



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

**Detección de Pérdidas Operacionales en la Construcción de Edificios de
Oficinas de más de 30.000 m² con Plantas Libres**
ANÁLISIS APLICADO A MONTAJES DE FACHADAS DE MURO CORTINA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ALVARO PATRICIO PÉREZ URIBE

PROFESOR GUÍA:
LUIS ALARCÓN CÁRDENAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
CARLOS AGUILERA GUTIÉRREZ
WILLIAM WRAGG LARCO

SANTIAGO DE CHILE
SEPTIEMBRE 2010

Resumen

Una de las actividades económicas más importantes en nuestro país es la construcción con una participación dentro del mercado cercana al 8% del Precio Interno Bruto (PIB) de Chile, brindando más de 600.000 puestos de trabajo, sin embargo es esta área la que presenta los mayores porcentajes de pérdidas, en especial en el sector operacional. Estudios recientes arrojan que la industria de la construcción es la actividad con los menores índices de productividad y se encuentra entre los rubros económicos que han crecido a una menor tasa durante la última década.

La visión de la filosofía *Lean Construction*, incentiva a los ingenieros del área de la construcción a reducir al mínimo estas pérdidas, tal como se ha llevado a cabo en las últimas décadas en la industria manufacturera, indagando desde el origen los motivos que provocan estas mermas, ya sea en plazos, materiales, mano de obra y equipos, aumentando considerablemente la productividad de los procesos llevados a cabo.

Es por esta razón que es necesario aplicar herramientas que permitan identificar las pérdidas y lograr mejorar los indicadores productivos de la industria de la construcción, en especial enfocarse en aquellas labores que han sido menos investigadas, como es el caso del montaje de fachadas livianas de muros cortina en edificios en altura, actividad que ha carecido durante los últimos años de grandes cambios, impidiendo que la industria mejore su competitividad.

El tema de memoria es desarrollado bajo la supervisión y el auspicio del Centro de Excelencia en Gestión de Producción (GEPUC) dependiente de la Universidad Católica entidad que entregó y facilitó al alumno las herramientas necesarias para que este se desarrollara íntegramente en la búsqueda de información. Además se contó con la colaboración de la empresa de diseño, fabricación y montaje de estructuras de aluminios y vidrios KBE S.A.

El objetivo primordial de este estudio fue aplicar en terreno una variada gama de herramientas de mediciones de productividad y que permitirán la captura de las fuentes de pérdidas que se presentan con mayor frecuencia durante el montaje de una fachada de muro cortina en edificios de oficina en altura, medir niveles de productividad de la industria y proponer soluciones a partir de los análisis efectuados.

*A mis padres, hermanas y mi amor Elizabeth,
que me dieron todo su apoyo y comprensión
durante mis años de estudios.*

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo debo agradecer al apoyo constante que me brindaron mis padres durante estos largos años de estudios, siempre dándome su palabra de aliento en momentos complicados, también agradezco la incondicionalidad de mi niña Elizabeth, que estuvo conmigo en mis alegrías y frustraciones, acompañándome en esta ardua carrera, que finalmente llega a su fin.

De igual manera debo dar mis más sinceros agradecimientos a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile por las grandes enseñanzas que me entregó durante mi vida universitaria, tanto enseñanza intelectual, como enseñanza de vida, que me permitió conocer a una gran cantidad de compañeros y amigos que hicieron de esta etapa fuese la más importante en mi vida, al Centro de Excelencia en Gestión de la Producción dependiente de la Pontificia Universidad Católica de Chile por permitirme realizar mi memoria para optar al título de Ingeniero Civil en el proyecto Echeverría Izquierdo, a su Director Don Luis Fernando Alarcón el cual me aconsejó y entregó siempre la ayuda que requerí a la empresa de diseño, fabricación y montaje de estructuras de aluminios y vidrios KBE S.A. Y en general a todas las personas de la oficina y de la obra que me ayudaron a recopilar la información necesaria para realizar el estudio.

A todos ustedes no me queda nada más que decir ¡MUCHAS GRACIAS!

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivos	1
1.1.1	Objetivo General.....	1
1.1.2	Objetivos Específicos.....	1
1.2	Descripción	2
1.3	Metodología	4
1.3.1	Metodología General.....	4
1.3.2	Descripción de la Metodología del Trabajo de Título.....	4
2	LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE.....	8
2.1	Historia y Descripción de la Industria de la Construcción.....	8
2.2	Productividad en la Construcción.....	9
2.2.1	Factores que Afectan la Productividad.....	15
2.2.2	Productividad de la Mano de Obra, de los Equipos y de los Materiales	19
2.2.2.1	Productividad de la Mano de Obra	20
2.2.2.2	Productividad de los Materiales y Equipos	23
2.3	Comparación entre la Industria de la Construcción y la Industria Manufacturera.	24
2.4	Montajes de Fachadas Livianas de Muros Cortina	28
2.4.1	Introducción.....	28
2.4.2	Características.....	30
2.4.3	Sistema de Instalación de Muros Cortina.....	30
2.4.3.1	Sistema <i>Stick</i>	30
2.4.3.2	Sistema <i>Frame</i>	31
2.4.4	Ventajas y Desventajas del uso de Fachada de Muro Cortina	31
2.4.5	Elementos y Componentes de un Muro Cortina Típico	32
2.4.6	Consideraciones para el Diseño de Fachadas de Muro Cortina.....	34
2.4.6.1	Introducción.....	34
2.4.6.2	Requisitos Técnicos	34
2.4.7	Secuencia de Instalación Tradicional.....	35
2.4.8	Errores más Comunes Durante la Instalación.....	36
3	<i>LEAN CONSTRUCTION</i> , “CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS”	37
3.1	Introducción	37
3.2	Comparación entre Construcción <i>Lean</i> y Construcción Típica.....	38

3.3	Objetivo de <i>Lean Construction</i>	40
4	HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS APLICADAS EN OBRA PARA MEDIR Y MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD.....	43
4.1	Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área de la Construcción	44
4.1.1	Entrevistas informales.....	44
4.1.2	Encuestas.....	47
4.1.2.1	Clasificación de causas	47
4.1.2.2	Clasificación de impactos.....	49
4.1.2.3	Clasificación de defectos en información.....	50
4.1.3	Análisis, Conclusiones y comentarios Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área 56	
4.2	Encuesta de Detección de Pérdidas en Obra	61
4.2.1	Descripción.....	61
4.2.2	Metodología de Aplicación	61
4.2.3	Resultados	63
4.2.4	Conclusiones y Comentarios Finales Encuesta de Detección de Pérdidas.....	72
4.3	Encuesta de Detenciones y Demoras	75
4.3.1	Descripción.....	75
4.3.2	Metodología de Aplicación	75
4.3.3	Instructivo “Encuesta de Detenciones y Demoras”	76
4.3.4	Ventajas y Desventajas	77
4.3.5	Aplicación en Terreno de la Encuesta de Detenciones y Demoras.....	77
4.3.5.1	Esperas y Detenciones más Importantes	78
4.3.5.2	Evolución Diaria de las Esperas y Detenciones.....	83
4.3.6	Conclusiones y Comentarios Finales	87
4.4	Carta de Balance de Recursos	90
4.4.1	Descripción.....	90
4.4.2	Metodología de Aplicación	91
4.4.3	Instructivo “Carta de Balance”	92
4.4.4	Ventajas y Desventajas	92
4.4.5	Resultados	93
4.4.6	Resumen	110
4.4.7	Conclusiones y comentarios	111
4.5	Análisis Conjunto de las Herramientas de Identificación de Fuentes de Pérdidas.....	118
5	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES	120

Bibliografía	126
Anexo A	131
Anexo B	134
Anexo C	137
Anexo D	144
Anexo E.....	151
Anexo F.....	153

Índice de Figuras

Figura 1-1. Esquema conceptual de producción <i>Lean</i> (Koskela, 1992).....	3
Figura 1-2. Esquema de la metodología que se aplicará.	5
Figura 2-1. Relación entre Eficiencia, Efectividad y Productividad (Serpell, 1997).....	10
Figura 2-2. Ejemplos de las tres categorías de niveles de actividad.	11
Figura 2-3. Factores que Afectan Negativamente la Productividad (Martínez, 1988).....	16
Figura 2-4. Diagrama de Causa-Efecto de baja productividad.	17
Figura 2-5. Distribución para el tiempo total de operación (Drewin, 1982).	19
Figura 3-1. Esquema conceptual de producción <i>Lean</i> (Koskela, 2000).....	37
Figura 4-1. Sistema de riel corredizo tradicional.....	115
Figura 4-2. Problema para colocar módulo de coronación mediante riel corredizo.	115
Figura 4-3. Sistema Viga Caballete para Instalación de Módulos	116
Figura 4-4. Vista en Planta de Sistema de Viga Caballete	116

Índice de Tablas

Tabla 2-1. Cuadro comparativo entre Industria Manufacturera y la Industria de la Construcción (Mardones, 1997).....	27
Tabla 3-1. Cuadro comparativo entre construcción típica y construcción lean.....	39
Tabla 4-1. Aclaraciones más Frecuentes Relacionadas al Diseño en Muro Cortina.....	45
Tabla 4-2. Aclaraciones más Importantes Relacionadas al Diseño en Muro Cortina.....	46
Tabla 4-3. Causas más Frecuentes que Generan Deficiencias en los Diseños.....	46
Tabla 4-4. Resultados Encuesta N°2, Relación entre Causas e Impactos en Interfaz Diseño- Construcción.....	55
Tabla 4-5. Comparación entre Montaje de Muro Cortina y Construcción de Edificación.....	56
Tabla 4-6. Factores de Multiplicación para Niveles de Importancia y de Frecuencia.....	57
Tabla 4-7. Resumen Horas – Hombre Pérdidas por Cuadrillas de Trabajo.....	78
Tabla 4-8. Resumen de Resultados Diarios para Cuadrilla N°1.....	83
Tabla 4-9. Resumen de Resultados Diarios para Cuadrilla N°2.....	84
Tabla 4-10. Resumen de Resultados Diarios Cuadrilla para Cuadrilla N°3.....	85
Tabla 4-11. Resumen de Resultados Diarios Cuadrilla para Cuadrilla N°4.....	86
Tabla 4-12. Formato Planilla Resumen de Niveles de Actividad y Coef. De Participación.....	93
Tabla 4-13. Rendimiento, Productividad y Velocidad Cuadrilla C. Balance N°1.....	98
Tabla 4-14. Nivel de Actividad y Coeficiente de Participación Carta de Balance N°1.....	98
Tabla 4-15. Rendimiento, Productividad y Velocidad Cuadrilla C. Balance N°2.....	102
Tabla 4-16. Nivel de Actividad y Coeficiente de Participación Carta de Balance N°2.....	102
Tabla 4-17. Rendimiento, Productividad y Velocidad Cuadrilla C. Balance N°3.....	105
Tabla 4-18. Nivel de Actividad y Coef. de Participación Carta de Balance N°3.....	105
Tabla 4-19. Rendimiento, Productividad y Velocidad Cuadrilla C. Balance N°4.....	109
Tabla 4-20. Nivel de Actividad y Coeficiente de Participación Carta de Balance N°4.....	109
Tabla 4-21. Tabla resumen de cartas de balance.....	110
Tabla 4-22. Niveles de actividad real, relativo y coeficiente de participación para obra Nueva Las Condes Torre 6 y Torre 8.....	111
Tabla 5-1. Niveles de Actividad Real, Relativo y Coeficiente de Participación.....	124

Índice de Gráficos

Gráfico 2-1. Nivel de actividad de producción del año 2004, CDT.....	12
Gráfico 2-2. Nivel de actividad de producción del año 2005, CDT.....	12
Gráfico 2-3. Nivel de actividad de producción entre 1990 y 1994 (Serpell, Venturi y Contreras, 1995).	13
Gráfico 2-4. Nivel de actividad de producción óptimo (Andrew Smith, 1987).....	14
Gráfico 2-5. Evolución de Tasa de Vacancia y Precios de arriendo desde 2005 (GPS, 2010).....	29
Gráfico 2-6. Stock disponible y precios de arriendo del Mercado de Oficinas (Paulina San Juan, 2010).	29
Gráfico 4-1. Frecuencia e Importancia de las Causas de Pérdidas en los Diseños	51
Gráfico 4-2. Frecuencia e Importancia de las Causas Ponderadas por Factores.....	52
Gráfico 4-3. Frecuencia e Importancia de los Impactos Generados por las Causas	53
Gráfico 4-4. Frecuencia e Importancia de los Impactos Ponderados por Factores	53
Gráfico 4-5. Frecuencia e Importancia de los Problemas de Información en el Diseño	54
Gráfico 4-6. Frecuencia e Importancia de Información Ponderada por Factores	54
Gráfico 4-7. Encuesta de Detección de Pérdidas, Pérdidas más Importantes.....	64
Gráfico 4-8. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Planificación.	65
Gráfico 4-9. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Control.....	65
Gráfico 4-10. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Organización.....	66
Gráfico 4-11. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Burocracia.....	66
Gráfico 4-12. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Materiales.	67
Gráfico 4-13. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Equipos.....	67
Gráfico 4-14. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Irresponsabilidad de M.O.	68
Gráfico 4-15. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Capacitación.....	68
Gráfico 4-16. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Información.....	69
Gráfico 4-17. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Motivación de M.O.	69
Gráfico 4-18. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Diseño.....	70
Gráfico 4-19. Fuentes de Pérdidas, Problemas del Mercado.....	70
Gráfico 4-20. Fuentes de Pérdidas, Problemas del Tipo de Proyecto.	71
Gráfico 4-21. Fuentes de Pérdidas, Problemas Propios de la Naturaleza.....	71
Gráfico 4-22. Frecuencia de los Problemas que se Presentan durante el Proceso Constructivo.	73
Gráfico 4-23. Gráfico de Pareto cuadrilla N°1	79
Gráfico 4-24. Gráfico de Pareto cuadrilla N°2	80
Gráfico 4-25. Gráfico de Pareto cuadrilla N°3	81
Gráfico 4-26. Gráfico de Pareto cuadrilla N°4	82
Gráfico 4-27. Evolución Diaria de Esperas y Detenciones Cuadrilla N°1.	83
Gráfico 4-28. Evolución Diaria de Esperas y Detenciones Cuadrilla N°2.	84
Gráfico 4-29. Evolución Diaria de Esperas y Detenciones Cuadrilla N°3.	85
Gráfico 4-30. Evolución diaria de esperas y detenciones cuadrilla N°4	86
Gráfico 4-31. Gráfico de Pareto acumulado de cuadrillas.....	87
Gráfico 4-32. Evolución Diaria de Detenciones y Pérdidas Acumulado 4 Cuadrillas.....	88
Gráfico 4-33. Carta de Balance N°1.....	95

Gráfico 4-34. Porcentajes de Tiempo de las Actividades C. Balance N°1	96
Gráfico 4-35. Distribución de Tiempo C. Balance N°1 según Nivel de Actividad.....	97
Gráfico 4-36. Carta de Balance N°2.....	99
Gráfico 4-37. Porcentajes de Tiempo de las Actividades C. Balance N°2	100
Gráfico 4-38. Distribución de Tiempo C. Balance N°2 según Nivel de Actividad.....	101
Gráfico 4-39. Carta de Balance N°3.....	103
Gráfico 4-40. Porcentajes de Tiempo de las Actividades C. Balance N°3	104
Gráfico 4-41. Distribución de Tiempo C. Balance N°3 según Nivel de Actividad.....	104
Gráfico 4-42. Carta de Balance N°4.....	107
Gráfico 4-43. Porcentajes de Tiempo de las Actividades C. Balance N°4	108
Gráfico 4-44. Distribución de Tiempo C. Balance N°4 según Nivel de Actividad.....	108
Gráfico 4-45. Niveles de actividad de producción para obra Nueva Las Condes Torre 6 y Torre 8 ...	110
Gráfico 5-1. Niveles de Actividad de Producción para Muros Cortina, 2010.....	124

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

El objetivo general de este trabajo de título es lograr identificar las pérdidas que se generan al no realizar una adecuada gestión operacional al momento de ejecutar el montaje de una fachada de muro cortina de una edificación en altura superior a los 30.000 m² de superficie para oficinas de planta libre, identificar las fuentes de pérdidas, relacionar las causas y las consecuencias y entregar sugerencias y soluciones a los problemas que se presentaron.

1.1.2 Objetivos Específicos

Recurrir a herramientas de análisis de operaciones y gestión como: Encuestas de Detección de pérdidas, Cartas de balance, Entrevistas y encuestas a profesionales del área y Encuesta de detenciones y demoras que permitirán identificar las fuentes de pérdidas más importantes y frecuentes, además de parámetros productivos de la industria.

1.2 Descripción

Este proyecto surge a partir de la necesidad de la empresa constructora Echeverría Izquierdo Ingeniería y Construcción por evaluar el impacto que tendría realizar una correcta gestión operacional en los procesos constructivos que se llevan a cabo en la construcción de una edificación en altura destinada a oficinas, lo que derivó finalmente en establecer que el montaje del muro cortina corresponde a la actividad que presenta los mayores porcentajes de pérdidas y que genera un mayor plazo para la entrega del proyecto, dado que el término del montaje del muro cortina determina el final del proyecto.

De la literatura se pueden extraer un sinnúmero de documentos, memorias de título y libros que hablan acerca de pérdidas en construcción, la mayoría enfocadas en obra gruesa. Las pérdidas se pueden desglosar y clasificar según su procedencia, incluso se estudian las relaciones que existen entre sí. Se consideran pérdidas aquellas actividades que no agregan valor, pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos en el proceso de producción (actividades de flujos) (Botero & Álvarez, 2003). Sin embargo las pérdidas generadas a partir del montaje de estructuras de muro cortina han sido muy poco estudiadas, este hecho se produce por ser una actividad desarrollada en general por sistemas muy mecanizados y establecidos internacionalmente (*Stick* y *Modulado*), no varían los procesos de colocación entre una obra y otra, sin embargo no existe una mayor especialización de las cuadrillas, otra causa, y tal vez la más importante, del por qué se han llevado a cabo pocas investigaciones con respecto al montaje de muro cortina es la génesis de los proyectos, las empresas del rubro deben adaptarse a las características propias de cada nueva obra, en la gran mayoría de (si es que no en todos) los proyectos deben realizarse modulaciones (fragmentación de las fachadas del edificio) de cristales de forma diferente a las realizadas en faenas anteriores, ya sea por requerimientos del arquitecto ó geometría del edificio, lo que genera entre otras pérdidas, descoordinaciones con el proveedor o tener que lidiar no sólo con un distribuidor de materias primas, sino que con varios, por no contar con una modulación de cristales estándar como es en otros países, y esto genera que las grandes empresas constructoras de nuestro país no inviertan en investigaciones que mejoren sus procesos constructivos.

La baja productividad, los malos estándares de calidad, los problemas de inseguridad industrial y las pobres condiciones de trabajo, han sido durante años características comunes en la mayoría de los proyectos constructivos. Desde el año 1993 grupos como el *Lean Construction Institute*, *International Group for Lean Construction*, conformados por académicos y profesionales del área de la construcción han implementado en algunos países del mundo con cierto éxito un nuevo referencial teórico para la construcción denominado “*Lean Construction*”. Esta filosofía intenta minimizar o eliminar todas aquellas fuentes de pérdidas de los procesos productivos (tiempos de espera, procesos innecesarios, recursos en exceso, etc). En “*Lean Construction*” las actividades de producción son

concebidas como flujos de materiales e información hacia el producto final (Figura 1-1), los que son controlados con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempo de ciclo (Alarcón & Campero, 2003).

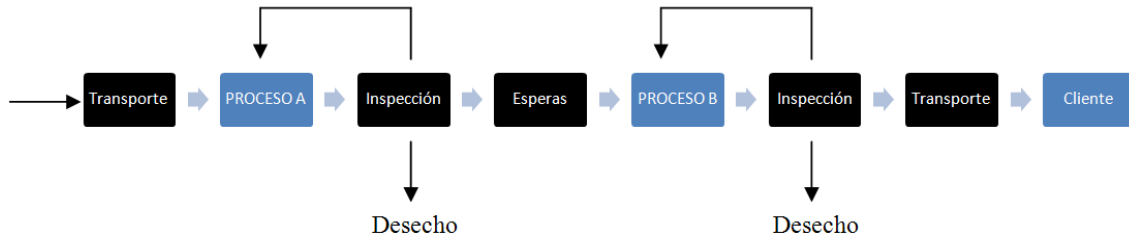


Figura 1-1. Esquema conceptual de producción *Lean* (Koskela, 1992).

La necesidad de mejorar los procesos y entregar al cliente o mandante un producto final, en menor tiempo, a un menor costo y con un mayor estándar de calidad, explica la visión de los nuevos profesionales que han aceptado los conceptos de *Lean Construction* en su proceso productivo, implementándolo en una serie de proyectos con relativo éxito, no obstante, aún queda un tramo amplio por recorrer, sobretodo inculcar las nociones de esta nueva filosofía en los encargados de las diferentes etapas del proceso constructivo, los que a la vez deben transmitirlo a sus subalternos, de manera tal que la estructuración del sistema de producción no se vea afectado por ninguna de las fases.

Es por las razones expuestas en los párrafos anteriores que es necesario contar con estudios e investigaciones que permitan desarrollar a corto o mediano plazo proyectos bajo el amparo de *Lean Construction*, pero como pasos previos, las investigaciones se deben enfocar en las partidas más importantes en una construcción, en particular, en el caso de la construcción de edificaciones en altura para uso de oficinas, es la obra gruesa y el montaje de muro cortina. En obra gruesa se han llevado a cabo estudios, se conocen niveles de actividad de producción y ya se han aplicado los conceptos *Lean*, sin embargo es en el montaje de la fachada del muro cortina donde no se conocen datos, ni parámetros productivos, por lo cual este Trabajo de Título se enfocará e intentará obtener antecedentes sobre la industria del muro cortina, mediante el uso de herramientas de identificación de pérdidas que se aplicarán en terreno.

1.3 Metodología

1.3.1 Metodología General

Este trabajo de título se desarrollará bajo el concepto de “Construcción sin Pérdidas” o “*Lean Construction*”, esta nueva filosofía comenzó a desarrollarse a inicios de los años 90 y deriva del concepto de “*Lean Production*” llevada a cabo en la industria manufacturera en los años 50, tras la Segunda Guerra Mundial, por la empresa automotriz Toyota en Japón.

Las revolucionarias ideas que sirven de base a esta nueva forma de construcción han evolucionado desde distintos puntos de partida, los términos “Control de Calidad Total”, eliminación de pérdidas por el método “Justo a Tiempo”, “Mejoramiento Continuo” e “Ingeniería Simultánea” describen distintos enfoques de implementación de estas ideas. La nueva filosofía promueve un mejoramiento continuo en los procesos productivos, a través de una reducción de “pérdidas” (tiempo, procesos innecesarios, recursos, etc.) y un incremento en “valor” (calidad, avance, productos terminados, etc.). (Alarcón, 1997).

Bajo estos conceptos se buscan identificar las fuentes de pérdidas más relevantes en el proceso constructivo de una fachada de muro cortina, la descripción de cómo se llevará a cabo esta investigación se presenta a continuación.

1.3.2 Descripción de la Metodología del Trabajo de Título

El avance de este trabajo se puede fraccionar en cinco etapas, estas son: Revisión bibliográfica, Recolección de información, Análisis de la información, Proposición de soluciones, finalizando con la elaboración de un documento que describa los problemas identificados, con sus respectivas sugerencias para evitar en el futuro que vuelvan a ocurrir y las buenas prácticas llevadas a cabo durante los meses de estudio.

En la Figura 1-2 se presenta un esquema del proceso que será llevado a cabo.

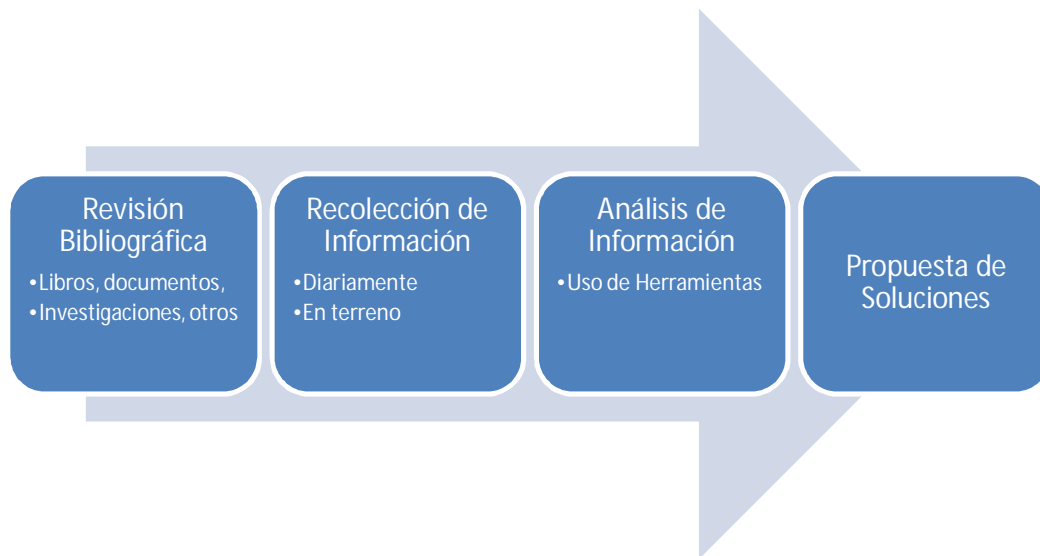


Figura 1-2. Esquema de la metodología que se aplicará.

i. Revisión Bibliográfica.

Esta primera etapa contempla la revisión de documentos, libros, memorias de títulos, presentaciones, manuales, normas y archivos en general que entreguen información relevante para poder realizar de la mejor manera este trabajo de título. Los tópicos principales a considerar son los relacionados a antecedentes de la industria de la construcción, en especial los documentos relacionados al montaje de muro cortina, información acerca de la filosofía “*Lean Construction*” y uso de herramientas de análisis de pérdidas y productividad en la construcción.

ii. Recolección y Análisis de Información.

Como etapa posterior a la investigación y desarrollo de ideas para generar los resultados, se procederá a la toma de datos en terreno, la cual se llevará a cabo diariamente por un periodo de cuatro meses en un par de edificios ubicados en la comuna de Las Condes, las Torres VI y VIII del proyecto de edificios de oficinas Nueva Las Condes, ubicado en Avenida Cerro El Plomo #5550, encargado por la Inmobiliaria Parque San Luis Uno S.A y construido por la empresa Echeverría Izquierdo Ingeniería y Construcción S.A..Cada edificio consta de 22 pisos, 9 subterráneos y se encuentran unidos mediante 8 puentes en el lado sur, la geometría de las torres es idéntica, tanto en planta como en elevación, en el Anexo A se muestran los croquis arquitectónicos de los edificios.

Estos edificios fueron escogidos por el alumno memorista por tratarse de un gran desafío ingenieril dentro del montaje del muro cortina al ser dos edificios independientes pero a la vez solidarios al estar conectados por puentes, entregando como resultado una especial arquitectura y diseño que hacen de este proyecto el más importante desarrollado durante el periodo de investigación dentro del país.

La recolección de información diaria se forjará aplicando herramientas de captación y análisis de pérdidas, además de la inspección visual en terreno de los procesos constructivos y la recaudación de documentos en obra que sean de real utilidad para el desarrollo del trabajo investigativo.

La clasificación de pérdidas que se estableció, es la clasificación de pérdidas de la Industria Manufacturera planteada por Shingo & Prossl, la cual especifica los distintos ítems de pérdidas que se pueden hallar.

1. Pérdidas por sobreproducción.
2. Pérdidas por espera.
3. Pérdidas por transporte.
4. Pérdidas por movimiento.
5. Pérdidas por inventarios.
6. Pérdidas por operaciones.
7. Pérdidas por defectos.
8. Pérdidas por tiempo.
9. Pérdidas por personas.
10. Pérdidas por papeleo.

A partir de esta clasificación se recopila la información necesaria en terreno para identificar las pérdidas que se generan al realizar el montaje de la fachada de muro cortina, se prepara una lista con éstas pérdidas y se encasillan en alguna de las clasificaciones preliminarmente establecidas por Shingo & Prossl. La metodología de obtención de pérdidas es por medio de planillas de encuestas y entrevistas (Encuesta de Detección de Pérdidas, Encuesta de Detenciones y Demoras y Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área) que se describirán más adelante en el Capítulo 4.

Mediante herramientas de medición de desempeño en terreno como Cartas de Balances de Recursos se pretende demostrar las ineficiencias dentro de las cuadrillas de trabajo y describir el método usado (Alarcón, 2001). En el Capítulo 4 se abarcará con mayor detalle el uso de esta útil herramienta.

Otra manera de detectar posibles pérdidas en los procesos productivos es mediante la inspección visual en terreno, ya que muchas veces las herramientas antes mencionadas no logran capturar la

totalidad de las fuentes de pérdidas generadas, además sirve como complemento para poder explicar las pérdidas identificadas mediante las herramientas.

iii. Proposición de Soluciones

Como paso posterior a la captura de información y a los análisis correspondientes, se procederá a buscar y sugerir soluciones a los problemas y fuentes de pérdidas identificadas mediante las herramientas de aplicación en terreno e inspección visual.

Lo primordial de las soluciones que se planteen es que sea viable efectuarlas en obras posteriores, tanto técnica, como económicamente, además que sugieran una mejora real con respecto a la situación anterior.

De igual manera se establecerán una vez realizados los análisis correspondientes, parámetros productivos correspondientes a la industria del montaje de fachadas livianas de muros cortina.

2 LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE

El objetivo de este capítulo es destacar y detallar las principales características de la industria de la construcción en Chile y describir el entorno que rodea a esta actividad económica, dándole un especial énfasis al montaje de fachadas de muro cortina para edificaciones en altura.

2.1 Historia y Descripción de la Industria de la Construcción.

La construcción como actividad económica en Chile ha tenido un progreso sostenido a través del tiempo, en sus orígenes la construcción era bastante rudimentaria, dejando de lado la calidad del producto final y de los materiales utilizados, se puede definir la calidad en la construcción como el conjunto de las propiedades y características de la edificación, que le confieren la aptitud de satisfacer tanto los requerimientos expresamente estipulados en reglamentos, planos y especificaciones técnicas, como también los requerimientos implícitos, propios de las reglas del arte y de las buenas prácticas profesionales, que aseguran, en definitiva una adecuada respuesta a las necesidades habitacionales de los usuarios. (Comisión, 1992).

Hasta hace algunas décadas, los niveles de productividad eran aún más bajos que los que se presentan hoy en día, la razón de esto se explica por la alta dependencia a la mano de obra no calificada; sin embargo, en el presente muchos procesos se encuentran automatizados, dejando de lado la dependencia a la habilidad del trabajador, además se tiene una mejor planificación de las obras, proceso que se ejercía con muy poca frecuencia o en muchas ocasiones, no se llevaba a cabo en el pasado. Alarcón definió la productividad de la siguiente manera. Se puede definir la productividad como la relación entre los insumos que entran a un sistema productivo y los productos que salen del sistema, expresados preferentemente en términos físicos. La productividad se puede medir con respecto a los insumos agregados o respecto a algunas componentes en particular como el tiempo, la mano de obra, los materiales o los equipos. (Alarcón, 1997).

Muchos académicos y profesionales describen la industria de la construcción como una de las actividades preponderantes durante nuestra historia y que es considerada la llave para lograr ser un país desarrollado en las próximas décadas, más aún con los graves sucesos ocurridos en febrero de 2010, donde el terremoto causó innumerables daños constructivos en casas, edificios, obras civiles, puertos, carreteras y daños irrecuperables en el patrimonio de Chile y donde nuevamente la construcción pondrá de pie al país, tal como lo describe Tucker: la industria de la construcción ha sido y será el motor que conduce al progreso de nuestra sociedad. La salud, prosperidad y competitividad de cualquier sociedad han estado históricamente ligadas a la construcción. (Tucker, 1996).

2.2 Productividad en la Construcción.

La productividad en la construcción es la variable de desempeño más estudiada durante el último tiempo, dado que constituye el principal problema de gestión en la construcción. Una definición de productividad es la entregada por la revista BIT en el año 2001, en su artículo Índice de Productividad en la Construcción: Mito o Realidad; Por productividad debemos entender la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Por otra parte Allmon señala que los recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros insumos como la tierra, energía, materias primas e incluso, la información, por lo tanto se puede concluir que una productividad mayor significa hacer más con lo mismo con menos capital, trabajo y tierra (Allmon, 2000).

El mejoramiento de la productividad se visualiza a medida que se genera un incremento de la producción por hora-trabajo o por tiempo gastado, donde el capital humano cumple un rol fundamental en la productividad, siéndole asignado por muchos autores, el rol protagónico dentro del desarrollo industrial, incluso sobre el capital y la tecnología, recursos que pueden ser desperdiciados si no existen personas idóneas y capaces de dirigirlos y utilizarlos de la mejor manera.

La productividad también se puede definir de manera más simple, como una medición de la eficiencia (buena utilización de los recursos) con que los recursos son administrados para completar un producto específico dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. Entonces se puede concluir que, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad (cumplimiento de las metas deseadas), ya que de nada sirve producir muchos metros cuadrados de muros de albañilería si estos presentan serios problemas de calidad (Serpell, 1997). En la Figura 2-1 se indica la relación entre eficiencia, efectividad y productividad.

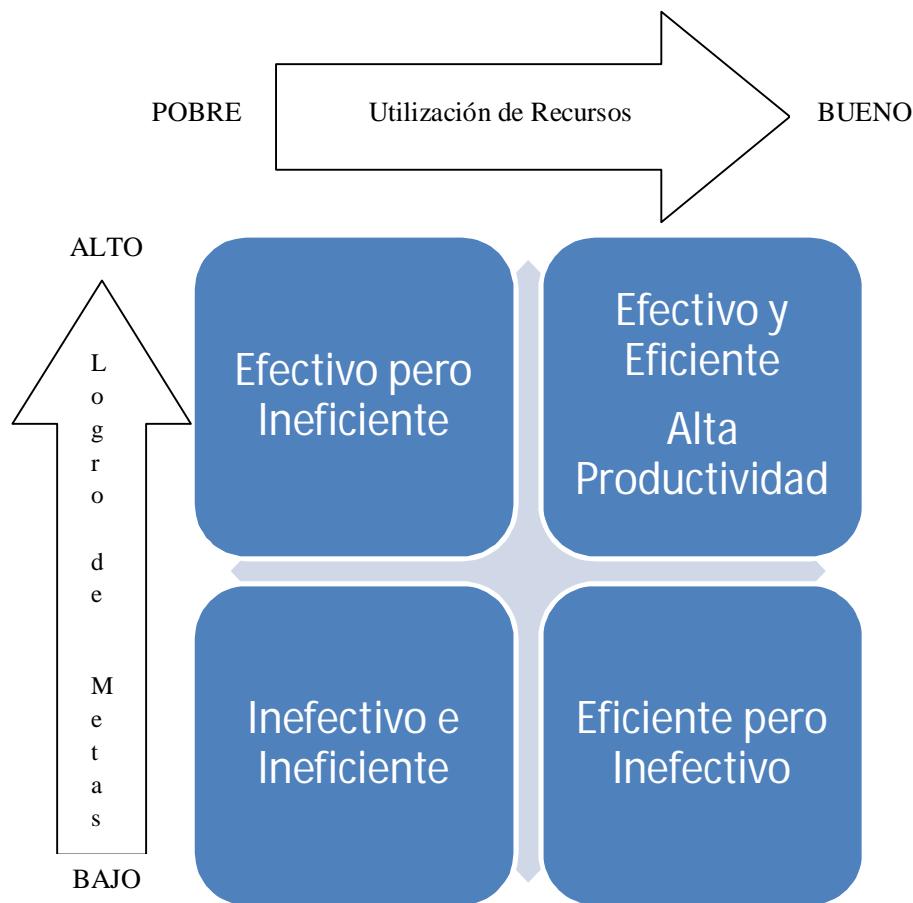


Figura 2-1. Relación entre Eficiencia, Efectividad y Productividad (Serpell, 1997)

Los altos índices de desocupación laboral, el profundo y generalizado sentir de las sociedades que deben realizar grandes esfuerzos por mantenerse y desarrollarse, y la constante necesidad de competir en calidad y precio para conservarse en el mercado, induce a preocuparse con mayor esmero e intensidad en la productividad como el motor que permite generar una mayor competitividad, la que surge como una condición sustancial para el desarrollo social y económico de una sociedad.

Incrementando la productividad en la construcción, se mejora intrínsecamente la competitividad global de la industria lo que produce efectos positivos potenciales en los demás sectores económicos y sociales, tanto por la mayor cantidad de empleos que se generan como por el crecimiento país del cual ha estado ligado históricamente el rubro de la construcción.

La Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) dependiente de la Cámara Chilena de la Construcción ha realizado desde el año 2003 una serie de estudios y mediciones de los niveles de

actividad, los niveles de actividad se definen como la dedicación del tiempo de trabajo de acuerdo a una clasificación preestablecida.

Para la medición de niveles de actividad en la construcción es usual que se consideren tres categorías de trabajo (Alarcón, 2001):

- A. **Trabajo Productivo:** Trabajo que aporta en forma directa a la producción.
- B. **Trabajo Contributorio:** Actividades necesarias para que pueda ejecutarse el trabajo productivo.
- C. **Trabajo No Contributorio:** Cualquier actividad que no corresponde a las categorías anteriores.

Sólo el trabajo productivo agrega valor al producto final, A continuación se muestran ejemplos de acciones de las tres categorías de niveles de actividad.

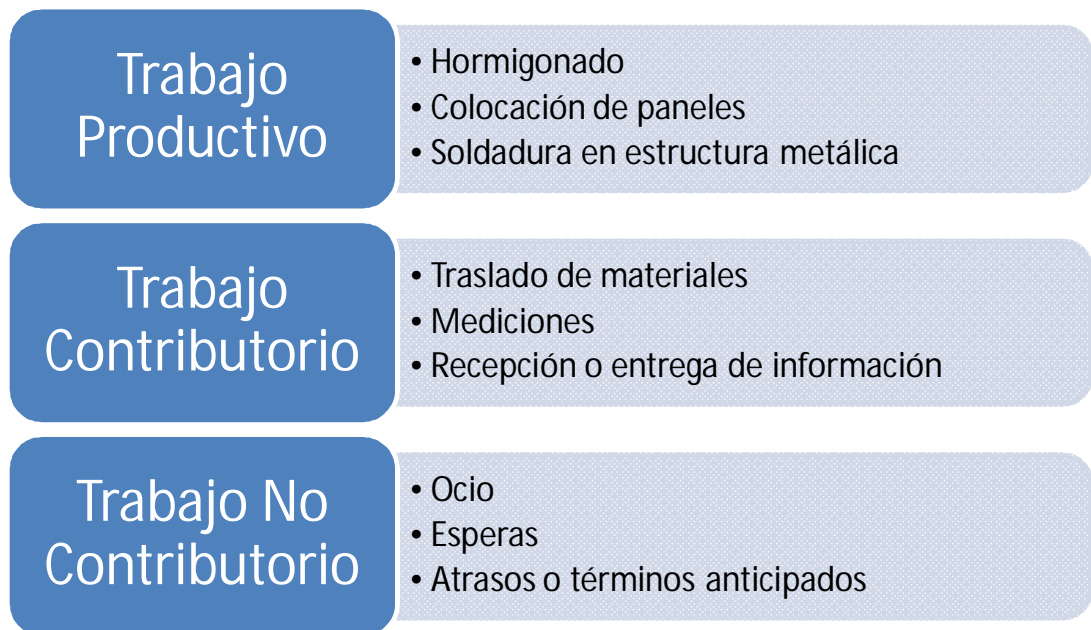


Figura 2-2. Ejemplos de las tres categorías de niveles de actividad.

Durante el año 2004 las mediciones en 16 proyectos muestreados entregan los siguientes resultados.

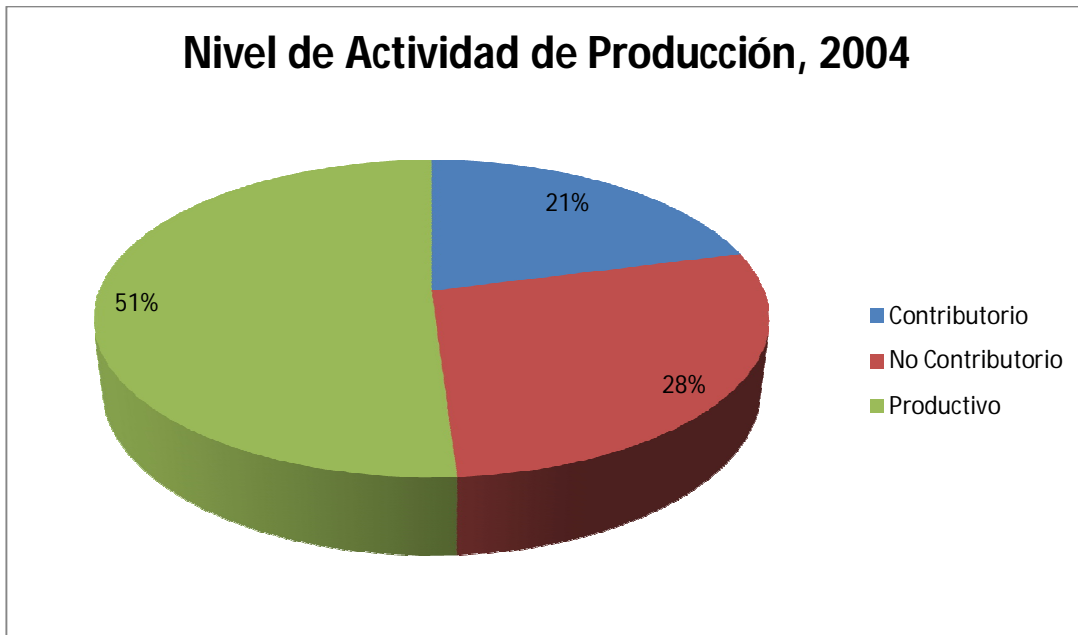


Gráfico 2-1. Nivel de actividad de producción del año 2004, CDT.

Y un año después, el año 2005 se obtuvieron los siguientes resultados en los estudios realizados a 15 proyectos de edificaciones en altura.

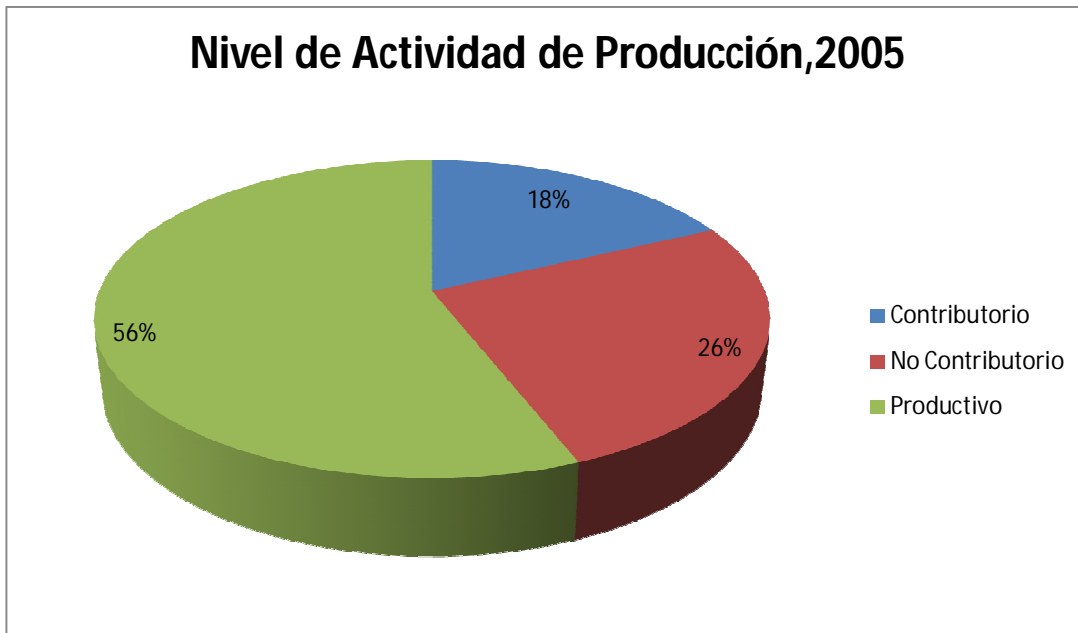


Gráfico 2-2. Nivel de actividad de producción del año 2005, CDT.

