realizó el medidor 2 fue a una cuadrilla de enfierradura que correspondía a la a un muro. Todos los trabajadores se encontraban en el segundo cuerpo de los andamios, por este motivo tiene una ponderación de exigencia regular porque se encuentran a una altura sobre los 2 metros del nivel de la losa. La medición fue realizada por 1 hora y el resultado es el siguiente:

Tareas Realizadas	
Nombre tarea	Abreviación
Amarre de Enfierradura	AM
Colocación de Enfierradura	EN
Sin actividad	SA
Subiendo Enfierradura	SE
Moviendo Moldaje	MM
Trasladándose	TR
Traslado de Enfierradura	TE

Tabla 26: Tareas realizadas en Enfierradura

Minuto	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	
Desc. Trabaj.	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	Tarea	
T 1	AM	EN	AM	EN	MM	SA	SA	EN	EN	EN	AM	AM	AM	AM	AM	SA	AM	AM	EN	AM	AM	EN	SA	AM	TR	SA	TE	TE	TE	SE	
E	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
T 2	AM	EN	AM	EN	EN	SA	SA	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	SA	AM	AM	EN	AM	AM	AM	SA	AM	TR	SA	TE	TE	TE	TE	
E	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
T 3	AM	EN	AM	EN	MM	SA	SA	EN	EN	EN	EN	AM	MM	AM	AM	SA	AM	AM	EN	AM	AM	AM	SA	AM	TR	SA	TR	TR	AM	TR	
E	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
T 4	AM	EN	AM	EN	MM	SA	SA	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	EN	AM	AM	EN	AM	AM	SA	EN	SE	SA	SA	TR	
E	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	

Tabla 27: Tareas y exigencia por trabajador de enfierradura

LA Tarea	
AM	48%
EN	19%
MM	3%
SA	17%
TR	6%
TE	6%
SE	2%

Tabla 28: LA Tarea enfierradura

LA Trabajador	
Trabajador 1	0,18
Trabajador 2	0,19
Trabajador 3	0,19
Trabajador 4	0,20

Tabla 29: LA Trabajador enfierradura

LA Actividad
0,76

Tabla 30: LA Actividad enfierradura

Luego las tareas que mayores riesgos representan son el amarre (AM) y la colocación (EN) de enfierradura, porque se destina la mayor parte del tiempo del trabajo sobre el andamio mismo. Además se observa que los trabajadores tienen similares comportamientos y que esta actividad comparada con el hormigonado es más riesgosa, pero aun bajo a los rangos obtenidos por el creador de esta metodología para una cuadrilla de hormigonado de caminos.

Finalmente se puede concluir que realizar estas mediciones en obra es una labor cansadora y repetitiva, que solo se ve validada si se realiza el ciclo completo. Además toma bastante tiempo en realizar solo una medición.

CapCam2

Como esta herramienta requiere el uso de Muestreo de Tiempo, se hizo un análisis con respecto a las pruebas de carta de balance. Se comparo tanto en terreno como en el CapCam2. Esta medición fue realizada en la obra 2 el día 3 de febrero. Al hacer la medición en forma manual, se pudo lograr la siguiente carta de balance.

Descripción	Trab 1	Trab 2	Trab 3	Trab 4	Trab 5	Trab 6	Trab 7
Minutos							
2	CF	CF	CF	CF	CF	CF	NT
4	AF	CF	CF	CF	CF	CF	CF
6	AF	CF	COR	CF	CF	CF	CF
8	CF	CF	COR	CF	CF	CF	MF
10	CF	NT	COR	CF	CF	CF	MF
12	CF	CF	COR	AF	AF	CF	CF
14	CF	CF	COR	AF	AF	CF	AF
16	CF	CF	NT	TM	CF	CF	CF
18	TM	MF	CF	MF	CF	TM	CF
20	CF	MF	NT	CF	NT	TM	CF
22	CF	AF	CF	NT	CF	CF	NT
24	CF	AF	RE	AF	CF	AUS	CF
26	CF	AF	RE	AF	CF	AUS	CF
28	CF	AF	RE	CF	CF	RE	CF
30	CF	CF	RE	CF	CF	RE	CF
32	CF	CF	RE	CF	CF	RE	CF

Tabla 31: Carta de balance de enfierradura

Siendo la nomenclatura la siguiente:

Trabajo Productivo		Trabajo Contributivo		Trabajo No Contributivo	
Categoría	Abrev.	Categoría	Abrev.	Categoría	Abrev.
Colocar Fierro	CF	Transporte mat.	TM	Ausente	AUS
Alinear Fierro	AF	Cortar fierro	COR	Espera	ESP
		Medir	MF	No trabaja	NT
		Informa	INF	Redestinado	RE

Tabla 32: Nomenclatura de carta de balance

Luego al revisar el video de ese día y al realizar la misma operación con CapCam 2, se tiene:

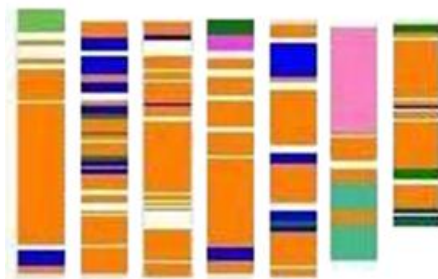


Tabla 33: Carta de balance de enfierradura de CapCam2

En este caso, el color naranja indica Colocar Fierro, el azul Alinear Fierro, el verde Transportar Fierro, el rosado Ausente y el verde claro Cortar Fierro.

Al comparar las dos cartas de balance realizadas, se puede observar que difícilmente se parecen, incluso es difícil identificar cuál trabajador corresponde a los identificados manualmente (Ver Figura 19, dado ese es el promedio de cantidad de trabajadores que existen en las imágenes captadas). Otro problema del CapCam2 fue la demora en la toma de datos porque se requiere “perseguir” al trabajador para no perderlo de vista, porque existe gran cantidad de personas donde

enfoca el video, con esto se tardó casi en 3 horas realizar una medición que en obra tomó 30 minutos más otros 30 para pasar la información al computador. Además con análisis posteriores realizados por los medidores se tiene que el muestreo de trabajo presenta los siguientes problemas:

- Dificultad de seguir a los trabajadores por la resolución de la cámara, pues todos se notan vestidos de color oscuro y hasta los cascos con el contraste de la imagen se observan del mismo color.
- La lejanía de la cámara y el ángulo también generan dificultad en distinguir a los trabajadores y la actividad que está realizando.
- Algunos trabajadores entran y salen del cuadro por lo que al volver no se identifican claramente quién es quién.

Finalmente, se concluye que se debe mejorar la resolución de las cámaras para lograr identificar y contabilizar lo que está realizando el trabajador y lograr que el tiempo que se utiliza para aquello sea eficiente, y en menor tiempo que la misma medición en tiempo real. Luego el LA: Likelihood of Accidents dependerá de la mejora de la imagen, porque para un prevencionista asignar la peligrosidad o exigencia de la actividad es una labor simple, que solo requiere la rapidez y claridad del video.

8.3. Validación semanal, mensual y entre proyectos

También se ha estimado cuál es la cantidad mínima de análisis por cada herramienta, para que estas sean válidas y se puedan mostrar como un resumen semanal o mensual en la herramienta de resumen de resultados que es el CapCam Viewer. Es así que semanalmente debe contener al menos las siguientes mediciones:

Herramienta	Validación Semanal
5S+IPA	Promedio de indicadores y suma de tarjetas ambos por semana, deben existir al menos tres mediciones
Muestreo de Seguridad	Promedio de las de semana, deben existir al menos tres mediciones
LA: Likelihood of Accidents	Promedio de las de semana, deben existir al menos tres mediciones
Pictogramas	Promedio de indicadores y suma de tarjetas ambos por semana, deben existir al menos tres mediciones
Alarma	Suma de las tarjetas, debe existir al menos una medición
Flujos de Circulación	Suma de las tarjetas, debe existir al menos una tarjeta por semana
Buenas y malas prácticas	no aplica

Ahora mensualmente se debe cumplir cada paso en cada semana, luego el resumen que se debe mostrar debe contener lo que indica la tabla:

Herramienta	Validación mensual
5S+IPA	Promedio de indicadores y suma de tarjetas ambos por semana
Muestreo de Seguridad	Promedio de las semanas
LA: Likelihood of Accidents	Promedio de las semanas
Pictogramas	Promedio de indicadores y suma de tarjetas ambos por semana
Alarma	Se muestran las 4 tarjetas
Flujos de Circulación	Se muestran las 4 tarjetas
Buenas y malas prácticas	Se muestran las buenas y malas prácticas del mes

Ahora para compararlo entre proyectos de una misma empresa ya es más complicado porque se requiere que sean del mismo tipo de edificación, actividades, etc., además que algunas herramientas comprometen las características del comportamiento del trabajador, que puede variar entre distintas obras según el compromiso que les han implantado en la obra.

Herramienta	Validación entre Proyectos
5S+IPA	No se pueden comparar proyectos de categorías distintas
Muestreo de Seguridad	Los valores se comparan directamente
LA: Likelihood of Accidents	Los valores se comparan directamente para tareas iguales
Pictogramas	Sólo son comparables por actividad y mismo tipo de proyecto
Alarma	No se puede comparar entre proyectos o empresas, dependen de condiciones de cada proyecto
Flujos de Circulación	No se puede comparar entre proyectos o empresas, dependen de condiciones de cada proyecto
Buenas y malas prácticas	Se muestran las de cada empresa o proyecto

9. Resumen y Conclusiones

9.1. Conclusiones

El objetivo principal de esta investigación fue de diseñar y validar un sistema de captura de datos con respecto a la seguridad y prevención de riesgo, a través del uso de videos o imágenes mediante un programa que sea eficiente y presente buena usabilidad al usuario, para lograr hacer análisis en forma rápida y certera de las contingencias presentes en la industria de la construcción.

