Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Construcción

"ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL EN COMPENSACIÓN DE COSTOS EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PROVINCIA DE LLANQUIHUE"

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Constructor

Profesor Guía:
Sr. Carlos Vergara Muñoz
Ingeniero Civil Mecánico,
Magíster en Economía y Gestión Regional
Doctor en Economía Aplicada

RONALD GARDY ANDRÉS MONZÓN RIQUELME

VALDIVIA – CHILE

2009

A mis padres Wilson y Teresa
A mis hermanos Liletts, Wilson y Rodrigo
A mi polola Jasmín

Gracias por su apoyo incondicional
Los Amo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS iii

ÍNDICE DE CONTENIDOS iv

ÍNDICE DE FIGURAS vi

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE GRÁFICOS viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN 1

1.1. Planteamiento del problema 1
1.2. Objetivos 2
1.3. Metodología de trabajo 3
1.4. Estructura de la tesis. 3

CAPÍTULO II
PRINCIPALES ANTECEDENTES DE PRODUCTIVIDAD LABORAL EN CONSTRUCCIÓN 5

2.1. Introducción 5
2.2. Productividad laboral en la construcción 5
2.2.1. Concepto de productividad 5
2.2.2. Definición de productividad 7
2.2.3. Productividad laboral o de la mano de obra 9
2.3. Indicador de productividad laboral 12
2.4. Medición de productividad laboral 14
2.5. Factores que causan pérdidas de productividad laboral 18

CAPÍTULO III
ASPECTOS GENERALES EN SOLICITUDES DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL 26

3.1. Introducción 26
3.2. Relación contractual entre mandante y contratista 26
3.3. Riesgos en un contrato de construcción 29
3.4. Responsabilidad sobre pérdidas de productividad 31
3.5. Compensación de costos por pérdidas de productividad 33
3.6. Modelo de seguimiento en solicitudes de compensación 35

CAPÍTULO IV
MÉTODOS DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL MÁS RECURRENTES EN SOLICITUDES DE COMPENSACIÓN **41**

4.1. Introducción 41
4.2. Sobre tiempo 41
4.3. Órdenes de cambio 44
4.4. Interferencias 48
4.5. Aceleración de Obras 52

CAPÍTULO V
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ESTUDIADA EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PROVINCIA DE LLANQUIHUE **55**

5.1. Introducción 55
5.2. Aplicación de un método de control de productividad laboral 55
5.2.1. Objetivo 55
5.2.2. Índices de control 56
5.2.3. ¿Dónde se obtiene la información? 57
5.2.4. Experiencia en el proyecto 59
5.3. Estimación de pérdidas de productividad laboral como fundamento para solicitudes de compensación de costos 61
5.3.1. Objetivo 61
5.3.2. Antecedentes del proyecto 61
5.3.3. Determinación de causas que afectan al proyecto 63
5.3.4. Condiciones originales del contrato 64
5.3.5. Registros de impactos a la productividad laboral 66
5.3.6. Estimación de costos por pérdidas de productividad laboral 69

CAPÍTULO VI
ANÁLISIS DE INDICADORES Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS **79**