Por otra parte se tienen estudios llevados a cabo por el Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile en obra de edificación en altura en la Región Metropolitana, entre el año 1990 hasta el año 1994, arrojando el siguiente resultado (Serpell, Venturi y Contreras, 1995):

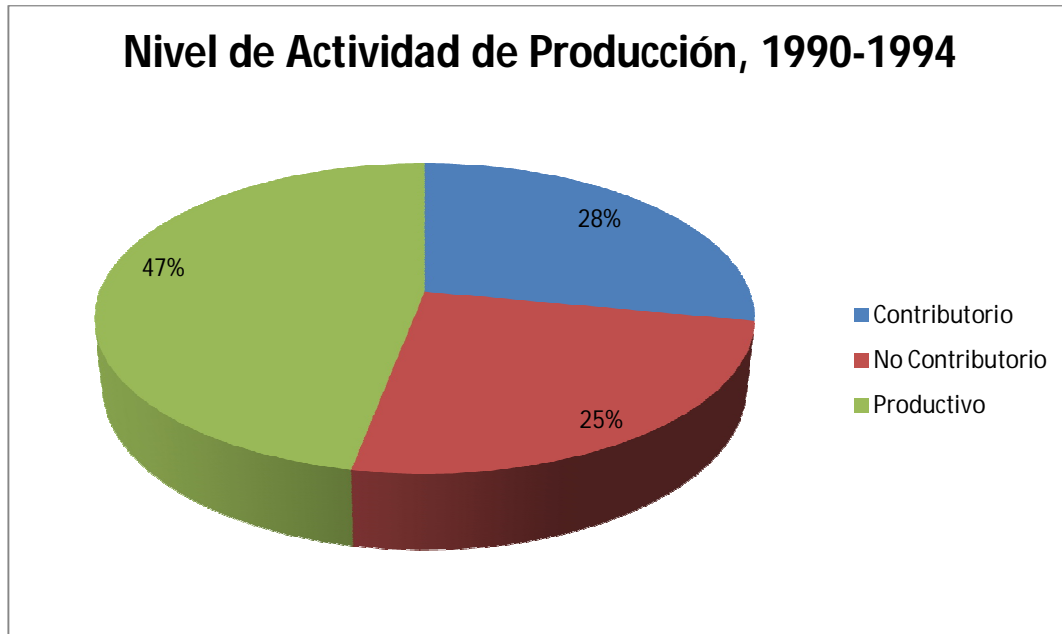


Gráfico 2-3. Nivel de actividad de producción entre 1990 y 1994 (Serpell, Venturi y Contreras, 1995).

De los tres gráficos se observa una clara tendencia a aumentar el porcentaje de trabajo productivo, sin embargo el porcentaje de trabajo no contributorio se mantiene prácticamente constante, lo que impulsa a las nuevas generaciones a mejorar este nivel considerando que constituye un cuarto de la jornada laboral. Según Andrew Smith en su publicación *“Increasing Onsite Production”*, los niveles de actividad óptimos en edificaciones son los siguientes:

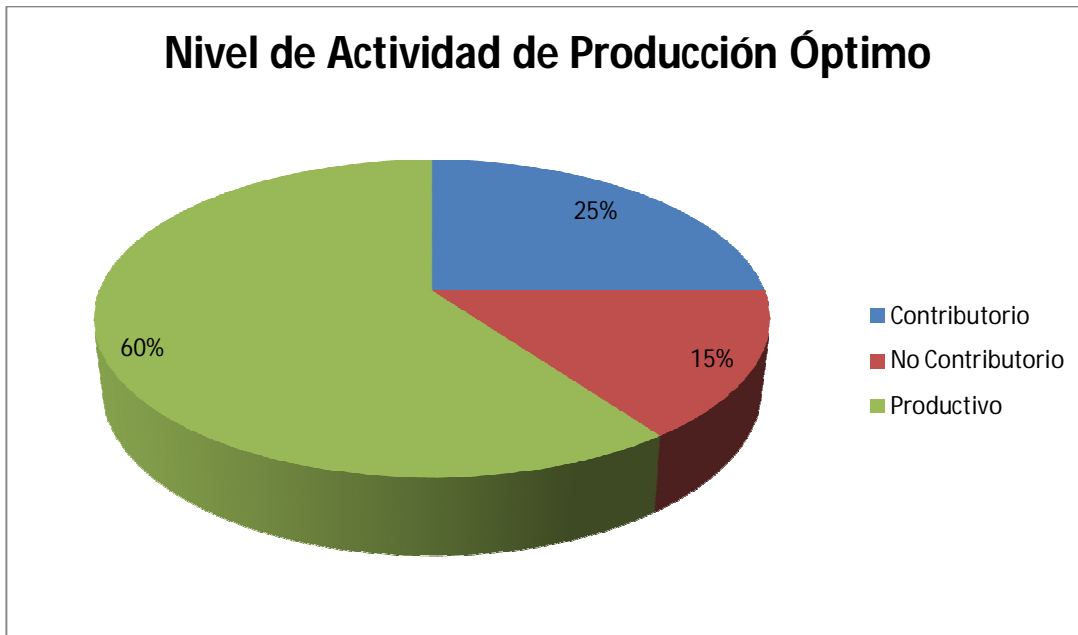


Gráfico 2-4. Nivel de actividad de producción óptimo (Andrew Smith, 1987).

Por lo cual se deben buscar las mejoras necesarias que permitan disminuir ese 10% de trabajo no contributorio que impide lograr un nivel de actividad de producción óptimo.

Dada la incipiente necesidad de mejorar la productividad en la construcción es que las grandes empresas han debido mejorar variados aspectos dentro de su cadena de procesos. Entre las reformas que han llevado a cabo las empresas del rubro de la construcción se puede mencionar: la calidad de las materias primas que utilizan, la calidad del producto final que entregan al cliente, también han tenido que mejorar aspectos legales y reglamentarios que tienen que ver con la seguridad y la dignidad de los trabajadores, capacitaciones y adiestramientos a trabajos con más especialización y por último un aspecto que ha estado en boga en las empresas constructoras; la innovación, tanto en tecnologías, como en procesos, donde se ha notado un alza considerable en la inversión para investigar la productividad de los diversos agentes que participan en los procesos productivos, y así lograr identificar las pérdidas que se generan y poder disminuirlas o eliminarlas por completo, lo que representa el espíritu de este trabajo de título.

2.2.1 Factores que Afectan la Productividad

En construcción existe una serie de factores que afectan la productividad, Serpell planteó en el año 1986, la siguiente lista con 22 de factores que él consideró más importantes (Serpell, 1986):

1. Uso de sobretiempo programado durante un largo periodo de tiempo.
2. Errores y omisiones en los planos y especificaciones.
3. Exceso de modificaciones del proyecto durante la ejecución de la obra.
4. Diseños muy complejos y/o incompletos.
5. Agrupamientos de muchos trabajadores en espacios reducidos.
6. Falta de una supervisión adecuada.
7. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea, impidiendo la especialización y el aprendizaje.
8. Ubicación inapropiada de los materiales y las bodegas en general.
9. Temperatura o clima adverso en la zona.
10. Mala o escasa iluminación cuando se necesita.
11. Niveles de agua subterránea muy superficial.
12. Falta de materiales cuando se necesitan.
13. Falta de equipos y herramientas cuando se necesitan.
14. Materiales, equipos y herramientas inadecuados.
15. Alta tasa de accidentes en la obra.
16. Disponibilidad limitada de la mano de obra adecuada.
17. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.
18. Ineficiencia en la toma de decisiones.
19. Ubicación de la obra en un lugar de difícil acceso.
20. Exigencias excesivas de control de calidad.
21. Interrupciones no controladas.
22. Características de tamaño, ubicación y duración de la obra, poco motivadoras para el personal.

Los factores que afectan la productividad se pueden agrupar en tres subconjuntos según Martínez y Alarcón (Martínez, 1988), estos son: ineficiencia, baja moral de la mano de obra y retrasos en los avances, en la Figura 2-3 se presenta el esquema de los factores que actúan negativamente en la productividad.

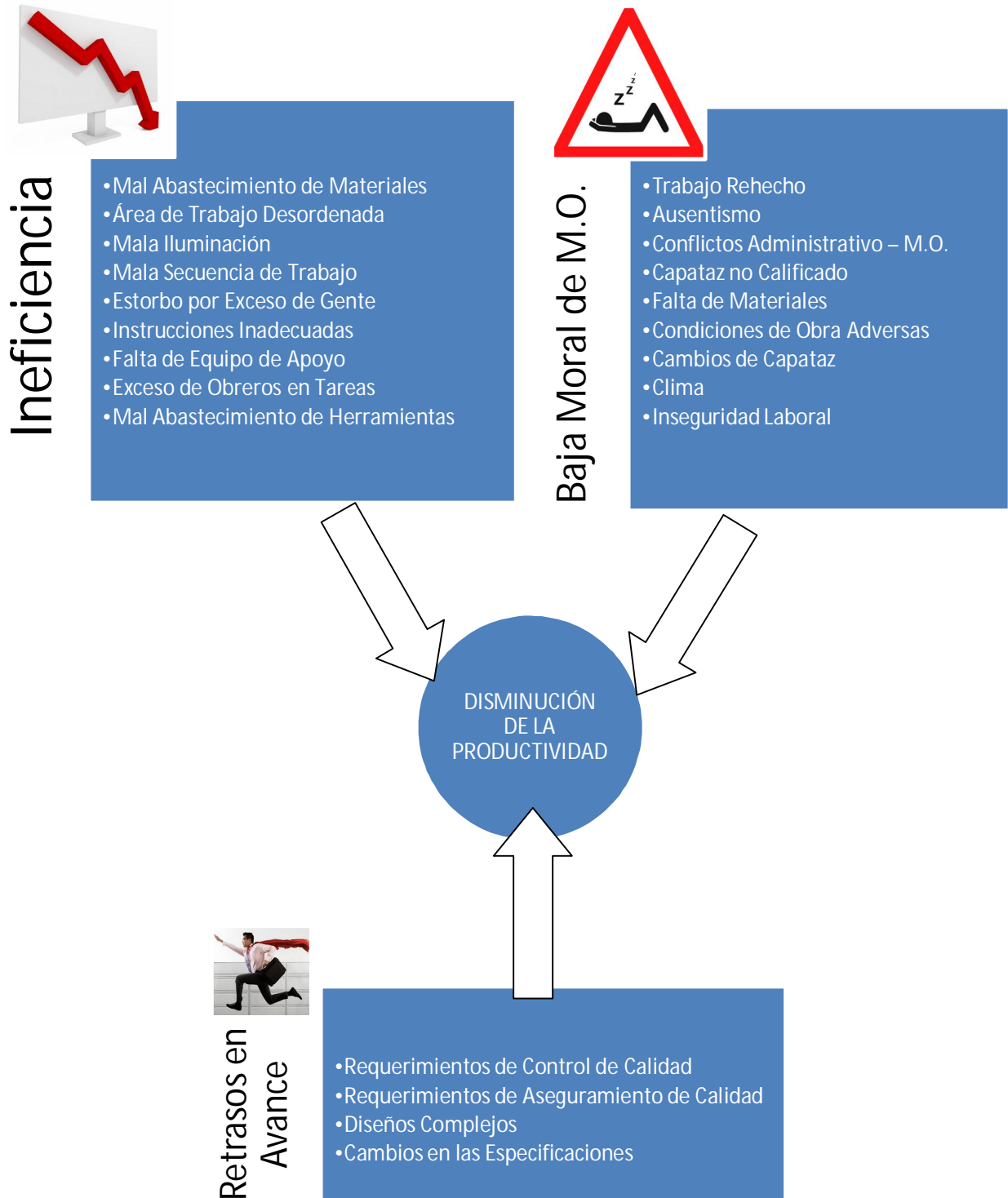


Figura 2-3. Factores que Afectan Negativamente la Productividad (Martínez, 1988).

Otro estudio sobre las causas que afectan la productividad en construcción fue el desarrollado por Pablo Acevedo en el año 1991, en la Figura 2-4 se muestra un diagrama de causa efecto que generan una baja productividad. (Acevedo, 1991).

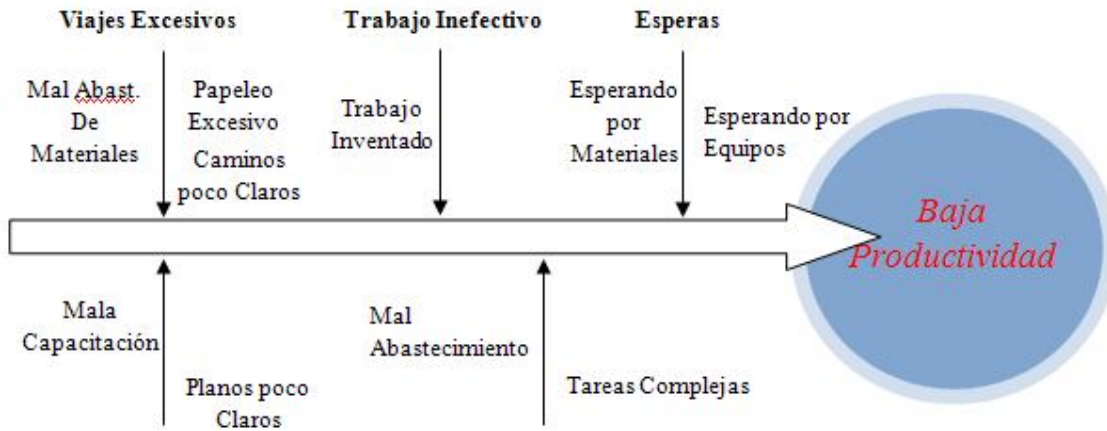


Figura 2-4. Diagrama de Causa-Efecto de baja productividad.

Por último la Oficina Internacional del Trabajo plantea una distribución para el tiempo total de operación, la que se presenta en la Figura 2-5 (Drewin, 1982). El contenido básico de trabajo "A" corresponde al tiempo que es necesario invertir (en Horas Hombre u Horas Máquina), para obtener un determinado resultado o llevar a cabo una operación u obtener una unidad de producción, este tiempo es irreducible. Las externalidades "B" son los tiempos referidos a situaciones inevitables tales como clima y situaciones con los proveedores. El objetivo es que el tiempo de "A" más el de "B" sean el total del tiempo de operación. El contenido de trabajo "C" son las deficiencias en los diseños y/o en las especificaciones técnicas; existen una serie de causas que generan estas deficiencias, las que se pueden clasificar en:

- C.1.** Descoordinaciones entre participantes del proyecto, lo que no permite aprovechar métodos más eficientes.
- C.2.** Poco aprovechamiento de la especialización y la normalización, lo que genera el fraccionamiento de las operaciones y trabajo artesanal.
- C.3.** Normas poco compatibles con la realidad.
- C.4.** Diseño contempla altos niveles de pérdidas de materiales.
- C.5.** Debido a la falta de rigurosidad en el diseño se generan interrupciones, discontinuidades.
- C.6.** Falta de estudios en las especificaciones técnicas, falta condiciones de inspección, transporte y almacenamiento.

El contenido de trabajo “D” se refiere a métodos ineficientes de construcción, las causas pueden ser equipos, máquinas y herramientas no adecuadas; existencia de movimientos innecesarios de materiales y pérdidas de tiempo y energía por parte del obrero. Debido a las deficiencias de la administración se generan tiempos improductivos clasificados en el recuadro “E”, alguna de las causas son: mala planificación del trabajo, mal abastecimiento de materiales, mala conservación de instalaciones, maquinarias y equipos, malas condiciones de trabajo, falta de prevención de riesgo, alta frecuencia de accidentes, desfinanciamiento por malos sistemas de presupuestos, inversiones excesivas en materiales e instalaciones en relación con la velocidad de avance, mala utilización de herramientas, desaprovechamiento de mano de obra por interrupciones en las operaciones y cantidades inadecuadas, mayores costos en gastos generales y gastos financieros por extensión de plazos, falta de normalización, defectuoso abastecimiento de materiales provoca tiempo de espera y carencia de adecuadas condiciones de higiene, seguridad y buenas condiciones de trabajo en general. Por último los tiempos improductivos “F” debido al trabajador son causados por: ausencia, retrasos, inactividad, labor descuidada y accidentes.

Undurraga plantea los rangos de porcentajes en función de las pérdidas de tiempo durante la etapa de construcción en países latinoamericanos.

- “C” Deficiencias en los Diseños: 20% - 25%.
- “D” Métodos Ineficientes: 20% - 25%.
- “E” Administración Deficiente: 30%.
- “F” Imputables al Trabajador: 10% - 15%.

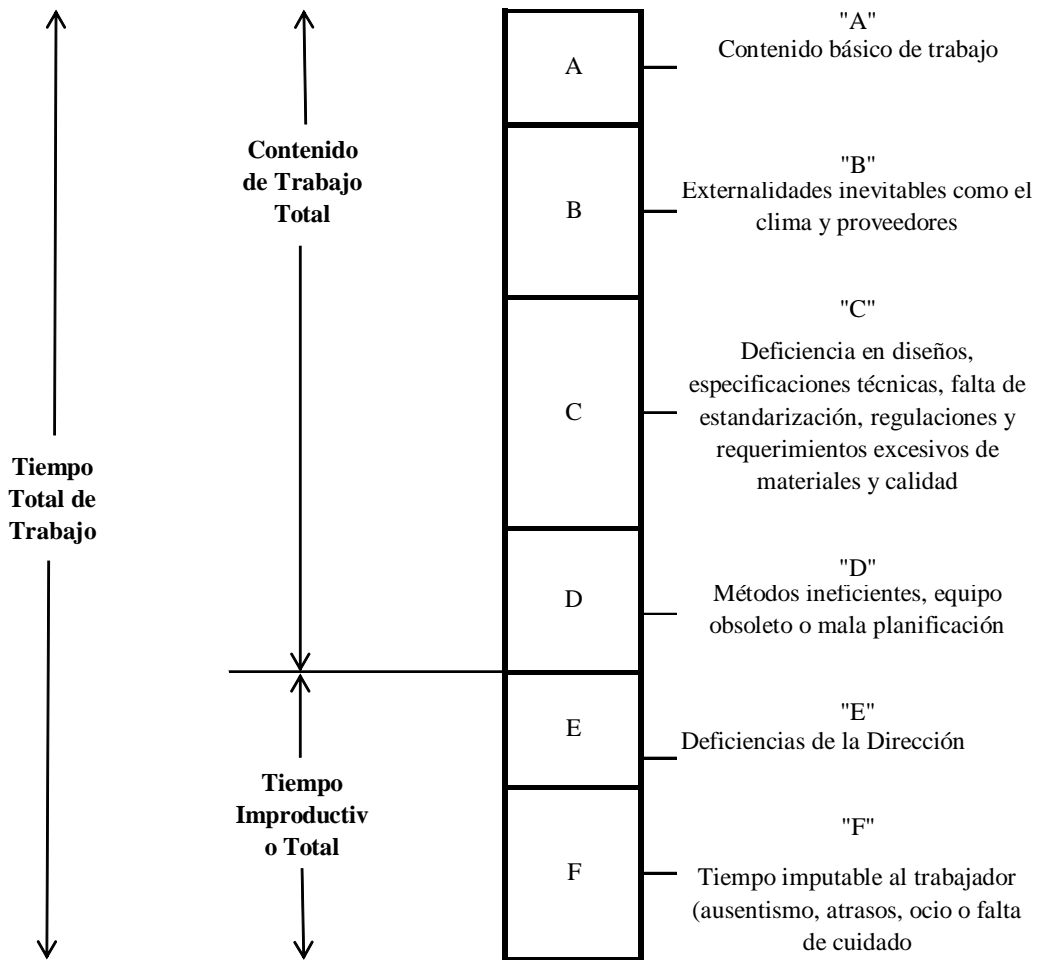


Figura 2-5. Distribución para el tiempo total de operación (Drewin, 1982).

2.2.2 Productividad de la Mano de Obra, de los Equipos y de los Materiales

La productividad se puede asociar a los diferentes actores que participan en la etapa de construcción como son la mano de obra, equipos y materiales, que corresponden a los recursos e insumos utilizados para producir un determinado bien, en el caso de la construcción en Chile, la mano de obra es el recurso más importante, sin embargo son los materiales los recursos más empleados en la construcción en Chile, los porcentajes de utilización de recursos son un 39% para la mano de obra, un 47% para los materiales y un 15% para los equipos según un estudio elaborado por la Cámara Chilena de la Construcción en el año 2004.

2.2.2.1 Productividad de la Mano de Obra

Martínez, Verbal y Serpell efectuaron un estudio en el cual analizaron los problemas de productividad en la mano de obra, el estudio se llevó a cabo en una serie de proyectos de construcción. Para las diferentes categorías se proponen y estudian diferentes causas (Martínez, 1990).

1. Viajes excesivos:

Causas:

- Mal diseño de las instalaciones de faena. Esta situación es muy seria cuando la topografía del terreno es complicada o cuando el espacio disponible es pequeño, pues produce dificultades de acceso, fallas en la seguridad o distancias muy largas para el transporte. Todo lo anterior implica viajes excesivos y por lo tanto, tiempo improductivo.
- Problemas de aprovisionamiento de materiales. Esto sucede principalmente por tres razones: el funcionamiento de la bodega, los medios disponibles para los capataces para transportar los pedidos y la administración de los sistemas de distribución. Todo lo anterior significa que los maestros dedican gran parte de su tiempo a la labor contributiva del transporte y no a lo netamente productivo.
- Rutas poco claras. Se persigue enfrentar el problema que significa que el trazado de las rutas en las obras se modifique constantemente producto del avance que esta tiene. Como consecuencia se pierde tiempo buscando la nueva ruta de tránsito, lo que puede solucionarse con una mejor señalización, que cambie junto con el avance.
- Instrucciones poco claras. Este problema, presente en todos los niveles de la organización, provoca viajes extras para aclarar las instrucciones. La solución pasa por mejorar el sistema de comunicación, mediante el aseguramiento de que la persona comprendió correctamente la instrucción.

2. Esperas y detenciones:

Causas:

- Planificación a corto plazo inexistente. La carencia de un plan diario de trabajo provoca detenciones debidas a la falta de materiales, al desconocimiento de la labor que debe realizarse, cambios imprevistos en la zona de trabajo, etc.
- Métodos de trabajo inadecuados. El procedimiento de trabajo, o una cuadrilla de trabajo desbalanceada provocan una gran cantidad de tiempos muertos. La solución pasa por una planificación adecuada de las operaciones que se desarrollan. Se pone especial énfasis en las

operaciones más relevantes, mediante el estudio de rendimientos y muestreo del trabajo que identifiquen a tiempo posibles ineficiencias.

- Accidentes. Los accidentes son una fuente importante de demoras. En este estudio se producía un accidente cada hora, el cual debe entenderse inicialmente, implica reposo y finalmente, una atención posterior. El autor propone que los accidentes se deben en un 80% a acciones inseguras y en un 20% a condiciones inseguras.
- Conflictos laborales. Un mal manejo de las relaciones laborales provoca paros. Se requiere que los profesionales a cargo de las obras estén capacitados en el manejo de conflictos, negociaciones y legislación laboral. También es importante conocer continuamente el grado de satisfacción que tiene el personal con su trabajo.
- Chequeo deficiente del trabajo previo. La correcta ejecución de cada labor, en calidad y plazo, depende estrechamente de la calidad del trabajo previo. Para evitar demoras por reparaciones en las operaciones previas se recomienda usar un sistema de chequeo a la entrega de la actividad previa.
- Coordinación entre cuadrillas. Con el ingreso de subcontratistas en la etapa de terminaciones, este problema se agrava. El autor propone implantar planes de corto plazo, pero también planificar las labores de terminaciones e instalaciones.
- Espera de equipos y materiales. El caso de la grúa torre es el más crítico. Una planificación a corto plazo de los transportes que esta máquina debe realizar, permite utilizar con mayor eficiencia el tiempo de la grúa que a veces sólo llega al 52%.
- Espera de materiales. El problema puede ser interno o externo. Si es interno, la causa puede estar en un mal sistema de aprovisionamiento. Si es externo, el autor sugiere que es poco lo que se puede hacer más allá de conocer constantemente el comportamiento del mercado para intentar prevenir problemas.
- Traslados a otras áreas de trabajo. Consiste en que el personal debe trasladarse a otros frentes de trabajo, producto de una mala planificación diaria, falta de ritmicidad en la labor y la no consideración de estos traslados en la planificación.
- Comienzos tardíos y términos tempranos. El no cumplimiento de la programación en cuanto a las fechas de inicio y término de las actividades, provoca desajustes que redundan en esperas o detenciones.
- Esperas por instrucciones. Las instrucciones deben ser consideradas como un recurso más de la cuadrilla de trabajo. Para prevenir inconvenientes, el autor propone instaurar un sistema que permita la información oportuna, poniendo especial énfasis en la responsabilidad que le cabe a cada nivel de la organización en el cumplimiento de esta tarea.

3. Trabajos inefectivos:

Causas:

- Trabajo inventado. Es habitual que se asigne personal a labores innecesarias o que se asigne más personal del necesario. La razón se debe al intento de la administración de mantener ocupada a la mano de obra permanentemente. Lo anterior distorsiona los datos de rendimiento y oculta situaciones que provocan esperas. El autor propone crear un programa de acciones alternativas, incorporando en la planificación de corto plazo y de esta manera aprovechar efectivamente los tiempos no productivos.

4. Trabajo rehecho:

Causas:

- Cambios en los diseños y en los planos. El autor propone establecer un sistema de revisión de planos antes de que se ejecute el proyecto, ya que una vez que esta etapa comienza es poco lo que se puede hacer.
- Mala calidad del trabajo. Este punto tiene tres causas principales: carencia de supervisión, malas condiciones de trabajo y fatiga de los trabajadores.

5. Trabajo lento:

Causas:

- Fatiga. La fatiga física como mental influyen importantemente en el rendimiento de los obreros. La prevención de este problema pasa por evitar al máximo el uso de sobretiempo en la planificación.
- Hora del día y día de la semana. Temprano en la mañana, antes y después de almuerzo y al final de la jornada, así como los lunes y viernes, la productividad de la mano de obra se reduce considerablemente. Es necesario evitar programar actividades importantes en esos momentos.
- Conflictos laborales. Como alternativa al paro, los trabajadores pueden bajar intencionalmente su rendimiento como una forma de protesta o de presión. Las medidas a tomar son las mismas presentadas en el problema número dos.
- Equipos y herramientas obsoletas. Es necesario incorporar nueva tecnología, con los respectivos gastos en capacitación, como una forma de aumentar el rendimiento de los operarios.

- **Motivación.** Para mejorar la motivación del personal se deben tocar puntos como la comunicación, pagos de tratos como incentivo económico y la relación del obrero con su jefe directo.

Las cinco clasificaciones de problemas se efectuaron a partir de la clasificación de Borcharding realizado en 1981. El estudio plantea un modelo cualitativo que identifica causas de improductividad en proyectos de construcción grandes y complejos. (Borcharding, 1981). Las cinco causas son.

- **Traslado,**
- **Esperas,**
- **Trabajo inefectivo,**
- **Trabajo rehecho y**
- **Trabajo lento**

2.2.2.2 Productividad de los Materiales y Equipos

Para los equipos y los materiales; los mismos autores del análisis llevado a cabo en mano de obra estudian las causas de los problemas de productividad que se generan, de los cuales se expondrán sólo dos problemas.

1. Mala utilización de Recursos

Causas:

- **Desconocimiento técnico.** La capacitación de obreros y capataces es una manera poco costosa de alcanzar beneficios producto de un mejor uso de los materiales, las herramientas y los equipos.
- **Mala planificación del uso de recursos.** La carencia de planes de abastecimiento de corto plazo implica que los materiales lleguen tarde y en cantidad y calidad insuficiente. Es necesario poner especial énfasis en lo oportuno de los pedidos.

2. Desconocimiento del uso de Recursos

Causas:

- Sistemas inadecuados de control de recursos. La mayoría de los sistemas de control adecuados para los materiales y el equipo implementados en obra son poco eficientes. La solución pasa por hacer seguimiento a las principales partidas y usar programas computacionales especializados en la administración de materiales.

Por último Contreras y Venturi (Contreras, 1995), presentan una clasificación para las pérdidas de materiales basados en un estudio de Skoyles desarrollado en 1979.

1. Pérdidas directas: Pérdida completa de material.
2. Pérdidas indirectas: Se dividen en cuatro categorías:
 - Sustitución: Si los materiales se usan para fines diferentes a los que fueron comprados.
 - Uso de producción: Derroche de material para producir cierto elemento.
 - Negligencia: Material extra necesario para cumplir con el diseño producto de errores del contratista.
 - Externas: Material extra necesario, pero por razones externas al contratista.

2.3 Comparación entre la Industria de la Construcción y la Industria Manufacturera.

Entre la industria manufacturera tradicional y la construcción existen diferencias tanto de hecho como de forma, la primera ha conseguido grandes avances dado que se logra un exhaustivo control de los procesos productivos, los cuales son hoy en día por lo general automatizados, dejando muy poco margen a la variabilidad. La construcción por otro lado no ha logrado encaminarse en este concepto de producción, principalmente porque depende mucho de la mano de obra y por que los procesos son diferentes unos de otros. Sin embargo durante los últimos años se han desarrollado metodologías que permiten el conocimiento profundo de los procesos, un mayor control de la calidad del producto final y de los materiales utilizados, logrando que una serie de empresas constructoras sean evaluadas mediante estándares reconocidos internacionalmente, como ocurre con la certificación ISO9001 por ejemplo.

Serpell planteó en su libro "*Gestión Productiva en la Construcción*" las diferencias entre ambas industrias productivas. (Serpell, 1992)

1. El sistema de organización dentro de la industria es lineal, jerárquica, estable y con mínimas contingencias. En cambio la construcción, presenta una organización de tipo matricial, de fuerte integración lateral y extremadamente variable en el tiempo.
2. La producción en la industria, se realiza en masa, es de carácter cíclico, basada en estudios de mercado y destinado a compradores anónimos. En la construcción, el producto es uno solo que se lleva a cabo dado los exclusivos intereses del cliente.
3. El producto que se obtiene en la industria es, por lo general, pequeño, transportable y barato. El producto de la construcción, como se sabe, es grande, inamovible y caro.
4. El ciclo de producción en la industria es corto mientras que en construcción es largo.
5. El financiamiento en la industria se realiza comúnmente, mediante préstamos de corto plazo con ventas que se efectúan después de la fabricación. En construcción, el financiamiento proviene principalmente del cliente mediante préstamos hipotecarios y con ventas que en ciertas oportunidades, se efectúan antes de la construcción.
6. La competencia la fija, en últimos términos, el cliente en el caso de la industria. En construcción, la competencia se desarrolla en las licitaciones públicas o privadas, esto es de relativa importancia, puesto que una vez que una empresa se adjudica una propuesta, se termina la competencia directa de otras empresas constructoras, lo que va en desmedro del estímulo que existe en la etapa de materialización de la obra, al no sentirse la presión de la competencia, lo que ocasionara una baja en la productividad del proceso.
7. Los programas de administración y de presupuesto para el caso de la industria son confiables y de poca variación en el tiempo, lo que conlleva a que se pueda hacer un buen control de la calidad. En cambio en construcción, el control de la calidad resulta ser deficiente, debido al continuo incumplimiento de los programas administrativos y de presupuesto, es decir, el autocontrol en la construcción es muchas veces deficiente.
8. La mano de obra en la industria, es permanente y con asignaciones de trabajo, por lo general, fijas que inciden en un buen resultado de efectividad en el proceso. En construcción se tiene el problema que el personal es, por lo común, de carácter temporal (lo que implica, una alta rotación) y de mucha variabilidad de funciones dentro de la obra, por lo que no se pueden esperar resultados muy alentadores en cuanto a hacer más productivo el trabajo. Esto es posible de revertir con sistemas de programación que aseguren una velocidad continua de los procesos.
9. El trabajo dentro de la industria, es comúnmente seguro al encontrarse en un medio relativamente protegido. La seguridad en construcción, es generalmente más baja al tener que trabajarse en entornos que presentan mayores riesgos.

10. En la industria se trabaja en un entorno protegido del clima, siendo aprovechable esta situación para la acumulación de inventarios en caso de presentarse problemas externos. El entorno de trabajo en construcción, es muy susceptible a las variaciones climáticas, y a los atrasos de entrega de materiales.
11. La ubicación para la mayoría de las industrias, se encuentran en las periferias urbanas pudiendo ser de fácil acceso para la mano de obra, los materiales y los equipos. En construcción, la situación puede ser de carácter similar a la anterior, pero también están los casos en que la obra se localiza en zonas lejanas, de difícil acceso, tal es el caso de los proyectos de construcción pesada como los de la minería.
12. Para el caso de tener que efectuarse nuevas operaciones en la industria los equipos y herramientas se adaptan para facilitar la elaboración del nuevo producto. En el caso de la construcción, prácticamente todo es nuevo, empezando por el espacio físico que ocupará la nueva obra, así como las fuentes de personal, de proveedores, de materiales y maquinarias, etc.
13. La administración en la industria se ha basado en estudios de mayor carácter científico y donde se utilizan métodos de precedencia. En construcción la administración, por lo general, se basa en decisiones basadas en juicios personales y por la experiencia de los que la administran.
14. El trabajo en la industria de la construcción se caracteriza porque demanda una gran cantidad de esfuerzo físico de la mano de obra. En relación con lo anterior, hay estudios que demuestran que la construcción es la rama económica con mayor número de accidentes, superando incluso a la manufacturera y a la minería. (Serpell, 1991)
15. A las características anteriores mencionadas por Serpell, se debe agregar que en la construcción, la participación organizada de los trabajadores es prácticamente nula, a diferencia de la industria manufacturera donde es más común observar los llamados círculos de calidad. (Undurraga, 1996)
16. Además el proceso industrial tiene como característica ser seriado, en contraposición con las persistentes discontinuidades operacionales en las obras de construcción llevan a un trabajo artesanal.

Como forma de resumir lo anteriormente expuesto, se presenta en la Tabla 2-1 un cuadro comparativo entre la industria manufacturera y la industria de la construcción.

Tabla 2-1. Cuadro comparativo entre Industria Manufacturera y la Industria de la Construcción (Mardones, 1997).

ÍTEM	MANUFACTURA	CONSTRUCCIÓN
Organización	Lineal, jerárquica y estable	Matricial, variables en el tiempo
Producción	En masa de carácter cíclico, basada en estudios de mercado para compradores anónimos	Producto único, bajo los intereses del cliente
Producto	Generalmente es pequeño, transportable y barato	Grande, inamovible y caro
Ciclo de Producción	Corto	Largo
Financiamiento	Préstamos de corto plazo, con ventas después de la fabricación	Préstamos hipotecarios, con ventas antes de la construcción
Competencia	La fija el cliente	Sólo existe hasta que se adjudica la propuesta
Programa de Adm. y Presupuesto	Confiables y de poca variabilidad en el tiempo, existe un buen autocontrol	Deficiente, continuos incumplimientos de los programas, mal autocontrol
Mano de Obra	Permanente y asignaciones de trabajo fijas	De carácter temporal y de mucha variabilidad de funciones
Seguridad	Alta	Baja
Entorno	Protegido del clima, permite acumulación de inventarios	Muy susceptible a las condiciones climáticas y atrasos en la entrega de materiales
Ubicación	Periferias urbanas de fácil acceso	Similar a la industria manufacturera o en zonas de difícil acceso
Nuevas Operaciones	Los equipos y herramientas se adaptan rápidamente	Todo es nuevo empezando desde el lugar físico donde se emplaza la obra
Administración	Basada en un carácter científico y se utilizan métodos de precedencia	Decisiones basadas en juicios personales y experiencias de quienes administran
Esfuerzo Físico	Pequeño	Grande
Participación de Trab.	Existen los círculos de calidad	Casi nula
Proceso Operacional	Seriado	Artesanal

2.4 Montajes de Fachadas Livianas de Muros Cortina

2.4.1 Introducción

Se define como muro cortina a una fachada integral liviana formadas por una estructura metálica portante, que logra cerrar exteriormente un edificio, fabricada generalmente en aluminio anodizado fijada por anclajes o apoyos de acero y donde se insertan paños de vidrio, placas opacadas de aluminio u otros revestimientos que gravitan sobre la estructura resistente y que sólo logran su objetivo si se realiza una correcta instalación. El concepto de muro cortina indica que la fachada pasa por delante de los elementos estructurales, suspendidos sobre ellos y que permite crear una envolvente, entregándole una fisonomía y una serie de singularidades únicas al edificio.

El desarrollo de la inversión en nuevos espacios urbanos de oficinas ha cambiado considerablemente el rostro de las ciudades, concentrando en algunos sectores verdaderos centros neurálgicos que permiten crear polos donde se lleva a cabo la economía regional, La nueva visión arquitectónica sugiere no sólo construir edificios cada vez más elevados, sino que generen un valor simbólico y una imagen a su ubicación, el mercado de oficinas a crecido a pasos agigantados haciendo que la disponibilidad de oficinas en Santiago sea cada vez más escasa. A finales del año 2007, el stock de oficinas de primer nivel o tipo A (más de 300 metros cuadrados de planta libre y con importantes equipamientos) alcanzaba los 1.242.616 m², de los cuales cerca de 10.000 m² se encuentran disponibles, es decir, había una tasa de vacancia del 0,8% aproximadamente, en ese año fue la primera vez que la tasa de vacancia llegaba a un valor menor al 1%, en el Gráfico 2-5 se muestra el desarrollo del mercado de arriendos de oficinas en edificios, con respecto al precio y a la tasa de vacancia durante los últimos 5 años divididos en cuatrimestres. El stock disponible actualmente corresponde a 78 edificios ubicados en Santiago Centro y en el sector oriente de la capital, en el Gráfico 2-6 se muestra el stock y el precio en UF/m² de arriendo del mercado de oficinas (Paulina San Juan, 2010).

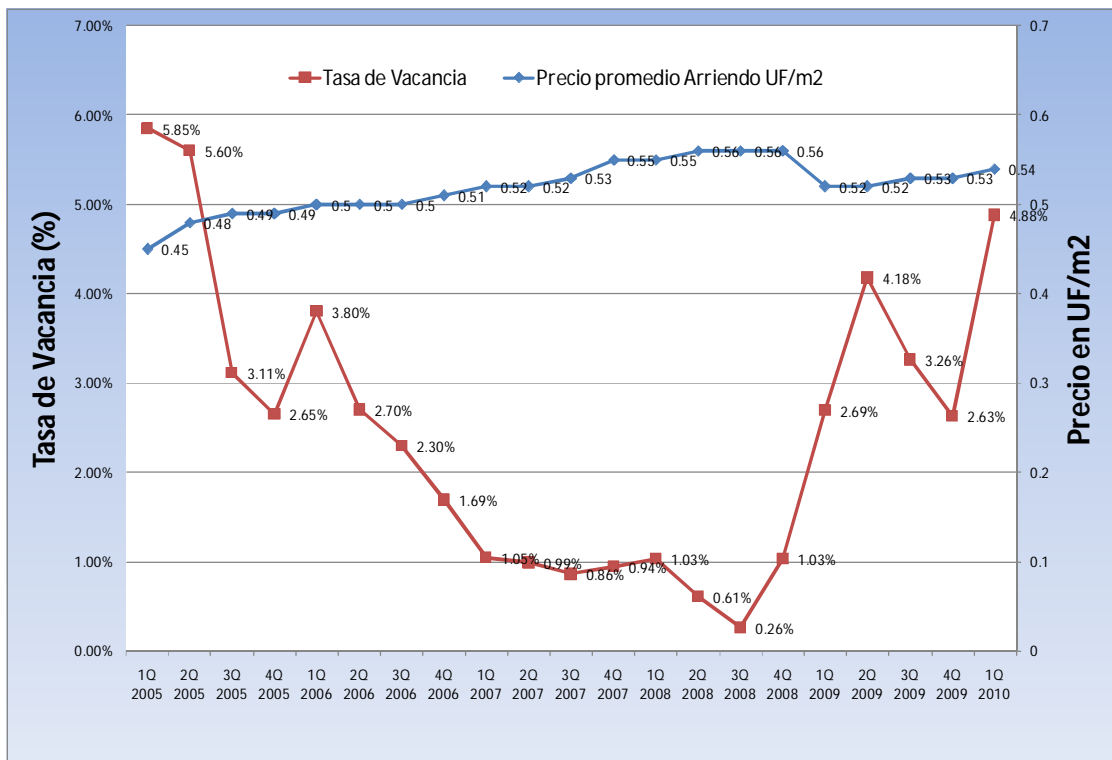


Gráfico 2-5. Evolución de Tasa de Vacancia y Precios de arriendo desde 2005 (GPS, 2010).

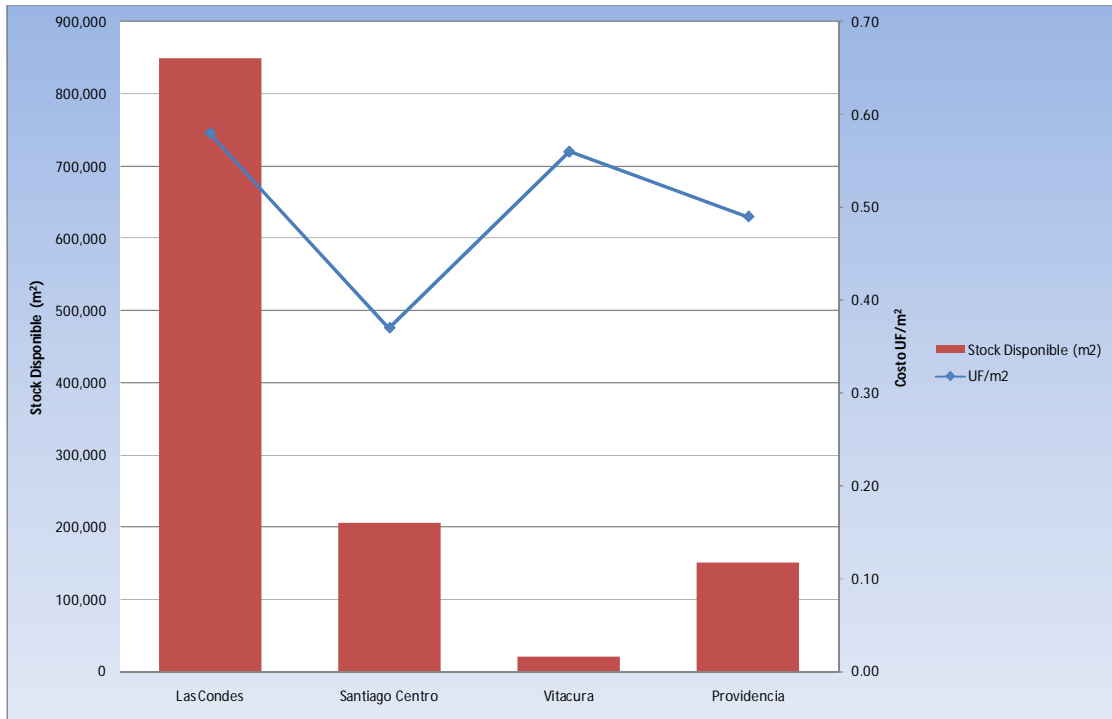


Gráfico 2-6. Stock disponible y precios de arriendo del Mercado de Oficinas (Paulina San Juan, 2010).

2.4.2 Características

Las características más importantes de fachadas de muro cortina se pueden asociar a los siguientes conceptos (CDT, 2008):

- **Liviandad:** En general no superan los 100 Kg/m² y no sobrecargan a la estructura principal de hormigón, como por ejemplo, los paneles pre moldeados o la mampostería. Así, colaboran a reducir el peso propio del edificio.
- **Rapidez de Ejecución:** La fachada liviana es como un gran mecano, lo que posibilita que una obra sea ejecutada más rápidamente que una obra tradicional, ya que estas son pre armadas en la fábrica y montadas en la obra.
- **Concepto de Envolvente:** El curvado de perfiles y cristales, la incorporación de techos y cubiertas vidriadas permiten crear una envolvente única y con esto una imagen para el edificio.
- **Concepto Modular:** Conceptos como módulo, prefabricación e industrialización son fundamentales en estos sistemas. Las tolerancias de los componentes deben ser consideradas para no incurrir en errores que encarecen la obra con paños de ajuste y soluciones especiales que además en algunos casos, le restan valor estético al edificio.