La realización es la continuación de una investigación preliminar existente, por ello se hizo una revisión bibliográfica, para luego identificar los requerimientos en la construcción y compararlos con los propuestos anteriormente como un objetivo de esta investigación. Estas herramientas propuestas de 5S + IPA, Muestreo de Seguridad y LA: Likelihood of Accidents, varían principalmente en la interfaz gráfica, pero el concepto principal que se quiere rescatar es el mismo. De esta modo a 5S + IPA, se le agregan categorías a las condiciones y acciones subestándar, entrega 2 gráficos y tablas con los resultados, y se crea la opción de cargar fotos para analizarla de la misma forma que los videos, esto para complementar la labor de inspección que realiza el experto de seguridad en obra. El muestreo de seguridad se fija a lapsús de 10 segundos de exhibición y con un mínimo de muestras de 323, debido al porcentaje de 70% de trabajo seguro y 30% de trabajo no seguro. La herramienta de LA cambia solo en el diseño pero se continua con los indicadores de tareas, trabajador y actividad, obtenido por el porcentaje del tiempo dedicado a las tareas y la exigencia de esa tarea.

Para complementar el background se realizaron entrevistas y un focus group a expertos de la Mutual de Seguridad, gracias a estas actividades nacen herramientas como Buenas y Malas Prácticas, y el sistema de Entrenamiento. Este es otro objetivo que se cumple, el de crear nuevas herramientas en el Módulo de Prevención de Riesgo.

Entre las nuevas herramientas se cuenta con Pictogramas, que permite identificar problemas a través de simples cartillas creadas por la Mutual de Seguridad en un actual programa piloto en las empresas, estos diagramas o pictogramas permiten verificar las condiciones previas a realizar una actividad. Estos pictogramas sirven para emanar tarjetas de las condiciones o acciones subestándar pero a diferencia de 5S+IPA, queda la foto del instante con el respectivo pictograma sobrepuesto y se va formando un lenguaje unificado de prevención de riesgo en la construcción. Otra herramienta es Buenas y Malas Prácticas, que tiene por objetivo ser una base de datos con archivos de la obra o de otros proyectos de la empresa. Estos archivos se pueden mostrar en reuniones y capacitaciones, donde se busca que el trabajador se identifique con la obra y se comprometa al auto-cuidado permanentemente. Además se crearon dos nuevas herramientas automatizadas, estas son Alarma y Flujo de Circulación, que requieren un mayor desarrollo en la

programación, debido a la necesidad de encontrar patrones y compararlos o seguirlos, respectivamente. Alarma busca identificar cruces en zonas delimitadas en el video y los Flujos de Circulación mostrar cuales son las zonas donde existe flujo de personas. También se sugiere un sistema denominado Entrenamiento, que es un producto que contiene todo el Módulo de Prevención de Riesgos, para ofrecerlo a empresas o centros educacionales que requieran complementar la formación de sus profesionales, no solamente en el campo de seguridad, sino para conocer los procesos productivos involucrados en cada riesgo.

También uno de los resultados fundamentales obtenidos fue la validación de los videos como elemento de captura y análisis, mediante el focus group antes nombrado. En esta actividad se exhibieron videos grabados en forma manual (cámara handycam) y videos en obra (cámara IP). Los videos fueron una selección de aproximadamente 4 horas de grabación manual y una selección de distintas perspectivas de videos en obra. Solo algunos de los videos seleccionados tenían problemas detectados por los ingenieros de GEPUC, pero los expertos en seguridad encontraron problemas y detalles en la prevención de riesgos en todos los videos. Con esto se valida el hecho que el usuario que maneje el sistema, probablemente sea el experto de seguridad en obra, que conoce el tema y posee un ojo crítico y experiencia en detectar o prevenir riesgos.

El tercer objetivo era validar las herramientas siguiendo el estándar y las condiciones físicas tal como operará el sistema en obra. Gracias al apoyo de 3 empresas, se pudo verificar en distintas etapas del proyecto la factibilidad técnica del sistema. También se comprobó que los videos captados mediante el CapCam2 son útiles dependiendo de la cercanía con lo observado, y a la calidad de la cámara. Aunque las mediciones fueron realizadas a videos IP, las herramientas de 5S+IPA y Muestreo de Seguridad, muestran que las mediciones son muy eficientes en la reducción del tiempo, y se cumple una de las hipótesis planteadas de un proceso de captura y análisis eficaz y de calidad en comparación al sistema de control manual. Con la herramienta LA no se cumplió a cabalidad el buen término del análisis por problemas de enfoque y seguimiento del trabajador a través del video y a mediciones en obra, con poco aporte por la monotonía de la actividad analizada. Pero, en general, todos los indicadores y gráficos obtenidos permiten conocer datos que antes se desconocían y a través de ellos se puede aplicar un mejoramiento en la obra.

Con esto se concluye que el sistema CapCam2 en el módulo de Prevención de Riesgos es una poderosa herramienta que permitirá complementar el trabajo de fiscalización y control de los procesos constructivos que se realizan en la obra, a través del uso de videos e imágenes digitales.

9.2. Comentarios

Algunos de los puntos altos del CapCam2 es la reproducción a altas velocidades, que permite una reducción considerable del tiempo de captura de información. Aun así hay que tener unas consideraciones:

- En muestreo de tiempo si se observan procesos con rangos de 6 a más trabajadores por zona, se recomienda utilizar reproducciones a 4x o 8x como máximo. En rangos de menos de 6 trabajadores por video, es factible y posible observar a 16x y 32x sin perder validez en la medición
- En muestreos de seguridad es bastante recurrente no identificar a todos los trabajadores dentro del rango de los 10 segundos, por esto se debe revisar una y otra vez esos segundos hasta completar la identificación de trabajadores
- En 5S+IPA los primeros minutos se revisan bien detenidamente, pero a medida que avanza el análisis ya se van conociendo la dinámica y se puede correr el video a altas velocidades (8x, 16x, 32x)

Otro punto que genera beneficios al sistema es la extensión a cualquier formato videos a otros (formatos avi, Mpg2, mpg1, mov). Por lo que cualquier cámara en obra de la empresa podría ocuparse en el futuro para este sistema.

Por otro lado, el dominio de una tecnología de punta como las del video en obra, representa un importante aporte al conocimiento de las tecnologías de innovación de nuestro país y un potencial de múltiples aplicaciones como en educación, faenas mineras, ingeniería del tránsito, procesos manufactureros, etc.

9.3. Recomendaciones

Se sugiere implementar un sistema de entrenamiento en las otras áreas de investigación de la construcción, es decir, en la productividad y calidad. Y es en la primera donde existiría gran interés del mercado, porque se podría mejorar la productividad gracias al eficiente control, y por lo tanto reducir pérdidas y costos.

En cuanto a las mediciones futuras, se propone hacer un análisis posterior para estimar cómo se comportan las distintas actividades dentro de la obra en los indicadores de 5S + IPA, LA, Pictogramas, y muestreo de seguridad, ya que con esta cantidad de mediciones no es posible afirmar entre que valores se encuentran los indicadores característicos de cada tipo de tareas.

También el sistema por si solo en obra no tendrá impacto si no se toman estrategias en la implementación y seguimiento de los resultados e indicadores. Por lo tanto si existe el plan adecuado y el compromiso de toda la administración y gerencia de la empresa, se verán resultados a mediano plazo de la reducción de accidentes y orden en la obra. Por este motivo GEPUC debe ser pieza fundamental en guiar y ayudar a las empresas en este nuevo aprendizaje.

10. Bibliografía

ABEID Jorge y ARDITI David Time-Lapse Digital Photography Applied to Project. - 2002.

ALARCÓN Luis Fernando Herramientas para Identificar y Reducir Pérdidas en Proyectos de Construcción. - Santiago : Revista Ingeniería y Construcción, Departamento de Ingeniería Civil en gestión de la construcción PUC, 1997.

AHMED, S., CHU, J., YOUNG, F. y CHONG, D. Site Safety Management in Hong Kong, Journal of Construction Engineering and Management, 16 (6), 34-42.-2000

CURA Hugo Las “cinco S”: Una filosofía de trabajo, una filosofía de vida. - 2003.

de ST. AUBIN Patrick Diseño de un sistema de captura de datos de productividad y prevención de riesgos por medio de videos digitales. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica. - 2008.

EVERETT John, HALKAL Hasani y SCHLAFF Thomas Time-Lapse Video Applications for Construction Project Management. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 124, N° 3, pps. - 1998.

GELLER E. Working safe. How to people actively care for health and safety, second edition.

GODOY Jorge Riesgos específicos en la construcción. - Memoria de titulo Universidad de Chile, 1983.

HINZE J. y HUANG X. The owner’s role in construction safety. Construction Industry institute. Universidad de Florida, 2003.