Los dos sistemas de colocación más conocidos son el *stick* y el *frame* o modulado, aunque también existen sistemas que combinan ambos métodos de colocación.

2.4.3 Sistema de Instalación de Muros Cortina

2.4.3.1 Sistema *Stick*

El sistema *stick* es método de kit armado en obra y la disposición de sus elementos es la siguiente, la estructura interior consta de montantes (columnas unidas por travesaños) creando la retícula auto portante donde posteriormente se fijarán los elementos ligeros del cerramiento, en general, las columnas se colocan de arriba hacia abajo y los paños y travesaños de abajo hacia arriba, cuidando muy bien el plomo de sistema con respecto a la estructura. El acristalamiento del elemento se lleva a cabo por el exterior, adhiriéndose mediante silicona estructural al módulo por un perfil bastidor de aluminio que actúa como marco. El proceso de acristalamiento se ejecuta en planta siguiendo una serie de normas y controles de calidad, pero la instalación de la retícula se realiza en terreno antes del acristalamiento.

Este sistema requiere continuos controles de obra y permiten una mayor flexibilidad, lo que constituye muchas veces una ventaja, además permite hasta doble altura y tiene un mayor porcentaje de transparencia.

2.4.3.2 Sistema *Frame*

Los paneles auto portantes tipo *frame* son elaborados en fábrica y luego son llevados a obra con todos los elementos ya adheridos, por lo que al momento de montarlos en obra, las fachadas quedan totalmente terminadas, con una gran rapidez. Al igual que en el sistema *stick*, el acristalamiento se encuentra pegado al módulo bastidor de aluminio unido mediante silicona estructural. Otra ventaja del sistema *frame* adicional al corto tiempo de colocación, en comparación al método *stick*, es que admite movimientos en dos dimensiones ya sea por temperatura, sismos o desplazamientos de losas, sin perder sus características, además la instalación puede hacerse tanto desde el interior del edificio como desde el exterior y por último el control de calidad se efectúa en el taller de fabricación.

2.4.4 Ventajas y Desventajas del uso de Fachada de Muro Cortina

Si se compara el uso de fachadas de muro cortina con las fachadas tradicionales se pueden encontrar las siguientes ventajas y desventajas (CDT, 2008):

A. Ventajas

- Mejor control de aislamiento térmico.
- Ganancia de energía solar en invierno con la posibilidad de reducir las cargas de calefacción.
- Ahorro energético en climatización y refrigeración.
- Posibilidad de aumentar su durabilidad.
- Permite ventilación natural en los edificios de altura.
- Control de aislamiento acústico.
- Mayor confort para el interior.
- Control de iluminación interior.
- Participación y contacto de las vistas del exterior
- Control de vistas para observar sin ser vistos.
- Reducción de uso de iluminación artificial. El aumento de la luminosidad natural puede aumentar hasta un 90%.

B. Desventajas

- Alta complejidad técnica para soluciones particulares requiere de mayor información, desde el fiscalizador hasta el constructor.
- Todas las fachadas son prototipos pero deben ser controladas con métodos estándar.
- Mayor peso y esfuerzos estructurales sobretodo en voladizos y en las dobles pieles.
- Riesgo de sobrecalentamiento especialmente en verano por falla del sistema o mal uso.
- Mayores costos de mantenimiento, por ende mayor riesgo de deterioro visual y estructural.
- Riesgos de puentes acústicos en vertical y en horizontal (por mullions).
- Riesgo de condensación de las pieles exteriores.
- Necesidad de medidas adicionales de protección al fuego y humo.
- Mayor plazo de estudios y ensayos para una correcta utilización.
- No existen soluciones estandarizadas debido a la gran cantidad de variables.

2.4.5 Elementos y Componentes de un Muro Cortina Típico

Entre los elementos que se utilizan comúnmente en la construcción de un muro cortina, destacan elementos estructurales, como son los mullions y travesaños, elementos de cerramiento como es el caso de los cristales, paneles opacos o cualquier elemento de revestimiento, elementos de fijación, donde destacan los anclajes, el sello estructural y las presillas y por último los elementos de estanqueidad tales como burletes y sellos climáticos, en seguida se presenta una breve descripción de cada uno de estos elementos.

- **Mullions:** Elementos verticales de la estructura portante del sistema, se diseñan de aluminio y en algunos proyectos de acero inoxidable.
- **Travesaños:** Elementos horizontales de la estructura portante del sistema, forman junto a los mullions la retícula que contiene a los paños vidriados.
- **Presillas:** Elementos metálicos que se fijan a los mullions y que permiten colgar las hojas fijas o de abrir.

- **Anclajes:** Elementos de sujeción unidos a la estructura con pernos químicos, pernos de expansión u otros elementos, su objetivo es soportar la combinación de cargas del muro cortina tales como peso propio, sobrecarga, sismo y viento, transmitiendo los esfuerzos a la estructura principal del edificio.
- **Burletes:** Elementos que acompañan a los paños o vidrios, usados para fijar el cristal en la perfilera perimetral de vanos y para el contacto de la estructura portante, son fabricados de EPDM (*Caucho etileno propileno dieno*).
- **Siliconas:** Se constituyen básicamente de un polímero inorgánico en base química de silicios, las más comunes son de tipo estructural y climático. La silicona estructural se aplica en los cuatro lados del paño fijando el cristal a la estructura portante. El sello climático ayuda a obtener estanquidad y hermeticidad en las aberturas.
- **Vidrios y Paños:** Material fundamental de los muros cortina, constituyen la piel visible del edificio o sistema, existen de tres tipos: *floats* o crudos, templados y laminados, tanto el templado como el laminado son vidrios de seguridad. El vidrio crudo se fabrica con materias primas como arena silícica, soda y otros elementos que se mezclan a una temperatura controlada. El vidrio templado se produce a partir de un vidrio *float*, el que ha sido calentado a una temperatura uniforme superior a los 650 °C y enfriado rápidamente soplando aire frío sobre sus caras, para que el vidrio templado sea considerado de seguridad debe presentar una tensión superficial no menor a 100 N/mm². El vidrio laminado consiste en dos vidrios crudos unidos por una capa de polivinil.
- **Elementos Móviles:** Son aquellos sistemas que permiten la apertura del elemento de relleno, de manera que introducen a la fachada un hueco a través del cual se puede ventilar o facilitar el movimiento.

2.4.6 Consideraciones para el Diseño de Fachadas de Muro Cortina

2.4.6.1 Introducción

Para el diseño se suele considerar una serie de aspectos, los que deben ser estimados por el proyectista al momento de entregar las soluciones arquitectónicas. Las características más importantes para el diseño son:

1. Los esfuerzos a las que están sometidas las fachadas deben ser resistidos por los momentos de inercia de los mullions o elementos verticales, que deben soportar la carga total del muro cortina y los elementos horizontales o travesaños deben absorber los esfuerzos de flexión y de torsión, generados por la separación entre mullions y travesaños.
2. El diseño arquitectónico determina el sistema y los paños de cristal que se deben utilizar, definiéndose las propiedades y características (tipo, color, etc.).
3. Para el cálculo estructural se debe considerar: Ubicación y forma del edificio; el clima al cual estará sometido, teniendo en cuenta la cantidad de nieve, precipitaciones y vientos, de este último hay que considerar que no es una fuerza estática y el diseño se debe hacer para cada cara, calculando la presión y la succión que ejerce el viento; el peso propio de la fachada; la distancia entre las losas y las juntas de dilatación que deben evitar que la estructura portante se deforme.
4. El sistema de sellado mediante silicona estructural debe garantizar una correcta aplicación y conexión entre los cristales o paneles y la estructura de aluminio, para esto se requiere que la empresa constructora a cargo del montaje del muro cortina y el proveedor del producto consideren las siguientes etapas: Especificaciones técnicas, revisión del proyecto, ensayos de laboratorio: adhesión y compatibilidad y por último la inspección técnica.

2.4.6.2 Requisitos Técnicos

En esta sección se mencionarán los requisitos técnicos a considerar en el diseño de un muro cortina, resumiendo lo señalado en el Manual Técnico de Muro Cortina desarrollado por la CDT sin ahondar mayormente en los detalles.

- I. **Resistencia:** De la norma 433 “Diseño Sísmico de Edificios” se clasifica a los muros cortina como un elemento secundario, que no forma parte de la estructura resistente, pero que interactúa con ella. El cálculo sísmico debe realizarse de forma independiente al cálculo del

edificio; sin embargo los esfuerzos de los elementos estructurales son transmitidos a los anclajes del muro cortina, debido a los desplazamientos.

- II. Cálculo:** Para el cálculo y diseño sísmico se reconocen las disposiciones descritas en la Norma NCh 433 “Diseño Sísmico de Edificios”.

- III. Resistencia al Viento:** Para el cálculo de la acción del viento se debe considerar lo detallado en la NCh 432 “Cálculo de la Acción del Viento Sobre las Construcciones”, la presión del viento es uno de los efectos más importantes a considerar en el diseño de muros cortina, se considera que la dirección de la acción del viento actúa perpendicularmente a ella.

- IV. Acondicionamiento Interior:** Los nuevos tipos de cristales, permiten un mejor acondicionamiento interior del edificio, entre las características se destaca: Control solar lumínico, control térmico, estanqueidad, control acústico, y control de incendios.

2.4.7 Secuencia de Instalación Tradicional

El procedimiento común de instalación de un muro cortina es el siguiente:

- 1.** Lo primero que se realiza es el embebido de los insertos metálicos en el hormigón del edificio, se amarran los insertos a la enfierradura mientras se prepara el elemento estructural para ser hormigonado.
- 2.** Una vez que el hormigón ha fraguado y alcanzó la resistencia necesaria se procede a apernar los anclajes de acero o aluminio, que deben soportar las cargas de peso propio del sistema completo (mullions, travesaños, paños) y transmitirlos al sistema estructural.
- 3.** Luego se suben los módulos (estructura compuesta por marcos de aluminio y cristal), encajando unos con otros, de manera secuencial, sin embargo, para edificios altos se trasladan los paneles hasta pisos superiores acopiados en atriles o “camas” para luego ser colocados en su posición correspondiente mediante un sistema de izaje de tecele eléctrico monorriel.
- 4.** La instalación de los paneles es realizada por cuadrillas de cuatro trabajadores, dos trabajadores se encuentran en la losa del piso donde se va a instalar el panel y los otros dos trabajadores en la losa del piso superior.
- 5.** Luego ambas sub cuadrillas (de dos trabajadores) realizan trabajos de nivelación, aplome y fijación del anclaje una vez que ha sido ya encajado el panel.

En el Anexo B se muestra la secuencia de instalación de una fachada de muro cortina convencional, con ilustraciones y su respectiva descripción.

2.4.8 Errores más Comunes Durante la Instalación

Las causas más frecuentes de fallas en la colocación de muro cortina se centran en problemas generados por la mano de obra, la falta de fiscalización y la urgencia con que se realiza el proyecto. A continuación se presentan detallan alguno de los errores que se presentan (Revista BIT, 2009):

- Los insertos metálicos deben adecuarse durante la etapa de obra gruesa del proyecto, embebiéndose en el hormigón, con lo cual debe haber una buena coordinación entre la constructora y el contratista, si los insertos no llegasen a tiempo, y no se embeben los insertos se debe corregir esta situación fijando mecánicamente mediante pernos químicos o de expansión el inserto, encareciendo el proyecto.
- Otro error derivado de la instalación de los insertos es cuando el cálculo general del edificio no contempla el espacio suficiente para su instalación (de los insertos), por lo que no se pueden colocar, también se genera un grave problema cuando se insertan de manera incorrecta, montándolos excesivamente al interior del hormigón, sin que el supervisor encargado de aprobar la faena se percate del error.
- Si los anclajes quedan desnivelados impiden que los paneles se puedan colocar.
- Otro problema común es cuando el panel se encuentra ya instalado y se produce un quiebre en el cristal, los motivos pueden ser muy variados.

3 *LEAN CONSTRUCTION, “CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS”*

3.1 Introducción

Los proyectos de construcción se caracterizan por tener una serie de inconvenientes comunes: baja productividad, malas condiciones de trabajo y problemas en la seguridad. Sin embargo, se han presentado variadas soluciones a estos problemas, ya sea automatizando los sistemas de trabajos o recurriendo a mecanismos robotizados, logrando que la construcción siga una tendencia industrial de producción, integrando los sistemas de información y control, mejorando considerablemente el desempeño de los proyectos, tal como se ha llevado a cabo en la industria manufacturera contemporánea, cuyas aplicaciones se encuentran muy desarrolladas en comparación a la industria de la construcción. No obstante, actualmente industrias manufactureras como la automotriz y la industria de productos electrónicos se están basando en otra tendencia de producción cuya orientación es que el proceso de producción sea en esencia el flujo de materiales y de información hacia el producto final (Figura 3-1), enfatizando la importancia de los procesos teóricos del proceso productivo.

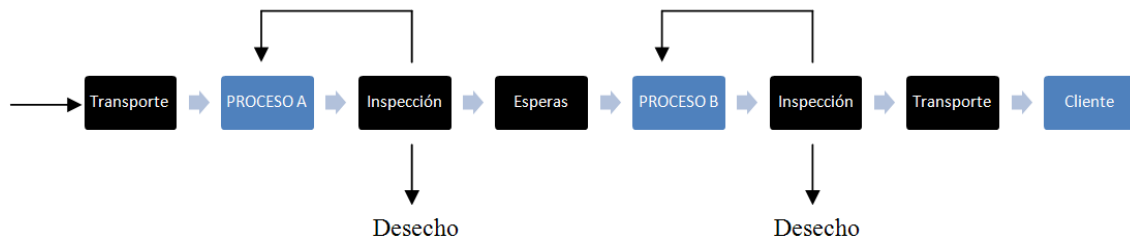


Figura 3-1. Esquema conceptual de producción *Lean* (Koskela, 2000).

La filosofía de producción *Lean Construction* o Construcción sin Pérdidas deriva de los conceptos de *Lean Production*, cuyos orígenes se cimentan en la industria automotriz, específicamente en la empresa Japonesa Toyota, luego de La Segunda Guerra Mundial. Este sistema de producción está orientado fundamentalmente a eliminar los despilfarros o pérdidas en los procesos productivos, la traducción al español de la palabra *Lean* proveniente de la lengua inglesa es magro o “sin grasa”, es decir la producción *lean* lo que busca es eliminar la “la grasa” de los procesos productivos, de tal manera que la secuencia de producción quede completamente magra o sin pérdidas.

Antes de continuar se establecerá una breve definición de pérdida, concepto para el cual existen variadas definiciones, establecidas por diversos autores que han estudiado el tema, pero tal vez la mejor definición es la planteada por Álvarez y Botero: se consideran pérdidas aquellas actividades que no agregan valor, pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos en el proceso de producción (actividades de flujos) (Botero & Álvarez, 2003).

Lean Construction ha sido implementado con relativo éxito alrededor del mundo, desde los inicios de los años noventa por una serie de departamentos ligados a prestigiosas Universidades e instituciones, quizás el más emblemático e importante es el *Lean Construction Institute* conformado por reconocidos investigadores y profesionales ligados al rubro de la construcción, entre los que se cuentan Ingenieros, Arquitectos y Constructores.

La filosofía *Lean* pretende disminuir al máximo el impacto de las tareas contributivas y la eliminación de las no contributivas (ambas definidas en el Capítulo 2), eliminando los pasos innecesarios, alineando todas las actividades en un flujo continuo, recomblando las tareas de equipos funcionales dedicados a esas actividades y esforzándose continuamente por mejorar.

3.2 Comparación entre Construcción *Lean* y Construcción Típica

La producción típica o convencional se sustenta en la observación de la producción como una conversión de las entradas hacia las salidas, por lo tanto la producción total se puede subdividir en procesos, los cuales de igual manera son procesos de transformación, La producción típica se ve mejorada por la implementación de nuevas tecnologías sobretodo en las actividades que agregan valor al producto final y en cierta forma, también a las actividades que no lo agregan, No obstante, el costo y el tiempo de las actividades que no agregan valor presentan una tendencia creciente debido a la contribución de varios mecanismos (Alarcón & Campero, 2002):

- Mientras se ejerce mayor control sobre el costo de cada actividad, es menor el control del impacto que estas actividades tienen sobre el costo de otras.
- La especialización, inherente en el modelo de las organizaciones jerárquicas, automáticamente lleva a una expansión de actividades que no agregan valor como son el transporte, las esperas e inspecciones.
- La implementación de nueva tecnología generalmente lleva a una situación donde los sistemas de producción son más complejos, propensos a perturbaciones, y se requiere nuevos especialistas para mantener el sistema.

En la Tabla 3-1 se comparan ambos enfoques de construcción, el enfoque típico y el enfoque lean.

Tabla 3-1. Cuadro comparativo entre construcción típica y construcción lean.

	Construcción Típica	Construcción Lean
Objeto	Afecta a productos y servicios	Efecta a todas las actividades de la empresa
Alcance	Actividades de Control	Gestión, asesoramiento y control
Modo de Aplicación	Impuesta por la dirección	Por convencimiento y participación
Metodología	Detectar y corregir	Prevenir
Responsabilidad	Del departamento de calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
Clientes	Ajenos a la empresa	Internos y externos
Conceptualización de la Producción	La producción consiste en conversiones (actividades). Todas las actividades añaden valor al producto	La producción consiste de conversiones y flujos; hay actividades que agregan valor y actividades que no agregan valor al producto
Control	Costo de las actividades	Dirigido hacia el costo, tiempo y valor de flujos
Mejoramiento	Implementación de nueva tecnología	Reducción de las tareas de flujo, y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnológicas

3.3 Objetivo de *Lean Construction*

El objetivo primordial de la filosofía *Lean Construction* es mejorar continuamente el desempeño con que son llevados a cabo los proyectos de construcción, tradicionalmente el desempeño ha sido vinculado únicamente a la productividad y la calidad del proyecto. Sin embargo, actualmente el desempeño se asocia a múltiples factores involucrados en el proceso constructivo. Alarcón, basado en un trabajo de Sink, plantea los principales condicionantes del desempeño (Alarcón, 1997).

- **Efectividad:** Medida en que se hacen las actividades o se alcanzan los objetivos correctamente, es decir, a tiempo, con una calidad adecuada y en la cantidad requerida.
- **Eficiencia:** Medida de la utilización de recursos. Corresponde a la razón entre los recursos programados y los realmente consumidos.
- **Calidad:** Medida de conformidad a las especificaciones. Esta aprobación atañe por un lado al mandante que quiere ver el proyecto terminado y funcionando y por otro, a las etapas productivas y todos los detalles involucrados en estas actividades.
- **Productividad:** Corresponde a la relación entre los insumos que entran a un sistema productivo y los productos que salen de un sistema, expresados preferentemente en términos físicos (mano de obra, materiales, equipos y otros).
- **Calidad de Vida Laboral:** Grado de satisfacción que tienen los trabajadores, en términos de seguridad laboral, motivación por el trabajo que se encuentran realizando, posibilidad de seguir escalando dentro de la empresa y otros.
- **Rentabilidad:** Medida del atractivo financiero que tiene el proyecto, expresado en su capacidad de generar retornos por sobre la inversión o algún otro parámetro.
- **Innovación:** Corresponde al proceso de adopción de productos, procesos o servicios por diversas razones.

Para lograr un mejoramiento continuo y un incremento del desempeño, *Lean Construction* sugiere un conjunto de principios de mejoramiento, Koskela plantea los siguientes principios (Koskela, 1992).

- A. Reducir Participación de Actividades que No Agregan Valor:** Sólo entre el 3% y el 20% de los pasos de un proceso agregan valor, el principal problema es organizacional, dado que los diferentes actores que participan en el proceso realizan su trabajo sin un contacto conjunto con las otras partes involucradas, por lo tanto aumentan las actividades que no agregan valor como son la inspección, el transporte y las esperas.

- B. Incrementar el Valor del Producto a través de la Consideración Sistemática de los Requerimientos del Cliente:** Es de suma importancia considerar los requerimientos que manifiesta el cliente, en la medida que esto se cumpla, el cliente recibirá un producto de mejor calidad.

- C. Reducir la Variabilidad de los Procesos:** Las principales razones para disminuir la variabilidad del proceso son que el cliente de preferencia opta por un producto uniforme y que la variabilidad aumenta las actividades que no agregan valor, la forma de reducir la variabilidad es mediante el uso de sistemas de control estadístico que busquen las causas de raíz para eliminarlas.

- D. Reducir el Tiempo de Ciclo:** Lo que se busca es disminuir el tiempo de ciclo, reduciendo el tiempo de inspección, el tiempo de transporte y el tiempo de espera, en el tiempo total de ciclo descrito en la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo de Ciclo} = \text{Tiempo de Procesamiento} + \text{Tiempo de Inspección} + \text{Tiempo de Espera} + \text{Tiempo de Transporte}$$

- E. Simplificar Mediante la Minimización de los Pasos, las Partes y los Vínculos:** La simplificación se puede entender como la reducción del número de pasos en un flujo físico, se puede alcanzar eliminando las actividades que no agregan valor del proceso o reconfigurando los pasos que agregan valor.

- F. Incrementar la Flexibilidad de las Salidas:** El fin que se busca es adaptar la producción a los cambios constantes que tiene la demanda, los que pueden ocurrir durante la ejecución del proyecto, por lo que se requiere que el sistema sea lo más flexible posible para adaptarse.
- G. Incrementar la Transparencia de los Procesos:** La carencia de transparencia oculta los errores y no permite plantear soluciones, si por el contrario, la actividad se transparenta, se facilita el control y el mejoramiento, los procesos deben ser observables directamente y la información publicada periódicamente.
- H. Enfocar el Control de los Procesos al Proceso Completo:** Existen al menos dos requisitos para que el control se centre en el proceso completo: a) la medición debe ser hecha sobre el proceso completo, b) debe existir una autoridad para el control del proceso completo.
- I. Estructurar el Mejoramiento Continuo de los Procesos:** La responsabilidad de mejoramiento debe entregarse a todos los trabajadores, mediante la formación de grupos de trabajo que permita constituir una estructura paralela a la formal. Se sugiere usar objetivos limitados como la eliminación de inventarios o la reducción de tiempo de ciclo.
- J. Equilibrar el Mejoramiento de los Flujos con el Mejoramiento de la Eficiencia de las Conversiones:** Mejorar la eficiencia de los procesos de conversión, debe ir siempre ligado a mejoras en los flujos, el punto central es comprender que los flujos y las conversiones están relacionados.
- K. Referenciar Permanentemente los Procesos (Benchmarking):** La secuencia de un proceso Benchmarking es: 1) Selección del problema a estudiar, 2) Creación de un equipo de trabajo, 3) Elección de la empresa con la que ha de compararse, 4) Recoger y analizar información, 5) Acción de mejoramiento en la empresa.

4 HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS APLICADAS EN OBRA PARA MEDIR Y MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

En Chile se utilizan una serie de herramientas y metodologías que permiten establecer niveles de productividad que se tienen en faenas de construcción, el sector de la construcción posee los peores índices de productividad de todos los sectores productivos del país en cuanto a variaciones de productividad en los últimos 12 años. De acuerdo al “Informe de Productividad” del Centro Nacional de Productividad y Calidad, publicado en Septiembre de 1999, la productividad del sector construcción se redujo en un 11,8% en el periodo 1996-1998. Esto mientras la productividad de todos los demás sectores aumentaba, y sustancialmente en algunos casos, por ejemplo, el sector agropecuario y el sector minero registraron aumentos de un 97,4 y un 87,8% respectivamente en el mismo periodo. (Alarcón, 2001)

Es esta necesidad de mejorar el desempeño de las empresas constructoras que han permitido desarrollar variadas herramientas, entre las que se cuentan:

- 1. Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área,**
- 2. Encuesta de Detección de Pérdidas,**
- 3. Encuesta de Detenciones y Demoras y**
- 4. Carta de Balance**

A continuación se detallará el uso, metodología de aplicación, y resultados de cada una de estas herramientas, descritas en la publicación desarrollada por el Profesor Luis Fernando Alarcón “Identificación y Reducción de Pérdidas en la Construcción: Herramientas y Procedimientos”.

4.1 Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área de la Construcción

Esta útil herramienta que será aplicada en terreno durante los meses de investigación, busca conocer la opinión de los profesionales y trabajadores de la línea de mando, pertenecientes a la industria del montaje de muro cortina, acerca de las causas, los impactos y consecuencias que generan las deficiencias en los diseños, con este fin, se realiza una serie de preguntas y encuestas, elaborada de forma tal que permita identificarlas pérdidas y deficiencias en la interfaz Diseño – Construcción (Mardones, 1997).

- A. Entrevistas Informales:** El objetivo de las entrevistas es conocer la opinión de los profesionales sobre los impactos que han producido las deficiencias de los diseños a lo largo de sus carreras profesionales, cuáles pueden ser sus causas y como se podrían evitar estas deficiencias, en este ítem los profesionales deben responder un total de 7 preguntas abiertas, de forma clara y concisa.

- B. Encuestas:** A los mismos profesionales entrevistados se les efectúan dos encuestas que permiten conocer su opinión sobre cada uno de los problemas más comunes en el montaje de un muro cortina. La primera consiste en determinar las cinco causas, impactos y defectos de información, que ellos consideran según su criterio, los más importantes y frecuentes. En la segunda encuesta se les solicita a los profesionales establecer la relación que, a juicio de cada uno, existe entre los impactos y sus causas, mediante una matriz Causa - Impacto.

4.1.1 Entrevistas informales

Las entrevistas se efectuaron a siete profesionales de la empresa constructora a cargo del montaje del muro cortina en la obra Nueva Las Condes Torre VI y Torre VIII y a otros dos profesionales del área que poseen una reconocida experiencia en el montaje de fachadas de muros cortina.

Esta serie de preguntas permiten estimar y obtener parámetros de las actividades que se ven perjudicadas por los defectos en los diseños, además de comprender los efectos negativos que tiene sobre el proceso constructivo, en la calidad de la obra y en la productividad, por último las entrevistas admiten proposiciones por parte de los profesionales para tomar medidas que solucionen los problemas, que ellos mismos plantean.

Los resultados se presentan a continuación:

A.1.- ¿Qué porcentaje del total de actividades de una obra son afectadas por defectos o problemas en los diseños?

R.- El porcentaje promedio del total de actividades que son afectadas en una obra por defectos o problemas en los diseños es igual al 29% según las respuestas de los encuestados, el mayor porcentaje entregado fue de un 80% y el menor fue de un 10%.

A.2.- ¿A su juicio, cuál es el tiempo promedio que se tardan las aclaraciones solicitadas a los diseñadores o al mandante en llegar?

R.- El tiempo promedio de entrega de las aclaraciones por parte de los diseñadores o los mandantes son 2 semanas, el valor máximo entregado fue de 1 mes (4 semanas) y el valor mínimo 3 días.

A.3.- ¿Qué porcentaje sobre el tiempo programado se retrasa una obra de montaje de fachada de muro cortina por defectos o problemas en los diseños?

R.- Los defectos en los diseños aumentan en un 18% el plazo de entrega del montaje de una fachada de muro cortina, obtenido como el promedio de los resultados entregados por los encuestados.

A.4.- ¿Cuáles son los tipos de aclaraciones más frecuentes en las obras de montaje de muro cortina?

R.- Entre las aclaraciones más frecuentes mencionadas por los profesionales del rubro del montaje de muro cortina se cuentan:

Tabla 4-1. Aclaraciones más Frecuentes Relacionadas al Diseño en Muro Cortina

Aclaraciones más Frecuentes	Frecuencia
Definiciones en Planos de Detalles	6
Detalles de Terminaciones	3
Materiales sin Especificar	1

A.5.- ¿Cuáles son los tipos de aclaraciones más importantes en las obras de montaje de muro cortina?

R.- Las aclaraciones más importantes, según la frecuencia con la que respondieron los encuestados son las siguientes:

Tabla 4-2. Aclaraciones más Importantes Relacionadas al Diseño en Muro Cortina

Aclaraciones más Importantes	Frecuencia
Detalles en Planos de Instalación	4
Información de Materiales y Elementos	4
Aclaraciones en Memorias de Cálculo	2
Definiciones en Procesos Constructivos	2
Detalle de Terminaciones	1
Coordinación con otras Especialidades	1

A.6.- ¿Por qué se producen estas deficiencias o problemas en los diseños?

R.- Entre las razones que mencionaron los encuestados, se encuentran:

Tabla 4-3. Causas más Frecuentes que Generan Deficiencias en los Diseños

Fuentes de Deficiencias en Diseño	Frecuencia
Falta de Detalles en Planos	4
Cambios y Modificaciones en Planos	3
Falta de Tiempo para Planificar	2
Falta de Comunicación entre las Partes	1
Limitaciones en los Presupuestos	1

A.7.- Para hacer frente a los problemas o defectos de los diseños, en el corto y largo plazo, una empresa constructora del rubro de muro cortina debe:

R.- Con respecto a esta pregunta, las respuestas fueron bastante variadas y los profesionales ofrecieron un amplio espectro de soluciones. Sin embargo se repitió una sugerencia con bastante frecuencia, que es realizar una etapa más acabada durante la ingeniería de detalles, es decir antes de comenzar el montaje de la fachada de muro cortina. También se mencionó contar con proyectistas que visiten la obra con una mayor frecuencia y que brinden un mayor apoyo en terreno.

4.1.2 Encuestas

Luego de concluir la etapa de entrevistas, se procede a desarrollar las encuestas que consisten en:

- I. Encuesta N°1:** Consta de preguntas cerradas en las cuales se debe clasificar el ítem según a) su importancia en función de cómo afecta la productividad y calidad y b) según su frecuencia en término de cuantas veces se repite en obra.
- II. Encuesta N°2:** Consiste en completar una matriz en la cual se muestran una serie de impactos o problemas que se presentan en obra y se solicita identificar las posibles causas que las originan.

En el Anexo C se encuentra el formato de la herramienta “Entrevistas y Encuestas a Profesionales de Área de la Construcción” que se aplicará en obra.

Las encuestas serán divididas en cuatro partes: **1)** Determinar las posibles causas que producen los defectos de los diseños, **2)** Conocer cuáles son los impactos en las obras, **3)** Determinar los defectos de información en los diseños, **4)** Establecer posibles formas de soluciones a estos problemas.

4.1.2.1 Clasificación de causas

Los resultados permiten agrupar las causas según diversas categorías, las que se presentan a continuación.

- i. Falta de Normas:** La falta de procedimientos estandarizados o reglamentos sobre diferentes aspectos tanto de diseño como de construcción, dificultan el consenso y provocan conflictos al tener diversas consideraciones, por parte de profesionales de distintas áreas, ante un mismo problema.
- ii. Deficiencias de cada Especialidad:** En esta clasificación se incluyen los errores, cambios u omisiones que efectúa un especialista sobre aspectos netamente relacionados con él. Por ejemplo, en estructura, la omisión de tipos de enfierradura o inconsistencia entre viga y su detalle quedan dentro de esta clasificación.
- iii. Cambios del Cliente:** Se incluyen en esta clasificación todas las modificaciones que provienen de parte de los mandantes. Dentro de este punto se consideran los requerimientos del (los) cliente (s) que no fueron escuchados o considerados por alguna (s) especialidad (es).

- iv. **Descoordinación entre Planos y Especificaciones:** Esta clasificación considera todos los problemas relacionados con inconsistencias entre los planos y especificaciones técnicas.

- v. **Desconocimiento de Construcción:** Se considera dentro de esta clasificación cuando los especialistas toman decisiones, las cuales son rechazadas u objetadas, por parte de los profesionales de las constructoras, por no considerar aspectos tales como el comportamiento, trabajabilidad, compatibilidad de los materiales u otras razones de tipo constructivo, que hacen que el diseño sea difícil o imposible de materializar.

- vi. **Desconocimiento del Terreno donde se Emplaza la Obra:** Se consideran los aspectos relacionados con las condiciones del lugar donde se emplaza la obra, incluyendo condiciones topográficas, climáticas, de transporte y de acceso.

- vii. **Especificaciones No Técnicas:** Las especificaciones de los profesionales de diseño no incluyen procedimientos, tolerancias, mala definición de materiales, terminaciones, detalles constructivos y otros.

- viii. **Descoordinación entre Especialidades:** La descoordinación entre especialidades, presenta numerosos problemas en las obras de edificación. La poca interacción entre las distintas especialidades implica que sus proyectos deben ser continuamente modificados hasta lograr su consistencia. Muchas veces, las soluciones que se dan en obra cambian en gran medida el diseño original y no se mantiene registro de las modificaciones. Además, los continuos cambios implican que los diseños no sean óptimos, lo que se traduce en una mala operabilidad de la obra y mayores costos a los originalmente propuestos.

- ix. **Descoordinación Modular y Dimensional:** Dentro de esta clasificación se consideran todas aquellas respuestas que involucran problemas relacionados con malas ubicaciones con el fin de reducir las pérdidas de materiales y de mano de obra.

- x. **Otras Causas:** Se incluyen aquellas respuestas que no encajan dentro de la clasificación anterior de causas de deficiencias en los diseños.

4.1.2.2 Clasificación de impactos

Además se clasificarán los impactos de los problemas generados a partir del diseño según alguna de las siguientes categorías.

- i. Estado de Pago/ Presupuestos:** Se incluyen en esta clasificación las modificaciones de los estados de pago y presupuestos. Se consideran dentro de este punto los aumentos y disminuciones de obra, así como también los atrasos y el rehacer actividades. El agregar o no realizar una o varias actividades, implican modificaciones al programa de trabajo y por lo tanto al presupuesto de la obra.
- ii. Retraso de Actividades:** El retraso de actividades por problemas de diseño, incluyen aquellas que no pueden efectuarse según el programa y donde los recursos destinados pueden ser desviados a la misma actividad, pero en un sector diferente de la obra, alterando la programación y la secuencia de trabajo.
- iii. Pérdidas de Materiales:** Los errores, cambios u omisiones en los diseños implican deterioro y pérdida de materiales. Además, se incluyen aquellos materiales en los cuales el paso del tiempo, durante la espera de las soluciones, se deterioran o pierden parte de sus propiedades.
- iv. Interrupción de la Secuencia Constructiva:** Esta clasificación abarca los defectos en los diseños que obligan a la alteración del programa de trabajo.
- v. Rehacer Trabajos:** Se incluyen los cambios, errores u omisiones de diseño que tienen como consecuencia el rehacer actividades. Esta clasificación se relaciona con la pérdida de materiales, mano de obra, retraso de actividades y otros; sin embargo, se considera aparte dada la importancia que se le atribuye.
- vi. Pérdida de Tiempo:** Esta clasificación incluye la pérdida de tiempo de los profesionales de la obra, que deben ocuparse de los cambios, errores u omisiones de los diseños, comunicarlo a los especialistas y entregar respuestas lo antes posible al personal de terreno. Además, se considera el tiempo que requieren para lograr la consistencia entre los diferentes diseños.
- vii. Pérdida de Mano de Obra:** Se incluyen todas las actividades en que la mano de obra debe ser asignada a realizar nuevamente una actividad, es detenida o se afecta su productividad debido a las deficiencias en los diseños, problemas de constructibilidad y otros.

- viii. **Sobre uso de Maquinaria y Equipos:** Esta clasificación incluye la utilización de maquinaria y equipos en forma diferente a lo presupuestado originalmente. Se consideran en este punto el aumento o disminución de obra, paralización o atrasos de actividades y otros.
- ix. **Diseños poco Óptimos:** Se consideran aquellos problemas de los diseños donde los equipos, sistemas y otros, no operen de manera eficiente, no cumplen las normas o su capacidad está sobre o sub dimensionada con respecto al diseño original, producto de los problemas encontrados en terreno, cambio del mandante, relaciones con otras especialidades y otras causas.
- x. **Mala Operabilidad:** Se incluyen todos aquellos defectos de mal funcionamiento y mantención que tiene la obra después de finalizada su construcción. Mucho de los problemas que se presentan durante la fase de operación (funcionamiento) del proyecto, se deben a que los diseños no cumplen con las necesidades para las cuales fueron proyectados. Se excluyen aquellos problemas en los cuales una obra es utilizada para fines distintos a los proyectados originalmente.
- xi. **Mala Constructibilidad:** Se presenta como un juicio subjetivo sobre los problemas de constructibilidad de los diseños, que provocan dificultades para materializar los proyectos. Entre los aspectos más relevantes están la incompatibilidad y desconocimiento de las propiedades de los materiales, falta de detalles constructivos, descoordinación entre las diferentes especialidades, exceso de aclaraciones y modificaciones entre otras.
- xii. **Otros Impactos:** Se incluyen aquellas respuestas que no encajan dentro de la clasificación anterior de deficiencias de información en los diseños.

4.1.2.3 Clasificación de defectos en información

Por último en las entrevistas se consulta acerca de la información que se entrega por parte de los diseñadores, ya sea mediante planos, especificaciones técnicas u otros medios, los problemas de información serán clasificados según alguno de los siguientes criterios.

- i. **Falta de Información:** La falta de información en planos o especificaciones técnicas.
- ii. **Información No Clara:** Información que aparece en planos y especificaciones técnicas que por sus características, lenguaje o forma de presentación no son entendidos por el personal de terreno.

- iii. **Información No Agregada:** Incluye los nuevos antecedentes que agregan los diseñadores cuando la obra se encuentra en ejecución. Esta nueva información puede ser incluida dentro de obras extraordinarias o como complemento a la información existente.
- iv. **Información Incorrecta:** Toda aquella información que presenta inconsistencias, contradicciones entre especialidades, no corresponde a lo expresado por el mandante, las normas o reglamentos y otras informaciones incorrectas. Además esta información debe ser aclarada por los diseñadores.
- v. **Modificación de Información:** Información que es modificada por los diseñadores o el mandante, dejando nula la información anterior.
- vi. **Otros Defectos en Información:** Se incluyen respuestas que no encajan dentro de la clasificación anterior de deficiencias de información en los diseños.

Los resultados de la Encuesta N°1 son los siguientes:

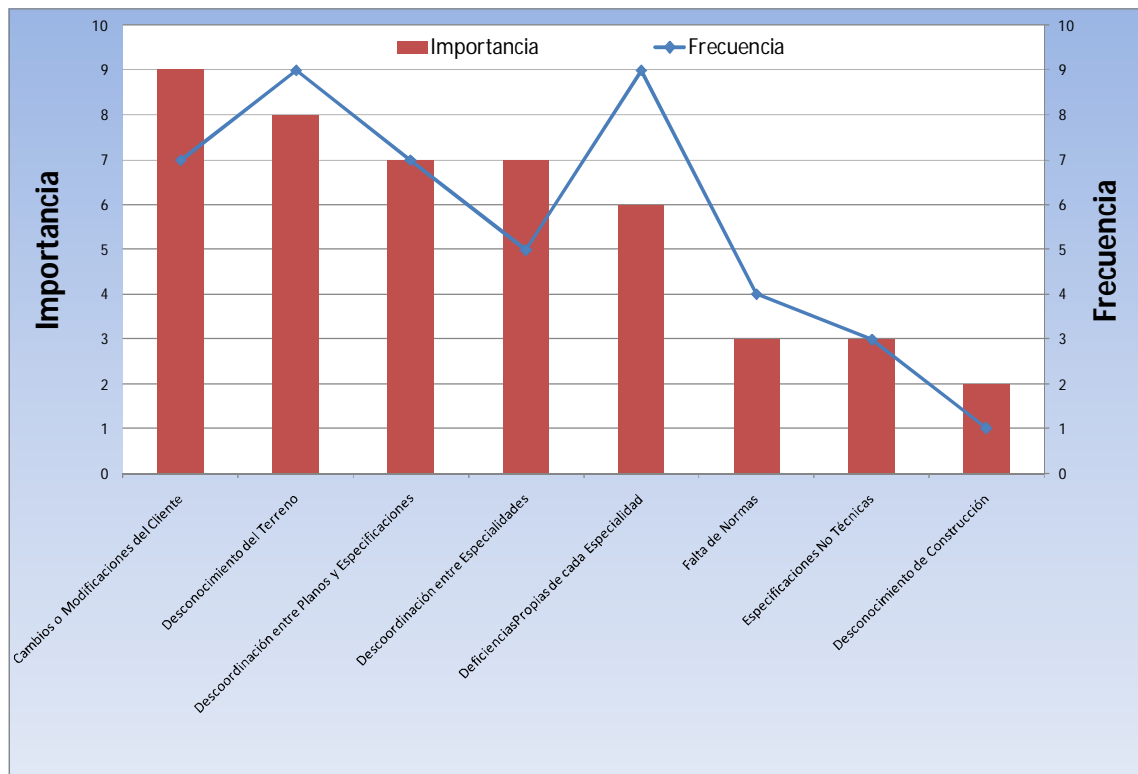


Gráfico 4-1. Frecuencia e Importancia de las Causas de Pérdidas en los Diseños

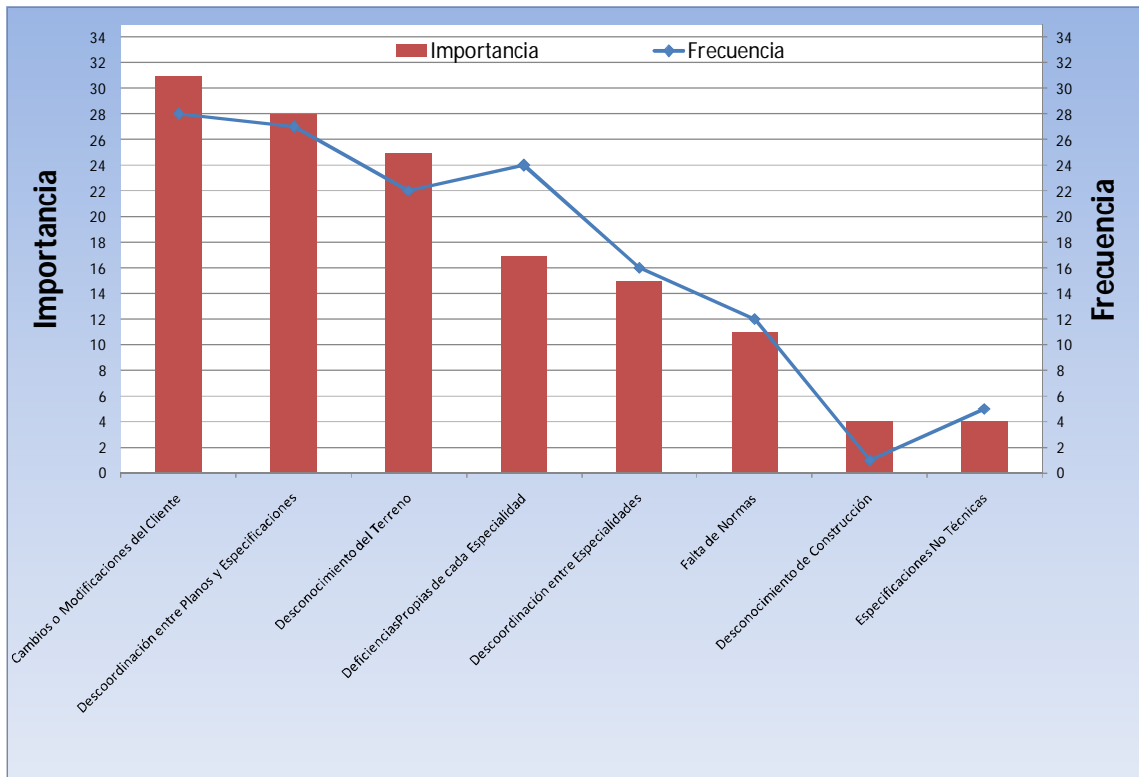


Gráfico 4-2. Frecuencia e Importancia de las Causas Ponderadas por Factores.

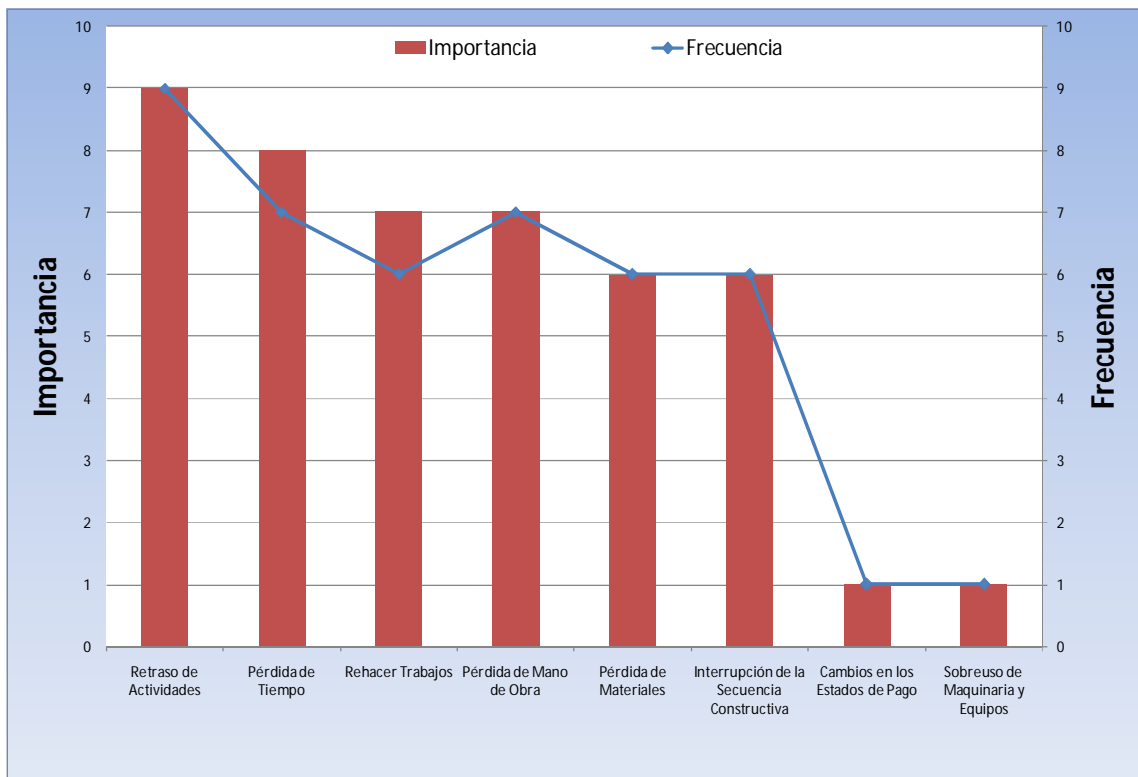


Gráfico 4-3. Frecuencia e Importancia de los Impactos Generados por las Causas

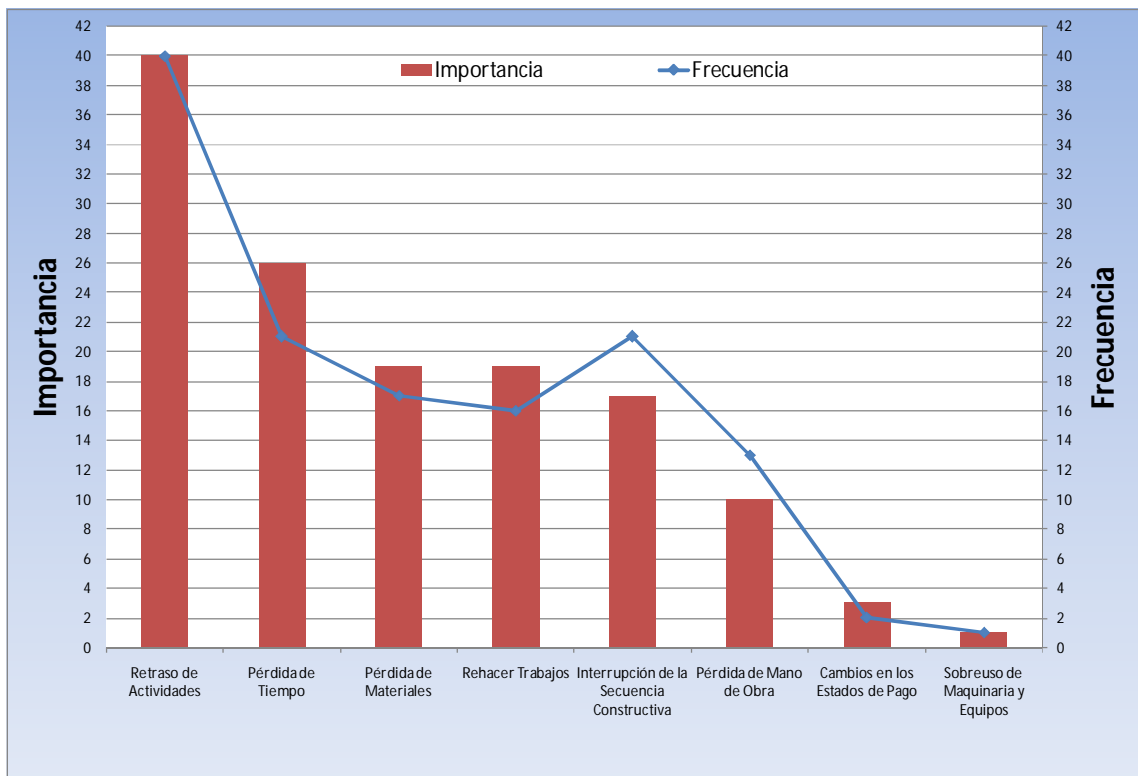


Gráfico 4-4. Frecuencia e Importancia de los Impactos Ponderados por Factores

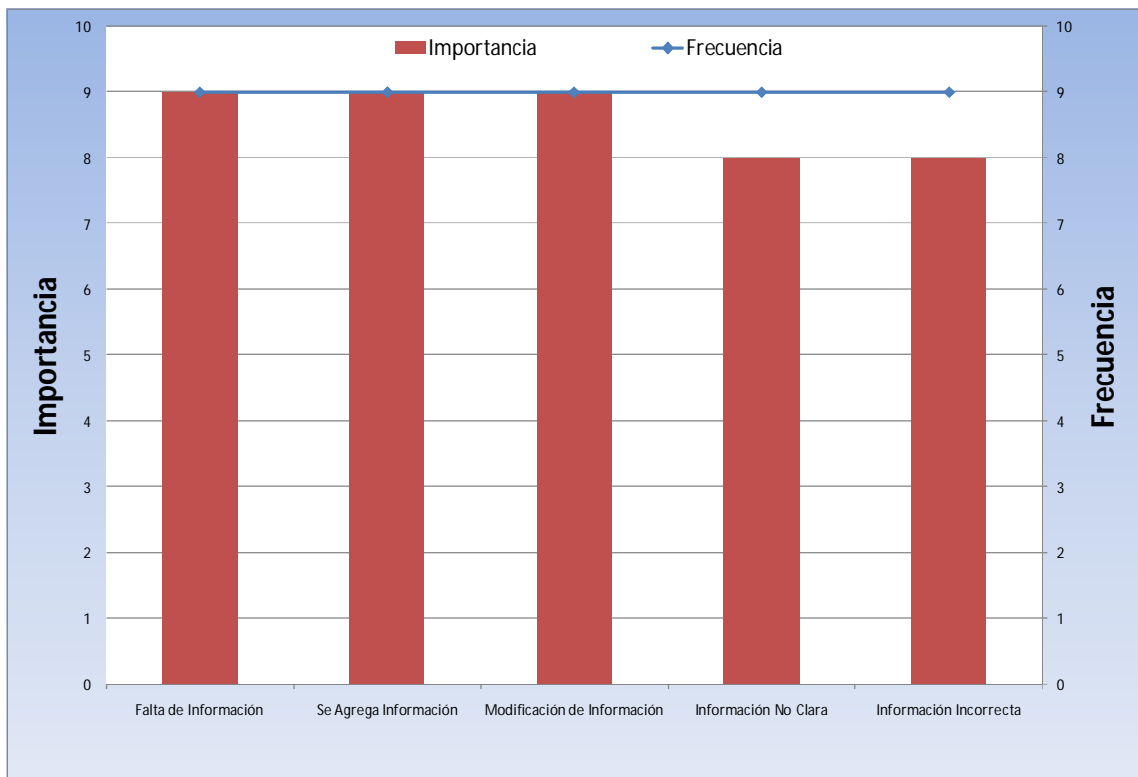


Gráfico 4-5. Frecuencia e Importancia de los Problemas de Información en el Diseño

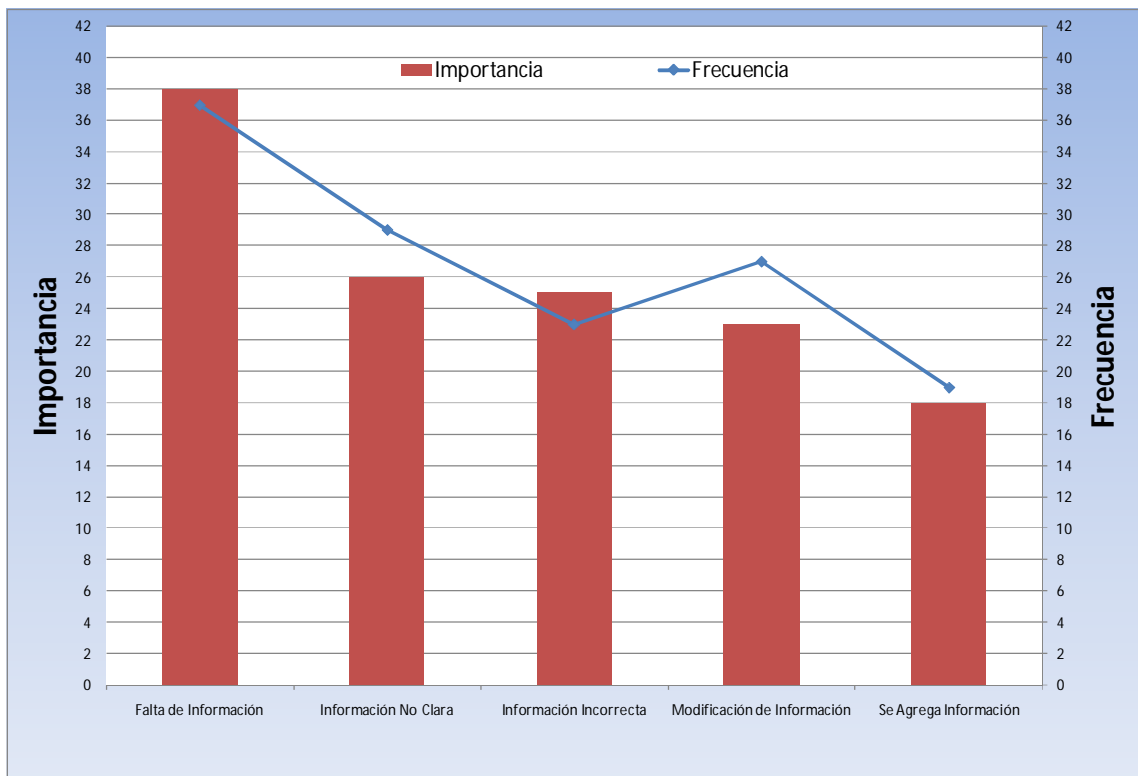


Gráfico 4-6. Frecuencia e Importancia de Información Ponderada por Factores

Y los resultados de la Encuesta N°2 de la relación entre los impactos y las causas se presentan a continuación:

Tabla 4-4. Resultados Encuesta N°2, Relación entre Causas e Impactos en Interfaz Diseño-Construcción

IMPACTO	CAUSAS								TOTAL	
	Falta de Normas	Problemas Propios de Cada Especialidad	Cambios del Mandante	Inconsistencia entre Planos y Especificaciones	Desconocimiento de Construcción	Desconocimiento del Terreno	Especificaciones Poco Técnicas	Descoordinación entre Especialidades		Otros
Pérdida de Materiales	1	2	3	5		4		1		16
Pérdida de Mano de Obra	1	2	3	3	1	1	1	3		15
Sobreuso de Maquinaria y Equipo	1	2		2	1	1	2	1		10
Interrupción de Construcción	1	3	3	3		1	3	3		17
Rehacer Trabajos		3	5	4		2	2	1		17
Mala Constructibilidad	1	2		1	6	2	3			15
Mala Operabilidad	1	4		2	2	1	2	4		16
Pérdida de Tiempo	1	3	3	6		1	1			15
Flujo de Caja		1	2		2	3	1	3		12
Diseño poco Óptimos	2	3		3		2	1	3		14
Retraso de Actividades	1	2	2	2	1	3	2	4		17
Aclaraciones		1	5	3		1	3	2		15
Información Defectuosa	1	4	2	3		3	2	4		19
Información Atrasada	1	3	3	2		1	2	4		16
Información No Necesaria	1	4			2	2		5		14
Inconsistencia entre Especificaciones y Materiales	1	4		1	1	2	4	2		15
Inconsistencia entre Mercado y Materiales		2	1	1	3		1	5		13
Falta de Información	2	2	1	1	1	2	2	6		17
Errores Dimensionales	1	2	1	4	1	3	1	3		16
Otros										0
TOTAL	17	49	34	46	21	35	33	54		

4.1.3 Análisis, Conclusiones y comentarios Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área

De las preguntas abiertas se desprenden ciertos resultados que son bastante interesantes de analizar, el porcentaje de actividades que son afectadas por defectos en los diseños, el tiempo promedio de respuesta a las aclaraciones y el porcentaje promedio de tiempo extra que se retrasa una obra por fallas relacionadas a los diseños, se pueden comparar con los resultados obtenidos por Mardones para empresas constructoras de edificaciones, relacionados a obra gruesa (Mardones, 1997).

Tabla 4-5. Comparación entre Montaje de Muro Cortina y Construcción de Edificación

Ítem	Montaje de Muro Cortina	Construcción Edificación (Obra Gruesa)
% Actividades Afectadas por Defectos en los Diseños	29%	30%
Tiempo de Respuesta de Aclaraciones	2 Semanas	2 Semanas
% Retraso del Proyecto por Problemas en los Diseños	18%	12%

Los resultados de ambas investigaciones son bastante parecidos, lo que se explica en cierta medida que son una realidad del rubro de la construcción los problemas derivados del diseño.

Por otro lado, los problemas en los detalles de los planos constituyen una fuente importante de pérdidas, siendo mencionada como la causa principal de aclaración, tanto por frecuencia como por importancia, seguida de las aclaraciones de los materiales, elementos y procesos constructivos que se emplearán, los que fueron bastante mencionados como aclaraciones importantes pero no así que sean frecuentes. Otro punto importante a destacar es la falta de memorias de cálculo de piezas y estructuras que se utilizan en diferentes métodos durante el proceso del montaje, las que son en la mayoría de los casos, elaboradas por calculistas externos a la empresa y que retrasan el funcionamiento normal de la obra, dado que se retrasa el uso de la estructura.

Ahora si se analizan los resultados de la Encuesta N°1, se concluye que los cambios y modificaciones por parte del cliente, en este caso, tanto del mandante directo de la empresa encargada del montaje, que es la constructora del proyecto, como del mandante de ellos que vendrían siendo los dueños del proyecto, establece la causa más importante de pérdidas, según los encuestados, seguida del desconocimiento del terreno y la descoordinación entre planos y especificaciones. Ahora, los impactos más importantes vendrían siendo los retrasos en las actividades, pérdida de tiempo y mano de obra y rehacer trabajos ya realizados. Las causas más frecuentes indicadas son el desconocimiento

del terreno y las deficiencias propias de cada especialidad, y el impacto más frecuente es el retraso de las actividades; es decir, el retraso de las actividades es el impacto o consecuencia más importante y frecuente relacionada al montaje de muros cortina, según los profesionales que contestaron la encuesta para esta investigación, los resultados se muestran en el Gráfico 4-1 y Gráfico 4-3.

Si bien se estudiaron los resultados según la frecuencia con que fueron mencionadas las causas y los impactos de los problemas derivados de los diseños, por parte de los encuestados, el formato de la planilla permite ordenar las causas y consecuencias de más importante a menos importante y de más frecuente a menos frecuente, a partir de esto se propone una ponderación para establecer un puntaje global de cada ítem, asignándole un factor igual a 5 para la causa o impacto más importante que afecta la productividad, y el que tenga mayor frecuencia de ocurrencia y así disminuyendo el factor hasta llegar al quinto más importante y más frecuente, un resumen de lo anterior es el que aparece en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6. Factores de Multiplicación para Niveles de Importancia y de Frecuencia

Nivel de Importancia	Nivel de Frecuencia	Factor
Más Importante	Más Frecuente	5
Segundo más Importante	Segundo más Frecuente	4
Tercero más Importante	Tercero más Frecuente	3
Cuarto más Importante	Cuarto más Frecuente	2
Quinto más Importante	Quinto más Frecuente	1

En el Gráfico 4-2 y Gráfico 4-4 se muestran, respectivamente, las causas e impactos más importantes y frecuentes, ponderados por los factores de multiplicación, de los problemas de diseño que se presentan en el montaje de un muro cortina.

Si bien los cambios o modificaciones del cliente sigue siendo la causa más importante que afecta la productividad, con la ponderación, también pasa a ser la causa más frecuente, desplazando a la descoordinación entre planos y especificaciones al segundo lugar. Si se analiza el Gráfico 4-4 de los impactos, se observa una clara disminución de la importancia de la pérdida de mano de obra, es decir fue mencionado por una gran cantidad de encuestados, no obstante, le dieron una baja importancia en comparación con la otras opciones, lo mismo ocurre con la frecuencia con que ocurre, también disminuye considerablemente cuando se le aplica el factor de ponderación.

El estudio también abarcó la importancia y la frecuencia de los problemas de información relacionados a las deficiencias en la etapa de diseño (Gráfico 4-5 y Gráfico 4-6). Lo que cabe destacar es la importancia y la frecuencia ponderada, donde sobresale la falta de información en los diseños,

llegando a ser muy superior a las otras alternativas que fueron igualmente mencionadas en muchas ocasiones por los entrevistados.

De la Encuesta N°2 (Tabla 4-4) se obtiene que la mayor relación se encuentra entre las siguientes causas y los siguientes impactos: Desconocimiento de construcción (causa) se relaciona con la mala constructibilidad (impacto); la inconsistencia entre planos y especificaciones (causa) genera pérdidas de tiempo (impacto) y por último como consecuencia de la descoordinación entre especialidades (causa) se genera falta de información (impacto).

La mayor causa de pérdidas en el montaje de un muro cortina, según los resultados de la segunda encuesta, es la descoordinación entre especialidades, seguido de los problemas propios de cada especialidad, la primera provoca inconsistencias entre el mercado y los materiales, se genera información no necesaria y como ya se mencionó falta de información, por su parte los problemas propios de cada especialidad, producen efectos negativos en todos los impactos, destacándose la mala operabilidad, la información defectuosa, la información no necesaria y la inconsistencia entre especificaciones y materiales.

Con respecto a los impactos, el que posee mayor cantidad de menciones corresponde a la información defectuosa, seguido de la interrupción de la construcción, rehacer trabajos, el retraso de las actividades y la falta de información, todas con la misma cantidad de menciones por parte de los encuestados.

Como conclusiones finales y resumiendo los resultados obtenidos, los defectos o deficiencias más importantes que presentan los diseños y que afectan directamente a la etapa constructiva son los relacionados a las descoordinaciones y cambios establecidos por parte de los mandantes y las especificaciones y detalles en los planos, si bien los resultan demuestran estos resultados, los comentarios por parte de los profesionales y los jefes de obra los confirmaron durante los meses de investigación en que estuvo presente el encuestador en terreno, gran cantidad de detalles, sobre todo en terminaciones y en elementos particulares no se encontraban definidos y una vez que se debían realizar en terreno, se solicitaba a la oficina proyectista visitas a terreno para definir estos detalles, esta causa estaba directamente relacionada a los cambios provenientes del mandante, ya sea la constructora o el mandante de la constructora, ya que muchos de los detalles se debían definir una vez que ellos entregaran una respuesta concreta, la que se entregaba cuando el proyecto ya estaba en marcha.

En particular este tipo de trabajo como es el montaje de fachadas de muro cortina depende demasiado del diseño, por la complejidad de los elementos y la precisión que se debe tener, en la mayor parte de los trabajos que se realizan en construcción la unidad de medición es el centímetro, pero para este trabajo las unidades son milímetros con tolerancias muy bajas de error para el trabajo en

terreno, porque si bien en las estructuras de acero se trabaja en milímetros, para el montaje de estas en obra, se trabaja en centímetros.

En cuanto a los impactos negativos que se afectan directamente la productividad, estos tienen que ver principalmente con los atrasos en la entrega del proyecto y en el cumplimiento de los plazos programados, en terreno se logró identificar esta consecuencia, ya que se debió modificar la carta Gantt en un sinnúmero de ocasiones, en común acuerdo con la constructora, por falta de definición en los planos de diseño principalmente.

Por todas estas circunstancias es que es necesario implementar mejoras que permitan corregir y perfeccionar la interfaz entre el diseño y la construcción para el montaje de fachadas de muro cortina y los principales involucrados son los que presentan sugerencias que se debiesen aplicar en el corto y largo plazo, las más importantes son las siguientes:

- **Corto Plazo:**

Contar con el apoyo necesario por parte de la oficina proyectista, donde estén involucrados los diseñadores y calculistas con el montaje en terreno, mediante visitas periódicas (por lo menos dos veces por semana).

- **Largo Plazo:**

A largo plazo se plantean variadas soluciones innovadoras, pero que requieren de un gran compromiso por parte de la plana gerencial de la empresa para poder ser implementadas en futuras obras.

La sugerencia o medida más mencionada por parte de los entrevistados es mejorar la ingeniería de detalles, realizando estudios más acabados de los proyectos, abarcando no sólo los diseños típicos de las fachadas, sino que todos los detalles y que estos se presenten de forma clara en planos y especificaciones antes de iniciar los trabajos, no sobre la marcha del mismo.

De igual forma es necesario formar equipos de diseño que trabajen a la par con el personal de terreno, que la función de diseñador no sea sólo trabajo desde oficina, sino que se tenga personal capacitado en constante interacción con jefes de obra e ingenieros de terreno, un alto gerente de proyecto que respondió la entrevista sugiere formar profesionales jóvenes que sean capacitados por profesionales de mayor experiencia. También se recomienda que la empresa lleve un registro de los errores que se les presentan en los diferentes proyectos y las causas que

generaron estos problemas para así llevar un historial y crear aprendizaje a nivel de empresa sobre las principales pérdidas que se generan.

La siguiente sugerencia propone un cambio radical a la forma en que se lleva a cabo el montaje de muros cortina en Chile, el entrevistado recomienda implementar un sistema estandarizado de modulación de las fachadas acristaladas, en desmedro de los diseños particulares de cada arquitecto, tal como ocurre en una serie de países, como Estados Unidos, donde son los profesionales encargados de diseñar los que se deben adecuar a los tipos de modulaciones que ofrecen las empresas de montaje de muros cortina, lo que permitiría reducir considerablemente los costos del proyecto y los plazos. Sin embargo es muy poco probable que se dé esta situación.

4.2 Encuesta de Detección de Pérdidas en Obra

4.2.1 Descripción

La “Encuesta de Detección de Pérdidas en Obra” es una herramienta que en términos generales, permite conocer en forma sistemática la percepción general de los miembros del equipo de trabajo y focalizar la atención de supervisores en los procesos más relevantes y crear de paso una mentalidad de mejoramiento a través de una mayor participación y compromiso por parte de los involucrados.

Esta herramienta, que fue desarrollada por el Departamento de Gestión de la Construcción de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se asemeja bastante a la herramienta “Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área” que se enfoca en la identificación de pérdidas en la interfaz diseño – construcción, sin embargo la “Encuesta de Detección de Pérdidas en Obra” permite encontrar y estudiar las pérdidas que se generan en el proceso constructivo, tal como lo señala su nombre, es decir se enfoca principalmente en el proceso productivo de la industria del montaje de fachadas de muro cortina.

La encuesta cuyo formato se muestra en el Anexo D, permite identificar las pérdidas más frecuentes que se producen en el proyecto en estudio, entendiendo “pérdida” en un sentido amplio: Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción.

Además, la encuesta permite detectar las fuentes más frecuentes de pérdidas e indagar la causalidad de las mismas.

4.2.2 Metodología de Aplicación

Esta herramienta ha probado ser de gran utilidad para mejorar la comunicación entre los supervisores de una obra y el personal encargado de ejecutar la construcción, y permite generar un mecanismo de identificación y reducción de pérdidas. Además, es una herramienta de aplicación directa en obra por lo que su potencial uso se encuentra en el mejoramiento de la productividad asumiendo que dicho mejoramiento se basa en los elementos esenciales de la Producción “Lean” como también en una integración y participación de todos los involucrados en el proceso. La encuesta consta de dos partes, la primera consiste en identificar las pérdidas que se presentan con mayor frecuencia durante la ejecución del montaje de un muro cortina y por ende son las más importantes y la segunda

permite clasificar según niveles de ocurrencia en terreno (frecuente, ocasional, rara vez o nunca), diversas fuentes de pérdidas, agrupadas en categorías.

La metodología de implementación de la encuesta consiste en:

- i. El líder debe preparar el material necesario para la aplicación de la encuesta, además de una pequeña descripción del concepto “*Lean*” (sin pérdidas).
- ii. Se debe coordinar con el administrador o profesional de obra, la fecha y hora de realización de la reunión con capataces y profesionales para la aplicación de la encuesta. La reunión no deberá durar más allá de 40 o 45 minutos: 25 minutos para la charla introductoria y 15 o 20 minutos para contestar el formato de la encuesta.
- iii. Para realizar el procesamiento de la información, deberán llenarse matrices como las mostradas en el Anexo D, en la primera plana, el encuestado debe colocar su nombre, empresa a la que pertenece y los tipos de obra que desarrolla habitualmente la empresa, en la primera parte de la encuesta, cada profesional o jefe de obra debe señalar las diez pérdidas más importantes que consideren que se producen en las obras en las que han estado presente, a partir de un listado de 46 fuentes, no obstante, el formato de llenado permite incluir otros problemas que no se encuentren en la lista, por último se debe determinar la frecuencia con que acontecen las diferentes pérdidas del montaje de una fachada de muro cortina, agrupadas en 14 conjuntos de problemas.
- iv. Una vez obtenidos todos los datos que entregan las encuestas se generan gráficos estandarizados, los que se explican en detallan en el ítem de Resultados.
- v. Es importante destacar que el periodo de procesamiento y generación de gráficos debe ser inferior a una semana, de manera que dentro de este plazo pueda coordinarse una nueva reunión con los capataces.
- vi. Para la segunda reunión, deben llevarse copias de los gráficos de resultados para cada uno de los capataces y profesionales presentes.
- vii. Esta reunión es de mucha importancia, ya que permite a los capataces explicar en detalle todos los aspectos más relevantes detectados en la encuesta, buscando en conjunto soluciones prácticas que ayuden a reducir las causas de pérdidas y sus potenciales impactos.
- viii. Debe tomarse nota de todas las explicaciones y sugerencias entregadas por los capataces como también se deberán establecer claramente las acciones de mejoramiento a implementar y sus respectivos objetivos a lograr.

Es importante recalcar que por la naturaleza de la herramienta, esta generalmente debe ser respaldada por otras mediciones que permitan finalmente establecer el ciclo de mejoramiento continuo, este respaldo proviene del resto de las herramientas que se aplicarán en terreno.

4.2.3 Resultados

La mayor parte de los profesionales y personal de supervisión que colaboraron con la encuesta de detección de pérdidas, prestaban servicios en la empresa donde se efectuó la investigación. Los tipos de obras que habitualmente desarrolla la empresa son edificios en altura (edificios para oficinas principalmente). Sin embargo, de igual manera los proyectos de montajes de muro cortina abarcan otros tipos de edificaciones, como son las edificaciones bajas extensivas como: *malls*, hospitales, casinos y otros.

Tal como fue mencionado anteriormente, del procesamiento de la información entregada por el personal encuestado es posible generar dos tipos de gráficos que resumen los resultados. Se entrega a continuación al lector una breve explicación de ellos y los resultados obtenidos en la medición.

- a) **Pérdidas más Importantes:** Con la primera encuesta realizada, se obtienen las fuentes de pérdidas más importantes que consideran los encuestados dentro del montaje de un muro cortina, para lograr este objetivo, el formato de la encuesta permite seleccionar las 10 fuentes más importantes, dentro de un listado de 46 pérdidas previamente establecidas (López, 1997), el Anexo D.1 permite observar el formato de llenado, sin embargo, los profesionales pueden especificar otras que no se encuentren en el listado. Los resultados se muestran en un gráfico que contiene dos ejes verticales, el primero presenta las pérdidas que se mencionaron con mayor frecuencia, mientras que en el segundo eje se acumulan los porcentajes que representan cada una de las pérdidas, en el Gráfico 4-7 se aprecian los resultados obtenidos en terreno.

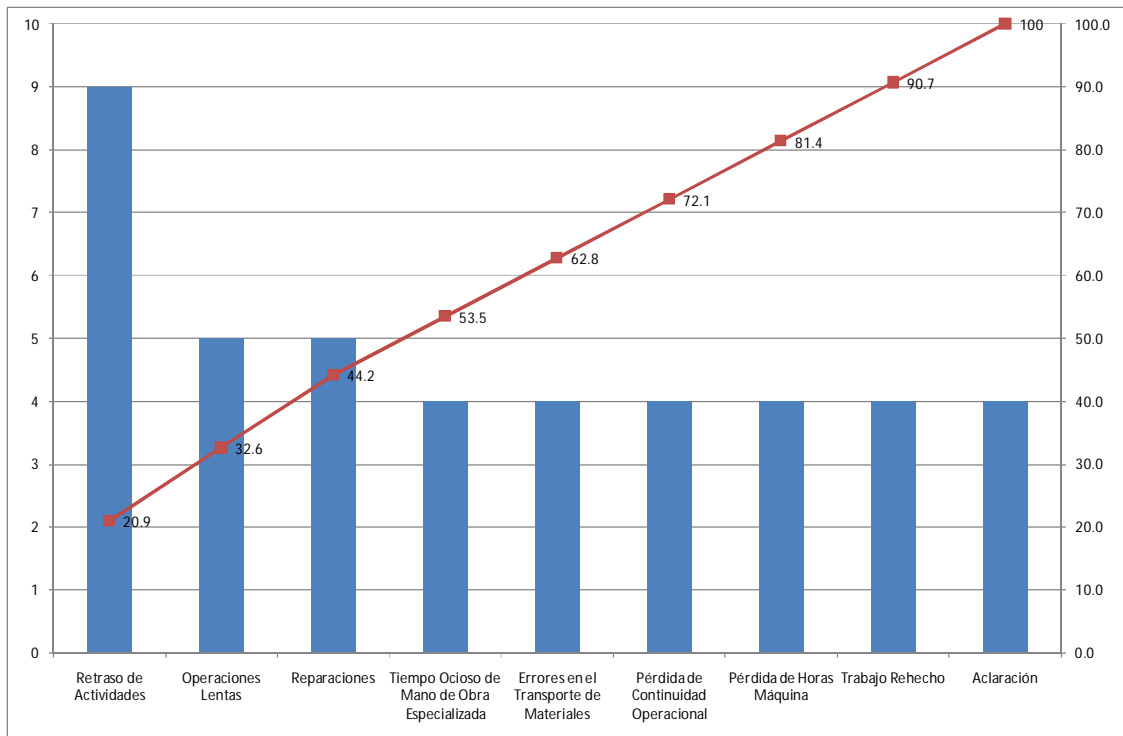


Gráfico 4-7. Encuesta de Detección de Pérdidas, Pérdidas más Importantes.

Los análisis se desarrollan más adelante, en las conclusiones de este capítulo.

- b) Frecuencias de Pérdidas: Dado el formato de la encuesta, cada fuente de pérdida tiene asociados espacios para completar información referente a si esta fuente de pérdida se produce de manera frecuente, ocasional, rara vez o nunca. Es posible generar un gráfico de Pareto que permita visualizar el porcentaje de encuestados que menciona cada fuente de manera desagregada en las categorías anteriormente señaladas. Las fuentes de pérdidas se agruparon de acuerdo a los tipos de problemas que ocasionan, a continuación se presentan los gráficos correspondientes para cada una de las clasificaciones de los problemas.

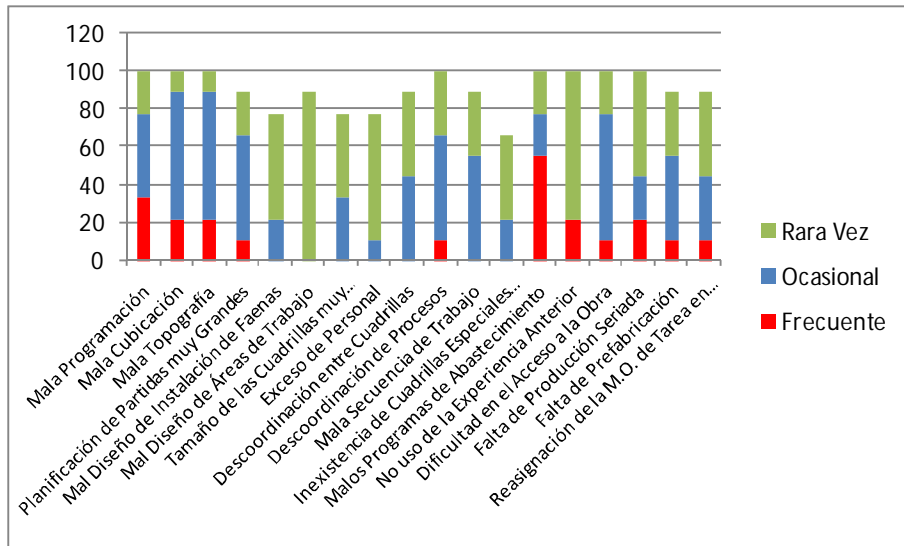


Gráfico 4-8. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Planificación.

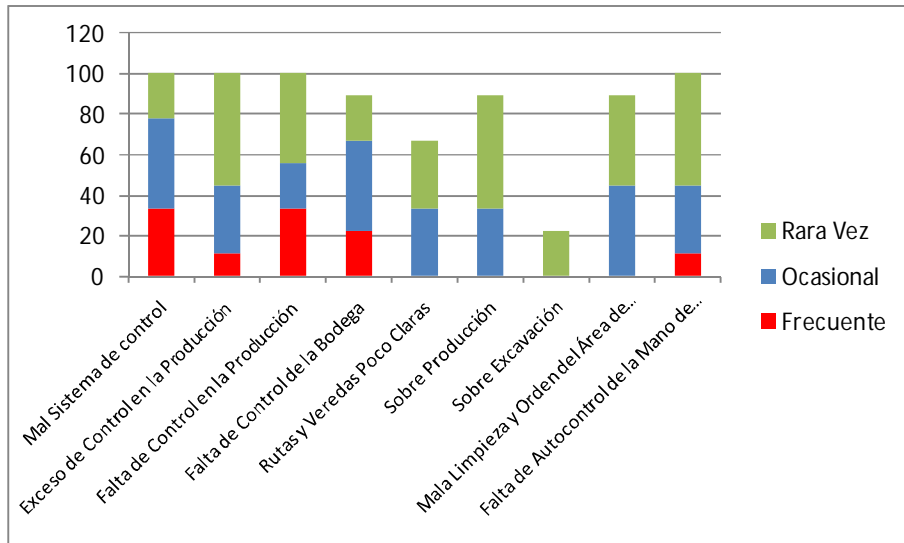


Gráfico 4-9. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Control.

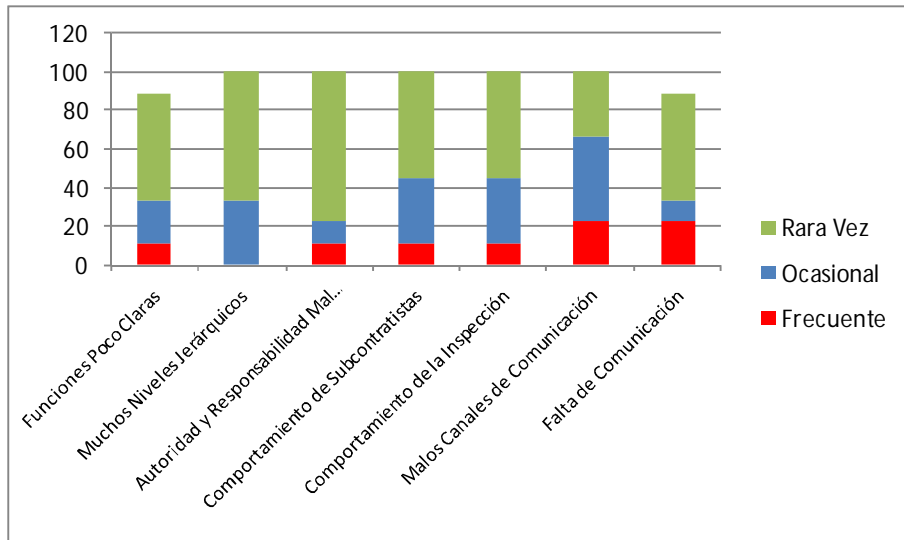


Gráfico 4-10. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Organización.

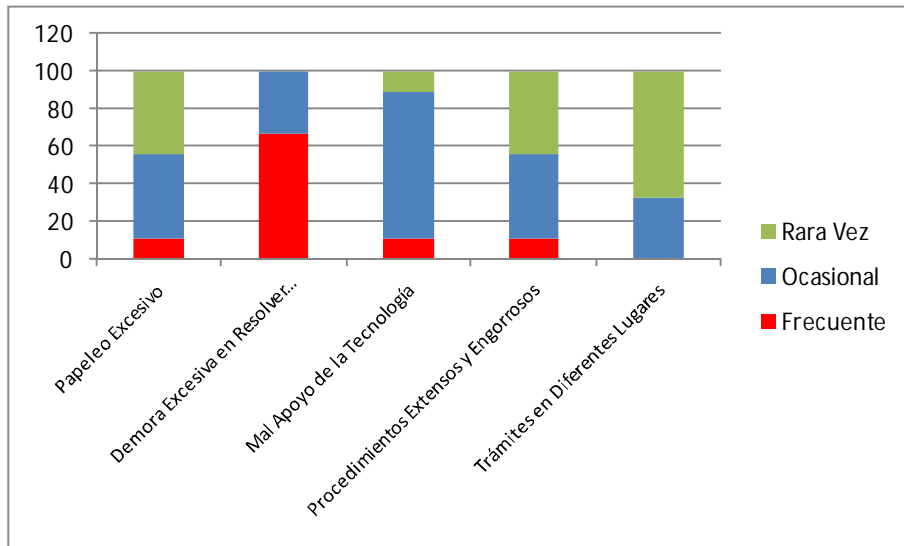


Gráfico 4-11. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Burocracia.

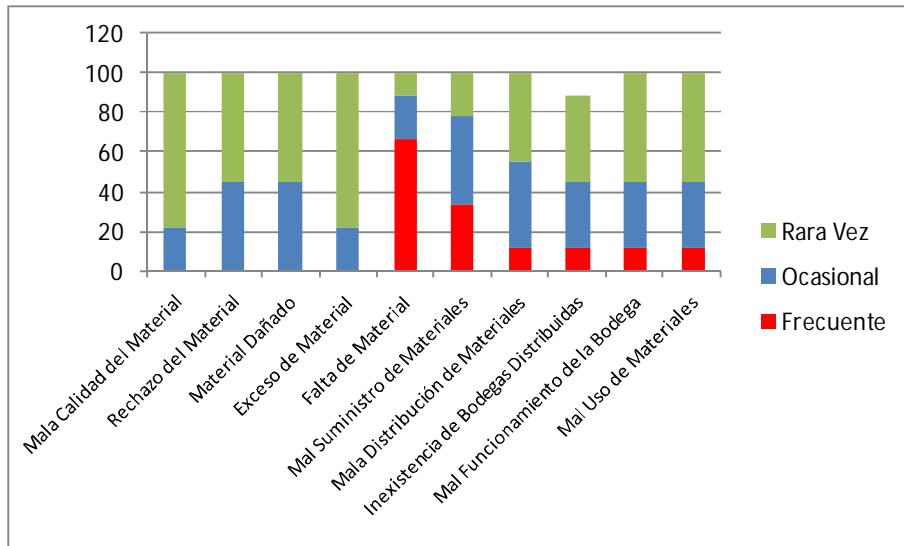


Gráfico 4-12. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Materiales.

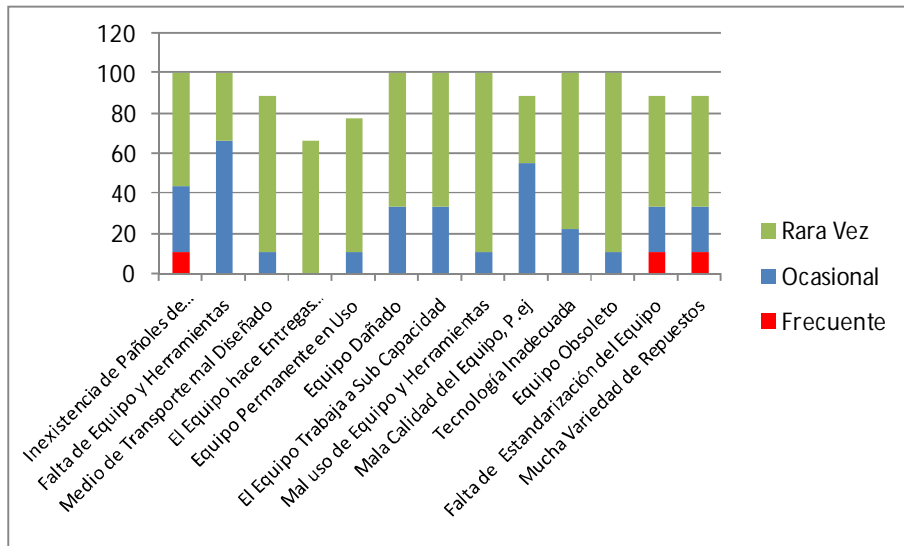


Gráfico 4-13. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Equipos.

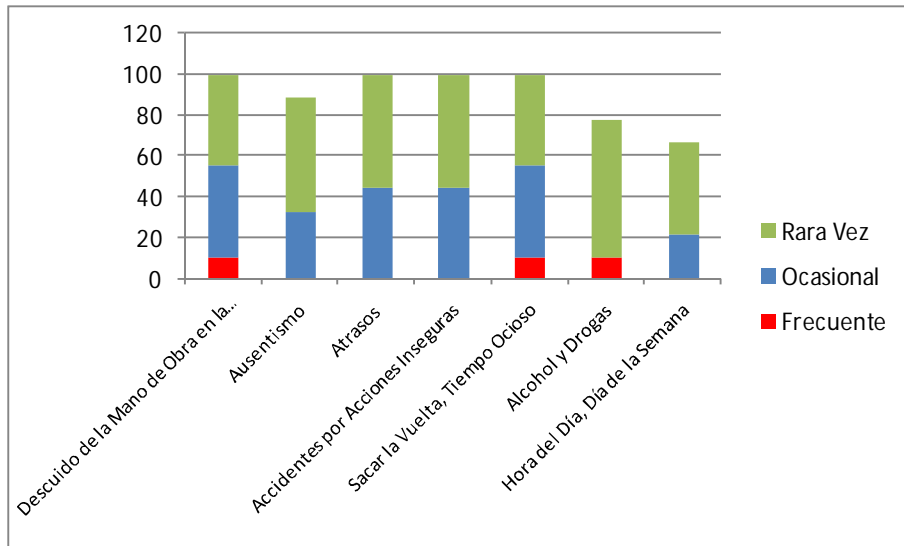


Gráfico 4-14. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Irresponsabilidad de M.O.

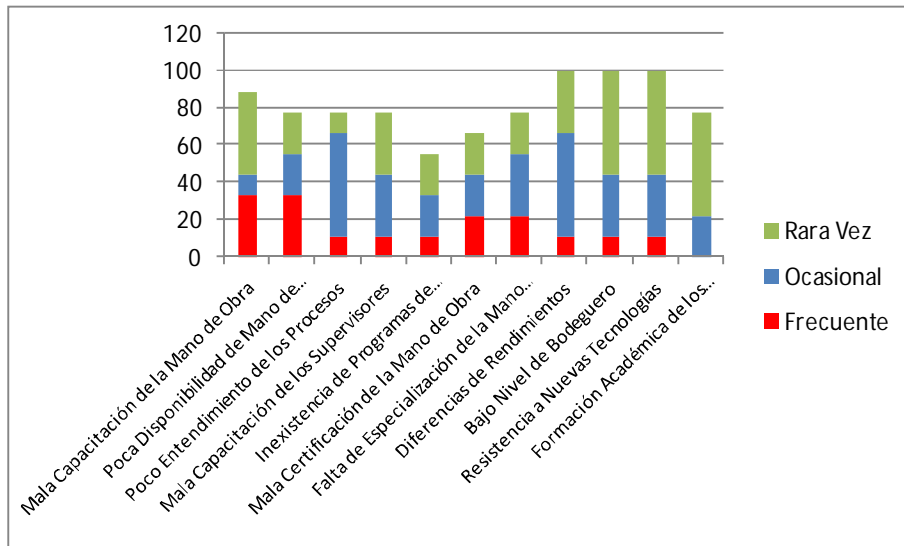


Gráfico 4-15. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Capacitación.