HOLLNAGEL Erick, NEMETH Christopher y DEKKER Sidney Resilience Engineering Perspectives, Volume 1: Remaining Sensitive to the Possibility of Failure.- 2008

HOLLNAGEL Erick Resilience Engineering and Safe Assessment., presentation Mines ParisTech - 2008

HOLLNAGEL Erick, WOODS David D. y LEVESON, Nancy. Resilience engineering: Concepts and precepts. - 2006

INSTITUTO DE SEGURIDAD DEL TRABAJO Portal de IST, Instituto de Seguridad del Trabajo. - www.ist.cl.

KANNAN Govindan TIME-LAPSE Video applications for Construction Project Management. - 1999.

KOSTELA Lauri Application of the new production philosophy to construction, Stanford university. - 1992.

LOBEL Hans-Albert y MERY Domingo Real Time People Counting using Wide-Baseline Stereo and GPGPU. Departamento de Ciencia de la Computación. Pontificia Universidad Católica, 2009.

LUCAS Laura Teaching The qfh Dimension Using Real-Time Video Imaging Of Construction Projects. Indiana University-Purdue University at Indianapolis, 1999.

MANZANO Francisco Aplicación de la tecnología GPS para topografía de obras en ingeniería civil.

MELÍA Josep Un modelo causal psicosocial de los accidentes laborales (A psychosocial causal model of work accidents). - 1998.

MITROPOULOS Panagiotis y CUPIDO Gerardo Safety as an Emergent Property: Investigation into the Work Practices of High-Reliability Framing Crews. - 2009.

MITROPOULOS Panagiotis y NAMBOODIRI Manoj Integrating productivity and safety analysis with the task demand methodology: A case of concrete paving.

MITROPOULOS Panagiotis, CUPIDO Gerardo y NAMBOODIRI Manoj Safety as an emergent property of the production system: How lean practices reduce the likelihood of accident. - 2005.

MITROPOULOS Panagiotis, CUPIDO Gerardo y NAMBOODIRI Manoj Sistem Model of Construction Accident Causation. - 2005.

MITROPOULOS Panagiotis, CUPIDO Gerardo y NAMBOODIRI Manoj A Cognitive Approach to Construction Safety: The Task Demand- Capability Model. - 2005.

MUTUAL DE SEGURIDAD Los desafíos en prevención de riesgos: Construcción más segura. Revista BIT "Revista Técnica de Construcción". - Santiago, Chile : n57, 2007.

MUTUAL DE SEGURIDAD Portal de la Mutual de Seguridad C.Ch.C // Leyes, decretos supremos, guías, recomendaciones, etc.. - www.mutuasegl.cl.

MUTUAL DE SEGURIDAD Prevención de riesgos en Subcontratación, Revista BIT “Revista Técnica de Construcción”. - Santiago, Chile : n58, 2008.

NAVON R. Algorithms for Automates Monitoring and Control of Fall Hazard. - 2007.

NAVON R. Research in automated measurement of project performance in indicators. - 2006.

NAVON R. y GOLDSCHMIDT E. Monitoring labor inputs: automated-data-collection model and enabling technologies. - 2002.

NAVON R. y KOLTON O. Model for Automated Monitoring of Fall Hazard in Building Construction. - 2006.

NCh436.Of2000 NCh436.Of2000 Prevención de accidentes del trabajo - Disposiciones generales, Instituto Nacional de Normalización. - Santiago.

OGLESBY C., PARKER H. y HOWELL G. Productivity Improvement in Construction New York : McGraw-Hill, Inc., 1989.

OIT, Organización Internacional del Trabajo Enciclopedia de la Salud y Seguridad en el trabajo. - 2001. - Tercera edición en español.

OLOMOLAIYE Paul, JAYAWARDANE Ananda y HARRIS Frank Construction productivity management. - 1998.

OSHA United States Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. Portal, (01/90-10/01)

RÁZURI Carlos Integración de las mejores prácticas de prevención de riesgos y la gestión de la producción en la construcción. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica. - 2007.

Revista OTIC de Capacitación Cámara Chilena de la Construcción Capacitación + Dialogo social, Aliados del Desarrollo [Publicación periódica]. - 2007. - Numero 88 Diciembre 2007.

RILEY David y WHITESIDES Jessie Implementing Digital Image Photography in the Building Industry. - 1999.

SAFETY HEALTH AND AUTHORITY A guide to safe working. - Ireland, 2004.

SERPELL Alfredo Administración de operaciones de construcción. - 2002.

SILVA Pedro Pablo Uso de técnicas de video como herramienta para la captura y análisis de datos en la construcción. Memoria para optar al grado de Ingeniero civil, con diploma en Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2005.

SPECHT Maryline1 y POUMADÈRE Marc Interrogating Resilience. Safety management, Social structuralism and Systemic adaptation. - 2006

SUCHART Nuntasunti The Effects of Visual-Based Information Logistics in Construction, Memoria de grado, North Carolina State University, 2004.

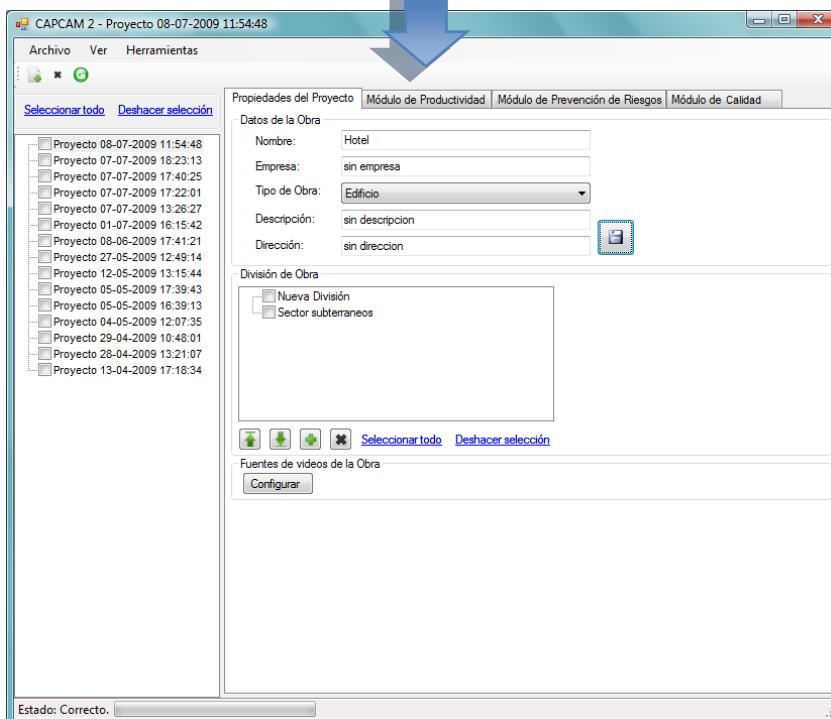
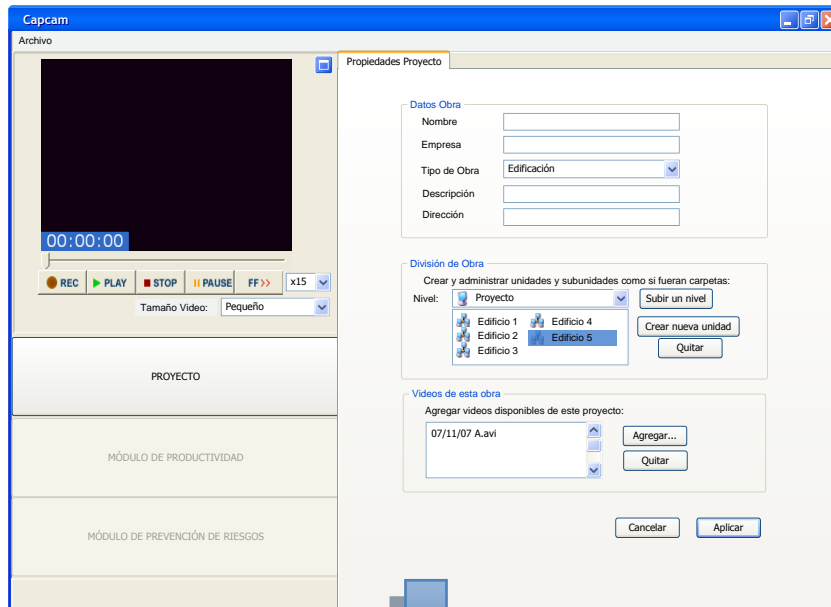
UNIVERSIDAD DE CHILE Declaración pública. Escuela de Salud Pública. Facultad de Medicina. - 2004. - 2 de Diciembre de 2008. - <http://www.med.uchile.cl/noticias/2004/diciembre/declaracion.html>.

VIDEO EN RED Soluciones y aplicaciones de video - <http://videoenred.com/>.

11. Anexo

11.1. Evolución del programa y sus herramientas

A continuación se muestra mediante las figuras como ha ido evolucionando el diseño del programa, desde su concepción inicial por Patrick de St. Aubin hasta la actualidad por el equipo de Investigación y Desarrollo de GEPUC




11.1.1. 5S + IPA

➤ Tarjeta de Organización y orden

TARJETA DE ORGANIZACIÓN Y ORDEN

Tarjeta No. 1
Área de Inspección: Tunel Sur
Encargado:

Marcar Elemento en foto:



Fecha: 29/11/07
Hora: 9:30

Nombre Elemento:

Este elemento:

- No es necesario
 - Tener en área de "preeliminación"
 - Desechar elemento. ¿Dónde?
- Es necesario pero no en esta cantidad
 - Aumentar en
 - Disminuir en
- Es necesario pero no en esta ubicación
Mover a:
- Otra inconformidad

Tarjeta Organización y Orden Nº 1, ocurrida: 06-02-2009 8:00:06, detectada: 12-06-2009 18:52:15


Información General
Tarjeta Nº 1 Ocurrida: 06-02-2009 8:00:06
Detectada: 12-06-2009 18:52:15
 Área de inspección: Seleccione una ubicación

Encargado
Ingrese el nombre del encargado:

Información de la tarjeta
Nombre elemento: vigas

Este elemento

- No es necesario
 - Tener en área de "preeliminación"
 - Desechar el elemento ¿Dónde?
- Es necesario pero no en esta cantidad
 - Aumentar en:
 - Disminuir en:
- Es necesario pero no en esta ubicación
Mover a:
- Otra Inconformidad




➤ Tarjeta de Limpieza

TARJETA DE LIMPIEZA

Tarjeta No. 1
Área de Inspección: Tunel Sur
Encargado:

Marcar Elemento en foto:



Fecha: 29/11/07
Hora: 9:30

Inconformidad:

Hay un elemento sucio
Nombre:
¿Qué hacer?:

Hay un situación que genera suciedad
Nombre:
¿Qué hacer?:

Otra inconformidad



Tarjeta Limpieza Nº 1, ocurrida: 04-12-2008 8:00:03, detectada: 13-06-2009 21:25:54

Información General
Tarjeta Nº 1 Ocurrida: 04-12-2008 8:00:03
Detectada: 13-06-2009 21:25:54
Modificar Área de Inspección: Seleccione una ubicación



Encargado
Ingrese el nombre del encargado:
D.S.

Información de la tarjeta
Inconformidad

Hay un elemento sucio
Nombre:
¿Qué hacer?:

Hay una situación que genera suciedad
Nombre:
¿Qué hacer?:

Otra inconformidad

➤ Tarjeta IPA

TARJETA IPA

Tarjeta No. 1
Área de Inspección: Tunel Sur
Encargado:

Inconformidad:


Condición subestándar

¿Qué hacer?

Acción Subestándar

¿Qué hacer?

Fecha: 29/11/07
Hora: 9:30



Tarjeta IPA Nº 2, ocurrida: 09-02-2009 12:34:12, detectada: 02-06-2009 18:42:12

Información General
Tarjeta Nº 2
Ocurrida: 09-02-2009 12:34:12
Detectada: 02-06-2009 18:42:12
Área de Inspección: Seleccione una ubicación

Encargado
Ingrese el nombre del encargado:

Inconformidad de la tarjeta

Elegir: Acciones Subestándar
 Condiciones Subestándar

Categoría:

Detalle:

¿Que hacer?:



➤ Muestreo de Seguridad

No existe un diseño, solo se sabe que tiene los mismos componentes que el muestreo del trabajo

Indica el número de instante o imagen

Indica el número de observación que se han realizado en la sesión hasta el momento. Una observación corresponde a la observación de un trabajo/recurso

Clasificación de Categorías (Ventana "Configuración Sesión de Muestreo")

Al hacer clic se pasa al siguiente instante

Captura de muestreo de seguridad, Sesión: Sesión 06-04-2009 17:11:19

Muestreo Instante (DB ID): 5 (95)
Video: Grabacion N. 155
Fecha inicio: 30-01-2009 11:34:19
Duración 10 Segundos

Captura de Muestreo

Muestras realizadas: 64

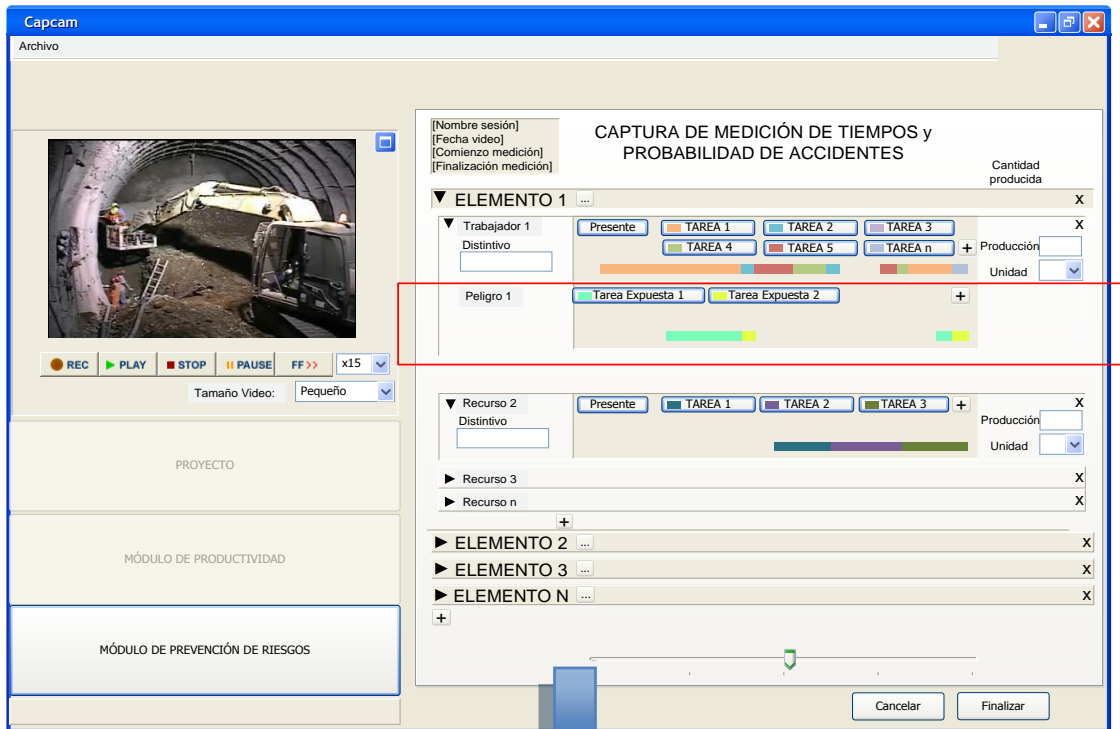
Indique el número de trabajadores/recursos realizando trabajos de cada categoría de seguridad en la imagen

Categorías	Valor
Seguro	5
No Seguro	1

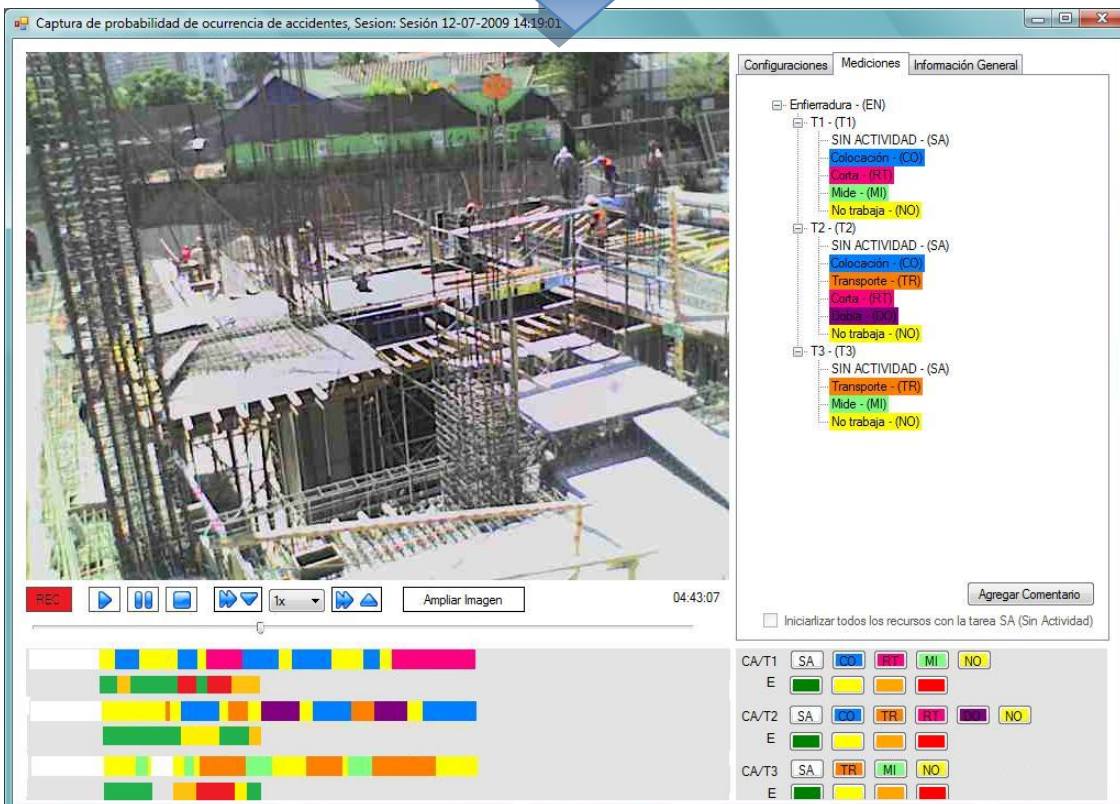
Instante

➤ LA: Likelihood of Accidents

Esta es una de las herramientas que más ha cambiado, para hacer la interfaz y la recolección de datos con mayor usabilidad



A cada recurso se pueden asociar 1 o más peligros con sus respectivas "Tarea expuestas"



11.2. Resultados de focus group

La realización del Focus Group a expertos de la Mutual, nace como idea de mejorar el prototipo de Seguridad y Prevención de Riesgo, existente en la actualidad. Los objetivos del Focus Group son validar los videos como un medio idóneo para la captura de datos y conocer la visión de los expertos si creen que el prototipo es un producto que puede influir en la toma de decisiones de una obra.