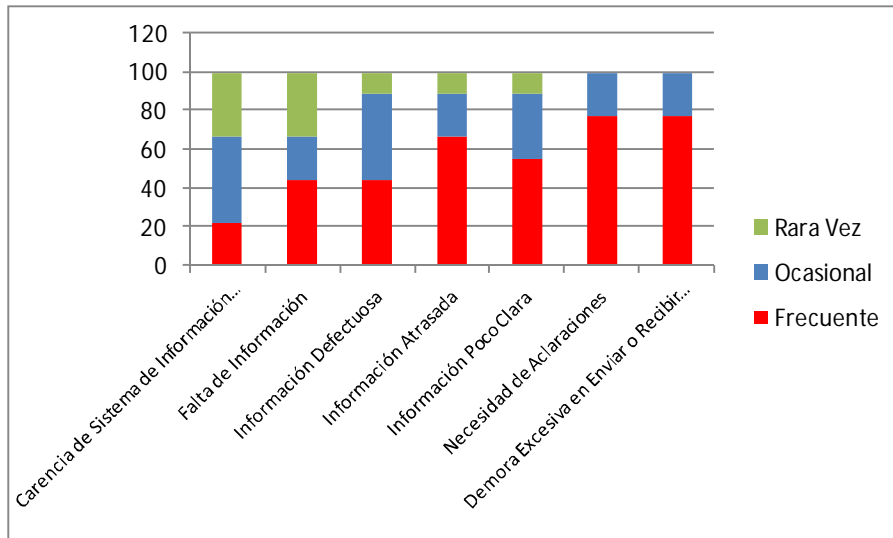


Gráfico 4-16. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Información.

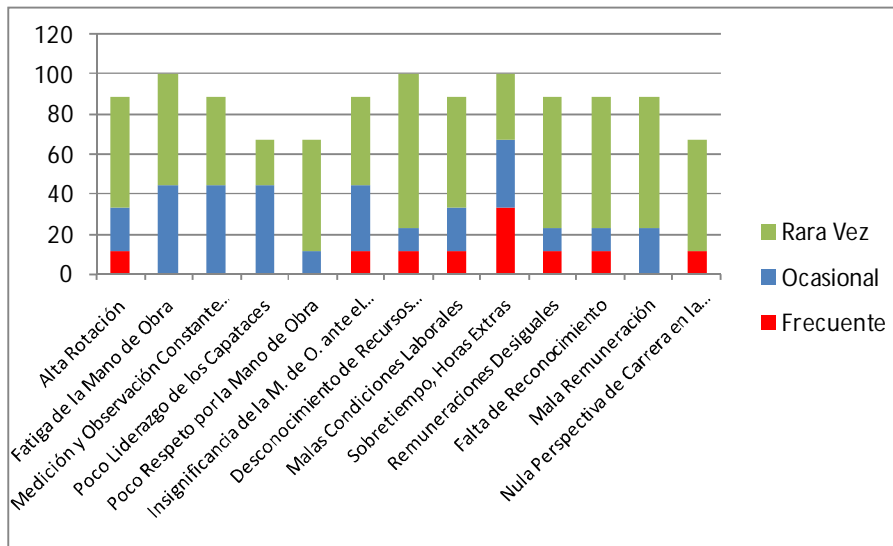


Gráfico 4-17. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Motivación de M.O.

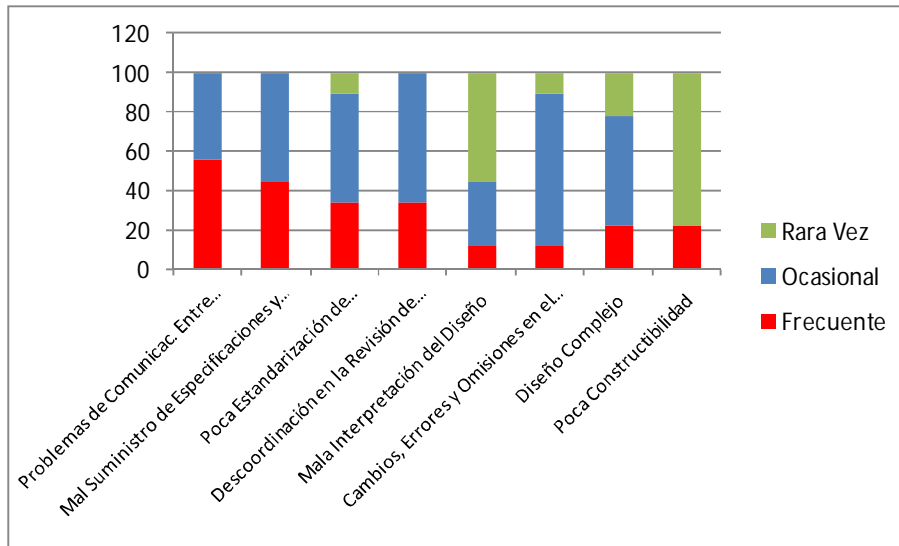


Gráfico 4-18. Fuentes de Pérdidas, Problemas de Diseño.

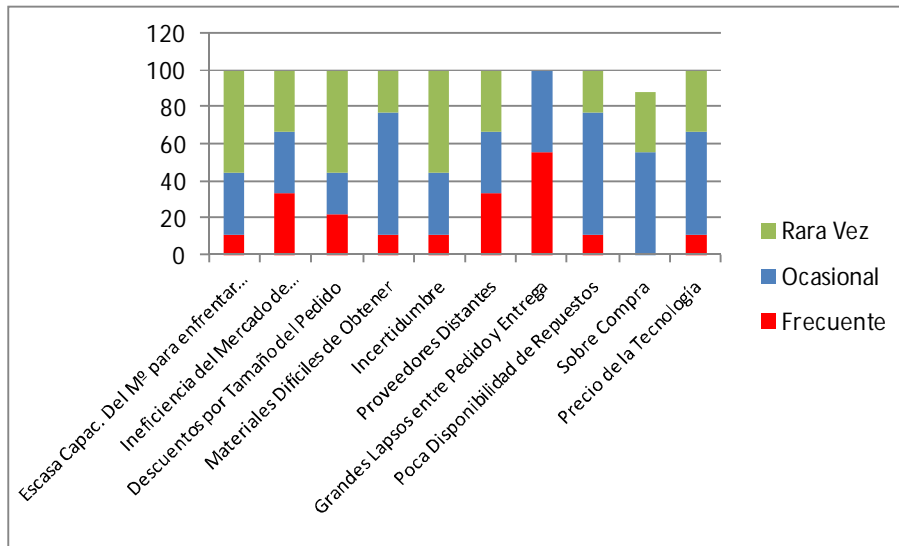


Gráfico 4-19. Fuentes de Pérdidas, Problemas del Mercado.

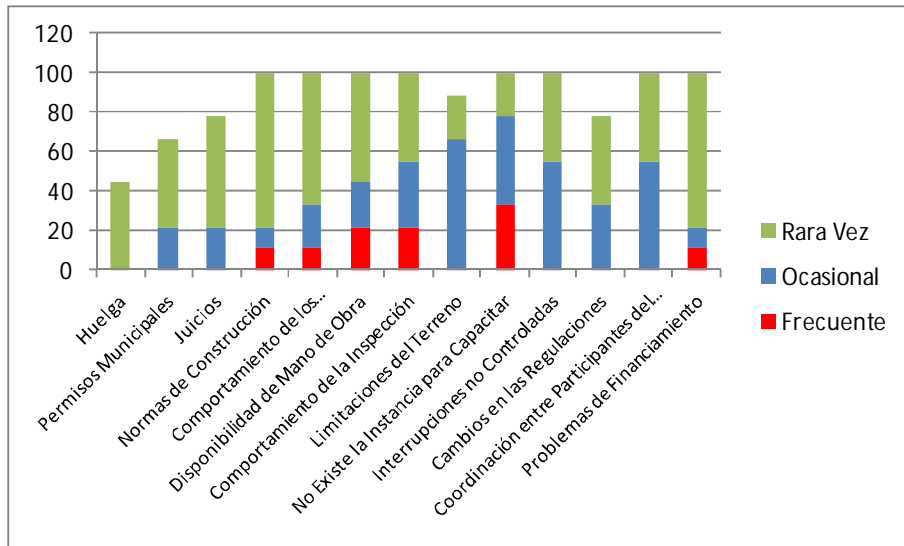


Gráfico 4-20. Fuentes de Pérdidas, Problemas del Tipo de Proyecto.

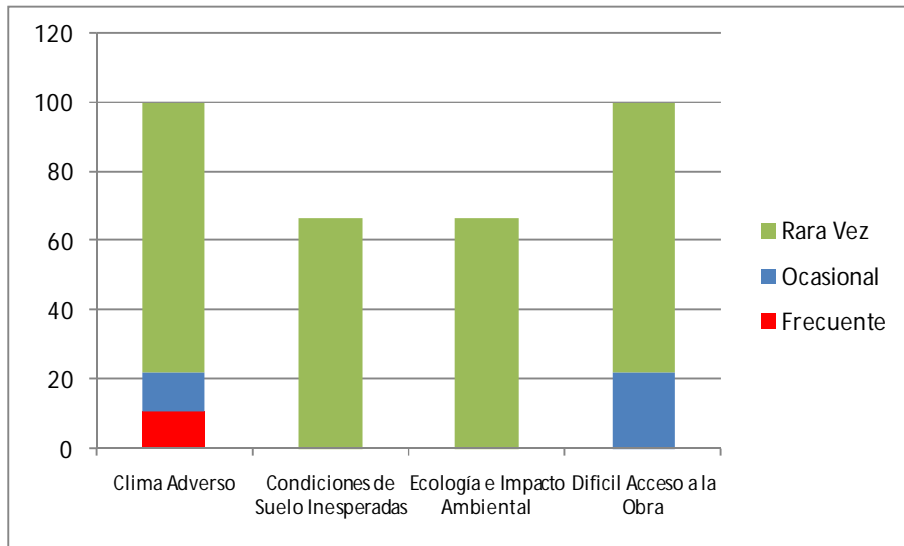


Gráfico 4-21. Fuentes de Pérdidas, Problemas Propios de la Naturaleza.

4.2.4 Conclusiones y Comentarios Finales Encuesta de Detección de Pérdidas

La “Encuesta de Detección de Pérdidas” es una herramienta que tiene como objetivo identificar las pérdidas en obras de construcción y medir la frecuencia de ocurrencia de los problemas. Se desarrolla en una metodología interactiva, donde se crean grupos de trabajo que son entrenados en conceptos de gestión constructiva, se realiza, lluvias de ideas, se diseña la encuesta, se aplica y se proponen y aplican acciones de mejoramiento (Alarcón 1994), esta herramienta es utilizada bajo el concepto de la filosofía de producción sin pérdidas o “*Lean Production*”, que permite:

- **Identificación de las pérdidas más frecuentes.**
- **Identificación de las fuentes más frecuentes de pérdidas.**
- **Investigación en la causalidad de las pérdidas.**
- **Incremento de la participación y compromiso de los involucrados.**

Del Gráfico 4-7 se concluye que el retraso en las actividades es la pérdida más importante que se presenta en una obra, superando largamente a los demás ítems, este problema que se clasifica dentro de las pérdidas de tiempo, es la consecuencia directa de muchas de las causas mencionadas por los encuestados. Las operaciones lentas, las reparaciones, los errores en el transporte de los materiales, la pérdida de continuidad operacional y las esperas por aclaraciones producen un aumento en el tiempo total del proyecto, lo que deriva en el retraso de las actividades, que represente el 20,9% de las pérdidas mencionadas.

Por otro lado los tiempos ociosos de la mano de obra especializada y las pérdidas de horas máquina generan defectos relacionados a la lentitud en las operaciones

Con respecto a la segunda encuesta, el análisis se puede desglosar según la clasificación de los problemas.

En el caso de los problemas de planificación, la mala programación del abastecimiento desde la planta de la empresa hacia la obra, constituye la pérdida que ocurre con mayor frecuencia (56%), seguido de la mala programación (33%). Esto se entiende principalmente por el proceso constructivo que se lleva a cabo en el montaje de fachadas de muro cortina, desde fábrica se deben enviar los elementos necesarios que se requieren para el montaje en fechas previamente programadas, no obstante en gran parte de las obras se producen muchos problemas al momento de cumplir con estas fechas, dado que los componentes se mandan a fabricar fuera de Chile, por el menor costo y la

incapacidad o falta de tecnologías que poseen las empresas dentro del país para fabricar los elementos de aluminio, al igual que los termopaneles.

Otra pérdida que se presenta con un alto porcentaje de frecuencia, corresponde a la demora excesiva en resolver problemas (67%), pérdida que se encasilla dentro de los problemas burocrático, la principal causa que explica esta demora es la falta de correspondencia entre el diseño y la construcción, ambas disciplinas actúan disasociadamente durante el proceso constructivo, la mayor parte de los detalles que quedan pendientes, se resuelven después que los diseñadores visitan la obra y entregan la solución, generándose un tiempo importante de espera para resolver los pormenores. De igual manera se producen demoras excesivas para resolver problemas provenientes de la constructora o del mandante, que aunque son menos frecuentes, por lo general demoran más en ser aclarados.

Lo anterior también puede ser incluido dentro de los problemas de información, donde destacan: la demora excesiva en enviar o recibir información (78%), necesidades de aclaraciones (78%) y la información poco clara (67%), lo llamativo de las dos primeras pérdidas es que siempre se presentan, ya sea de manera frecuente u ocasional. Los problemas de información representan los porcentajes de frecuencia más importantes dentro del estudio, con un 56% para la clasificación de frecuente y un 30% para ocasional, como se observa en el Gráfico 4-22.

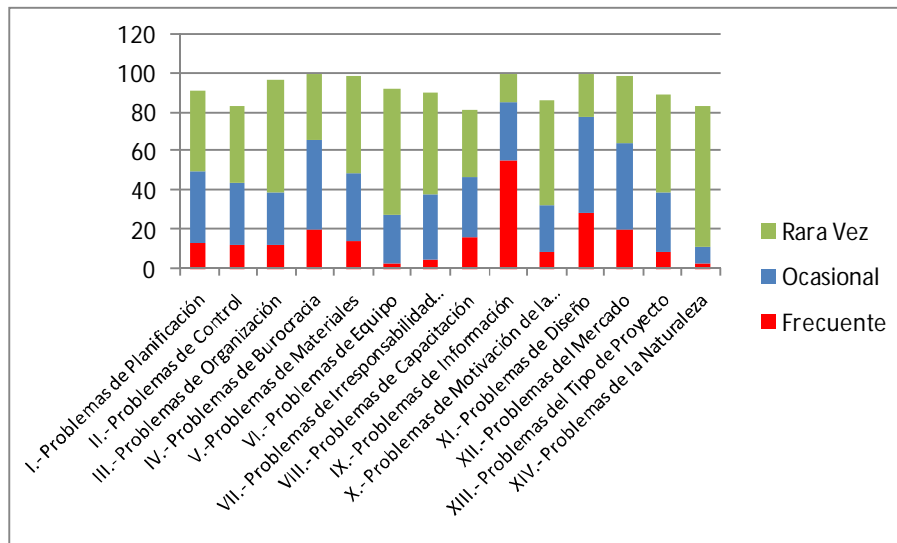


Gráfico 4-22. Frecuencia de los Problemas que se Presentan durante el Proceso Constructivo.

Del gráfico anterior se desprende que los problemas relacionados a los diseños se presentan de igual manera muy frecuentemente dentro del proceso constructivo (29%) y ocasionalmente se presentan en un 49%, donde se destacan los problemas de comunicación entre el diseño y la construcción (56%), el mal suministro de planos y especificaciones (44%), la poca estandarización de

especificaciones (33%) y la descoordinación en la revisión de los planos (33%). Las dos primeras pérdidas mencionadas y la cuarta, acontecen de manera frecuente u ocasional, es decir, en todas las obras donde han estado presentes los profesionales y supervisores que desarrollaron esta encuesta se presentan este tipo de problemas.

Como se observa claramente, la mayor parte de los problemas asignados por los encuestados en terreno, corresponden a los que tienen cierta relación con los proyectistas y diseñadores (problemas de información y diseño), por lo que sería muy conveniente implementar las mejoras sugeridas en el capítulo anterior.

4.3 Encuesta de Detenciones y Demoras

4.3.1 Descripción

La encuesta de detenciones y demoras es una herramienta que se aplica a distintas cuadrillas de trabajo, permitiendo identificar las fuentes de interrupciones más frecuentes y medir los tiempos de espera de las cuadrillas, lo que derivará en establecer las consecuencias que generan estas interrupciones.

Muchos estudios demuestran que gran parte de las ineficiencias que se generan en los proyectos típicos de construcción provienen de las esperas por materiales, equipos, sobre dotación de trabajadores en los lugares de trabajo y otros.

El proceso de registro consiste en una planilla que es completada generalmente por el capataz o jefe de cuadrilla al finalizar el día o durante el transcurso de este y debe identificar y estimar con exactitud las pérdidas de tiempo debido a detenciones, es decir, debe asociar a una causa específica, las horas-hombre pérdidas en el día, lo que permite medir la influencia de los aspectos administrativos que escapan al control del capataz, pero que de todos modos, influyen importantemente en el trabajo de la cuadrilla (Hayes, 1980), (Martínez, 1989) El formato presenta una serie de categorías predefinidas, con la posibilidad de agregar otras no existentes.

4.3.2 Metodología de Aplicación

- 1) La herramienta debe aplicarse idealmente durante 5 días consecutivos, pudiendo o no pertenecer a una misma semana (por ejemplo: jueves, viernes, lunes, martes, miércoles).
- 2) Identificar a los trabajadores que se van a encuestar, información que normalmente es manejada por el jefe de obra.
- 3) Se entrega a cada trabajador (uno por cuadrilla) un instructivo de cómo contestar la encuesta y se explica brevemente. Debe establecerse claramente que es una herramienta para detectar las causas de los problemas en los trabajos, para posteriormente mejorarlo contando con el compromiso de todos, y no para encontrar culpables.
- 4) Junto a lo anterior se entrega una copia de la encuesta a cada trabajador designado.

- 5) Para que se logre una adecuada aplicación de la encuesta, es recomendable que al finalizar el primer y tercer día de llenado de registros, el encargado esté personalmente en terreno para verificar que se cumpla la entrega y responder cualquier consulta.
- 6) El procesamiento es sencillo, debiendo llenarse una planilla de resultados (Ver Anexo E) en donde se asocia a cada categoría de demoras la cantidad de horas perdidas y el número de trabajadores involucrados.

4.3.3 Instructivo “Encuesta de Detenciones y Demoras”

- a) La encuesta debe ser llenada a lo largo del día o al finalizar éste por todos los supervisores de cuadrilla designados. En caso de que alguna persona controle a más de un grupo, debe llenar una planilla por cada uno de los grupos.
- b) El capataz debe llenar los datos que se solicitan en la parte superior de la encuesta, estos son: cuadrilla, fecha (día), N° de obreros y actividad. Además, al reverso de cada encuesta, debe anotar el número de gente que compone su cuadrilla, distinguiendo claramente entre maestros y ayudantes.
- c) El encargado de llenar la planilla debe indicar la causa que ocasionó la detención o demora (primera columna), el número de horas o minutos perdidos (segunda columna) y el número de trabajadores que estaban presentes y que por tanto fueron afectados por el problema. En caso de que la causa de la detención no se encuentre en la encuesta entregada, puede ser agregada bajo el ítem denominados “OTROS”.
- d) Cualquier información adicional puede entregarse en el espacio destinado a “COMENTARIOS”.
- e) La duración de la encuesta es de 5 días consecutivos, por lo que una persona de la obra puede que identifique a todos los jefes de cuadrilla, por lo que debe ser la encargada de repartir los formularios en la mañana y recogerlos al final del día.

4.3.4 Ventajas y Desventajas

Una de las características de esta herramienta es que supone un compromiso global de la empresa (mano de obra y dirección administrativa), de manera que el trabajador tenga confianza e interés por aplicar la metodología y la administración haga uso real de la información. Si no hay un real compromiso, se pierde la confianza en aplicar metodologías de este tipo, no se detectan los problemas reales, finalmente no se alcanza el objetivo de aumentar la productividad.

4.3.5 Aplicación en Terreno de la Encuesta de Detenciones y Demoras

La herramienta Encuesta de Detenciones y Demoras, necesaria para poder identificar las fuentes más frecuentes de interrupciones que se presentan en las distintas cuadrillas de trabajo se debe llevar a cabo durante cinco días consecutivos ya sea en una misma semana (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes) o en dos semanas (por ejemplo: jueves, viernes, lunes, martes, miércoles). En esta investigación, la encuesta se realizó a cuatro cuadrillas compuestas por cinco trabajadores cada una, entre los días miércoles 28 de abril y martes 04 de mayo, bajo la supervisión del encargado de llevar a cabo la investigación.

Los resultados obtenidos del proceso se representan esquemáticamente en dos gráficos concretos:

1. **Esperas y Detenciones más Importantes:** Mediante un gráfico de Pareto se resumen los límites o categorías con mayor cantidad de horas-hombre perdidas durante el estudio.
2. **Evolución diaria de las Esperas y Detenciones:** Mediante un gráfico HH perdidas v/s días, se detecta si se trata de problemas puntuales o es una constante en los cinco días contestados.

Para generar ambos gráficos se debe procesar la información en una tabla resumen (Ver formato en Anexo E), donde se adjuntan los resultados diarios obtenidos por cada cuadrilla.

4.3.5.1 Esperas y Detenciones más Importantes

A partir de la tabla resumen (Tabla 4-7) se fabrica el Gráfico de Pareto, con las Horas – Hombre pérdidas para las diferentes causas mencionadas por los distintos jefes de cuadrillas y finalmente se entrega un Gráfico de Pareto acumulado combinando todas las causas y las Horas – Hombre de las diferentes cuadrillas.

Tabla 4-7. Resumen Horas – Hombre Pérdidas por Cuadrillas de Trabajo

PROBLEMAS QUE PRODUCEN INTERRUPCIONES EN EL TRABAJO	Cuadrilla N°1	Cuadrilla N°2	Cuadrilla N°3	Cuadrilla N°4	TOTALES ACUMULADOS	
					HH	%
1.- Esperando por Materiales (Bodega Interna)	22	10.1	0	3.75	35.85	16
2.- Esperando por Materiales (Externo)	2	0	0	7.5	9.5	4
3.- Esperando por Equipos o Herramientas	3.5	0	0	4.5	8	4
4.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Diseño)	5	12.5	2.5	0	20	9
5.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Prefabricación)	22.4	1.5	0	0	23.9	11
6.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Terreno)	0	7.5	0	0	7.5	3
7.- Traslado de Material desde otras Áreas de Trabajo	11	12	35	6.5	64.5	29
8.- Esperando Instrucciones o Aclaraciones de Detalles	0	0	0	0	0	0
9.- Esperando Cancha de Otras Cuadrillas	2	0	0	5	7	3
10.- Problemas con Energía Eléctrica	3.75	1.5	2.5	0	7.75	3
OTROS						
11.- Espera en Montacarga	0	5	13.75	2.5	21.25	10
12.- Traslado de Motor con Riel	0	2.5	15	0	17.5	8
Total Horas- Hombres Pérdidas por Cuadrilla	71.65	52.6	68.75	29.75	222.75	100

i. **Cuadrilla N°1:**

La cuadrilla N°1 efectuó labores de instalación de módulos durante los cinco días de mediciones, los trabajadores de la cuadrilla no presentaron mayores inconvenientes, describiendo estos días como “días normales” de trabajo en las planillas, la cuadrilla estaba compuesta por 5 trabajadores y los resultados obtenidos se presentan en el siguiente Gráfico de Pareto.

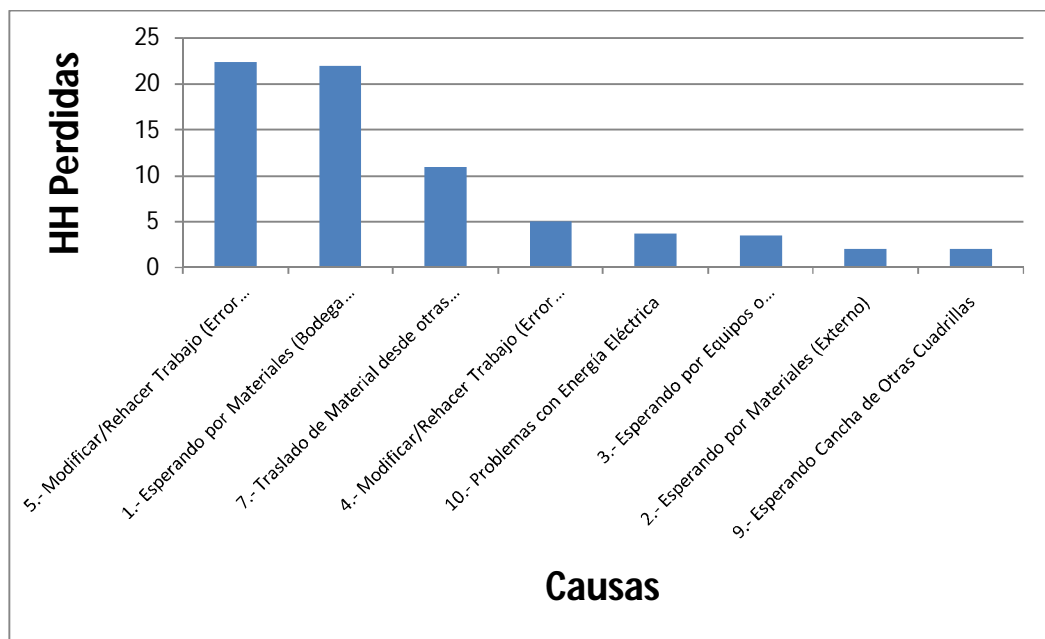


Gráfico 4-23. Gráfico de Pareto cuadrilla N°1

ii. **Cuadrilla N°2:**

La cuadrilla N°2 compuesta por 5 trabajadores, desarrolló trabajos de instalación de módulos durante los 2 primeros días de medición y luego efectuaron labores de instalación de pértigas metálicas que cumplen la función de soportar los módulos que sobresalen de las fachadas y transmitir los esfuerzos a la losa. El encargado de completar la planilla no señala ninguna situación anormal que se produjera durante los días de medición, los resultados obtenidos durante los cinco días son los presentados en el Gráfico 4-24.

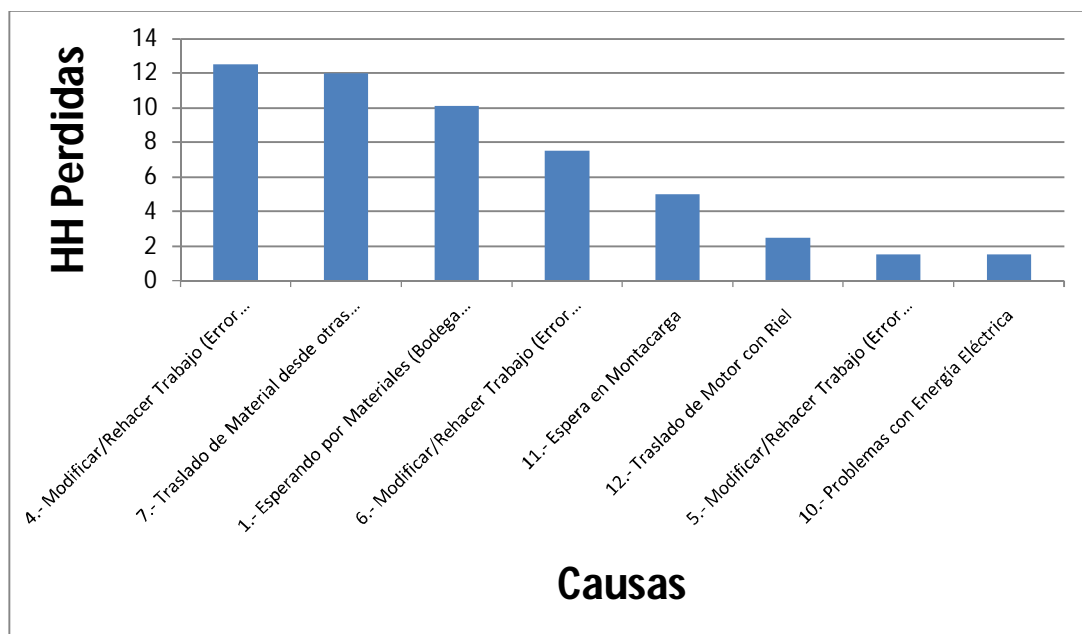


Gráfico 4-24. Gráfico de Pareto cuadrilla N°2

iii. **Cuadrilla N°3:**

Al igual que las otras dos cuadrillas no se presentaron situaciones fuera de lo común en los días de trabajo de la cuadrilla N°3. Durante los tres primeros días realizaron trabajos de instalación de módulos típicos en la fachada norte y los dos últimos días se instalaron módulos de celosía en los pisos superiores (salas de máquinas y sistemas de refrigeración), el análisis mediante un Gráficos de Pareto se muestra en el Gráfico 4-25.

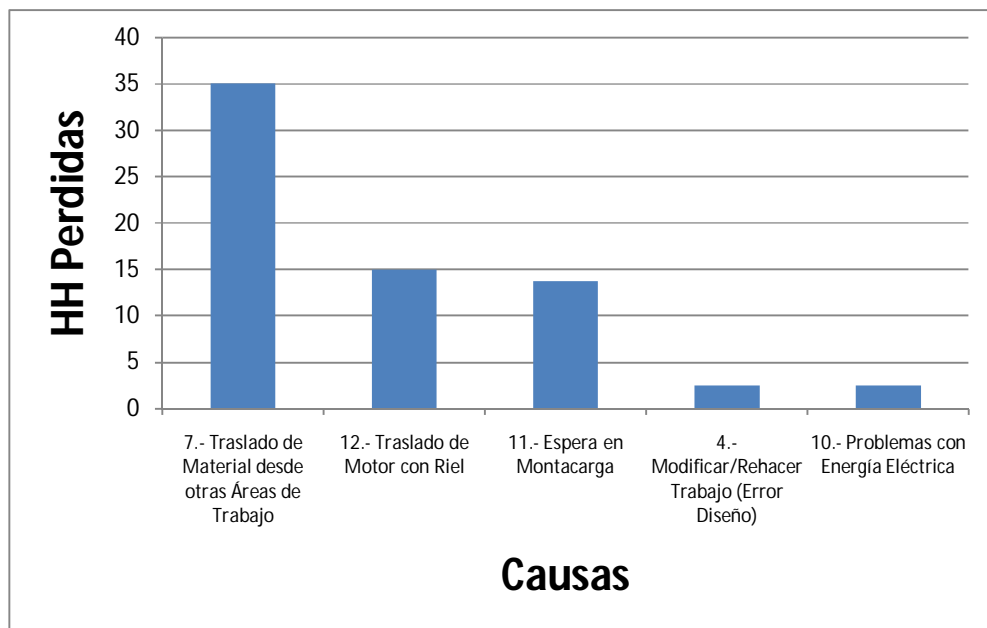


Gráfico 4-25. Gráfico de Pareto cuadrilla N°3

iv. **Cuadrilla N°4:**

La cuarta y última cuadrilla fue la que registró menos Horas – Hombre perdidas, lo que no significa que se le presentaron menos problemas, esta herramienta es muy dependiente del criterio y el compromiso del supervisor de la cuadrilla. Los resultados son los siguientes:

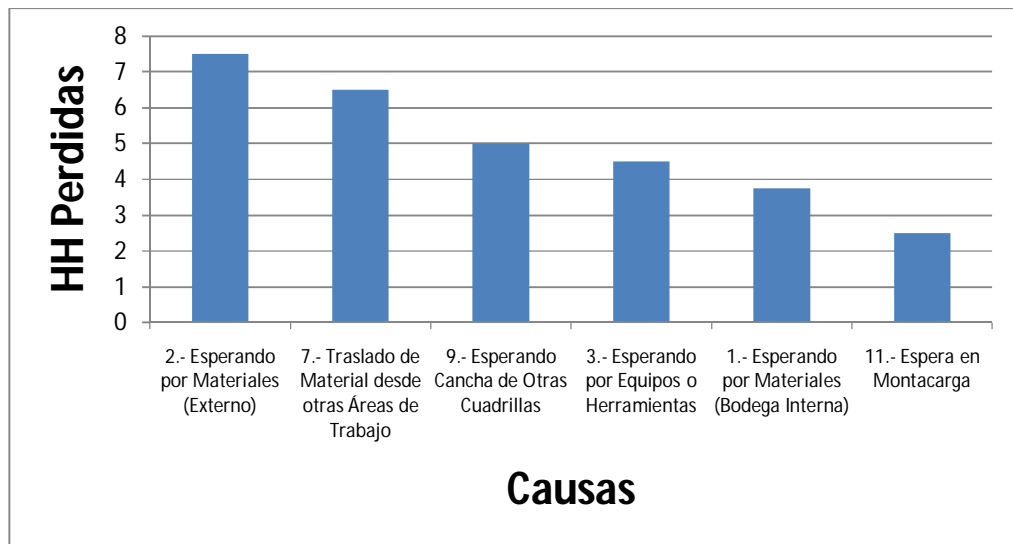


Gráfico 4-26. Gráfico de Pareto cuadrilla N°4

4.3.5.2 Evolución Diaria de las Esperas y Detenciones

De las tablas resúmenes se desprende la evolución que presentan las diversas causas mencionadas por los jefes de cuadrillas, en los cinco días de mediciones, resultados que se plasman en un gráfico de áreas, para cada cuadrilla.

Tabla 4-8. Resumen de Resultados Diarios para Cuadrilla N°1.

PROBLEMAS QUE PRODUCEN INTERRUPCIONES EN EL TRABAJO	Miércoles 28 de Abril	Jueves 29 de Abril	Viernes 30 de Abril	Lunes 3 de Mayo	Martes 4 de Mayo	TOTALES	
						HH	%
1.- Esperando por Materiales (Bodega Interna)	0	2	8	2	10	22	31
2.- Esperando por Materiales (Externo)	0	0	0	0	2	2	3
3.- Esperando por Equipos o Herramientas	0	1.5	0	2	0	3.5	5
4.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Diseño)	5	0	0	0	0	5	7
5.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Prefabricación)	0	0	6.4	8	8	22.4	31
6.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Terreno)	0	0	0	0	0	0	0
7.- Traslado de Material desde otras Áreas de Trabajo	5	0	0	6	0	11	15
8.- Esperando Instrucciones o Aclaraciones de Detalles	0	0	0	0	0	0	0
9.- Esperando Cancha de Otras Cuadrillas	0	0	0	0	2	2	3
10.- Problemas con Energía Eléctrica	0	3.75	0	0	0	3.75	5
OTROS							
11.- Espera en Montacarga	0	0	0	0	0	0	0
12.- Traslado de Motor con Riel	0	0	0	0	0	0	0
Total Horas- Hombres Pérdidas por día	10	7.25	14.4	18	22	71.65	100

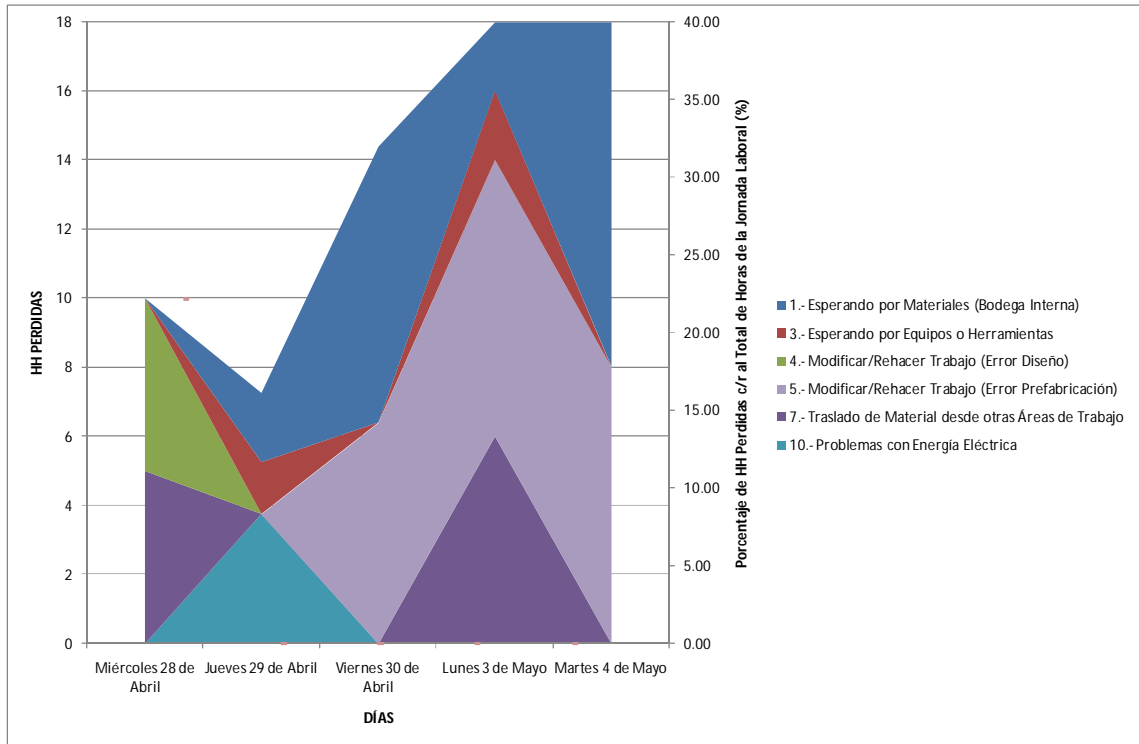


Gráfico 4-27. Evolución Diaria de Esperas y Detenciones Cuadrilla N°1.

Tabla 4-9. Resumen de Resultados Diarios para Cuadrilla N°2.

PROBLEMAS QUE PRODUCEN INTERRUPCIONES EN EL TRABAJO	Miércoles 28 de Abril	Jueves 29 de Abril	Viernes 30 de Abril	Lunes 3 de Mayo	Martes 4 de Mayo	TOTALES	
						HH	%
1.- Esperando por Materiales (Bodega Interna)	5	1.2	1.5	1.5	0.9	10.1	19
2.- Esperando por Materiales (Externo)	0	0	0	0	0	0	0
3.- Esperando por Equipos o Herramientas	0	0	0	0	0	0	0
4.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Diseño)	5	2.5	2.5	2.5	0	12.5	24
5.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Prefabricación)	0	0	0	0	1.5	1.5	3
6.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Terreno)	0	5	2.5	0	0	7.5	14
7.- Traslado de Material desde otras Áreas de Trabajo	0	2	3	3	4	12	23
8.- Esperando Instrucciones o Aclaraciones de Detalles	0	0	0	0	0	0	0
9.- Esperando Cancha de Otras Cuadrillas	0	0	0	0	0	0	0
10.- Problemas con Energía Eléctrica	1.5	0	0	0	0	1.5	3
OTROS							
11.- Espera en Montacarga	2.5	2.5	0	0	0	5	10
12.- Traslado de Motor con Riel	2.5	0	0	0	0	2.5	5
Total Horas- Hombres Pérdidas por día	16.5	13.2	9.5	7	6.4	52.6	100

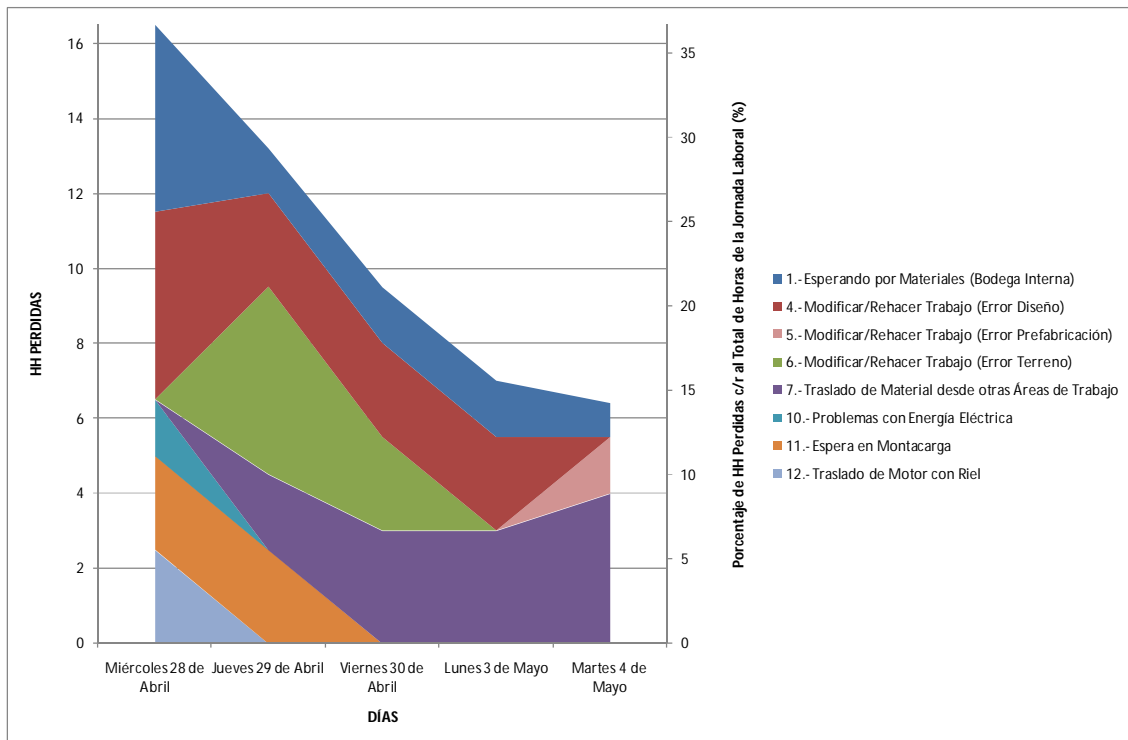


Gráfico 4-28. Evolución Diaria de Esperas y Detenciones Cuadrilla N°2.

Tabla 4-10. Resumen de Resultados Diarios Cuadrilla para Cuadrilla N°3.