Para la realización de esta actividad, se dividió la sesión en 3 partes:

- La primera consistió en la reproducción de varias actividades riesgosas y otras no tanto, grabadas anteriormente con cámara handycam en 3 obras de distinto tipo cada una, vivienda, edificación en altura y excavación. El objetivo era que gracias a estos videos los expertos los validaran como una herramienta útil y efectiva de visualización de datos.
- La segunda parte consistió en mostrarles en qué consiste el prototipo actualmente, y que modificaciones ellos harían o que herramientas agregarían...
- La tercera etapa se planteó como preguntas sobre la gestión en la construcción y como le aportaría los videos a las variables criticas plateadas en una investigación anterior de Carlos Rázuri, pero estas preguntas fueron saliendo espontáneamente en la discusión durante las anteriores etapas, por lo que se omiten y además por la falta de más tiempo en la sesión.

El número de expertos que asistió a la sesión fueron 9, pero uno de ellos se debió retirar en la primera etapa (Video 10), por causa de un accidente perteneciente a su cartera de empresas.

11.2.1. Videos grabados con handycam

En esta etapa a los entrevistados se les mostró 15 videos grabados con Handycam, y deberían contestar las siguientes preguntas:

1. Se logra ver a los trabajadores y distinguirlos a cada uno en el video
2. Se logra ver las actividades que realizan los trabaja-dores en el video
3. Se logra ver detalles de la obra, como herramientas y maquinaria
4. Se puede observar detalles de orden, organización y limpieza de la obra

Con las opciones Claramente, Medianamente y Deficientemente, las siguientes 2 últimas preguntas las respuestas eran Si o No y si era afirmativa, desarrollar la idea.

5. Se pueden apreciar acciones riesgosas que cometen los trabajadores
6. Se pueden apreciar condiciones riesgosas

Luego los resultados de sus apreciaciones son los siguientes:

Video 1: Este video muestra como un trabajador usa la cuerda de vida mientras realiza trabajos por la parte exterior a un muro de fachada.

Video 1	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Claramente	Deficientemente	Medianamente	SI	SI
Experto 2	Medianamente	Medianamente	-	Claramente	SI	SI
Experto 3	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 4	Medianamente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 5	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 6	Medianamente	Claramente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 7	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 8	-	-	-	-	-	-
Experto 9	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI

Se puede observar que el 100% de los expertos presentes, considero que existían acciones y condiciones riesgosas, las cuales se nombran a continuación:

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	Desplazamiento sobre enfierraduras y superficies deficientes (una tabla) sin amarrar o enganchar su arnés
Experto 2	No uso doble sujeción. No mejoran condiciones 5S antes del trabajo. Se exponen al exceso al moverse desplazándose u operando
Experto 3	Engancha arnés bajo de los hombros. Circulan por zona no adecuada
Experto 4	Desplazamiento sin estar enganchado
Experto 5	Escalamientos, apoyos irregulares
Experto 6	Los trabajadores no se amarran a un punto resistente
Experto 7	Caminar desenganchado. Soltar arnés de seguridad, trepar sin cuidado
Experto 8	-
Experto 9	Riesgo de caída de altura, uso de arnés sin amarrar, falta doble cola, superficie de trabajo fuera de la norma, falta de supervisión etc.

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Plataformas deficientes sin cumplir la normativa (Sin superficie de trabajo suficiente sin arriostrar los tablonces, sin barandas, sin cuerdas de vida)
Experto 2	Faltan barandas de andamios, falta segunda sujeción (cola)
Experto 3	Condiciones fuera de norma. Barandas perimetrales. Superficies de trabajo
Experto 4	Plataforma de trabajo insuficientes, sin barandas y rodapiés
Experto 5	Faltan plataformas de trabajo, falta barandas y rodapiés en escuadras en volado. Accesos irregulares.
Experto 6	No hay acceso definido a plataforma en volado, falta doble baranda y rodapiés.
Experto 7	Plataforma de trabajo sin baranda, anchos no normados, no existen líneas de vida.
Experto 8	-
Experto 9	Andamio en volado sin barandas, rodapiés fuera de la norma

Video 2: Acá se observa como un trabajador realiza sus labores en el borde mismo de una losa

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Medianamente	Deficientemente	Claramente	SI	SI

Experto 2	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 3	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 4	Medianamente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 5	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 6	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 7	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 8	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 9	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI

En este video también existe un consenso en que existen peligros, estos son:

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	Tránsito de una plataforma de trabajo hacia otra, sin uso de elementos anticaída
Experto 2	Desplazamiento hacia bordes perimetrales abiertos sin limitación. No utilización de arnés de seguridad
Experto 3	Trabaja en borde sin sistema anticaida
Experto 4	Trabajo en bordes de losa sin estar enganchado
Experto 5	Apoyo directo de carpintero sobre vigas simplemente apoyada (sin arriostamiento)
Experto 6	El trabajador que se posiciona y tránsito sobre las vigas
Experto 7	Caminar por las vigas sin equipo de EPP
Experto 8	Instalación de vigas y placas de losa
Experto 9	Caminar sobre vigas sin ningún tipo de sujeción

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Desorden total, plataformas deficientes, falta de EPP (equipo protección personal)
Experto 2	Perímetros abiertos
Experto 3	No existen barandas perimetrales (algunos lugares solo cinta). No hay vías de circulación demarcadas.
Experto 4	Borde de losa sin protección rígida (doble baranda, piolas)
Experto 5	Falta de sistema de arriostamiento (línea de vida)
Experto 6	No hay ningún punto donde se pueda amarrar el trabajador o un sistema de detención de caída colectiva
Experto 7	Plataformas de trabajo improvisadas
Experto 8	Caída de distinto nivel
Experto 9	Falta de superficie de trabajo

Video 3: Este video muestra un plano general de una obra en extensión y un acercamiento a un trabajador en el segundo nivel de la vivienda

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Medianamente	Deficientemente	Claramente	SI	SI
Experto 2	Medianamente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 3	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 4	Claramente	Medianamente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 5	Claramente	Claramente	Deficientemente	Claramente	SI	SI
Experto 6	Medianamente	Medianamente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 7	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 8	Claramente	Claramente	-	Claramente	SI	SI

Experto 9	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
-----------	------------	------------	------------	------------	----	----

Luego en este video también existe unanimidad en relación a existencia de peligros, y los comentarios son:

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	Tránsito de una plataforma de trabajo hacia otra, sin uso de elementos anticaída
Experto 2	Desplazamiento riesgoso en altura
Experto 3	Desorden y transitar por el andamio por la estructura
Experto 4	Desplazamiento en zona con riesgo de caída en altura sin estar enganchado a cuerda de vida
Experto 5	Trabajos sin sistema de afianzamiento
Experto 6	Traspaso de un andamio a otro por fuera de estructura, no se amarra a un punto resistente
Experto 7	Caminar de una plataforma a otra sin estar amarrado
Experto 8	Traslado de trabajadores desde andamio al interior de la vivienda
Experto 9	Camina sobre andamio mal armado, pasa por fuera de andamio

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Desorden total plataforma deficiente, falta de EPP
Experto 2	Desorden, desaseo, andamios incompletos
Experto 3	Andamios no cuestan con acceso seguro; desorden, acopios
Experto 4	Limpieza, acumulación de escombros, andamios incompletos
Experto 5	Línea de vida, estructuración de andamios
Experto 6	Faltan doble baranda en andamios no hoy cuerda de vida
Experto 7	Orden aseo deficiente, material combustible sin administrar, plataformas de trabajo fuera de norma.
Experto 8	Desorden y andamios sin terminar
Experto 9	Andamios fuera de la norma, falta de orden y aseo

Video 4: El video muestra el trabajo en techumbre, y la forma normal en que los obreros se pasan los materiales (tejas).

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Claramente	Medianamente	Deficientemente	SI	SI
Experto 2	Medianamente	Claramente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 3	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 4	Medianamente	Claramente	Deficientemente	Medianamente	SI	SI
Experto 5	Claramente	Claramente	Deficientemente	Medianamente	SI	SI
Experto 6	Medianamente	Claramente	Deficientemente	Medianamente	NO	SI
Experto 7	Claramente	Claramente	Claramente	Medianamente	SI	SI
Experto 8	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 9	Claramente	Claramente	Deficientemente	Claramente	SI	SI

Por lo visto, esta práctica común en la construcción posee varias acciones y condiciones inseguras, detalladas a continuación.

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	Traslado de materiales en forma riesgosa y posicionamiento sobre techumbre
Experto 2	Utilización de andamios incompletos. Sujeción a cuerda de vida de algunos trabajadores (no todos)
Experto 3	Trabajador sin protección
Experto 4	Transporte manual de carga sin medidas de control
Experto 5	Sobreexposición al vacío
Experto 6	No se aprecia al trabajador que están al lado contrario del techo
Experto 7	Caminar por plataforma de trabajo sin protección
Experto 8	Distribución e instalación de tejas en techumbres de viviendas
Experto 9	Traslado de materiales

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Sistema anticaída deficiente, superficie de trabajo no apta
Experto 2	Andamios incompletos
Experto 3	No existe superficie adecuada para tránsito, no se aprecia sector anticaída, método de izaje de tejas inadecuado
Experto 4	Superficie de trabajo irregulares
Experto 5	Vanos laterales descubiertos, plataformas en andamios con falta de barandas y rodapiés
Experto 6	Faltan barandas de andamios
Experto 7	Plataformas y superficies de trabajo desprotegido
Experto 8	Trabajos en altura sin protecciones adecuadas
Experto 9	No alcanza a distinguir si se encuentran amarrados

Video 5: Este video muestra la utilización de la pala y el cierre del camión que transporta el material extraído.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Deficientemente	Medianamente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 2	Medianamente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 3	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 4	Medianamente	Claramente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 5	Medianamente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 6	Medianamente	Medianamente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 7	Claramente	Claramente	Claramente	Medianamente	SI	NO
Experto 8	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Claramente	NO	NO
Experto 9	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	NO	NO

Como se observa acá 2 expertos no notaron peligro en el video.

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	El encarpado del camión con riesgo de caída
Experto 2	Desplazamiento en altura
Experto 3	Trabajador sobre camión
Experto 4	Conductor de camión permanece en interior de cabina en proceso de carguío
Experto 5	Encarpado tolvas
Experto 6	El transitar por el material para encarpar el camión
Experto 7	Encarpado del camión

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Polución de la carga del camión sin control
Experto 2	Falta de sistema de protección perimetral
Experto 3	No existe zona acotada y de carga y descarga
Experto 4	Levantamiento de polvo sin medidas de mitigación
Experto 5	Emisión de MPF (material particulado fino)
Experto 6	Exceso de polvo en el ambiente

Video 6: Este video muestra el movimiento de la grúa en edificación en altura y como el trabajador la conduce a la losa.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Claramente	SI	NO
Experto 2	Medianamente	Claramente	Claramente	Claramente	NO	NO
Experto 3	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 4	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Medianamente	SI	NO
Experto 5	Medianamente	Claramente	Medianamente	Medianamente	NO	NO
Experto 6	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	NO	NO
Experto 7	Deficientemente	Medianamente	Deficientemente	Medianamente	NO	NO
Experto 8	Medianamente	Claramente	Medianamente	Medianamente	NO	NO
Experto 9	Claramente	Claramente	Deficientemente	Claramente	NO	NO

En este video el 33% notó que la conducción de la enfierradura era inadecuada, para el resto de 77% no había peligro en esa acción.

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	Maneja la carga con las manos
Experto 3	Dirige carga con el pie en último tramo
Experto 4	Pararse bajo la carga transportada

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 3	No existen barandas perimetrales

Video 7: El objetivo de este video y de su exhibición es mostrar un plano abierto y general de la obra, con un zoom a un trabajador en especial

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Claramente	NO	SI
Experto 2	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	NO	SI
Experto 3	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente	NO	SI
Experto 4	Deficientemente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	NO	NO
Experto 5	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	NO	SI
Experto 6	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Claramente	NO	SI

Experto 7	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	NO	NO
Experto 8	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	NO	SI
Experto 9	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	NO	NO

En este video los encuestados no observaron acciones riesgosas, pero el 67% de los expertos encuentran condiciones peligrosas, que a ojos de ingenieros no se conocían ni se apreciaban.

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Vanos señalizados pero no protegidos y otros sin señalizar y proteger
Experto 2	Deposito de vigas con inestabilidad vertical
Experto 3	No existe protección perimetral
Experto 4	-
Experto 5	Apilamientos de vigas, vías de circulación y protección bandas de losa
Experto 6	No hay vías de circulación definidas, un moldaje apoyado contra talud
Experto 7	-
Experto 8	Cierres perimetrales deficientes
Experto 9	-

Video 8: Este video muestra solo una parte de la obra, donde hay excavaciones, sin presencia en esa zona de trabajadores.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Medianamente	NO	SI
Experto 2	-	-	-	Medianamente	NO	NO
Experto 3	Medianamente	Medianamente	Claramente	Claramente	NO	SI
Experto 4	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Medianamente	NO	SI
Experto 5	Medianamente	Deficientemente	Deficientemente	Claramente	NO	SI
Experto 6	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Claramente	NO	SI
Experto 7	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Medianamente	NO	SI
Experto 8	Deficientemente	Deficientemente	Medianamente	Medianamente	NO	SI
Experto 9	Medianamente	Deficientemente	Medianamente	Claramente	NO	NO

Debido a que no existe registro de trabajadores en el video, se entiende porque los expertos no encontraran actividades riesgosas cometidas por los obreros.

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Excavación sin protección, sin respeto del talud natural, sin escala de muro, sin entibación
Experto 2	-
Experto 3	Borde de excavación con material; protección borde no existe (Baranda)
Experto 4	Protección inadecuada de borde de excavación
Experto 5	Delimitación deficiente en excavación
Experto 6	Orden deficiente, proteger y señalizar excavación de cámara
Experto 7	Borde de excavación sin protección rígida
Experto 8	Excavación abiertas sin protección
Experto 9	-

Video 9: Este video muestra el trabajo en zanjas de 2 obreros.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Medianamente	Deficientemente	Medianamente	NO	SI
Experto 2	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Deficientemente	NO	SI
Experto 3	Claramente	Medianamente	Deficientemente	Medianamente	SI	SI
Experto 4	Deficientemente	Medianamente	Deficientemente	Deficientemente	SI	SI
Experto 5	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 6	Deficientemente	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	SI	SI
Experto 7	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Medianamente	SI	SI
Experto 8	Medianamente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 9	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Claramente	SI	SI

En este video solo 2 expertos observan cuando el trabajador de más atrás en el plano salta sobre la zanja, el resto encuentran que el tránsito de ese mismo trabajador es inadecuado, como se muestra a continuación en sus comentarios.

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	-
Experto 2	- No se logra ver si utilizan protección auditiva y respiratoria
Experto 3	Tránsito por borde de excavación
Experto 4	Trabajador circulando al borde de excavación
Experto 5	Tránsito por borde de corte de terreno
Experto 6	Transita por el borde de la excavación
Experto 7	Saltar de un lado a otro de la zanja
Experto 8	Saltó de un lado a otro en la excavación
Experto 9	Caminar en borde de excavación, salta sobre excavación

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Excavación con riesgo de derrumbes, sin protección
Experto 2	Falta de protección/señalización de bordes de excavación
Experto 3	Material al borde de excavación, no existen barreras ni zona de tránsito
Experto 4	Excavación sin protección
Experto 5	Accesos irregulares, delimitación perimetral excavaciones
Experto 6	No hay protección perimetral de la excavación
Experto 7	Bordes desprotegidos, no existen demarcación y zonas habilitadas de tránsito
Experto 8	Orden y limpieza de la faena, nivelación de terreno
Experto 9	(No justifica el porqué)

Video 10

Este video se exhibe, porque se observa durante pocos segundos que el trabajador no posee un completo equipo de protección personal (antiparras), mientras taladra.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Claramente	Claramente	Deficientemente	SI	NO
Experto 2	Claramente	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	SI	NO
Experto 3	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	NO
Experto 4	Claramente	Claramente	Claramente	Deficientemente	SI	NO
Experto 5	Claramente	Claramente	Claramente	Medianamente	SI	SI
Experto 6	Claramente	Claramente	Claramente	Deficientemente	SI	NO
Experto 7	Claramente	Claramente	Claramente	Deficientemente	NO	NO
Experto 8	Claramente	Claramente	Claramente	Medianamente	SI	NO
Experto 9	-	-	-	-	-	-

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	No uso de elementos de protección personal como guantes y protector auditivo
Experto 2	No uso de antiparras
Experto 3	No uso de EPP, antiparras
Experto 4	Uso de EPP según exposición al riesgo específico
Experto 5	Percutar muro y clavar sin uso de protección ocular
Experto 6	No utiliza antiparras para perforar
Experto 7	-
Experto 8	Uso de taladro para perforación sin uso de EPP visual y auditivo

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 5	Falta de EPP (antiparras)

Video 11: Este video esta reproducido al doble de su velocidad normal, muestra a 2 carpinteros trabajando en el borde de una losa

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 2	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 3	Claramente	Medianamente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 4	Medianamente	Claramente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 5	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 6	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 7	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 8	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Claramente	SI	SI

Claramente los expertos consideran que ocurren graves y peligrosas acciones que son:
Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	Trabajadores sin amarrarse, trabajando al borde, traspaso la señalización de peligro
Experto 2	No utilización de arnés de seguridad. Desplazamientos más allá de la señalización
Experto 3	Trabajo al borde de la losa, sin protección, supervisor da mal ejemplo
Experto 4	Trabajo en borde de losa sin estar enganchado a cuerda de vida
Experto 5	Trazado en borde. Placa moldaje sin sistema de afianzamiento

Experto 6	Transitar sobre las vigas (carpinteros), sobrepasar limite perimetral el trazador
Experto 7	Caminar en plataformas inseguras, trabajar en borde, borde con riesgo de caída
Experto 8	Instalación de placa y preparación de losa para hormigón

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Señalización y posible cuerda de vida, hombres fuera del área de trabajo, labores obliga al trabajador a traspasar la línea
Experto 2	Faltan protecciones perimetrales faltan cuerdas de vida, faltan arnés de seguridad
Experto 3	No existe protección perimetral (Solo cinta peligro)
Experto 4	Falta de protección en borde de losa y la instalación de cuerda de vida
Experto 5	Vanos perimetrales sin protección plataformas de trabajos irregulares
Experto 6	No se cuenta con línea de vida o sistema de detención de caídas
Experto 7	Bordes desprotegidos
Experto 8	Cierre perimetral y punto de anclajes para amarra deficientes

Video 12: El video esta reproducido al doble de su velocidad y muestra el movimiento de la grúa, la carga que es transportada y tránsito de personas en primer plano

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	SI	SI
Experto 2	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	SI	NO
Experto 3	Deficientemente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 4	Medianamente	Claramente	Medianamente	Medianamente	NO	SI
Experto 5	Medianamente	Claramente	Medianamente	Claramente	NO	SI
Experto 6	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 7	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	NO	SI
Experto 8	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	NO	NO

En este video el 50% de los expertos encuentran acciones riesgosas y el 75% también encuentran condiciones del entorno riesgosas. Como principal condiciones se encuentran la falta de vientos en la conducción de la carga.