PROBLEMAS QUE PRODUCEN INTERRUPCIONES EN EL TRABAJO	Miércoles 28 de Abril	Jueves 29 de Abril	Viernes 30 de Abril	Lunes 3 de Mayo	Martes 4 de Mayo	TOTALES	
						HH	%
1.- Esperando por Materiales (Bodega Interna)	0	0	0	0	0	0	0
2.- Esperando por Materiales (Externo)	0	0	0	0	0	0	0
3.- Esperando por Equipos o Herramientas	0	0	0	0	0	0	0
4.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Diseño)	0	2.5	0	0	0	2.5	4
5.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Prefabricación)	0	0	0	0	0	0	0
6.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Terreno)	0	0	0	0	0	0	0
7.- Traslado de Material desde otras Áreas de Trabajo	0	0	10	5	20	35	51
8.- Esperando Instrucciones o Aclaraciones de Detalles	0	0	0	0	0	0	0
9.- Esperando Cancha de Otras Cuadrillas	0	0	0	0	0	0	0
10.- Problemas con Energía Eléctrica	2.5	0	0	0	0	2.5	4
OTROS							
11.- Espera en Montacarga	0	3.75	5	0	5	13.75	20
12.- Traslado de Motor con Riel	15	0	0	0	0	15	22
Total Horas- Hombres Pérdidas por día	17.5	6.25	15	5	25	68.75	100

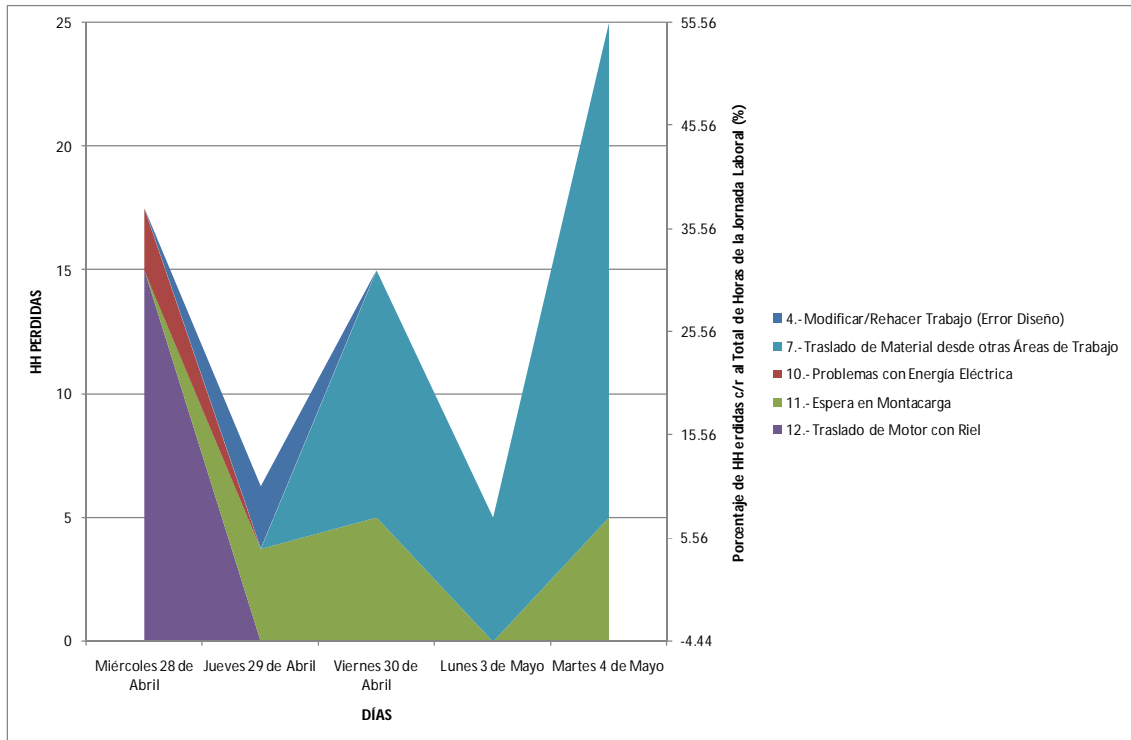


Gráfico 4-29. Evolución Diaria de Esperas y Detenciones Cuadrilla N°3.

Tabla 4-11. Resumen de Resultados Diarios Cuadrilla para Cuadrilla N°4.

PROBLEMAS QUE PRODUCEN INTERRUPCIONES EN EL TRABAJO	Miércoles 28 de Abril	Jueves 29 de Abril	Viernes 30 de Abril	Lunes 3 de Mayo	Martes 4 de Mayo	TOTALES	
						HH	%
1.- Esperando por Materiales (Bodega Interna)	1.25	2.5	0	0	0	3.75	13
2.- Esperando por Materiales (Externo)	2.5	0	5	0	0	7.5	25
3.- Esperando por Equipos o Herramientas	2	2.5	0	0	0	4.5	15
4.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Diseño)	0	0	0	0	0	0	0
5.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Prefabricación)	0	0	0	0	0	0	0
6.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Terreno)	0	0	0	0	0	0	0
7.- Traslado de Material desde otras Áreas de Trabajo	2.5	0	3	1	0	6.5	22
8.- Esperando Instrucciones o Aclaraciones de Detalles	0	0	0	0	0	0	0
9.- Esperando Cancha de Otras Cuadrillas	0	0	0	0	5	5	17
10.- Problemas con Energía Eléctrica	0	0	0	0	0	0	0
OTROS							
11.- Espera en Montacarga	2.5	0	0	0	0	2.5	8
12.- Traslado de Motor con Riel	0	0	0	0	0	0	0
Total Horas- Hombres Pérdidas por día	10.75	5	8	1	5	29.75	100

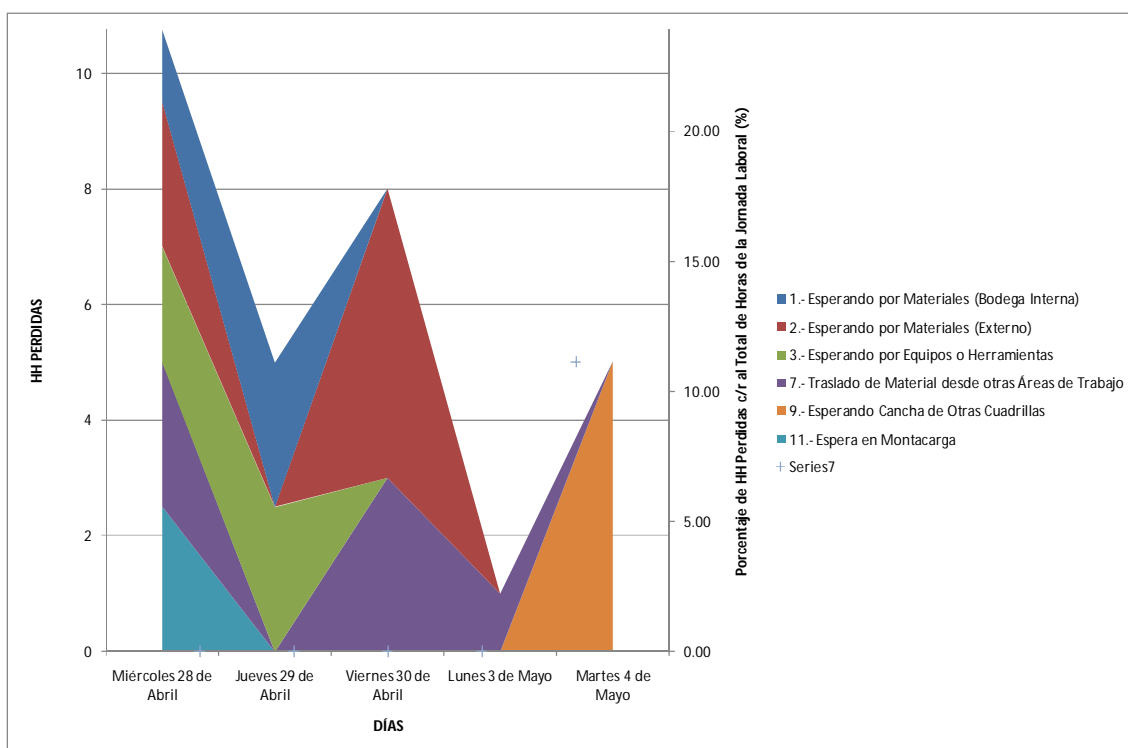


Gráfico 4-30. Evolución diaria de esperas y detenciones cuadrilla N°4

Para los cuatro gráficos anteriormente presentados, el eje vertical principal (el de la izquierda) indica las Horas Hombre (HH) perdidas, y el eje vertical secundario se refiere al porcentaje que representan estas horas pérdidas con respecto al total de Horas Hombre de la jornada para cada cuadrilla.

4.3.6 Conclusiones y Comentarios Finales

Algunas veces se cuestiona la exactitud de la información que entrega este tipo de herramientas. En la práctica es difícil poder asegurar que los valores obtenidos son precisos. Sin embargo, más que las valorización precisa de la magnitud del problema, lo que interesa es la importancia relativa respecto a las otras categorías. Por otra parte, es normal que la mayoría de las pérdidas se produzcan en dos o tres categorías, reflejando los problemas que son de mayor relevancia para los informantes. Esta información permite dirigir las medidas de mejoramiento hacia aquellas áreas problemáticas, actuando con una base segura de información.

Los problemas con mayor frecuencia que se presentaron, recopilando la información de las cuatro cuadrillas se pueden obtener acumulando todas las Horas – Hombre de los diferentes problemas, mediante un Gráfico de Pareto (ver Gráfico 4-31).

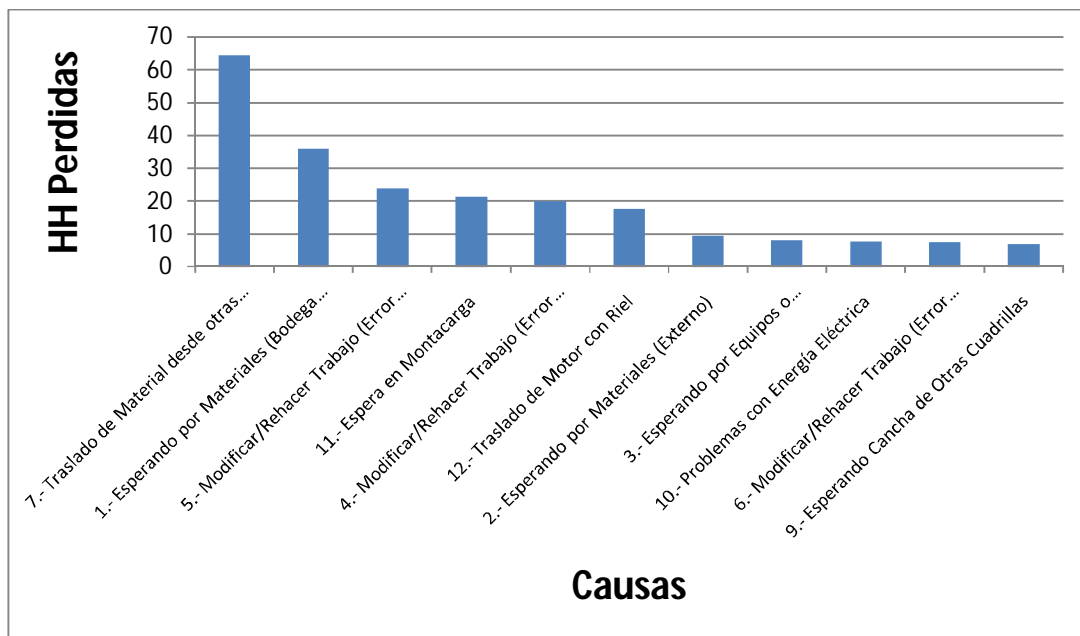


Gráfico 4-31. Gráfico de Pareto acumulado de cuadrillas

Donde se concluye que el traslado de material desde otros lugares de trabajo constituye la fuente de pérdida más importante, con más de 60 HH perdidas en los cinco días de mediciones y que representa el 29% del tiempo total de pérdida. El motivo principal al que se le atribuye la responsabilidad de esta fuente de pérdida es la ubicación de los módulos en pisos diferentes al que debiesen estar. También tiene un alto porcentaje la espera por materiales desde la bodega interna de la empresa que representa el 16% de las HH perdidas (36 HH) y el ítem modificar/ rehacer trabajos, ya sea por errores de prefabricación o de diseño (11 y 9% respectivamente), cabe hacer un comentario

acerca de estas dos últimas fuentes de pérdida, según el criterio determinado por algunos jefes de cuadrilla encargados de llenar la planilla, los elementos enviados desde fábrica y que llegaron con mínimos defectos que debieron ser solucionados al momento de ser instalados, fueron considerados como modificaciones por errores de prefabricación o como errores de diseño indistintamente, el encargado de la investigación se percató de esta confusión o razonamiento disímil entre los jefes de cuadrilla, al finalizar las mediciones, una vez que se conversó con los encargados acerca de los procedimientos empleados y los problemas que se presentaron, donde se llegó a la conclusión que una fuente importante de pérdidas se produjo por una incompatibilidad entre el módulo y el anclaje, motivo por el cual se debieron realizar modificaciones en terreno (destaje a pieza de aluminio) para poder instalar el módulo. Si se concluye que las Horas – Hombre asociadas a modificaciones por errores en la prefabricación y a las modificaciones por errores en el diseño corresponden a la misma fuente de pérdida, se obtiene que este problema representa el 20% de las Horas – Hombre desaprovechadas (44 HH), pasando a ser la segunda causa con mayor frecuencia.

Ahora si se observa la evolución diaria de detenciones y demoras acumulada de las cuatro cuadrillas, se obtiene el siguiente gráfico.

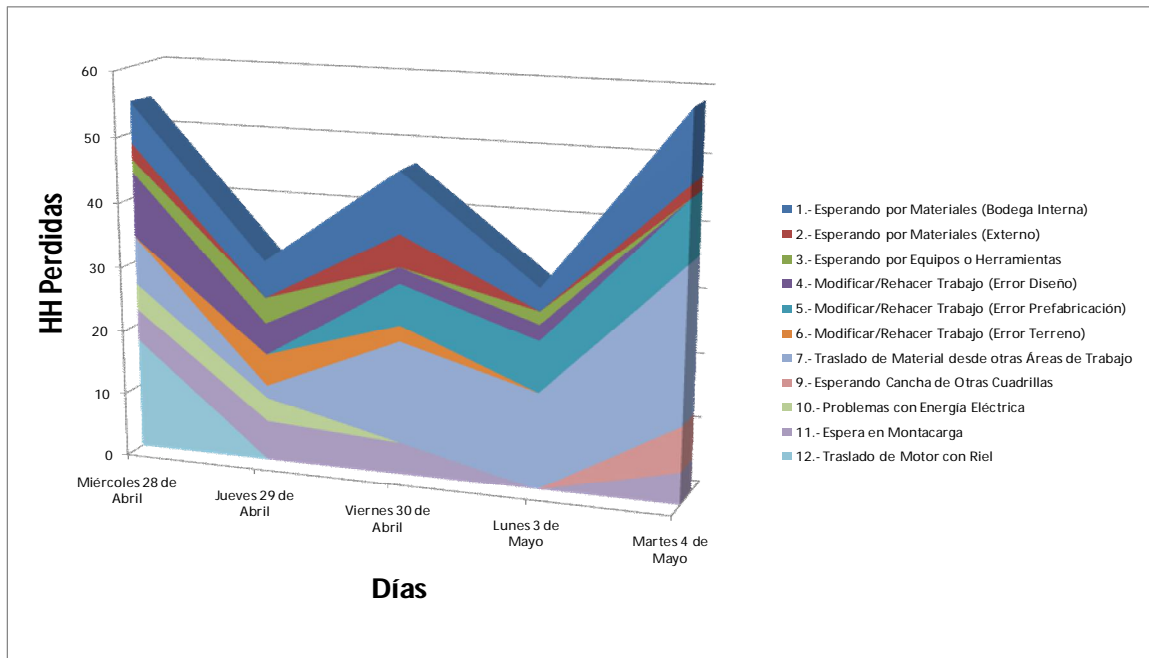


Gráfico 4-32. Evolución Diaria de Detenciones y Pérdidas Acumulado 4 Cuadrillas

Mucho no se puede concluir de este último gráfico, más bien sirve para ver la marcha de los problemas señalados y si sugieren alguna tendencia a lo largo de los días, la mayor parte de las fuentes de pérdidas se deben a hechos puntuales, difíciles de atacar, los que muchas veces son comportamientos intrínsecos del proceso constructivo, por ejemplo, la espera de material proveniente de la bodega interna de la empresa, presenta un comportamiento constante a lo largo de los días, con un promedio cercano a las 7 HH por día. Si se agrupan las fuentes relacionadas con modificar o rehacer trabajos (por errores de diseño, prefabricación o errores en el terreno), se demuestra una clara estabilidad en los días de mediciones, promediando un registro de 10 HH por día. Por último la fuente más importante de pérdidas, que corresponde al traslado de material desde otras zonas de trabajo, ve incrementado su porcentaje total principalmente por la medición efectuada durante el día martes 04 de mayo por parte del jefe de la cuadrilla N°3, donde se contabilizó un total de 20 Horas – Hombre, constituyendo esa fuente de pérdidas durante ese día el 9% del total de las pérdidas registradas durante los cinco días por parte de las cuatro cuadrillas (20 HH sobre 222 HH).

4.4 Carta de Balance de Recursos

4.4.1 Descripción

La carta de balance de recursos ha sido una metodología empleada durante años por la Ingeniería Industrial, con el fin de analizar la eficiencia de las combinaciones trabajador-máquina. Sin embargo, su uso se ha adecuado a la industria de la construcción, detallando formal y extensamente la operación y el proceso constructivo, además permite determinar la cantidad de trabajadores integrantes de cada cuadrilla, realizando un equilibrio de las actividades y recursos, tratando de minimizar el trabajo no contributivo y por último se adquiere información relevante para analizar rendimientos y productividad.

Para clasificar el trabajo realizado se tienen tres categorías: (Thomas & Daily, 1984)

- **Trabajo Productivo (TP):** Es el proceso en el cual se añade una “unidad” o componente a lo que está siendo construido.
- **Trabajo Contributivo (TC):** Trabajo que no necesariamente agrega un componente a lo que está siendo construido, pero es esencial para completar el trabajo. Esto incluye tareas como transportar materiales a los frentes de trabajo, recibir y dar instrucciones, leer planos, etc.
- **Trabajo No Contributivo (TNC):** Es hacer nada o hacer algo que no es necesario para completar el producto final. Esto incluye actividades como caminar sin transportar elementos, tiempos de espera sin explicación, etc.

Esta herramienta es una de las más útiles en el estudio de métodos, básicamente porque permite establecer y estudiar las interacciones que existen entre los distintos recursos y determinar pautas de trabajo, durante la ejecución de la labor.

Para realizar una carta de balance, el tiempo utilizado por cada trabajador y maquinaria, en cada tarea de una actividad, debe ser observado y medido. Idealmente, los tiempos deben ser medidos en varios ciclos de trabajo para validar su precisión y variación durante los ciclos. (Oglesby, Parker & Howell, 1989)

La carta de balance es un gráfico con barras verticales que muestran los tiempos empleados por los recursos (trabajadores, equipos, máquinas, otros), en la ordenada se incluye el tiempo del ciclo o el tiempo como porcentaje del tiempo total del ciclo, y en la abscisa se presentan los distintos recursos muestreados, la barra se subdivide en el tiempo según la secuencia de actividades en que participa el

respectivo recurso, incluyendo los tiempos de trabajo no contributivo, en el Anexo E se encuentra el formato tipo de una carta de balance.

4.4.2 Metodología de Aplicación

La secuencia típica de desarrollo de una carta de balance en terreno es la siguiente:

1. Determinar cuál es el proceso que presenta problemas.
2. Definir de manera detallada el proceso y buscar otro método que permita cuestionar comparativamente su conveniencia.
3. Cuantificar previamente un grado de utilización eficiente de los recursos de mano de obra, maquinaria y equipos, materiales, energía, etc., para el proceso seleccionado.
4. Analizar con más detalle el diagrama de proceso de los recursos, en especial en actividades que se desarrollan en espacios extensos.
5. Muestrear la operación (Ver instructivo en el subcapítulo 4.4.3 Instructivo “Carta de Balance”) y determinar las condiciones reales de trabajo de los recursos. Conviene realizar no menos de tres muestreos, y en días distintos.
6. Procesar la información (Ver planilla tipo en Anexo F), concluir y discutir resultados. Determinar mejoras necesarias y describir en una carta de balance ideal el procedimiento propuesto.

Una vez que se obtienen los resultados se proponen soluciones para ser aplicadas en futuros procesos de manera tal que se disminuya el tiempo contributivo, el tiempo no contributivo y aumente el trabajo productivo.

4.4.3 Instructivo “Carta de Balance”

- a) Comprender muy bien los objetivos y las ideas presentadas anteriormente.
- b) El muestreador debe llenar los datos que se solicitan en la parte superior del formulario, estos son: Obra, Fecha, Muestreador Cuadrilla y Actividad.
- c) Posteriormente se debe tener claro el proceso a analizar y definir los recursos y las tareas que realizan, estas últimas se representan mediante un símbolo.
- d) Se registra lo observado con una frecuencia de 1 minuto, anotando para cada recurso la tarea que está cumpliendo. Además más de 30 observaciones (30 minutos).
- e) Es necesario observar como mínimo 2 ciclos seguidos completos.
- f) Cualquier información adicional puede entregarse en el espacio destinado a “OBSERVACIONES”.

Luego de definir y establecer las herramientas y parámetros que se utilizarán para identificar las pérdidas que se producen al realizar el montaje de fachadas de muro cortina, se procederá a llevar a cabo en terreno el uso de esta variada gama de herramientas. A continuación se presentan los resultados y los análisis correspondientes.

4.4.4 Ventajas y Desventajas

Entre los principales beneficios que se perciben en terreno, se mencionan los siguientes:

- Mejor comprensión de la ejecución de la operación por parte del personal que participa.
- Mejor definición de las tareas de cada trabajador.
- Apoyo a la gestión de los capataces y mejoras en la supervisión.
- Disminución de los accidentes.
- Mejoras en el ingreso per cápita de los trabajadores, si se mantiene el trato.
- Disminución de los costos de obra al reducirse o evitarse atrasos de avances, dada la mejor interacción de sus recursos.

4.4.5 Resultados

Los resultados obtenidos en las mediciones de los procesos se representan en un gráfico esquemático y una planilla resumen:

1. Carta de Balance: Los resultados de la toma de datos se visualizan en un gráfico esquemático de las tareas que cumple cada recurso durante un período de tiempo.
2. Niveles de actividad y Participación de los recursos en la cuadrilla: Además de realizar la Carta de Balance, los recursos se procesan en una tabla (Tabla 4-12), en donde se definen:

- **Coefficiente de Participación:**
$$\frac{\text{Tiempo que el Recurso está Presente}}{\text{Tiempo total de la Actividad}}$$
- **Nivel de Actividad Real:**
$$\frac{\text{Tiempo que el Recurso Trabaja x 100}}{\text{Tiempo que el Recurso está Presente}}$$
- **Nivel de Actividad Relativo:**
$$\frac{\text{Tiempo que el Recurso Trabaja x 100}}{\text{Tiempo tota de la Actividad}}$$

Tabla 4-12. Formato Planilla Resumen de Niveles de Actividad y Coef. De Participación.

Recurso	Nivel de Actividad Real (%)	Coefficiente de Participación	Nivel de Actividad Relativo (%)
Recurso 1			
Recurso 2			
Recurso 3			
Recurso 4			
Recurso 5			
Recurso 6			
Recurso 7			
Recurso 8			

En total se efectuaron cuatro cartas de balance de recursos a cuadrillas de instalación de módulos, entre el día 07 de abril y el día 29 del abril del año 2010, en distintos horarios y distintas cuadrillas.

1. Carta de Balance N°1:

La primera carta de balance se llevó a cabo el día 07 de abril y consistió en la instalación de módulos de termopaneles en la fachada sur de la Torre 8 del Conjunto Nueva Las Condes, la cuadrilla estaba compuesta por 5 trabajadores y se lograron instalar durante el tiempo de medición un total de 4 módulos, en general la labor se desarrolló sin mayores inconvenientes, a las 16:10 comenzó el muestreo y tras 65 minutos finalizó la toma de datos. Las actividades que realizaron los trabajadores durante el tiempo de medición fueron las siguientes:

- Instalación de Módulo (INSP): Trabajo Productivo.
- Mediciones (MED): Trabajo Contributorio.
- Ausente (AU): Trabajo no Contributorio.
- Espera (ESP): Trabajo no Contributorio.
- No Trabaja (NT): Trabajo no Contributorio.

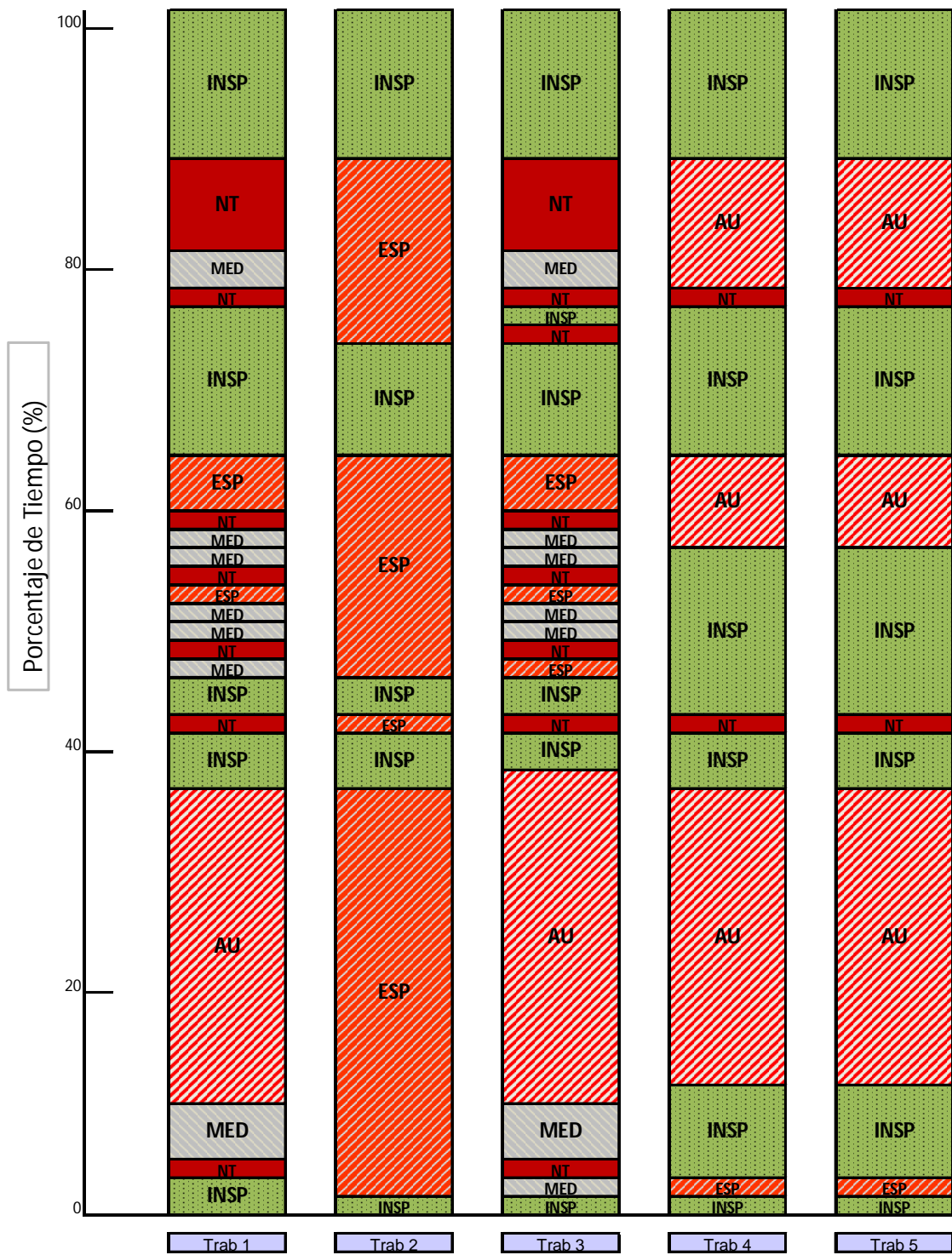


Gráfico 4-33. Carta de Balance N°1.

Desde el gráfico correspondiente a la primera carta de balance efectuada (Gráfico 4-33), se desprende el ciclo de la secuencia constructiva, desglosado para cada trabajador, a simple vista se

desprende un gran porcentaje de ausencia (mayor al 20%), al principio de la muestra, por parte de cuatro trabajadores, esta ausencia de personal se produjo porque no se encontraba el módulo correspondiente que se debía colocar en el piso, por lo tanto los cuatro trabajadores que se catalogaron como ausentes en el frente de trabajo donde se realizó la medición, fueron los encargados de ir a colocar el módulo al riel de izaje (ver secuencia de instalación en Anexo B) al piso donde se encontraba el módulo, se necesita esta cantidad de trabajadores por el peso de cada módulo (superior a los 100 Kg). El trabajador N°2 era el encargado del sistema de izaje, en la parte superior del edificio, esto explica los altos porcentajes en los tiempos de espera. Los trabajadores N°1 y N°3, estuvieron encargados de realizar las mediciones, uno como nivelador y el otro como alarife, mientras los otros dos trabajadores continuaban con las labores de instalación de módulos o se retiraban a colocar el siguiente módulo al riel de izaje.

En el Gráfico 4-34 se presentan los porcentajes de las distintas actividades sin considerar el tiempo ausente registrado,

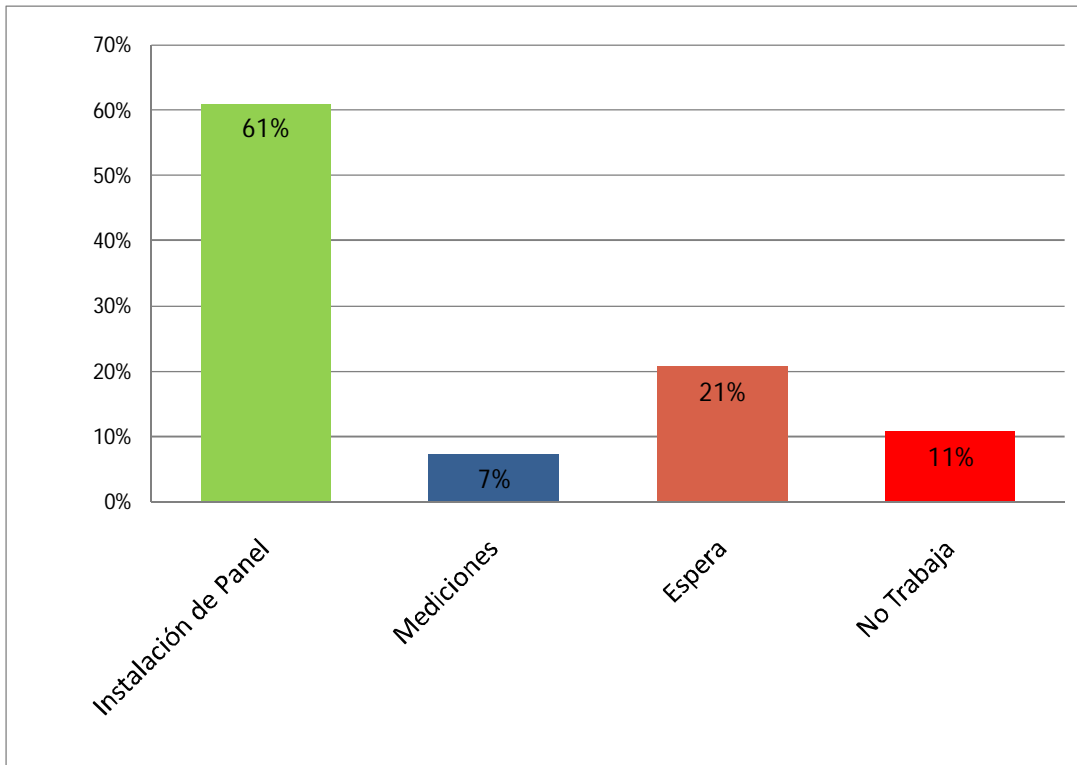


Gráfico 4-34. Porcentajes de Tiempo de las Actividades C. Balance N°1

Si encasillamos las actividades dentro de las tres categorías de niveles de actividad (Thomas & Daily, 1984), se obtiene el siguiente gráfico:

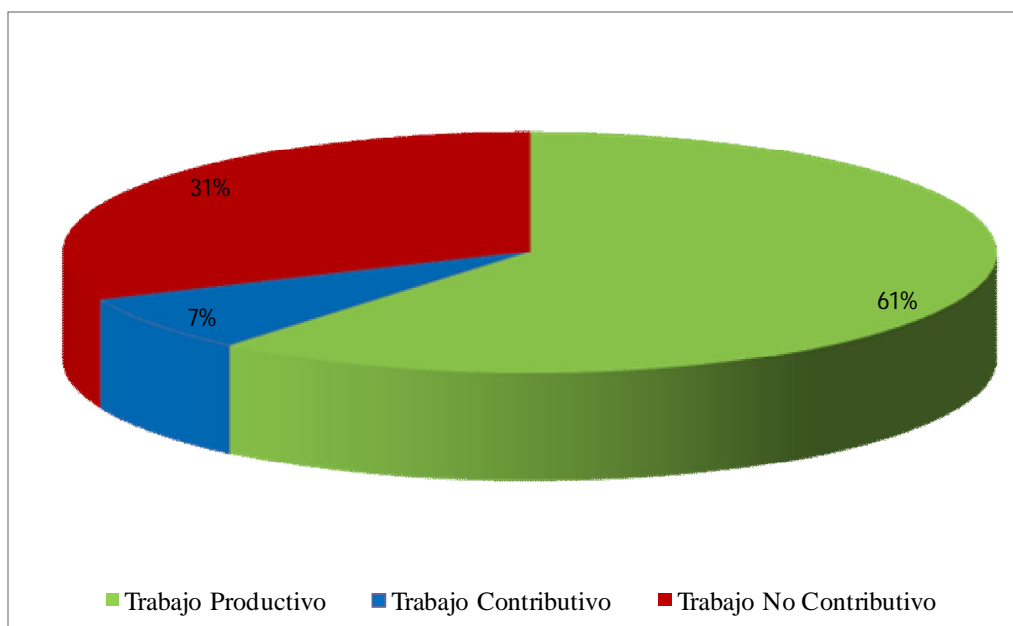


Gráfico 4-35. Distribución de Tiempo C. Balance N°1 según Nivel de Actividad

Por último se calcula el rendimiento y la productividad de la cuadrilla de trabajo (Tabla 4-13) y se entregan los valores de niveles de actividad y participación de los recursos (Tabla 4-14).

La productividad se calculará como la relación que existe entre el producto final obtenido (Módulos) y el costo o el tiempo de uso del recurso (HH), el rendimiento se define como la relación inversa a la productividad y la velocidad de la cuadrilla se especifica como la cantidad física de producto final, dividido en el tiempo total de medición.

- **Productividad:**
$$\frac{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2\text{, m}^3\text{...)}}{\text{Costo Involucrado en el Proceso (HH, \$...)}}$$
- **Rendimiento:**
$$\frac{\text{Costo Involucrado en el Proceso (HH, \$...)}}{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2\text{, m}^3\text{...)}}}$$
- **Velocidad:**
$$\frac{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2\text{, m}^3\text{...)}}{\text{Tiempo Total de Muestreo (Hr)}}$$

Tabla 4-13. Rendimiento, Productividad y Velocidad Cuadrilla C. Balance N°1

Tiempo	Recursos	Avance	Rendimiento	Productividad	Velocidad
Hr	HH	Módulos	HH/Módulo	Módulos/HH	Módulos/Hr
1.08	4.50	4.00	1.13	0.89	3.69

Tabla 4-14. Nivel de Actividad y Coeficiente de Participación Carta de Balance N°1

Recursos	Niveles de Actividad Real	Coeficiente de Participación	Nivel de Actividad Relativo
T1	69%	74%	51%
T2	31%	100%	31%
T3	64%	72%	46%
T4	92%	57%	52%
T5	92%	57%	52%
PROMEDIO	69%	72%	46%

2. Carta de Balance N°2:

La segunda carta de balance se desarrolló el día 21 de abril y consistió en la instalación de módulos de termopaneles en la fachada oriente de la Torre 8 del Conjunto Nueva Las Condes, la cuadrilla estaba compuesta por 5 trabajadores, 1 maestro, 3 ayudantes y un maestro encargado de comandar el sistema de izaje de módulos (Ver Instructivo en Anexo B) y se lograron instalar durante el tiempo de medición un total de 5 módulos, en general la labor se desarrolló sin mayores inconvenientes, a las 16:20 comenzó el muestreo y duró una hora la toma de datos. Las actividades que realizaron los trabajadores durante el tiempo de medición fueron las siguientes:

- Instalación de Módulo (TP).
- Mediciones (TC).
- Limpieza (TC).
- Traslado de Material (TC).
- Ausente (TNC).
- Espera (TNC).
- No Trabaja (TNC).

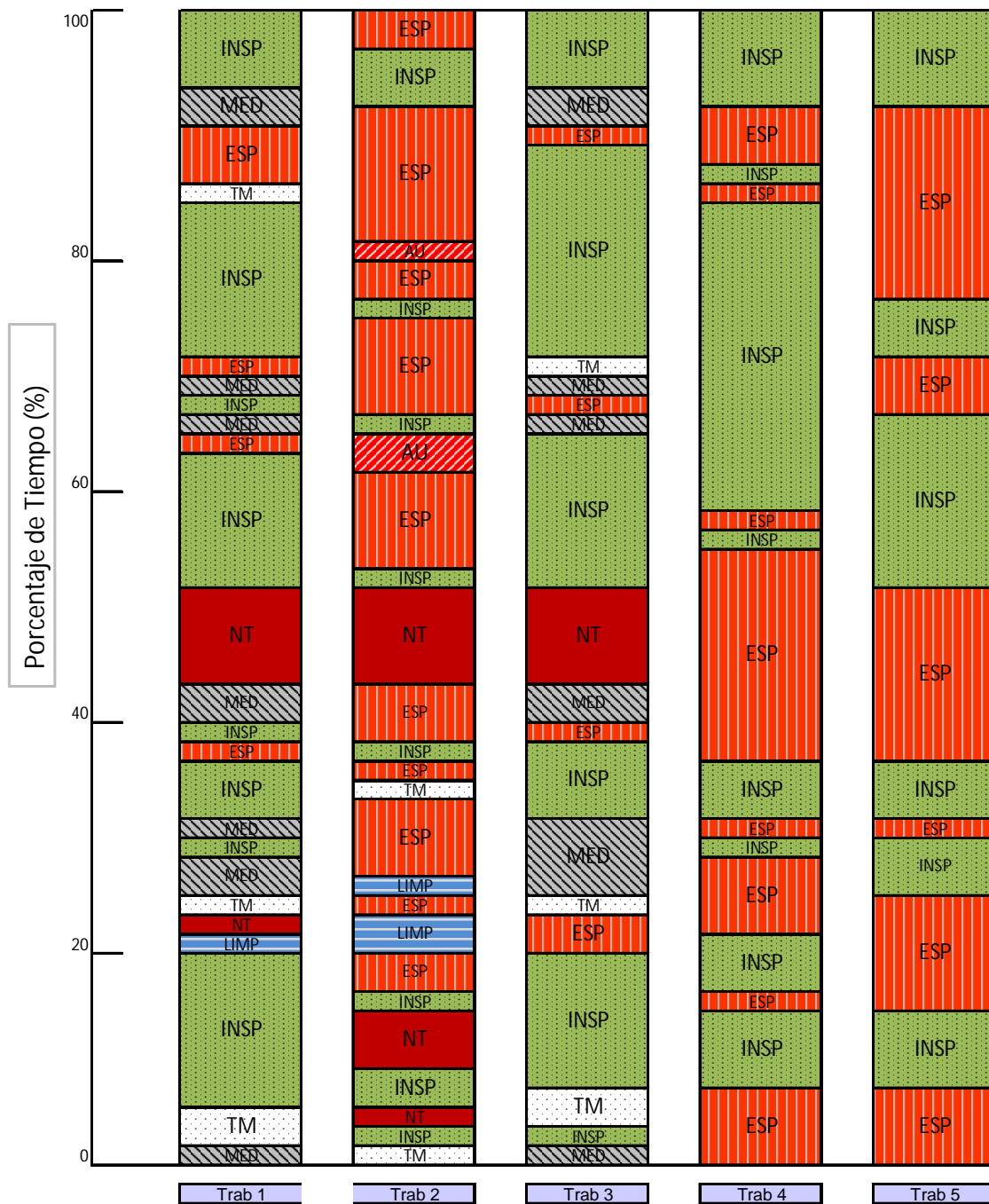


Gráfico 4-36. Carta de Balance N°2.

En esta segunda carta de balance de recursos, el trabajador N°5 es el encargado del sistema de izaje y al igual que en la primera medición, obtiene un alto porcentaje de tiempo en espera (55% del total), dado por la ubicación errónea de los módulos que se deben instalar. Los trabajadores N°1 y N°3 son los encargados de realizar las mediciones, tareas que les demanda un 17% y un 18% respectivamente, del tiempo total de medición. Con respecto al trabajador N°2, se observa que posee

una baja participación dentro del proceso de instalación de módulos, registrando altos porcentajes de trabajo no contributivo, la razón que explica lo anterior es la baja participación que tiene este recurso, es un trabajador de apoyo al momento de montar los módulos que no ejerce participación al momento de nivelar o de estabilizar los termopaneles, que son las labores que demandan más tiempo y conocimientos del rubro, entonces se puede concluir que si bien es un trabajador que es necesario en la cuadrilla, se le debieran asignar tareas nuevas en el sector donde se está llevando a cabo la instalación.

En el Gráfico 4-37 se presentan los porcentajes de las distintas actividades sin considerar el tiempo ausente registrado,

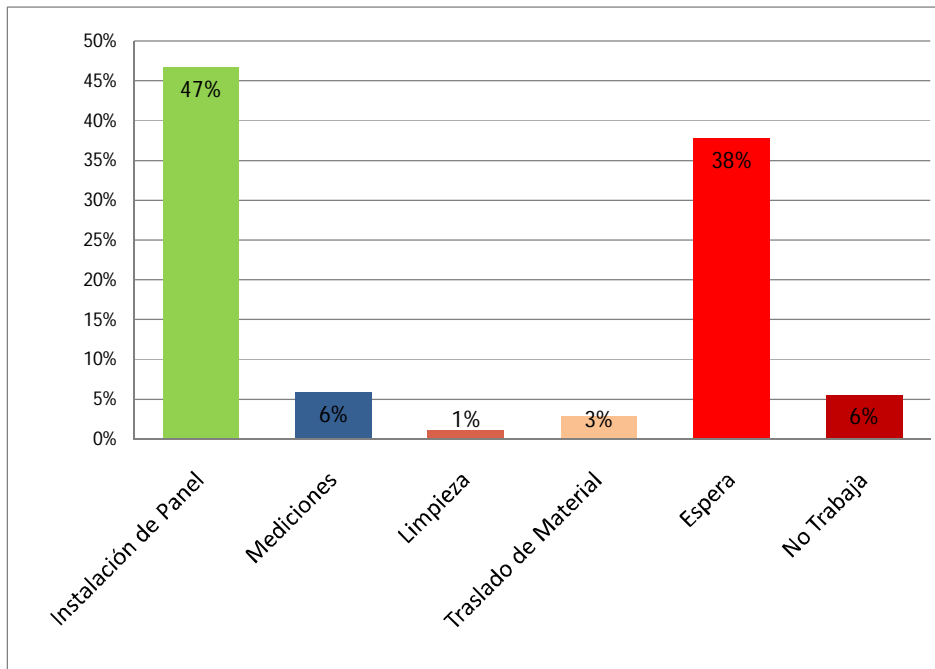


Gráfico 4-37. Porcentajes de Tiempo de las Actividades C. Balance N°2

Si encasillamos las actividades dentro de las tres categorías de niveles de actividad (Thomas & Daily, 1984), se obtiene el siguiente gráfico:

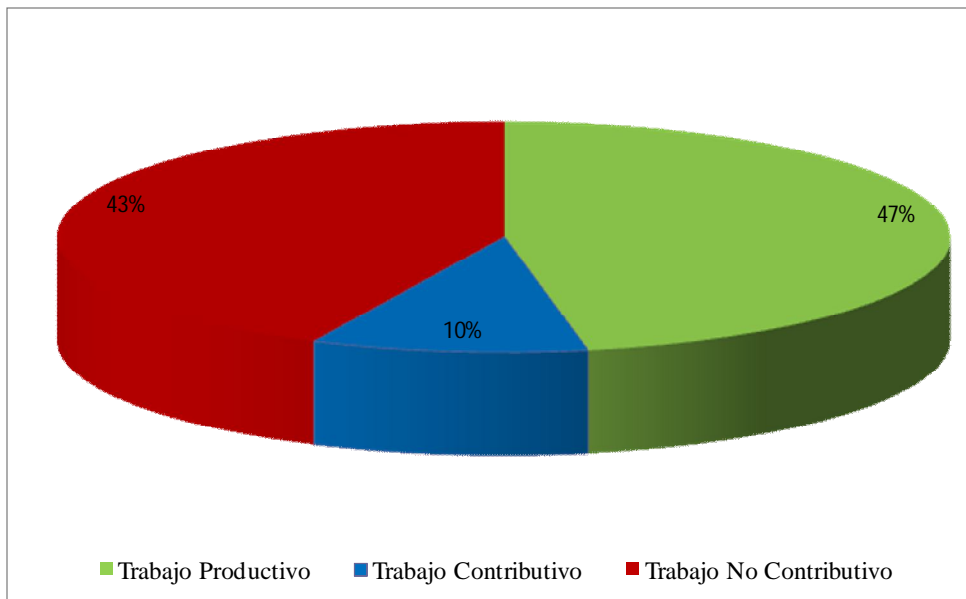


Gráfico 4-38. Distribución de Tiempo C. Balance N°2 según Nivel de Actividad

Por último se calcula el rendimiento y la productividad de la cuadrilla de trabajo (Tabla 4-15) y se entregan los valores de niveles de actividad y participación de los recursos (Tabla 4-14).