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	Riesgo se proporciona bajo carga suspendida, trabajador traspasa la cuerda y señalización quedando al borde del vano
Experto 2	Contacto con carga suspendida en movimiento. Ubicación bajo la carga (ocasional)
Experto 3	Trabajar borde sin protección; transitar bajo carga
Experto 6	Trazador traspasa límite perimetral de finido

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Vanos sin proteger, falta de vientos en la carga
Experto 3	Carga sin vientos
Experto 4	Faltan vientos para dirigir la carga suspendida

Experto 5	Faltan dirección de vientos en traspasos de cargas con grúas
Experto 6	La carga no tiene vientos para guiarla
Experto 7	Bordes desprotegidos

Video 13: Este video es sobre el movimiento de un moldaje pesado por parte de la grúa. Además esta acelerado al doble de su velocidad para abarcar todo el movimiento, desde que un trabajador limpia el moldaje hasta que llega a su posición final en otro sector de la obra.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Claramente	NO	NO
Experto 2	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	NO	NO
Experto 3	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 4	Medianamente	Claramente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 5	Medianamente	Claramente	Medianamente	Claramente	NO	SI
Experto 6	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	NO	SI
Experto 7	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente	NO	SI
Experto 8	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Medianamente	SI	NO

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 3	Aplica delmoldante a moldaje suspendido por la grúa; se para sobre el
Experto 4	Transita por zona irregulares sobre enfierradura
Experto 8	Trasladarse por encima de la enfierradura acopiada

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 3	No existe vía de circulación demarcada
Experto 4	Andamios sin barandas y rodapiés o plataforma de trabajo con exposición a caída de altura sin baranda y rodapiés
Experto 5	Apoyo de moldajes de contra talud de corte terrero
Experto 6	Moldaje apoyado contra talud, no hay vías de circulación definidas
Experto 7	Bordes desprotegidos, zona de izaje obstruida

Video 14: Este video muestra un paneo general de una obra en extensión, como es la vivienda.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Claramente	-	Claramente	NO	SI
Experto 2	Claramente	Claramente	-	Claramente	NO	SI
Experto 3	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 4	Claramente	Claramente	Deficientemente	Claramente	NO	SI
Experto 5	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Claramente	NO	SI
Experto 6	Claramente	Medianamente	Medianamente	Claramente	NO	SI
Experto 7	Claramente	Claramente	Deficientemente	Claramente	NO	SI
Experto 8	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Claramente	NO	SI

En este video todos los entrevistados encuentran deficiente la organización y limpieza, por lo que se general varias condiciones inseguras.

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 3	Tránsito por superficie irregular manipulando carga

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Falta de orden y aseo. Vanos de las casas sin proteger
Experto 2	Vástagos de estacas de fierro, perímetros abiertos en altura
Experto 3	No existe vías de circulación despejadas y señalizadas
Experto 4	Falta de orden y limpieza general. Escala de norma fuera de norma
Experto 5	Superficies irregulares, falta limpieza y desorden
Experto 6	No están delimitados los bordes de la excavación, falta mantención perimetral. Obra desordenada sin vías de circulación definidas
Experto 7	Zonas de tránsito obstruidas
Experto 8	excavación abierta sin cierre perimetral

Video 15: Este video muestra el movimiento de depósito de un camión con material de relleno.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Experto 1	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 2	Medianamente	Claramente	Claramente	Claramente	NO	SI
Experto 3	Claramente	Claramente	Claramente	Claramente	SI	SI
Experto 4	Medianamente	Medianamente	Claramente	Claramente	NO	NO
Experto 5	Claramente	Medianamente	Medianamente	Claramente	NO	SI
Experto 6	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	SI	SI
Experto 7	Claramente	Claramente	Deficientemente	Medianamente	NO	NO
Experto 8	Medianamente	Claramente	Deficientemente	Claramente	NO	NO

En este video el 38% no observa nada riesgoso mientras, mientras el 25% encuentra una condición insegura, el otro 38% si encuentra que ocurren acciones y condiciones inseguras.

Acciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 5
Experto 1	Señalero se posiciona detrás del camión mientras este retrocede
Experto 3	Personal transita alrededor del camión en movimiento
Experto 6	Trabajadores al borde de la excavación

Condiciones riesgosas:

	Detalle Pregunta 6
Experto 1	Talud vertical
Experto 2	Falta señalética perimetral
Experto 3	No se aprecian vías de tránsito de personal
Experto 5	Delimitación perimetral rampa
Experto 6	Excavación sin protección perimetral

11.2.1.1. Videos IP

En esta parte de la sesión, se exhiben videos del tipo IP, grabadas con las cámaras que GEPUC cuenta instaladas en la obra de un hotel, de una constructora asociada al proyecto.

La metodología es la misma que el paso anterior, con la excepción de que al final es una discusión grupal sobre las actividades y condiciones inseguras que los expertos observaron. A continuación las preguntas personales eran:

1. ¿Se observan flujos de circulación?
2. ¿Se distinguen con claridad unos trabajadores de otros?
3. ¿Se distinguen con claridad las actividades y tareas por trabajador?
4. ¿Se logra apreciar las acciones riesgosas?
5. ¿Se logra apreciar las condiciones riesgosas?

Con el tipo de respuestas de Claramente, Medianamente y Deficientemente.

Video 1: El video corresponde a una toma en altura desde la grúa mirando hacia abajo en la última losa construida

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5
Experto 1	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente	Medianamente
Experto 2	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente
Experto 3	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Claramente
Experto 4	Medianamente	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Medianamente
Experto 5	Claramente	Medianamente	Claramente	Medianamente	Claramente
Experto 6	Claramente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente
Experto 7	Claramente	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Medianamente
Experto 8	Claramente	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Deficientemente

Se distingue que los expertos afirman que es medianamente claro distinguir a los trabajadores, y que se debe seguir a una persona a la vez, sino es muy difícil. Lo mismo ocurre con las actividades el 75% afirma que es posible en término medio. Y las acciones riesgosas también son calificadas en un 63% como término medio y las condiciones riesgosas un 50% opina que se pueden apreciar medianamente y el 37% claramente y un 12% deficiente.

¿Cuáles son las actividades que Uds. observaron?

Movimiento de personas, inactividad, enfierraduras, colocación de vigas

¿Existen condiciones o acciones subestándar en los videos?

Sector de colocación vigas, sector de colocación de placas, bordes desprotegidos, barandas perimetrales

Video 2: El siguiente video es una grabación desde el primer piso, y registra los primeros pisos de la construcción.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5
Experto 1	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente
Experto 2	Medianamente	Claramente	Deficientemente	Medianamente	Claramente
Experto 3	Claramente	Claramente	Medianamente	Claramente	Claramente
Experto 4	Claramente	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente
Experto 5	Medianamente	Claramente	Medianamente	Claramente	Claramente
Experto 6	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente
Experto 7	Claramente	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Deficientemente
Experto 8	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente	Medianamente

En este video la mitad de los expertos cree que los flujos se observan claramente, y el 38% medianamente, probablemente debido al ángulo de la cámara. Con respecto a distinguir a los trabajadores el 63% afirma que es con claridad, pero en el caso de las actividades de estos trabajadores el 75% afirma que es medianamente claro y el 25% restante opina que es deficiente. En cuanto a acciones y condiciones, ambas preguntas generan un consenso de 50% de alternativa medianamente y deficientemente, respectivamente.

¿Cuáles son las actividades que Uds. observaron?

Ajusta alzaprima

¿Existen condiciones o acciones subestándar en los videos?

Estructura deficiente de andamios (tercer cuerpo), desorden en la obra, rampla hechiza, zona de tránsito no está protegida de caída de material

Video 3: Este video también está grabado con la cámara en la posición de la grúa, solo que esta vez, la grabación no es sobre la losa, sino que es con un ángulo, y sobre los moldajes.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5
Experto 1	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Medianamente	Deficientemente
Experto 2	Claramente	Claramente	Medianamente	Medianamente	Claramente
Experto 3	Claramente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente
Experto 4	Medianamente	Deficientemente	Medianamente	Deficientemente	Medianamente
Experto 5	Claramente	Medianamente	Medianamente	Deficientemente	Medianamente
Experto 6	Medianamente	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente	Deficientemente
Experto 7	Claramente	Medianamente	Medianamente	Medianamente	Medianamente
Experto 8	Claramente	Deficientemente	Medianamente	Deficientemente	Deficientemente

Acá los flujos son detectados claramente por el 63%, y la detección de los trabajadores el 50% los define como medianamente claro y el 38% deficientemente. En la observación de las actividades el 75% la definen en término medio. En cuanto a las acciones el 63% cree que son medianamente claras y los restantes deficientes. En las condiciones inseguras el 50% opina que son medianamente claras, el 38% deficiente y solo uno opina que es clara la observación.

¿Cuáles son las actividades que Uds. observaron?

Parte de muros no hay visión, manera que pierden el tiempo, hay bastante movimiento de gente, acopio de placas y materiales

¿Existen condiciones o acciones subestándar en los videos?

Bajada escalera (mala calidad), andamios desprotegido, bordes desprotegido

Como conclusión afirman que si se puede observar las condiciones de seguridad mediante este tipo de videos.

11.2.1.2. Validación de CapCam2

Reproducción de videos acelerados

En esta etapa se exhibió el mismo video a distintas velocidades (16x, 8x, 4x y 2x), y en forma decreciente. A continuación respondieron las siguientes preguntas

¿Cuál cree Ud. que es la velocidad adecuada para conocer las actividades realizadas?

R: La mayoría opina que 8x es la correcta

¿Cuál fue a su juicio la velocidad adecuada para seguir la conducta del trabajador?

R: La mayoría opina que 8x es la correcta y 2 expertos opinan que a 4x

¿Cuál cree Ud. que es la velocidad adecuada para verificar las condiciones o elementos de seguridad?

R: La mayoría acata que a 4x, se pueden apreciar las condiciones riesgosas, que a 8x no es posible detectar.

También nace la pregunta de que a quien tienen que estar dirigidos los videos en la obra. En este punto no hay acuerdo, pues unos discuten que cada empresa debe coordinar a quien delega este trabajo, otros afirman que debe estar fijo y definido el cargo de la persona que va a ser el capturador. Y en este último punto todos comparten la idea de que el que esté a cargo de la herramienta debe tener un ojo clínico sobre el tema de seguridad.

Además definir a que empresa va a estar enfocado, pues es un seguimiento controlado. Y saber cómo se generan los procesos. También se sugiere que esta herramienta le ahorraría viajes tanto al prevencionista de obra como al administrador, cada vez que quiera hacer una inspección a terreno desde la oficina. La mayoría afirma que es un complemento a la labor del experto en obra, capataz o administrador, etc.

La mayoría de los expertos afirman que con este módulo, se sabrá el porqué de los accidentes. Es un registro claro e indiscutible de los problemas que puedan existir. Además que se tiene acceso inmediato a verificar el orden y aseo, que son elementos fundamentales en la seguridad en obra.

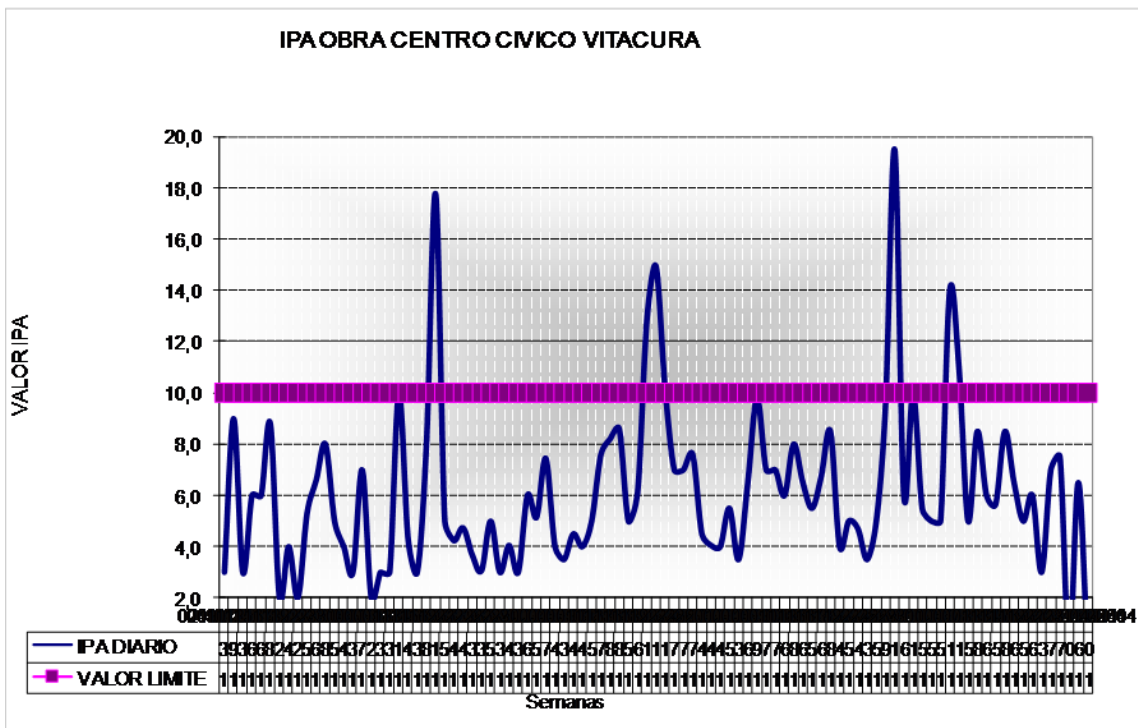
11.3. Planes de Seguridad en la Empresa (5S e IPA)

La empresa que posee la obra 1, emplea el método de las 5S como una filosofía de vida, en efecto existen carteles en obra que muestran y recuerdan este sistema:

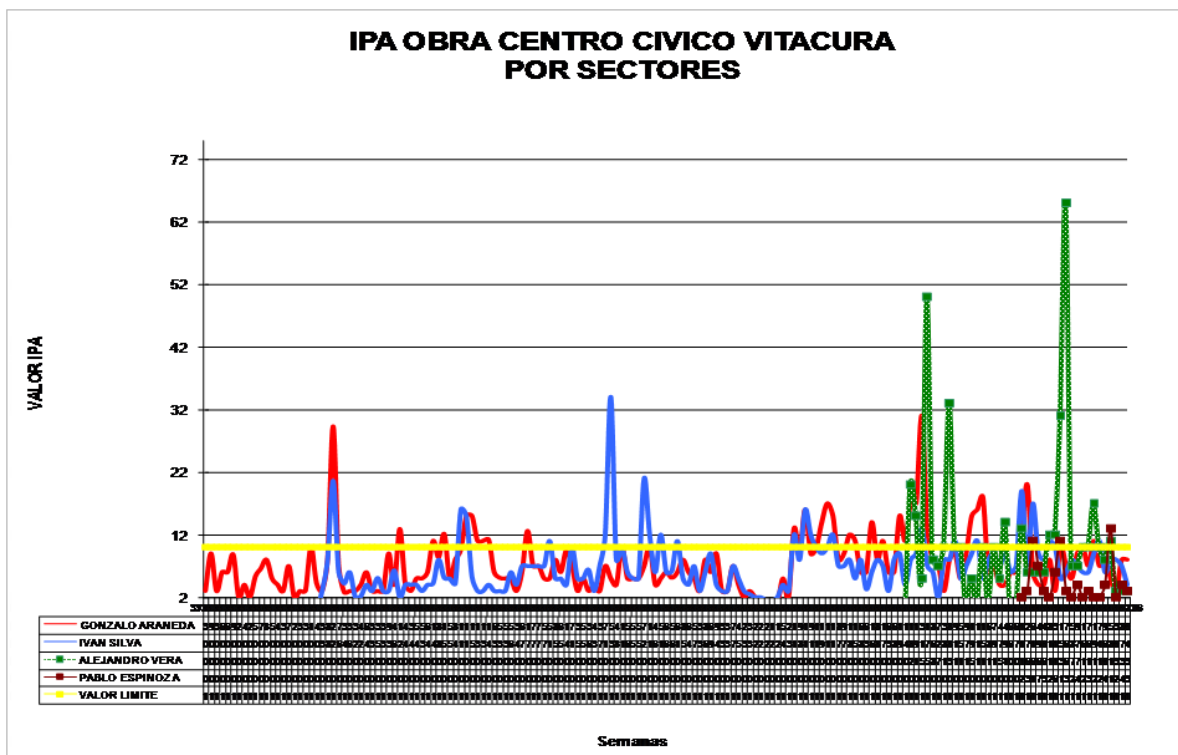


5S	Limpieza inicial	Optimización	Formalización	Perpetuidad
	1	2	3	4
Clasificar	Separar lo que es útil de lo inútil	Clasificar las cosas útiles	Revisar y establecer las reglas de orden	Estabilizar
Orden	Tirar lo que es inútil	Definir la manera de dar un orden a los objetos	Colocar a la vista las normas así definidas	Mantener
Limpieza	Limpiar las instalaciones	Localizar los lugares difíciles de limpiar y buscar solución	Buscar las causas de suciedad y poner remedio a las mismas	Mejorar
Mantener	Eliminar lo que no es higiénico	Determinar las zonas sucias	Implantar las gamas de limpieza	Evaluar (Auditoria 5S)
Disciplina	Acostumbrarse a aplicar las 5S en el equipo de trabajo y respetar los procedimientos en el lugar de trabajo			

En la empresa constructora donde inventaron el indicador IPA, poseen las estadísticas de cada obra, con un desglose por capataces encargados de los sectores y por lo tanto de los problemas que allí se encuentran.



Fuente: Presentación de resultados de indicador IPA, Priscilla Quintana



Fuente: Presentación de resultados de indicador IPA, Priscilla Quintana