La productividad se calculará como la relación que existe entre el producto final obtenido (Módulos) y el costo o el tiempo de uso del recurso (HH), el rendimiento se define como la relación inversa a la productividad y la velocidad de la cuadrilla se especifica como la cantidad física de producto final, dividido en el tiempo total de medición.

- Productividad:**
$$\frac{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2, \text{m}^3 \dots)}{\text{Costo Involucrado en el Proceso (HH, \$...)}}$$
- Rendimiento:**
$$\frac{\text{Costo Involucrado en el Proceso (HH, \$...)}}{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2, \text{m}^3 \dots)}$$
- Velocidad:**
$$\frac{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2, \text{m}^3 \dots)}{\text{Tiempo Total de Muestreo (Hr)}}$$

Tabla 4-15. Rendimiento, Productividad y Velocidad Cuadrilla C. Balance N°2

Tiempo	Recursos	Avance	Rendimiento	Productividad	Velocidad
Hr	HH	Módulos	HH/Módulo	Módulos/HH	Módulos/Hr
1.00	5.95	5.00	1.19	0.84	5.00

Tabla 4-16. Nivel de Actividad y Coeficiente de Participación Carta de Balance N°2

Recursos	Niveles de Actividad Real	Coeficiente de Participación	Nivel de Actividad Relativo
T1	80%	100%	80%
T2	28%	95%	27%
T3	83%	100%	83%
T4	57%	100%	57%
T5	45%	100%	45%
PROMEDIO	59%	99%	58%

3. Carta de Balance N°3:

La tercera carta de balance se desarrolló el día 28 de abril y consistió en la instalación de módulos de termopaneles en la fachada nororiente de la Torre 6 del Conjunto Nueva Las Condes, la cuadrilla estaba compuesta por 4 trabajadores, 1 maestro y 3 ayudantes, y se logró instalar durante el tiempo de medición sólo un módulo, en este caso el proceso de instalación fue bastante deficiente, la causa principal de esta baja productividad fue el hecho de encontrarse los módulos en el piso 19 y la instalación se ejecutó en el piso 17, motivo por el cual debían bajarse los paneles, proceso que retrasó la instalación en general. A las 10:06 comenzó el muestreo y duró 56 minutos la toma de datos finalizando a las 11:02. Las actividades que realizaron los trabajadores durante el tiempo de medición fueron las siguientes:

- Instalación de Módulo (INSP): Trabajo Productivo.
- Mediciones (MED): Trabajo Contributorio.
- Bajada de Módulo (BM): Trabajo Contributorio.
- Ausente (AU): Trabajo no Contributorio.
- Espera (ESP): Trabajo no Contributorio.
- No Trabaja (NT): Trabajo no Contributorio.

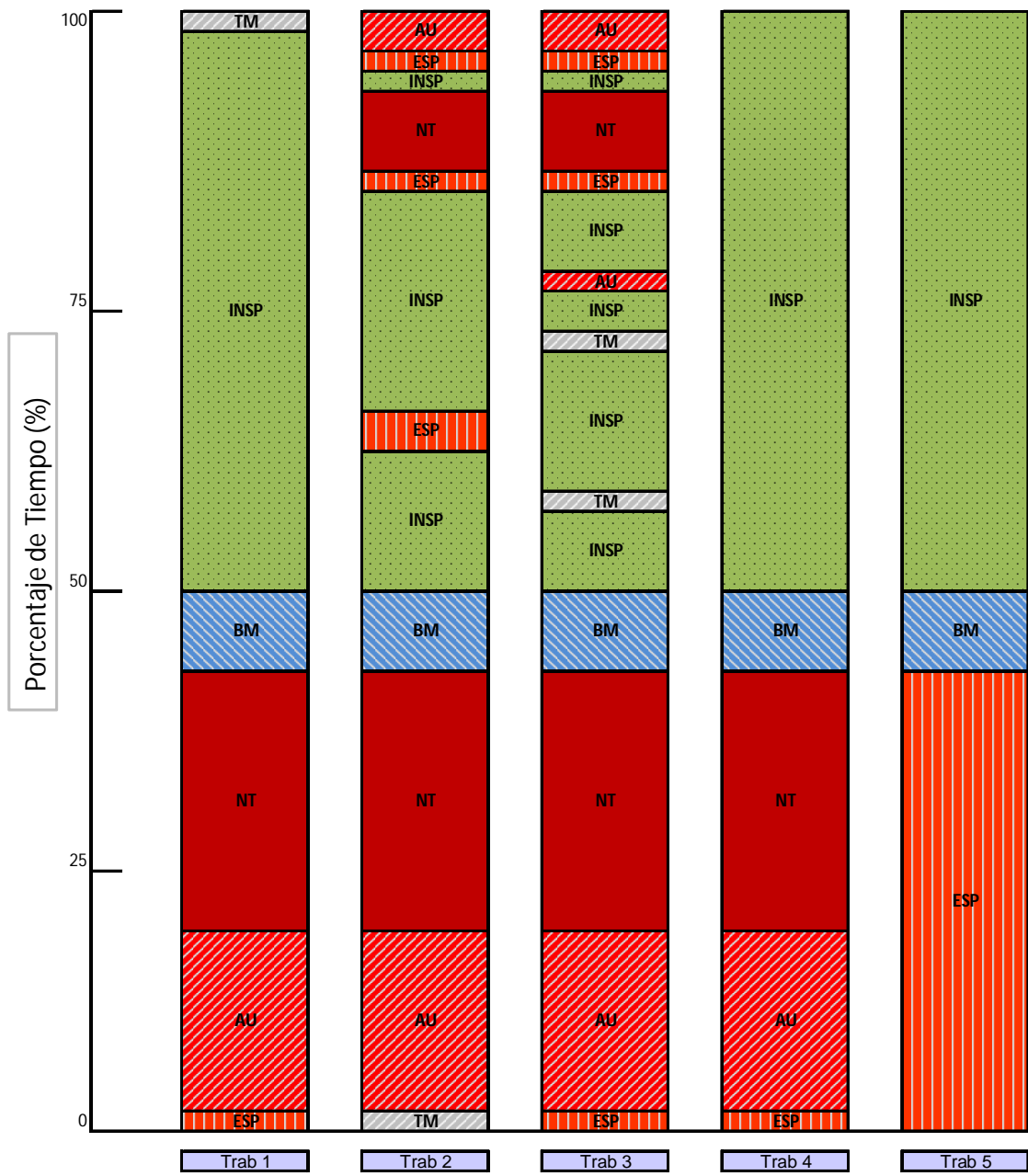


Gráfico 4-39. Carta de Balance N°3.

Tal como se describió con anterioridad, más del 40% del tiempo de la medición es trabajo no contributivo (al inicio de la medición), debido a que el módulo no se ubicaba en el lugar correcto. Sin embargo, una vez situado el módulo en el riel de izaje, los cuatro trabajadores encargados de instalar el módulo estuvieron en el lugar de colocación sin realizar ninguna labor (tiempo ocioso), tal como se muestra en el Gráfico 4-39, luego subieron el módulo y desarrollaron la labor con total normalidad

En el Gráfico 4-40 se presentan los porcentajes de las distintas actividades sin considerar el tiempo ausente registrado,

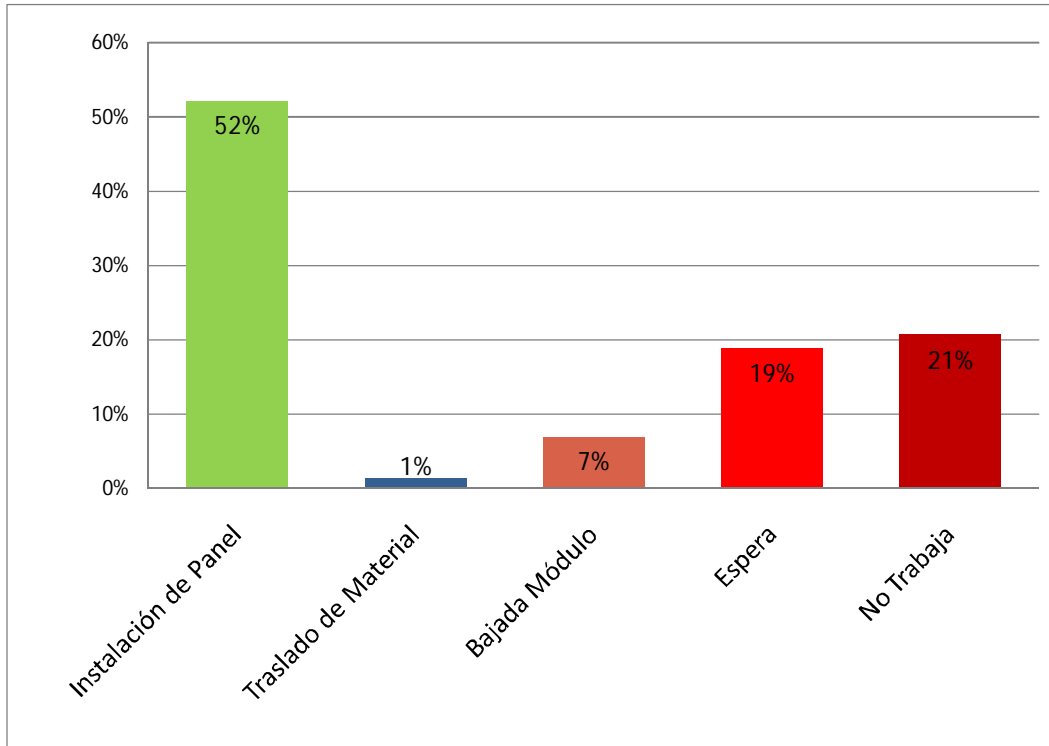


Gráfico 4-40. Porcentajes de Tiempo de las Actividades C. Balance N°3

Si encasillamos las actividades dentro de las tres categorías de niveles de actividad (Thomas & Daily, 1984), se obtiene el siguiente gráfico:

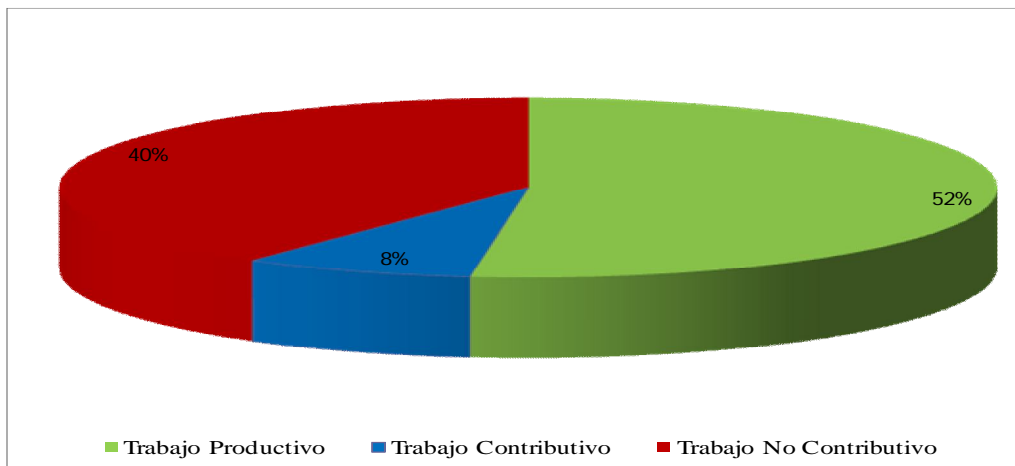


Gráfico 4-41. Distribución de Tiempo C. Balance N°3 según Nivel de Actividad

Por último se calcula el rendimiento y la productividad de la cuadrilla de trabajo (Tabla 4-17) y se entregan los valores de niveles de actividad y participación de los recursos (Tabla 4-18).

La productividad se calculará como la relación que existe entre el producto final obtenido (Módulos) y el costo o el tiempo de uso del recurso (HH), el rendimiento se define como la relación inversa a la productividad y la velocidad de la cuadrilla se especifica como la cantidad física de producto final, dividido en el tiempo total de medición.

- **Productividad:**
$$\frac{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2, \text{m}^3 \dots)}{\text{Costo Involucrado en el Proceso (HH, \$...)}}$$
- **Rendimiento:**
$$\frac{\text{Costo Involucrado en el Proceso (HH, \$...)}}{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2, \text{m}^3 \dots)}}$$
- **Velocidad:**
$$\frac{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2, \text{m}^3 \dots)}{\text{Tiempo Total de Muestreo (Hr)}}$$

Tabla 4-17. Rendimiento, Productividad y Velocidad Cuadrilla C. Balance N°3

Tiempo	Recursos	Avance	Rendimiento	Productividad	Velocidad
Hr	HH	Módulos	HH/Módulos	Módulos/HH	Módulos/Hr
0.93	4.85	1.00	4.85	0.21	1.07

Tabla 4-18. Nivel de Actividad y Coef. de Participación Carta de Balance N°3

Recursos	Niveles de Actividad Real	Coficiente de Participación	Nivel de Actividad Relativo
T1	70%	84%	59%
T2	53%	80%	43%
T3	55%	79%	43%
T4	70%	84%	59%
T5	59%	100%	59%
PROMEDIO	61%	85%	53%

4. Carta de Balance N°4:

La cuarta y última carta de balance se elaboró el día 29 de abril y consistió en la instalación de módulos de termopaneles en la fachada norponiente de la Torre 6 del Conjunto Nueva Las Condes, la cuadrilla estaba compuesta por 5 trabajadores, 1 maestro, 3 ayudantes y un maestro encargado del sistema de izaje, se instalaron en total 2 módulos durante el periodo de medición, al igual que en el caso de la tercera carta de balance de recursos, también se presentó una singularidad en el proceso de instalación, entre el minuto 33 y el minuto 48, los trabajadores no realizaron ninguna actividad productiva, situación generada a partir de la necesidad de otra empresa contratista a desarrollar trabajos en el sector, el muestreo comenzó a las 14:55 y terminó a las 15:59 totalizando 64 minutos de mediciones. Las actividades que realizaron los trabajadores durante el tiempo de medición fueron las siguientes:

- Instalación de Módulo (INSP): Trabajo Productivo.
- Traslado de Material (TM): Trabajo Contributorio.
- Limpieza (LIMP): Trabajo Contributorio.
- Mediciones (MED): Trabajo Contributorio.
- Preparación de Sistema de Izaje (PP): Trabajo Contributorio.
- Ausente (AU): Trabajo no Contributorio.
- Espera (ESP): Trabajo no Contributorio.
- No Trabaja (NT): Trabajo no Contributorio.

instalación (trabajo de otras especialidades) y por el uso de la viga pescante como soporte del sistema de izaje.

En el Gráfico 4-43 se presentan los porcentajes de las distintas actividades sin considerar el tiempo ausente registrado,

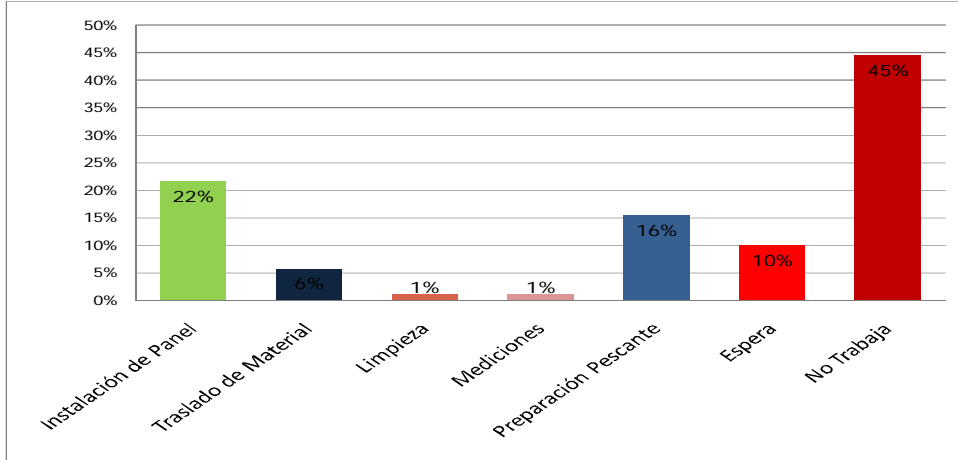


Gráfico 4-43. Porcentajes de Tiempo de las Actividades C. Balance N°4

Si encasillamos las actividades dentro de las tres categorías de niveles de actividad (Thomas & Daily, 1984), se obtiene el siguiente gráfico:

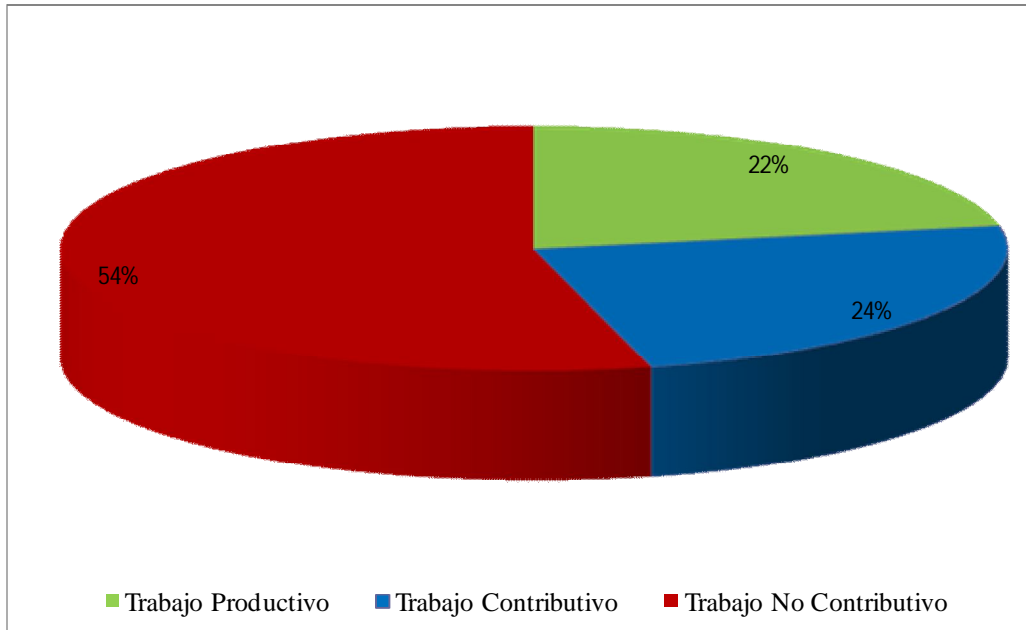


Gráfico 4-44. Distribución de Tiempo C. Balance N°4 según Nivel de Actividad

Por último se calcula el rendimiento y la productividad de la cuadrilla de trabajo (Tabla 4-19) y se entregan los valores de niveles de actividad y participación de los recursos (Tabla 4-20).

La productividad se calculará como la relación que existe entre el producto final obtenido (Módulos) y el costo o el tiempo de uso del recurso (HH), el rendimiento se define como la relación inversa a la productividad y la velocidad de la cuadrilla se especifica como la cantidad física de producto final, dividido en el tiempo total de medición.

- **Productividad:**
$$\frac{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2\text{, m}^3\text{...)}}{\text{Costo Involucrado en el Proceso (HH, \$...)}}$$
- **Rendimiento:**
$$\frac{\text{Costo Involucrado en el Proceso (HH, \$...)}}{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2\text{, m}^3\text{...)}}}$$
- **Velocidad:**
$$\frac{\text{Producto Final Obtenido (Módulos, m}^2\text{, m}^3\text{...)}}{\text{Tiempo Total de Muestreo (Hr)}}$$

Tabla 4-19. Rendimiento, Productividad y Velocidad Cuadrilla C. Balance N°4

Tiempo	Recursos	Avance	Rendimiento	Productividad	Velocidad
Hr	HH	Módulos	HH/Módulos	Módulos/HH	Módulos/Hr
1.07	5.77	2.00	2.88	0.35	1.88

Tabla 4-20. Nivel de Actividad y Coeficiente de Participación Carta de Balance N°4

Recursos	Niveles de actividad real	Coeficiente de participación	Nivel de actividad relativo
T1	45%	97%	44%
T2	47%	100%	47%
T3	38%	100%	38%
T4	44%	100%	44%
T5	47%	100%	47%
PROMEDIO	44%	99%	44%

4.4.6 Resumen

Una manera de unificar criterios y lograr entregar resultados generales de la industria del montaje de muros cortina es promediar, ponderando con los tiempos totales, los niveles de actividad de las distintas cartas de balance, en la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos en el subcapítulo anterior.

Tabla 4-21. Tabla resumen de cartas de balance

Carta de Balance	T. Productivo(%)	T. Contributorio (%)	T. No Contributorio (%)	Tpo.Total
1	62	7	31	65
2	47	10	43	60
3	52	8	40	56
4	22	24	54	64
Promedio	45.6	12.4	42	

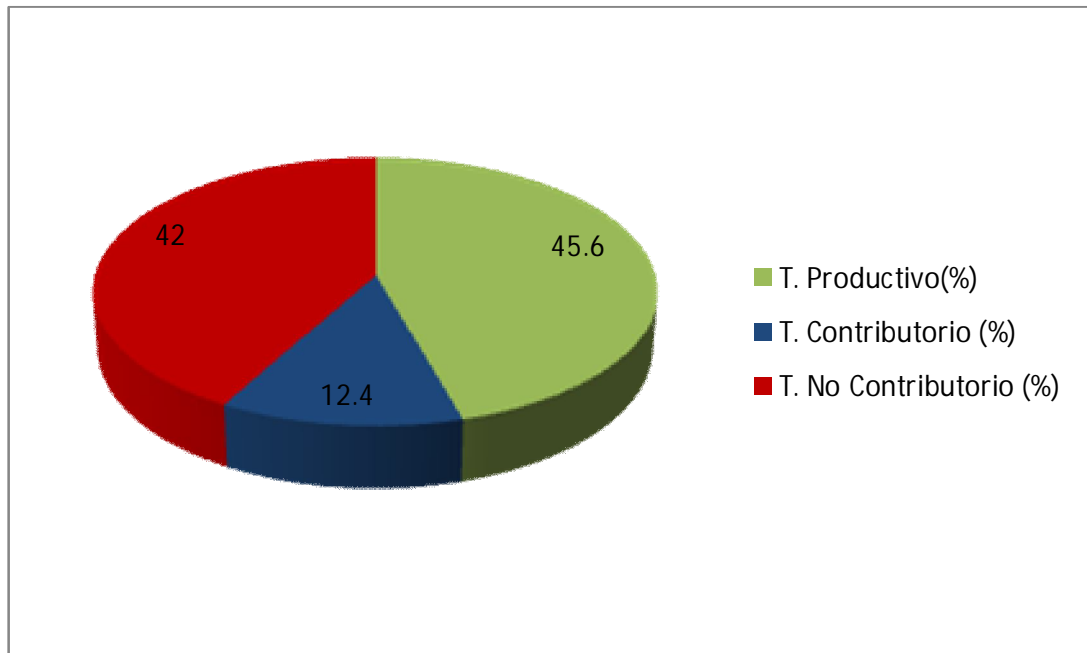


Gráfico 4-45. Niveles de actividad de producción para obra Nueva Las Condes Torre 6 y Torre 8

Además se puede realizar el mismo procedimiento con los niveles de actividad real, niveles de actividad relativos y el coeficiente de participación todas las mediciones y entregar un valor global para el proceso constructivo desarrollado en la obra Nueva Las Condes Torre 6 y Torre 8.

Tabla 4-22. Niveles de actividad real, relativo y coeficiente de participación para obra Nueva Las Condes Torre 6 y Torre 8

Carta de Balance	Nivel de Actividad Real (%)	Coeficiente de Participación (%)	Nivel de Actividad Relativo (%)	Tiempo Total
1	69	72	46	65
2	59	99	58	60
3	61	85	53	56
4	44	99	44	64
Promedio	58.2	88.7	50.1	

4.4.7 Conclusiones y comentarios

La técnica de Carta de Balance es una de las más recomendadas para estructurar las relaciones entre los recursos componentes de las cuadrillas, especialmente para la mano de obra. Para ello se deben ejecutar de buena forma las observaciones, respetando las condiciones de su uso y los diferentes procesos o “técnicas” existentes para desarrollar la labor que se está midiendo. Además, para que la herramienta tenga éxito, se debe realizar un adecuado estudio de los resultados, con el objetivo de realizar los planes de mejoramiento indicados.

Es importante destacar los comentarios típicos de profesionales a cargo de faena, quienes señalan que las cuadrillas comienzan a trabajar en estado de régimen una vez que ya se ha avanzado demasiado en la obra, y que esta demora no depende sólo de la curva de aprendizaje de los trabajadores, sino que muchas veces las condiciones administrativas que otorga la ritmicidad, no se producen con la velocidad necesaria. Aprovechando esta técnica de análisis en cada actividad, se podrá reducir el periodo de transición al estado de régimen, en tanto se preestablezcan las condiciones que favorecen la ritmicidad y funcionamiento óptimo de las cuadrillas.

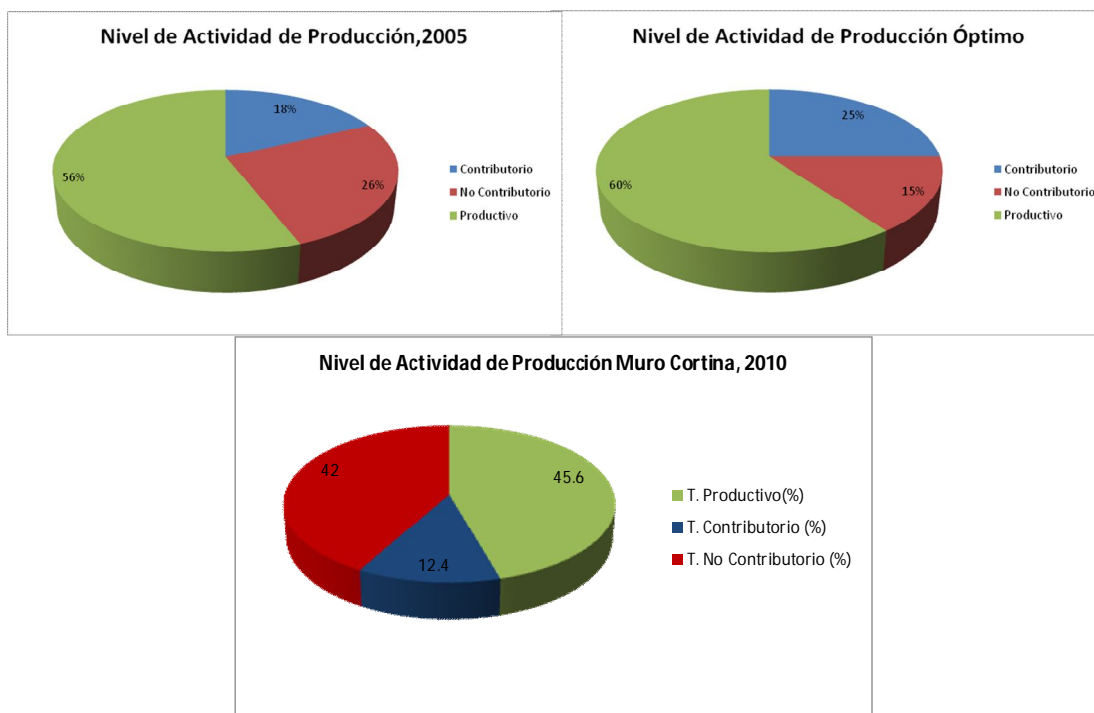
Con respecto a la composición óptima de las cuadrillas de trabajo, según el ciclo de trabajo que se visualiza en las cartas de balance de recursos, se concluye que las cuadrillas de cinco trabajadores se encuentran bien equilibradas, a pesar de los tiempos de ocio que se presentaron en trabajadores que cumplían labores menores de apoyo. Sin embargo, es recomendable buscar alternativas que puedan suplir la presencia del trabajador de apoyo (carro de arrastre por ejemplo) o bien asignarle labores complementarias al trabajo productivo.

En cuanto al análisis de las cuadrillas de trabajo, este se podría desglosar en dos razonamientos, el primero de ellos sería comparar los niveles de actividad de trabajo productivo, contributorio y no contributorio obtenidos en las cartas de balance de recursos, que son los entregados por el Gráfico 4-45, los niveles de actividad de producción entregados por la CDT en el año 2005, que son los

expresados en el Gráfico 2-2 del Capítulo 2 y el nivel de actividad de producción óptimo calculado por Andrew Smith en el Gráfico 2-4 del mismo capítulo.

El segundo análisis tiene que ver con el comportamiento particular que presentaron las cuadrillas de trabajo en las diferentes jornadas de medición, logrando un análisis comparativo que permita identificar las fuentes de pérdidas más importantes y concluir si fueron frecuentes o sólo puntuales estas pérdidas.

- **Análisis N°1:**



La primera conclusión que se desprende de los gráficos es el alto porcentaje de Trabajo No Contributorio que presentan las mediciones realizadas en terreno, llegando a ser prácticamente el doble del porcentaje presente en la medición realizada por la CDT a la industria de la construcción para constructoras de edificaciones en altura y del porcentaje entregado por **Andrew Smith**, por otro lado el porcentaje de Trabajo Contributorio es bastante menor al obtenido por las otras dos investigaciones, incluso menor al 50% del valor óptimo de Trabajo Contributorio; la razón a este hecho se puede explicar en parte por el tipo de labor que se desarrolla en terreno al realizar el montaje de un muro cortina, donde la mayoría de los elementos llegan listos y preparados desde fábrica para ser colocados (método *Stick*), reduciendo las actividades que colaboran en la producción pero que no agregan valor al producto final.

- **Análisis N°2:**

El segundo análisis está relacionado a la identificación de las fuentes de pérdidas que se generan y sugerir alternativas que permitan mejorar el proceso de montaje de módulos.

Dado que la aplicación de la herramienta es presencial, es decir, las mediciones deben ser llevadas a cabo en terreno, la primera forma de identificar las posibles fuentes de pérdidas es mediante la inspección visual por parte del encargado de llenar la carta de balance. Siguiendo esta lógica, se procederá a mencionar, describir y clasificar, según el criterio planteado por Shingo & Prossl descrito en la metodología, las fuentes de pérdidas y luego se propondrán soluciones para mitigarlas y evitarlas.

- I. Localización de módulos para instalación en otros sectores:** Cuando los elementos necesarios para llevar a cabo una labor no se encuentran en el lugar físico en el que se procederá a concretar el trabajo, se generan una serie de pérdidas, relacionadas principalmente con el tiempo. En el caso puntual de esta investigación, los módulos a instalar se ubicaban en otros pisos, tal como ocurrió en la carta de balance N°3, donde los módulos del piso 17 se encontraban en el piso 19, por lo tanto los trabajadores debían trasladarse desde el piso 17 hasta el piso 19, para sujetar el extremo del módulo al sistema de izaje, lo que genera por una parte una mayor cantidad de trabajo contributorio (trabajadores subiendo a enganchar el módulo y luego bajando) y un mayor porcentaje de trabajo no contributorio (espera por parte del encargado de sistema de izaje y espera mientras el módulo baja, además de ocio por realizar una tarea agotadora como es subir y bajar escaleras), además se debe considerar el riesgo al que está expuesto el cristal del módulo, dado que tiene una mayor probabilidad de ser azotado contra la losa en el caso, por ejemplo, de un sismo de gran intensidad o una fuerte ráfaga de viento. ¿Por qué entonces los módulos de un piso X se encuentran en el piso Y?, la respuesta a esta interrogante se puede dividir en dos partes, la primera tiene que ver con la disponibilidad de la grúa torre, la que es retirada (en la mayoría de las obras) una vez que ha finalizado la obra gruesa del edificio, razón por la cual el subcontrato de muro cortina debe acelerar la subida de atriles o “camas” de módulos para aprovechar este recurso, por lo que muchas veces los módulos se ubican en sectores que no corresponden. La segunda razón por la cual los módulos se ubican en otras zonas es por la demora en el envío de los módulos, ya sea por falta de definición en el diseño o por descoordinación en los envíos, muchas veces esta causa tiene directa relación con la salida de la grúa torre desde la obra y con la disponibilidad de ésta. También existe una variedad de externalidades que surgen a partir del apresuramiento en la subida de módulos, una de ellas es la gran cantidad de termopaneles que se quiebran,

esto sucede porque los módulos se encuentran mucho tiempo en los pisos y están muy propensos a ser pasados a llevar por los trabajadores que trabajan alrededor de ellos (generalmente trabajadores de otros subcontratos o de la constructora), lo que conlleva realizar trabajos y gastos adicionales (bajar cristales rotos, encargar nuevo termopanel, adosar el nuevo termopanel en el marco de aluminio mediante silicona estructural y supervisar el cumplimiento de los criterios de calidad en el procedimiento), otra externalidad negativa que se observó en las mediciones fue la necesidad de retirar la mugre y tierra acumulada por semanas de los módulos acopiados en los pisos, antes de ser colocados.

Clasificación: La localización de módulos en otros sectores de la obra se encasilla en varias de las clasificaciones: **Pérdida por Transporte** (mal diseño del *layout*, el cual no es organizado en función del flujo productivo y no considera la distancia entre los procesos de producción); **Pérdida por Inventario** (necesidad de contar con el stock a tiempo) y por último **Pérdida por Tiempo** (por realizar labores que no agregan valor, como el transporte y la limpieza).

Soluciones: La primera solución propuesta tiene que ver con la descoordinación de los envíos desde fábrica, lo que deriva en acopiar los módulos en sectores que no corresponden. Se plantea llevar a cabo una mayor especificación en la etapa de diseño (solucionar detalles de módulos antes de comenzar la instalación de estos en obra), y una mayor coordinación y logística con el envío de los requerimientos de diseño a la planta de fabricación y posteriormente entre la fábrica y la obra, de forma tal que se genere el envío de los módulos según una planificación de instalación preestablecida. La segunda sugerencia es realizar un análisis técnico y económico de la permanencia de la torre grúa en la obra, programando esta tratativa de mejora con la constructora que se verá de igual manera beneficiada si se aumenta la productividad del montaje de muro cortina.

II. Reubicación de sistema de izaje mediante viga pescante estática: Para los módulos de coronación (último piso) de los edificios se trabajó mediante un sistema de izaje compuesto por una viga estática que soporta el motor que actúa como tecla de levantamiento de las unidades, la viga debió ser removida y colocada en la posición correcta para cada módulo que se instalaba. ¿Por qué no se utilizó el sistema de riel corredizo típico (Figura 4-1) ocupado para los módulos de pisos inferiores?, la razón por la cual se utilizó este sistema de viga pescante inmóvil se explica porque el sistema de riel corredizo se encuentra al mismo nivel de la losa que lo resiste, lo que impide elevar el módulo hasta el piso, en la (Figura 4-2) se realiza un croquis con la situación descrita



Figura 4-1. Sistema de riel corredizo tradicional

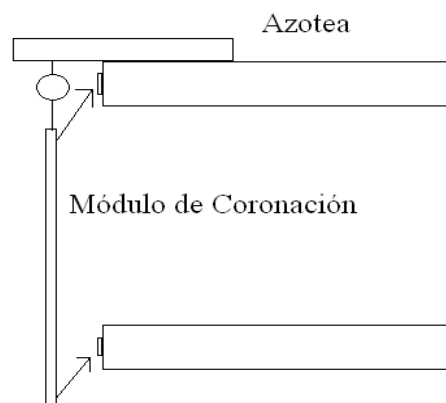


Figura 4-2. Problema para colocar módulo de coronación mediante riel corredizo.

Clasificación: Este tipo de pérdida se clasifica como **Pérdida por Operaciones**, dado que las operaciones son mal planificadas, ya que implican realizar otras actividades dentro del proceso.

Solución: La solución que se desea plantear establece algunos supuestos y restricciones que son generalmente los más típicos en los montajes de muros cortina, se supondrá que no existe restricción alguna con respecto a la distancia entre el riel corredizo y el lugar físico donde se instalará el módulo (por ejemplo: riel en el piso 20 y la instalación de módulo en piso 1), ya que en la realidad el operador del riel tiene poca visibilidad cuando la distancia es muy grande; sin embargo se puede mitigar en cierta medida este problema mediante radios de transmisión, otro supuesto es ignorar el efecto péndulo que se generaría al tener demasiada distancia entre el módulo y el motor del sistema de izaje (parte superior) y el último supuesto es que la obra gruesa se encuentra terminada al momento de instalar el sistema propuesto (aunque también se puede llevar a cabo desde pisos inferiores, es sólo por un tema de optimización), entre las

observaciones se considerará la situación en que el borde de losa posea un antepecho o una viga invertida y también se considerará que en la losa superior del edificio (azotea) se tiene espacio disponible, sin interferencia con otras actividades. Con todo lo anterior se entregará la propuesta de solución a este problema: La idea es crear un sistema desmontable de riel, el cual permita instalar todos los módulos de la fachada sin necesidad de trasladar las vigas soportantes, el sistema consiste en una viga apoyada de forma horizontal en una estructura tipo caballete (Figura 4-3), que resista en la parte delantera un riel montado, mediante contrapesos en la parte trasera, y que la parte delantera de la viga tenga un brazo telescópico con distintos ajustes que permita alejarse o acercarse a la losa, el diseño y los cálculos se debe hacer en base de la separación de las vigas caballete, una vista en planta del sistema sería el mostrado en la (Figura 4-4)

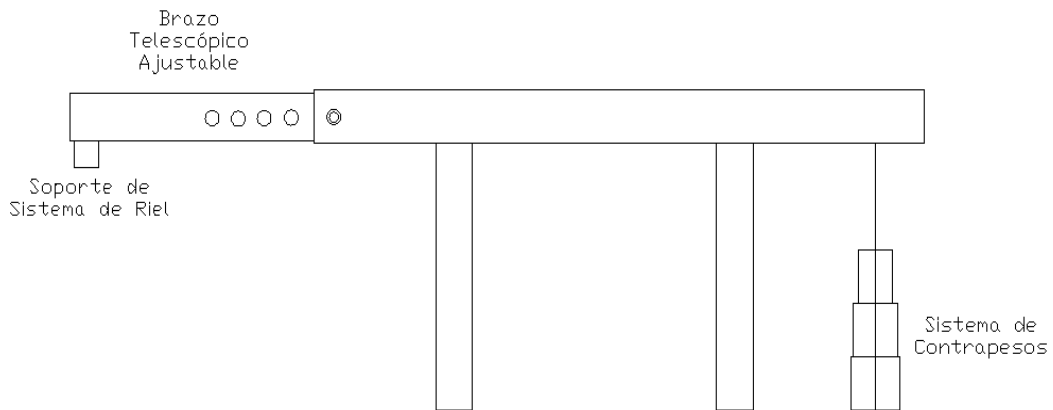


Figura 4-3. Sistema Viga Caballete para Instalación de Módulos

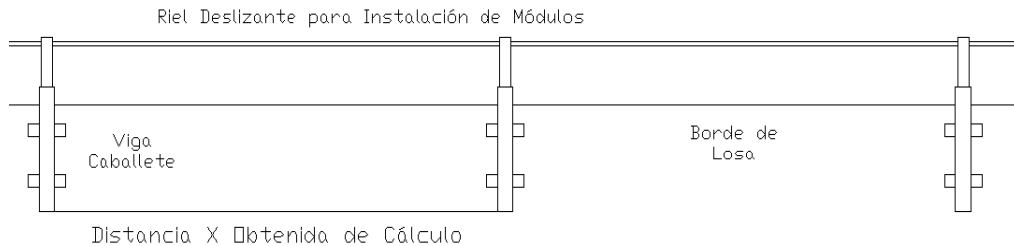


Figura 4-4. Vista en Planta de Sistema de Viga Caballete

III. Interferencia entre colocación de módulos y otros trabajos: En el transcurso de las cuatro mediciones llevadas a cabo en terreno, se produjeron algunas interferencias entre la labor de instalación de módulos y otras actividades efectuadas por otros subcontratos o por parte de la constructora de los edificios. Si bien fueron situaciones puntuales, deben quedar señaladas como problemas que generaron pérdidas en el montaje de muro cortina. Durante la medición efectuada el día 29 de abril de 2010, se produjo una detención de la cuadrilla de trabajo que involucró un tiempo de trabajo no contributivo (trabajadores en espera por falta de cancha) mayor a los 20 minutos, por parte de los 5 trabajadores que componían la cuadrilla, la actividad que generó esta anomalía fue una prueba mecánica que se le realizó al sistema de limpia fachadas y que requirió el retiro del sistema de viga pescante estática descrito en la sección anterior.

Clasificación: Los problemas relacionados con falta de cancha o interferencia con otras partidas son del tipo **Pérdida por Operaciones**.

Solución: La solución para este tipo de problemas es planificar de mejor manera la secuencia en que son llevadas a cabo las actividades, de manera tal que no se entorpezcan ni se produzcan interferencia, por eso es necesario realizar reuniones semanales entre la constructora y los subcontratos para ver la programación de las partidas, el lugar físico donde se desarrollaran, los plazos y tiempos de ejecución.

4.5 Análisis Conjunto de las Herramientas de Identificación de Fuentes de Pérdidas.

Una vez estudiadas y analizadas las herramientas de identificación de pérdidas en el proceso constructivo de fachadas livianas de muros cortina para edificaciones en altura, es preciso unificar criterios y relacionar los resultados obtenidos, con el fin de establecer y concluir cuales son los factores y acciones que encasillan las fuentes de pérdidas más considerables identificadas durante la investigación. A continuación se presentan de manera resumida los principales problemas identificados durante los meses de estudio, mediante la aplicación de cada una de las herramientas en terreno y se concluye cuales son las más importantes en un recuadro central. Entre paréntesis aparecen ya sean los porcentajes que representan sobre el total del estudio (Encuesta de Detenciones y Demoras), la cantidad que fueron mencionados por los encuestados (Entrevistas a Profesionales del Área) o el puntaje ponderado que le otorgaron los trabajadores (Encuestas a Profesionales del Área).

ENCUESTA DE DETENCIONES Y DEMORAS

1. Traslado de Material desde otras Áreas de Trabajo (29%)
2. Espera de Material proveniente de Bodega Interna (16%)
3. Modificar/Relajar Trabajos (error Prefabricación) (11%)
4. Espera por Montar carga (10%)

ENTREVISTA A PROFESIONALES DEL ÁREA

2. Aclaraciones más Frecuentes → Definición en Planos de Detalles (6)
3. Aclaraciones más Importantes → Detalles en Planos de Instalación (4)
3. Aclaraciones más Importantes → Información de Materiales y elementos (4)
4. Fuentes de Deficiencias en Diseños → Falta de Detalles en Planos (4)

CARTAS DE BALANCE DE RECURSOS

1. Traslado de Módulos desde otras Áreas de Trabajo
2. Reubicación de Sistema de Izaje
3. Interferencia con otras Especialidades

I Gran parte de los problemas son generados durante la etapa de diseño de los proyectos, ya sea por la falta de definición en planos, especificaciones y materiales; planificación de envíos de materiales y escasas de información y comunicación con personal de construcción.

II El sistema de pedidos a los proveedores es otra fuente importante de pérdidas que se logró identificar a partir del uso de las herramientas, las principales consecuencias son la demora en la entrega de los materiales necesarios, desorden en la ubicación de los elementos y retrasos.

III Por últimos los cambios y modificaciones por parte del mandante, ya sea la constructora o la inmobiliaria, y la falta de planificación de esta última son fuentes importantes a considerar.

ENCUESTA DE DETECCIÓN DE PÉRDIDAS

1. Problemas de Información
 - 56% Frecuente
 - 30% Ocasional
 - a. Necesidad de Aclaraciones
 - b. Demora Excesiva en entrar o recibir información
 - c. Información Atorada
2. Problemas de Diseño
 - 29% Frecuente
 - 49% Ocasional
 - a. Problemas de Comunicación entre Diseño y Construcción
 - b. Mal suministro de Especificaciones y Planos
 - c. Descoordinación en la Revisión de Planos
3. Problemas de Burocracia
 - 20% Frecuente
 - 47% Ocasional
 - a. Demora Excesiva en Resolver Problemas
4. Problemas de Mercado
 - 20% Frecuente
 - 44% Ocasional
 - a. Grandes Lapsos entre Pedido y Entrega

ENCUESTA A PROFESIONALES DEL ÁREA

1. Importancia
 - Causas
 - Cambios o Modificaciones del Cliente (31)
 - Descoordinación entre Planos y Especificaciones (28)
 - Impactos
 - Retraso de las Actividades (40)
 - Pérdida de Materiales (19)
 - Defectos de Información
 - Falta de Información (38)
 - Información no Clara (26)
2. Frecuencia
 - Causas
 - Cambios o Modificaciones del Cliente (28)
 - Descoordinación entre Planos y Especificaciones (27)
 - Impactos
 - Retraso de las Actividades (40)
 - Pérdida de Tiempo (21)
 - Defectos de Información
 - Falta de Información (37)
 - Información no Clara (29)

5 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Este capítulo tiene como principal objetivo presentar las conclusiones que derivaron de la investigación que se llevó a cabo para desarrollar esta tesis, adicionalmente se dará espacio para comentar ciertos aspectos correspondientes a la industria o rubro constructivo en estudio.

La investigación tuvo como objetivo principal el estudio de una actividad, dentro del proceso constructivo, que ha estado en auge durante los últimos años, como es el montaje de fachadas livianas de muros cortina y lograr identificar las fuentes de pérdidas más importantes que se generan al momento de ejecutar el montaje en la obra y catalogar estas pérdidas según su origen, utilizando una clasificación preestablecida. La metodología que se utilizó para lograr lo anteriormente expuesto es la siguiente:

- Como primer paso se hicieron estudios sobre pérdidas en construcción, usando como referencia la filosofía de producción *Lean Construction*, filosofía que se centran en eliminar y evitar las fuentes de pérdidas que se generan en el proceso constructivo. Teniendo clara la base que sustentará el estudio, se investigó la forma en que se capturarían las pérdidas en terreno. Tras leer un sinnúmero de investigaciones, centradas la mayoría en el proceso de hormigonado, se lograron extraer herramientas de identificación de pérdidas que serían de gran ayuda en la investigación.
- Una vez establecido el método de captura de la información, se procedió a la aplicación de las herramientas en terreno, pero antes fue necesario capacitar y enseñar los principios básicos de *Lean Construction*, establecer las clasificaciones de pérdidas que se utilizarán y enseñar el procedimiento de llenado de las encuestas a los profesionales, jefes de obra y capataces encargados en terreno.
- Con los resultados obtenidos en terreno se efectuaron los análisis correspondientes, los que permitieron conocer más acerca del rubro en estudio, obteniéndose, por ejemplo, los niveles de actividad de la industria del montaje de fachadas de muro cortina y lo más importante se consiguió el objetivo principal, identificar las fuentes de pérdidas.
- Posteriormente se sugirieron soluciones viables que permitirían mitigar y evitar la ocurrencia de estas pérdidas en obras posteriores.

La investigación se efectuó en un par de edificaciones en altura, ubicadas en la comuna de Las Condes, con el fin de ser utilizadas como oficinas de plantas libres. En total se utilizaron cuatro herramientas de identificación de pérdidas, las cuales involucraban por una parte a los profesionales y jefes de obra y por otro lado a los capataces y jefes de cuadrillas de trabajo.

Las Encuestas de Detección de Pérdidas y las Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área, permiten conocer la opinión y la evaluación de los supervisores o encargados en obra, basados principalmente en la experiencia que estos poseen en el rubro. La primera herramienta mencionada indaga en las fuentes de pérdidas que se presentan durante el proceso constructivo del montaje, es decir, en los problemas que se logran dilucidar una vez que se inicio el trabajo. Por otra parte, las Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área buscan identificar las pérdidas generadas a partir del diseño del proyecto y que repercuten negativamente en el proceso constructivo.

Si se analizan conjuntamente los datos obtenidos de ambas encuestas, los resultados son concluyentes: el 86% creen que los problemas de información y el 78% piensan que los problemas de diseño, ocurren de manera frecuente u ocasional. Ambos problemas se relacionan directamente con la etapa de diseño, es decir la fuente principal de pérdidas en el montaje de fachadas de muro cortina es la relacionada al diseño de los proyecto. Tanto en la etapa de anteproyecto, como en la etapa posterior al inicio de este, los supervisores (profesionales y jefes de obra) señalan que las aclaraciones, la falta de especificaciones y el retraso en la entrega de la información forman parte de las pérdidas más frecuentes y que afectan en mayor medida la realización óptima del trabajo.

Con respecto a la relación diseño – construcción, se debatieron una serie de posibles soluciones que pueden ser aplicadas y mejorarían sustancialmente el proceso productivo del rubro; sin embargo, se requieren modificaciones de nivel estratégico por parte de la empresa, dado que son decisiones a largo plazo, que involucran el sistema de producción de los elementos y a la vez depende de la concepción de los proyectos. El cambio en el sistema de producción de los elementos es necesario por las grandes magnitudes de elementos que deben ser diseñados y por ende fabricados.

Como se mencionó en el capítulo correspondiente, los planos de diseño de los elementos son enviados a otros países para ser fabricados, por la escasez de tecnología presente en el país y por el menor costo de la materia prima.

Una vez fabricados los elementos, son importados para luego ser enviados a obra, donde llegan de forma desordenada, sin cumplir con la secuencia constructiva; esto último es importantísimo recalcarlo: durante los meses de investigación el alumno memorista fue testigo presencial de los problemas que se generaron por la falta de elementos (problemas de diseño) al momento de proseguir con la secuencia constructiva, los proyectista generalmente enviaban los planos de los elementos típicos a fabricar, dejando pendiente los componentes especiales, ya sean de esquinas o elementos más

complicados y que se definirían una vez comenzada la obra (habitualmente cuando los encargados de terreno lo solicitaban), lo que generaba serios problemas por los atrasos de las actividades.

Dado que el montaje de muros cortinas se realiza de manera secuencial, al no disponer de todos los elementos que se deben montar, se van retrasando las tareas posteriores.

Una de las sugerencias más interesantes que se planteó fue la de establecer un método de control de inventario, mediante un sistema de código en los elementos que permita a los diferentes actores que participan en el proyecto ver en tiempo real la situación en la que se encuentran los componentes (diseñado, enviado a fabricar, fabricado, en bodega de planta, bodega de obra o instalado). Las ventajas adicionales al ordenamiento y registro de producción son variadas, por ejemplo, la misma planilla permitiría a la empresa estimar los tiempos de pedido, de producción, de envío y de recepción final en la obra, se mitigarían algunas de las pérdidas que fueron mencionadas por los trabajadores de la empresa, como son la falta de información y aclaración acerca de los elementos y la espera por aclaraciones, las que se generaban generalmente por no conocer el estado en que se encontraban los elementos.

Dada la naturaleza y como se conciben los proyectos, arquitectónicamente hablando, resulta muy poco probable que se logre un mejoramiento sustancial del proceso productivo de la industria del montaje de muros cortina, que permita eliminar alguna de las fuentes de pérdidas detectadas en la investigación, como son el retraso de los envíos a obra y la mala programación de éstos. La solución a los problemas anteriormente mencionados requiere una estandarización de las modulaciones, ¿qué señala esto último?, que los arquitectos y proyectista se debieran adecuar a las condiciones existentes dentro del mercado, es decir, las empresas que prestan servicios de montaje de fachadas livianas, debiesen contar con modulaciones estandarizadas que les permitan crear economía de escala dentro de su producción, lo que disminuiría sus costos y reduciría el tiempo de ejecución de la obra.

Si bien es complicado llegar a un nivel de producción en serie de los elementos, convendría que hubiese una transición de flujo por proyecto (mayor flexibilidad, baja automatización, menor eficiencia y difícil control) a un flujo en línea (baja flexibilidad, procesos automatizados, muy eficiente y de fácil control). En una serie de países desarrollados, como Estados Unidos y Francia por ejemplo, existen soluciones estandarizadas para los montajes de muros cortina, estos países poseen una visión más amplia sobre la industria, con carreras profesionales enfocadas en la especialización de la actividad, además el rubro de la construcción tiene más arraigado los conceptos de producción *Lean*, existe un mayor número de empresas constructoras dispuestas a invertir en nuevas tecnologías y en investigación que les permita mejorar sus procesos y la manera de lograrlo es disminuyendo o eliminando las fuentes de pérdidas que se presentan.

De las Entrevistas y Encuestas a Profesionales del Área se desprende, a partir de los comentarios y opiniones de los supervisores de obra, que es necesario crear equipos de trabajo bipartitos entre el personal de terreno y el personal de oficina, con una mayor presencia de proyectistas y diseñadores en terreno, es más, se plantea que sería muy provechoso la representación permanente de algún miembro del equipo de diseño en obras, o por lo menos en obras de gran magnitud, lo que permitiría solucionar los problemas simples que se presentan, con una gran rapidez y ayudaría a disminuir y evitar parte de los problemas más frecuentes que se mencionaron en la investigación, como son los problemas en los detalles de planos, se aclararían las dudas acerca de los materiales y elementos que se utilizan, se optimizaría el tiempo de entrega de las memorias de cálculo pendientes, o por último, existiría un mayor conocimiento del trabajo en terreno por parte del personal de la oficina de diseño.

Dentro del proceso constructivo propiamente tal se lograron identificar una serie de pérdidas entre las que se destacan los traslados de material desde otras zonas de trabajo (ubicación de módulos en pisos que no correspondían principalmente), tiempos ociosos de la mano de obra, pérdidas de horas máquina, espera por material proveniente de la bodega interna de la obra, modificar o rehacer trabajo por errores de prefabricación, diseño o terreno y lentitud en la ejecución de las operaciones.

Las causas anteriores generan una serie de impactos negativos, el más importante es el retraso de las actividades, que fue mencionado por todos los encuestados y el 56% lo situó en el primer lugar de los impactos más importantes. El segundo impacto que se considera más importante es la pérdida de tiempo, con un puntaje ponderado igual a 21, que representa el 16% del total,

Con respecto a los defectos relacionados a la información, la falta de información ocupa el primer lugar con un puntaje ponderado final igual a 37 puntos, que vendría representando el 28% del total del ítem, el 67% de los encuestados sitúa a la falta de información como el principal problema en la entrega de información en la etapa diseño – construcción. Sin embargo de la Encuesta de Detección de Pérdidas se obtiene que la falta de información es sólo la quinta pérdida que acontece con mayor frecuencia (44%) en el proceso constructivo, anteponiéndose a ella la necesidad de aclaraciones (78%), la demora excesiva en enviar o recibir la información (78%), la información atrasada (67%) y la información poco clara con el 56%.

Un resultado interesante que se obtuvo mediante el uso de las herramientas de identificación de pérdidas corresponde a los niveles de actividad de la industria del montaje de fachadas livianas de muros cortina. Hasta el momento no se conocen datos exactos acerca de estos parámetros, sin embargo la aplicación de las Cartas de Balance de Recursos arroja información que puede ser analizada. Para cada Carta de Balance de Recursos se calcularon los porcentajes de trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo, para obtener índices a nivel general se promediaron los resultados y se logró generar el Gráfico 5-1 y la Tabla 5-1, es necesario destacar que se utilizaron los

tiempos para ponderar los porcentajes de cada carta de balance, es decir, se considero que una carta de balance, con un mayor tiempo es más representativa que una de menor tiempo.

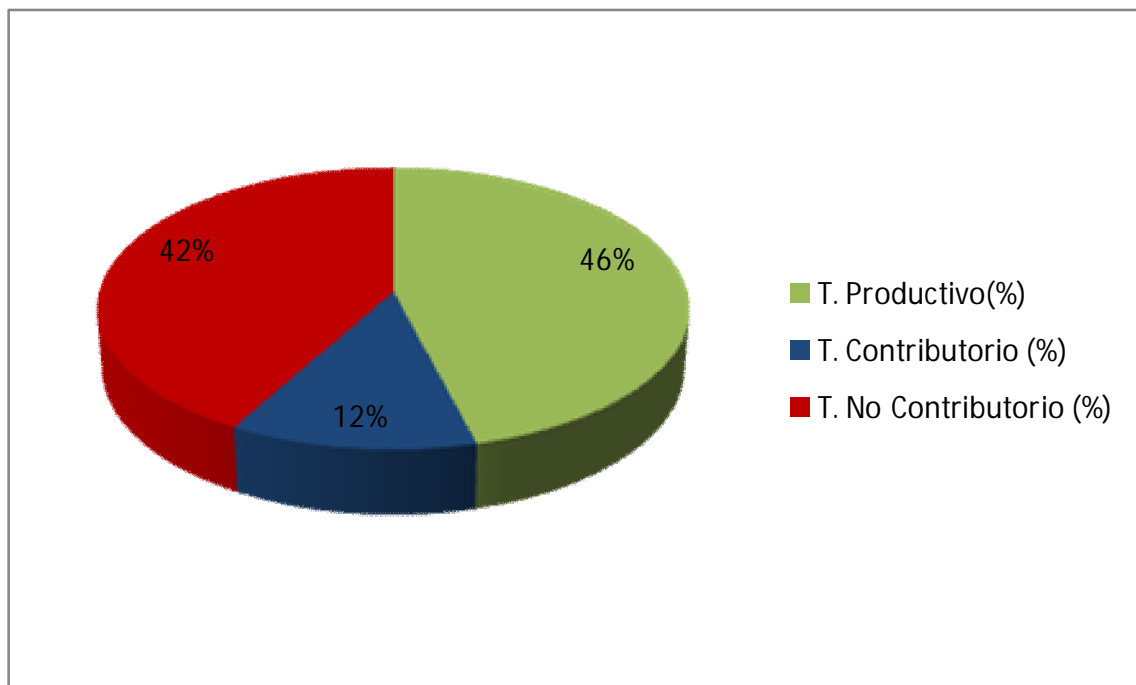


Gráfico 5-1. Niveles de Actividad de Producción para Muros Cortina, 2010.

Tabla 5-1. Niveles de Actividad Real, Relativo y Coeficiente de Participación.

Carta de Balance	Nivel de Actividad Real (%)	Coeficiente de Participación (%)	Nivel de Actividad Relativo (%)	Tiempo Total
1	69	72	46	65
2	59	99	58	60
3	61	85	53	56
4	44	99	44	64
Promedio	58	89	50	

Entonces se concluye que los niveles de actividad de la industria del montaje de fachadas de muro cortina son:

- **Trabajo Productivo: 46%**
- **Trabajo Contributorio: 12%**
- **Trabajo no Contributorio: 42%**

Con un coeficiente de participación igual al 89%, un nivel de actividad real del 58% y un nivel de actividad relativo igual al 50%.

El uso de estos parámetros son importantes para ser aplicados en estudios posteriores a la entrega de esta tesis de grado, los resultados obtenidos tras la aplicación de mejoras en el proceso constructivo, en la etapa de planificación y en la interacción diseño – construcción, podrán ser comparados a estos índices y se demostrará si la aplicación de las mejoras sugeridas permiten disminuir las pérdidas detectadas, mejorar el porcentaje de trabajo productivo y disminuir los porcentajes de trabajo contributivo y no contributivo.

En general la industria del montaje de fachadas livianas de muros cortina ha sido poco estudiada en Chile. Existen escasos documentos que hablen de ella, el más destacado es el manual elaborado por la CDT, que se basa principalmente en la experiencia de los pocos profesionales que existen en el mercado. Sin embargo, a la luz de los nuevos y tecnológicos edificios que se han construido para oficinas, hoteles, casinos o en general para cualquier edificios ya sea en altura o en extensión que busque entregar una propuesta vanguardista, se hace necesario contar con investigaciones y estudios que permitan a las empresas constructoras conocer las falencias que se presentan en la etapa del montaje del muro cortina, de manera tal que se aúnen fuerzas bajo el concepto de “Construcción Sin Pérdidas” de cada una de las partidas involucradas en el proceso constructivo, porque si bien se ha logrado inculcar este concepto en obra gruesa, todo este esfuerzo puede ser en vano si las tareas complementarias no toman el mismo rumbo, de ahí la necesidad de efectuar este estudio, pero lo más importante es que las empresas tomen parte de estos análisis, puedan visualizar el horizonte al que apunta y considerar las innumerables ventajas que propone este reto.

Bibliografía

Acevedo, P. (1991). Aplicación de las Herramientas de Ishikawa para el Análisis de Productividad en la Construcción, *Revista de Ingeniería de Construcción* N°10.

Alarcón, L F. (1994). Construcción sin Pérdidas: La Aplicación de Nuevas Filosofías de Producción en la Construcción, Revista BIT N°2. Corporación de Investigación de la Construcción., Santiago, Chile

Alarcón, L F. (1997). Modeling Waste and Performance in Construction en Lean Construction, Balkena, Rotterdam, Pags 51-66.

Alarcón, L F. (2001). Identificación y Reducción de Pérdidas en la Construcción: Herramientas y Procedimientos, LOM Ediciones. Santiago, Chile.

Alarcón, L F & Campero, M. (2003). Administración de Proyectos Civiles, Ediciones Universidad Católica de Chile.

Allmon, E. (2000). U.S. Construction Labor Productivity Trends, 1970-1998, *Jornal of Construction Engineering and Management*, University of Texas, Austin, U.S.A.

Borderching, J D. (1981). Construction Productivity Programs at Work, Mid-Winter Symposium, Houston, Texas, U.S.A.

Botero, L F & Álvarez, M. (2003). Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción, Revista Universidad EAFIT N° 130. Medellín, Colombia.

CDT. (2008). Manual de Diseño, Fabricación e instalación de Muros Cortina.

Comisión MINVU. (1992). Plan Estratégico Cámara Chilena de la Construcción 1ª Ed. Santiago, Chile.

Contreras, J & Venturi, A. (1995). Modelación de los Factores de Productividad en Obras de Edificación en Altura en Chile. Tesis (Magister). Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería.

GLOBAL PROPERTY SOLUTIONS. (2010). Informe del Mercado de Oficinas: 1^{er} trimestre, Santiago, Chile.

- Hayes, W. (1980). Foreman Delay Surveys, Conference on Construction Productivity Improvement, University of Texas at Austin, Texas, USA.
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction, Technical Report N° 72. CIFE Departamento de Ingeniería Civil, Stanford University. CA, USA.
- López, L A. (1997). Producción sin Pérdidas en la Construcción. Tesis (Magister en Ciencias de la Ingeniería, Mención Industrial) y Memoria (Título de Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Mardones, D A. (1997). Evaluación de la Interfase Diseño Construcción en Obras de Edificación, Recomendaciones para Asegurar la Calidad de los Diseños. Tesis (Magister en Ciencias de la Ingeniería, Mención Industrial) y Memoria (Título de Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Martínez, L F. (1998). Programa de Mejoramiento de la Productividad para Obras de Construcción en Chile. Memoria (Título de Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería.
- Martínez, L F; Santana, J M & Soto, G. (1989). Productividad en la Construcción, Manual para la aplicación de un Sistema de Control de la Productividad, Ed. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Martínez, L F; Verbal, R & Serpell, A. (1990). Recomendaciones para Aumentar la Productividad en la Construcción, Revista de Ingeniería de Construcción N°8. Santiago, Chile.
- Oglesby, C; Parker, H & Howell, G. (1989). Productivity Improvement in Construction. Ed. McGraw-Hill, USA.
- San Juan, P. (2010). Feller-Rate Clasificadora de Riesgos, Sector Inmobiliario y Construcción Chileno: Desafíos y Perspectivas, Santiago, Chile.
- Maldonado, D. (2009). Instalación de Muro Cortina, Total Transparencia, Revista BIT N°65, Corporación de Investigación de la Construcción. Santiago, Chile.
- Serpell, A. (1991). Productividad en la Construcción, Revista Ingeniería de Construcción N°1. Santiago, Chile.

Serpell, A. (1992). Gestión Productiva de la Construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ingeniería de la Construcción. Santiago, Chile.

Serpell, A; Venturi, A. & Contreras, J. (1997). Characterization of Waste in Building Construction Projects, en Lean Construction. 3^{er} Annual Conference, IGLC. Editado por L.F. Alarcón, Balkema, Rotterdam.

Serpell, A. (1997). Administración de Operaciones de Construcción. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Smith, A. (1987). Increasing On Site Production. AACE Transactions. Morgantown, West Virginia, U.S.A.

Thomas, R & Daily, J. (1984). Crew Performance Measurement Via Activity Sampling, Journal of Construction Engineering and Management. New Jersey, U.S.A.

Tucker, R L. (1996). Tendencias en la Industria de la Construcción, Boletín de Información Tecnológica, Corporación de Investigación de la Construcción, Año 3, N°6. Santiago, Chile.

Undurraga, M R. (1996). La Productividad en la Constucción y Financiamiento de Vivienda. Ciudad de México, México.

Anexos

Anexo A
Croquis Arquitectura Nueva Las
Condes Torre 6 y Torre 8



Ilustración A.1. Croquis Arquitectura Elevación Vista Nor-Poniente.

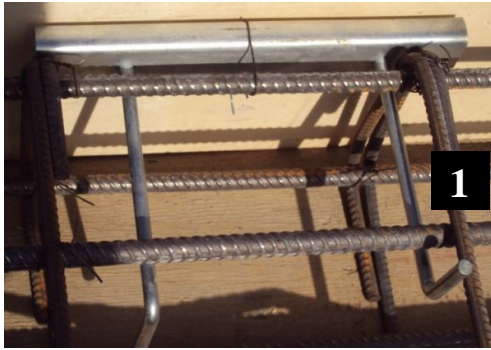


Ilustración A.2. Croquis Arquitectura Elevación Vista Sur-Poniente.



Ilustración A.3. Croquis Arquitectura Elevación Vista Sur.

Anexo B
Secuencia de Instalación Muro
Cortina

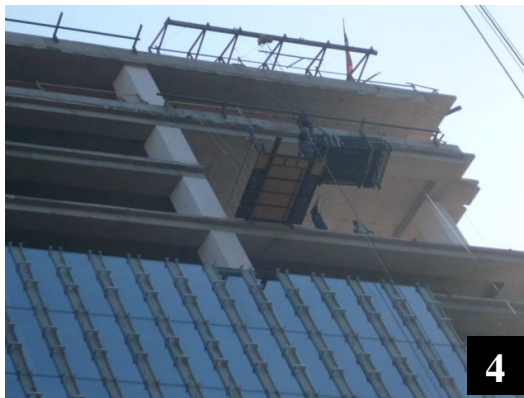
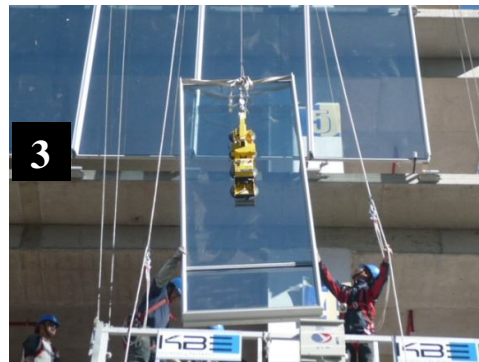


1.- Se realiza el embebedo de los insertos metálicos en el hormigón del edificio, amarrados a la enfierradura.

2.- Una vez que el hormigón ha fraguado y alcanzó su resistencia se procede a apernar los anclajes de acero o aluminio.



3.- Luego se suben los módulos compuestos de marco de aluminio y cristal para ser colocado.

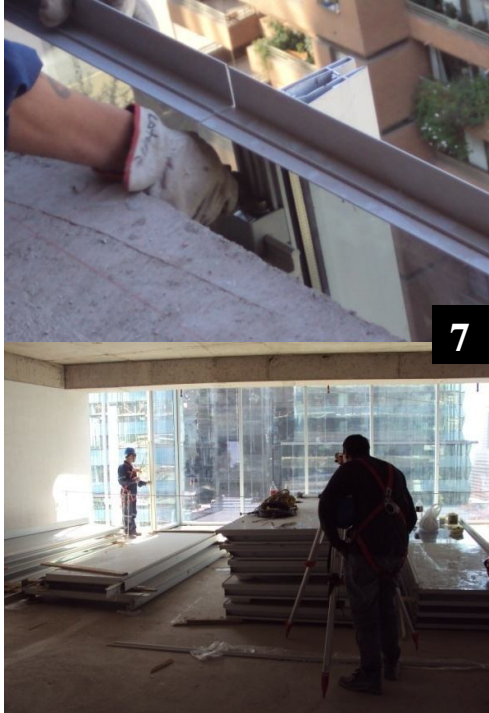


4.- Sin embargo para pisos superiores se suben los paneles en atriles o en “camas” mediante la torre grúa.

5.- La manera de colocarlos es con ayuda de un equipo de izaje de módulos, comandado por un operador en los pisos superiores del edificio.



6.- Donde luego son recibidos en el lugar de instalación por una cuadrilla de 4 trabajadores que proceden a instalar el panel.



7.- Luego de instalarse el panel se fija al módulo anterior arriba y abajo, se nivela y se ploma, según las cotas de diseño.

Anexo C
Entrevistas y Encuestas a
Profesionales del Área

Entrevistas y Encuestas a Profesionales de Área de la Construcción

Parte A. Preguntas Abiertas

A.1.- ¿Qué porcentaje del total de actividades de una obra son afectadas por defectos o problemas en los diseños?

R

A.2.- ¿A su juicio, cuál es el tiempo promedio que se tardan las aclaraciones solicitadas a los diseñadores o al mandante en llegar?

R

A.3.- ¿Qué porcentaje sobre el tiempo programado se retrasa una obra de montaje de fachada de muro cortina por defectos o problemas en los diseños?

R

A.4.- ¿Cuáles son los tipos de aclaraciones más frecuentes en las obras de montaje de muro cortina?

R

A.5.- ¿Cuáles son los tipos de aclaraciones más importantes en las obras de montaje de muro cortina?

R

A.6.- ¿Por qué se producen estas deficiencias o problemas en los diseños?

R

A.7.- Para hacer frente a los problemas o defectos de los diseños, en el corto y largo plazo, una empresa constructora del rubro de muro cortina debe:

R

ENCUESTA N°1

Parte B. Clasificación por Importancia

B.1.- Determine las cinco (5) causas más importantes de los problemas en los diseños que afectan a una empresa encargada del montaje de muro cortina, es decir, la causa más importante, a la cual se le asigna el número uno (1), es aquella causa de los problemas en los diseños que más afecta la productividad, calidad, etc. de una empresa constructora.

CAUSAS	CLASIFICACIÓN
Falta de Normas	
Deficiencias Propias de cada Especialidad	
Cambios o Modificaciones del Cliente	
Descoordinación entre Planos y Especificaciones	
Desconocimiento de Construcción	
Desconocimiento del Terreno	
Especificaciones No Técnicas	
Descoordinación entre Especialidades	
Otras Causas (Especificar)	
Otras Causas (Especificar)	

B.2.- Determine los cinco (5) impactos más importantes sobre una obra, y que tienen origen en los problemas en los diseños, que afectan a una empresa encargada del montaje de muro cortina, es decir, el impacto más importante, al cual se le asigna el número uno (1), es aquel que más afecta la productividad, calidad, etc. de una empresa constructora.

IMPACTOS	CLASIFICACIÓN
Cambios en los Estados de Pago	
Retraso de Actividades	
Pérdida de Materiales	
Interrupción de la Secuencia Constructiva	
Rehacer Trabajos	
Pérdida de Tiempo	
Pérdida de Mano de Obra	
Sobreuso de Maquinaria y Equipos	
Mala Constructibilidad	
Otros Impactos (Especificar)	
Otros Impactos (Especificar)	

B.3.- Determine los (5) defectos de información que contienen los diseños y que más afectan a una empresa encargada del montaje de muro cortina, es decir, el defecto de información más importante, al cual se le asigna el número uno (1), es aquel que más afecta la productividad, calidad, etc. de una empresa constructora.

DEFECTOS DE INFORMACIÓN	CLASIFICACIÓN
Falta de Información	
Información No Clara	
Se Agrega Información	
Información Incorrecta	
Modificación de Información	
Otros Problemas de Información (Especificar)	
Otros Problemas de Información (Especificar)	

Parte C. Clasificación por Frecuencia

C.1.- Determine las cinco (5) causas más frecuentes de los problemas en los diseños que afectan a una empresa encargada del montaje de muro cortina, es decir, la causa más frecuente, a la cual se le asigna el número uno (1), es aquella causa de los problemas en los diseños que más se repite en una obra.

CAUSAS	PUNTAJE
Falta de Normas	
Deficiencias Propias de cada Especialidad	
Cambios o Modificaciones del Cliente	
Descoordinación entre Planos y Especificaciones	
Desconocimiento de Construcción	
Desconocimiento del Terreno	
Especificaciones No Técnicas	
Descoordinación entre Especialidades	
Otras Causas (Especificar)	
Otras Causas (Especificar)	

C.2.- Determine los cinco (5) impactos más frecuentes sobre una obra, y que tienen origen en los problemas en los diseños, que afecta a una empresa encargada del montaje de muro cortina, es decir, el impacto más frecuente, al cual se le asigna el número uno (1), es aquel que más veces se presenta en los diseños de una obra.

IMPACTOS	PUNTAJE
Cambios en los Estados de Pago	
Retraso de Actividades	
Pérdida de Materiales	
Interrupción de la Secuencia Constructiva	
Rehacer Trabajos	
Pérdida de Tiempo	
Pérdida de Mano de Obra	
Sobreuso de Maquinaria y Equipos	
Mala Constructibilidad	
Otros Impactos (Especificar)	
Otros Impactos (Especificar)	

C.3.- Determine los cinco (5) defectos de información que contienen los diseños y que son más frecuentes en una obra, es decir, el defecto de información más frecuente, al cual se le asigna el número uno (1), es aquel que más veces se presenta en los diseños de una obra.

DEFECTOS DE INFORMACIÓN	PUNTAJE
Falta de Información	
Información No Clara	
Se Agrega Información	
Información Incorrecta	
Modificación de Información	
Otros Problemas de Información (Especificar)	
Otros Problemas de Información (Especificar)	

ENCUESTA N°2

Relación IMPACTO - CAUSAS

La siguiente encuesta pretende explorar la relación que existe entre las deficiencias de los diseños y los problemas que se presentan en las obras de montaje de muro cortina.

Para cada **IMPACTO** representado por una fila de la tabla, identifique las posibles **CAUSAS** que se indican en las columnas de acuerdo a su experiencia.

IMPACTO	CAUSAS								
	Falta de Normas	Problemas Propios de Cada Especialidad	Cambios del Mandante	Inconsistencia entre Planos y Especificaciones	Desconocimiento de Construcción	Desconocimiento del Terreno	Especificaciones Poco Técnicas	Descoordinación entre Especialidades	Otros
Pérdida de Materiales									
Pérdida de Mano de Obra									
Sobreuso de Maquinaria y Equipo									
Interrupción de Construcción									
Rehacer Trabajos									
Mala Constructibilidad									
Mala Operabilidad									
Pérdida de Tiempo									
Flujo de Caja									
Diseño poco Óptimos									
Retraso de Actividades									
Aclaraciones									
Información Defectuosa									
Información Atrasada									
Información No Necesaria									
Inconsistencia entre Especificaciones y Materiales									
Inconsistencia entre Mercado y Materiales									
Falta de Información									
Errores Dimensionales									
Otros									

Anexo D

Detección de Pérdidas

**Anexo D. Encuesta de Detección de Pérdidas
Para el Análisis a Nivel de Industria**

I.- Antecedentes Personales.

1.- Nombre:

2.- Empresa:

3.- Tipo de obra que habitualmente desarrolla su empresa:	
Edificación en Altura	<input type="checkbox"/>
Edificación Baja Extensiva	<input type="checkbox"/>
Pavimentación	<input type="checkbox"/>
Mineras	<input type="checkbox"/>
Prefabricados	<input type="checkbox"/>
Obras de Arte	<input type="checkbox"/>
Otras (Por favor especifique):	

Anexo D.1. Frecuencia de las Pérdidas.

III. En la gestión de una empresa constructora es posible encontrar muchas pérdidas. De la siguiente lista, marque con una cruz las 10 pérdidas que a su parecer son más frecuentes en la ejecución de un Proyecto típico de Montaje de Fachadas de Muro Cortina.

	Más Frecuentes	
1	Tiempo Ocioso de Mano de Obra Especializada	
2	Tiempo Ocioso de los Ayudantes	
3	Movimiento Innecesario de Gente	
4	Trabajo Innecesario o Inventado	
5	Personal Extra o Sobre dotación	
6	Accidentes	
7	Subutilización de la Mano de Obra	
8	Pérdida de Habilidad en la Mano de Obra	
9	Potencial de Mejora de los Trabajadores	
10	Consumo Excesivo de Materiales	
11	Derroche de Materiales	
12	Material Sobrante	
13	Robo de Materiales	
14	Daño de los Materiales en el Transporte	
15	Deterioro de Materiales en Bodega	
16	Reparación de Materiales	
17	Uso de Material Distinto al Especificado	
18	Exceso de Inventarios	
19	Espacio Adicional para Bodegas	
20	Manipulación Excesiva de Materiales	
21	Movimiento Innecesario de Materiales	
22	Errores en el Transporte de Materiales	
23	Entregas Sobredimensionadas	
	Otras (especifique)	
	Otras (especifique)	
	Otras (especifique)	

	Más Frecuentes	
24	Pérdida de Flexibilidad o Adaptación	
25	Pérdida de Continuidad Operacional	
26	Trabajo sin Hacer	
27	Retraso de Actividades	
28	Detenciones	
29	Operaciones Lentas	
30	Desgaste Anormal de Equipo y Herramientas	
31	Pérdida de Horas Máquina	
32	Equipos Innecesarios	
33	Multas	
34	Inversiones Innecesarias en Instalaciones	
35	Costo de Oportunidad de los Inventarios	
36	Defectos	
37	Trabajo Rehecho	
38	Reparaciones	
39	Variabilidad en los Resultados	
40	Procesamiento Extra	
41	Supervisión Extra	
42	Papeleo Extra	
43	Mayor Confusión	
44	Necesidad de Aseo y Orden Extra	
45	Aclaración	
46	Información Extra	
	Otras (especifique)	
	Otras (especifique)	
	Otras (especifique)	

Anexo N° D.2. Frecuencia de las Causas de Pérdidas

III. Clasifique según la frecuencia las siguientes Fuentes de Pérdidas, marcando con una X la mejor alternativa.

Frecuente	Ocasional	Rara Vez	Nunca
-----------	-----------	----------	-------

I.- Problemas de Planificación					
1	Mala Programación				
2	Mala Cubicación				
3	Mala Topografía				
4	Planificación de Partidas muy Grandes				
5	Mal Diseño de Instalación de Faenas				
6	Mal Diseño de Áreas de Trabajo				
7	Tamaño de las Cuadrillas muy Numeroso				
8	Exceso de Personal				
9	Descoordinación entre Cuadrillas				
10	Descoordinación de Procesos				
11	Mala Secuencia de Trabajo				
12	Inexistencia de Cuadrillas Especiales de Transporte				
13	Malos Programas de Abastecimiento				
14	No uso de la Experiencia Anterior				
15	Dificultad en el Acceso a la Obra				
16	Falta de Producción Seriada				
17	Falta de Prefabricación				
18	Reasignación de la M.O. de Tarea en Tarea				
	Otro (especifique):				

Frecuente	Ocasional	Rara Vez	Nunca
-----------	-----------	----------	-------

II.- Problemas de Control					
1	Mal Sistema de control				
2	Exceso de Control en la Producción				
3	Falta de Control en la Producción				
4	Falta de Control de la Bodega				
5	Rutas y Veredas Poco Claras				
6	Sobre Producción				
7	Sobre Excavación				
8	Mala Limpieza y Orden del Área de Trabajo				
9	Falta de Autocontrol de la Mano de Obra				
	Otro (especifique)				

III.- Problemas de Organización					
1	Funciones Poco Claras				
2	Muchos Niveles Jerárquicos				
3	Autoridad y Responsabilidad Mal Definida				
4	Comportamiento de Subcontratistas				
5	Comportamiento de la Inspección				
6	Malos Canales de Comunicación				
7	Falta de Comunicación				
	Otro (especifique):				

III. Clasifique según la frecuencia las siguientes Fuentes de Pérdidas (Cont).

Frecuente	Ocasional	Rara Vez	Nunca
-----------	-----------	----------	-------

IV.- Problemas de Burocracia				
1	Papeleo Excesivo			
2	Demora Excesiva en Resolver Problemas			
3	Mal Apoyo de la Tecnología			
4	Procedimientos Extensos y Engorrosos			
5	Trámites en Diferentes Lugares			
	Otro (especifique):			

V.-Problemas de Materiales				
1	Mala Calidad del Material			
2	Rechazo del Material			
3	Material Dañado			
4	Exceso de Material			
5	Falta de Material			
6	Mal Suministro de Materiales			
7	Mala Distribución de Materiales			
8	Inexistencia de Bodegas Distribuidas			
9	Mal Funcionamiento de la Bodega			
10	Mal Uso de Materiales			
	Otro (especifique):			

Frecuente	Ocasional	Rara Vez	Nunca
-----------	-----------	----------	-------

VI.- Problemas de Equipo				
1	Inexistencia de Paños de Herramientas			
2	Falta de Equipo y Herramientas			
3	Medio de Transporte mal Diseñado			
4	El Equipo hace Entregas Sobredimensionadas			
5	Equipo Permanente en Uso			
6	Equipo Dañado			
7	El Equipo Trabaja a Sub Capacidad			
8	Mal uso de Equipo y Herramientas			
9	Mala Calidad del Equipo			
10	Tecnología Inadecuada			
11	Equipo Obsoleto			
12	Falta de Estandarización del Equipo			
13	Mucha Variedad de Repuestos			
	Otro (especifique):			

VII.- Problemas de Irresponsabilidad de la Mano de Obra				
1	Descuido de la Mano de Obra en la Producción			
2	Ausentismo			
3	Atrasos			
4	Accidentes por Acciones Inseguras			
5	Sacar la Vuelta, Tiempo Ocioso			
6	Alcohol y Drogas			
7	Hora del Día, Día de la Semana			
	Otro (especifique)			

III. Clasifique según la frecuencia las siguientes Fuentes de Pérdidas (Cont).

Frecuente	Ocasional	Rara Vez	Nunca
-----------	-----------	----------	-------

VIII.- Problemas de Capacitación					
1	Mala Capacitación de la Mano de Obra				
2	Poca Disponibilidad de Mano de Obra Capacitada				
3	Poco Entendimiento de los Procesos				
4	Mala Capacitación de los Supervisores				
5	Inexistencia de Programas de Seguridad				
6	Mala Certificación de la Mano de Obra				
7	Falta de Especialización de la Mano de Obra				
8	Diferencias de Rendimientos				
9	Bajo Nivel de Bodeguero				
10	Resistencia a Nuevas Tecnologías				
11	Formación Académica de los Profesionales				

IX.- Problemas de Información					
1	Carencia de Sistema de Información Dinámico				
2	Falta de Información				
3	Información Defectuosa				
4	Información Atrasada				
5	Información Poco Clara				
6	Necesidad de Aclaraciones				
7	Demora Excesiva en Enviar o Recibir Información				

Frecuente	Ocasional	Rara Vez	Nunca
-----------	-----------	----------	-------

X.- Problemas de Motivación de la Mano de Obra					
1	Alta Rotación				
2	Fatiga de la Mano de Obra				
3	Medición y Observación Constante de la M.de O				
4	Poco Liderazgo de los Capataces				
5	Poco Respeto por la Mano de Obra				
6	Insignificancia de la M. de O. ante el Proyecto				
7	Desconocimiento de Recursos Humanos				
8	Malas Condiciones Laborales				
9	Sobretiempo, Horas Extras				
10	Remuneraciones Desiguales				
11	Falta de Reconocimiento				
12	Mala Remuneración				
13	Nula Perspectiva de Carrera en la Empresa				

III. Clasifique según la frecuencia las siguientes Fuentes de Pérdidas (Cont).

Frecuente	Ocasional	Rara Vez	Nunca
-----------	-----------	----------	-------

XI.- Problemas de Diseño					
1	Problemas de Comunicac. Entre Diseño y Construc.				
2	Mal Suministro de Especificaciones y Planos				
3	Poca Estandarización de Especificaciones				
4	Descoordinación en la Revisión de Planos				
5	Mala Interpretación del Diseño				
6	Cambios, Errores y Omisiones en el Diseño				
7	Diseño Complejo				
8	Poca Constructibilidad				

XII.- Problemas del Mercado					
1	Escasa Capac. Del M° para enfrentar Crecimiento				
2	Ineficiencia del Mercado de Proveedores				
3	Descuentos por Tamaño del Pedido				
4	Materiales Difíciles de Obtener				
5	Incertidumbre				
6	Proveedores Distantes				
7	Grandes Lapsos entre Pedido y Entrega				
8	Poca Disponibilidad de Repuestos				
9	Sobre Compra				
10	Precio de la Tecnología				

Frecuente	Ocasional	Rara Vez	Nunca
-----------	-----------	----------	-------

XIII.- Problemas del Tipo de Proyecto					
1	Huelga				
2	Permisos Municipales				
3	Juicios				
4	Normas de Construcción				
5	Comportamiento de los Subcontratistas				
6	Disponibilidad de Mano de Obra				
7	Comportamiento de la Inspección				
8	Limitaciones del Terreno				
9	No Existe la Instancia para Capacitar				
10	Interrupciones no Controladas				
11	Cambios en las Regulaciones				
12	Coordinación entre Participantes del Proyecto				
13	Problemas de Financiamiento				

XIV.- Problemas de la Naturaleza					
1	Clima Adverso				
2	Condiciones de Suelo Inesperadas				
3	Ecología e Impacto Ambiental				
4	Difícil Acceso a la Obra				

Anexo E

Encuesta de Detenciones y Demoras

Anexo E.1 Planilla Encuesta de Detenciones y Demoras.

Encuesta de Detenciones y Demoras

Capataz: _____ Cuadrilla: _____

Actividad _____

Fecha: _____ N° Trabajadores: _____ Hrs. Trabajadas: _____

PROBLEMAS QUE PRODUCEN INTERRUPCIONES EN EL TRABAJO	HORAS - HOMBRE PERDIDAS		
	N° de Horas	N° de Obreros	Horas-Hombre Perdidas
1.- Esperando por Materiales (Bodega Interna)			
2.- Esperando por Materiales (Externo)			
3.- Esperando por Equipos o Herramientas			
4.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Diseño)			
5.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Prefabricación)			
6.- Modificar/Rehacer Trabajo (Error Terreno)			
7.- Traslado de Material desde otras Áreas de Trabajo			
8.- Esperando Instrucciones o Aclaraciones de Detalles			
9.- Esperando Cancha de Otras Cuadrillas			
10.- Problemas con Energía Eléctrica			
OTROS			
11.-			
12.-			
13.-			
14.-			
15.-			
16.-			
17.-			
18.-			
19.-			
20.-			

COMENTARIOS:

Anexo F

Carta de Balance de Recursos

Anexo F.1 Planilla de Llenado en Terreno para Carta de Balance de Recursos.

Proceso: _____
 Recinto: _____ Sector: _____
 Fecha: _____ Hora Inicio: _____ Hora Termino: _____
 Intervalo de Muestreo: 1 min Tiempo total de Muestreo: ____ Hrs. ____ Min.

ACTIVIDADES

Nro Act.	Abrev Act.	Nombre de Actividad
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		

Maestro	Descripción
M1	
M2	
M3	
M4	
M5	
M6	
M7	

ANTECEDENTES PREVIOS

RESULTADOS

Anexo F.2 Ejemplo Planilla Resumen Carta de Balance de Recursos



Carta de Balance
 NUEVA LAS CONDES TORRE 6 Y 8
 RESUMEN

Fecha:

Fecha:	Muestrador:
Hora de inicio:	Hora de fin:
Frecuencia : 1 min	

Actividad Analizada:

Indices

Tiempo	Recursos	Avance	Rendimiento	Productividad	Velocidad
Hr	HH	Módulos	HH/Módulos	Módulos/HH	Módulos/Hr
0.93	4.85	1.00	4.85	0.21	1.07

Nivel de Actividad y Participación de los Recursos

Recursos	Niveles de Actividad Real	Coficiente de Participación	Nivel de Actividad Relativo
T1	70%	84%	59%
T2	53%	80%	43%
T3	55%	79%	43%
T4	70%	84%	59%
T5	59%	100%	59%
PROMEDIO	61%	85%	53%