6.1. Introducción 79
6.2. Análisis de indicadores 79
6.3. Evaluación de resultados 81

CAPÍTULO VII
CONCLUSIONES **85**

BIBLIOGRAFÍA **89**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Sistema productivo de la construcción. 8
Figura 2.2: Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad. 10
Figura 2.3: Interacción en un sistema productivo. 11
Figura 2.4: Impacto en el presupuesto por pérdida de productividad laboral. 13
Figura 3.1: Distribución de riesgos en contratos de construcción. 30
Figura 3.2: Modelo de administración de solicitudes de compensación. 36
Figura 4.1: Diagrama de flujo en una interferencia. 50
Figura 5.1: Diagrama de Procesamiento de la Información. 59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Ventajas y desventajas para el contratista en un contrato a suma alzada. 27
Tabla 3.2: Ventajas y desventajas para el mandante en un contrato a suma alzada. 27
Tabla 3.3: Ventajas y desventajas para el contratista en un contrato a serie de precios unitarios. 28
Tabla 3.4: Ventajas y desventajas para el mandante en un contrato a serie de precios unitarios. 28
Tabla 3.5: Ventajas y desventajas para el contratista en un contrato por administración. 28
Tabla 3.6: Ventajas y desventajas para el mandante en un contrato por administración. 29
Tabla 5.1: Factor de desempeño acumulado en obra gruesa. 60
Tabla 5.2: Factor de costo acumulado en obra gruesa . 60
Tabla 5.3: Principales Volúmenes de Obra Gruesa Hotel. 64
Tabla 5.4: Hitos del proyecto. 65
Tabla 5.5: Horas Hombre Obra Gruesa. 65
Tabla 5.6: Monto total mano de obra hotel. 65
Tabla 5.7: Días promedio de respuestas a solicitud de aclaraciones. 66
Tabla 5.8: Listado de planos de obra gruesa. 68
Tabla 5.9: Cuadro de interferencias. 70
Tabla 5.10: Detalle de Horas Extras. 73
Tabla 5.11: Promedio de horas extra por semana. 73
Tabla 5.12: Resumen de obras adicionales desglosadas en HH de la obra. 76
Tabla 6.1: Resumen de costos por pérdidas de productividad. 83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1: Resumen de estudios de porcentaje de eficiencia por regímenes de trabajo 43
Gráfico 4.2: Pérdida de productividad según régimen horario 44
Gráfico 4.3: Órdenes de cambio & Productividad laboral. 47
Gráfico 4.4: Curva de aprendizaje. 49
Gráfico 4.5: Magnitud del efecto onda. 51
Gráfico 4.6: Efecto del exceso de mano de obra en la eficiencia. 53
Gráfico 5.1: Productividad laboral acumulada obra gruesa 61
Gráfico 5.2: Solicitudes de Aclaraciones por mes. 66
Gráfico 5.3: Entrega de planos de estructuras. 67
Gráfico 5.4: Cálculo de Performance Factor por magnitud del efecto onda. 70
Gráfico 5.5: Horas por trabajador por semana. 74
Gráfico 5.6: Pérdida de productividad según régimen horario. 75
Gráfico 5.7: Cálculo de pérdida de productividad por órdenes de cambio. 78
Gráfico 6.1: Productividad laboral acumulada obra gruesa. 79
Gráfico 6.2: Variación de costo mensual pagado por hora hombre. 80
Gráfico 6.3: Escenario de costos al término del plazo de Obra gruesa. 82
Gráfico 6.4: Eficiencia en la gestión de costos. 82
Gráfico 6.5: Proyección Costo ganado & Costo gastado. 83
Gráfico 6.6: Proyección de Costo total ganado & Costo total gastado. 84

RESUMEN

Una de las aristas más conflictivas en la relación entre mandante y contratista es la cuantificación de las pérdidas de productividad laboral y en la industria de la construcción chilena no existe un convenio acerca de las metodologías para estimar estas pérdidas.

En la presente tesis se expone una metodología que apunta a controlar la productividad laboral que permita señalar en forma oportuna cuán eficientemente se usan los recursos disponibles, además, se recurre a métodos de análisis desarrollados por amplios estudios internacionales con el objetivo de proporcionar una herramienta de estimación de costos que pueda ser empleada como fundamento en una solicitud de compensación por pérdidas de productividad y finalmente de analizará si dicha estimación cubre las pérdidas que perjudicaron al contratista.

ABSTRACT

One of the most conflicting points in the relationship between the owner and contractor is the quantification of the labor productivity losses and in the Chilean construction industry, there is not agreement in the matters of methodologies for estimating such losses.

In present thesis a methodology is described, of wich objective is to control the labour productivity in order to determine, at the right moment, how efficiently are the resources being used, also, were utilized methods for analysis have been developed through extensive international studies, designed with the purpose of bring a tool for cost quantification that could be used as a basis in a compensation for the labour productivity losses claimed for the contractor and finally were examine if this estimation cover the losses that damage the contractor.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para el sector fabril, la mano de obra constituye el elemento humano en el proceso de un producto, sin el cual no podría realizarse la actividad productiva, esto independiente del nivel mecánico o automático del proceso, por lo que podemos afirmar que la mano de obra es el factor de producción por excelencia.

Comúnmente se considera a la construcción como un sector distinto a la producción industrial, entonces podría entenderse que las metodologías que se aplican a los procesos industriales, no serían aplicables a la construcción. Pero los proyectos de construcción están compuestos por operaciones que presentan características similares a la producción industrial como: procesos de producción en serie, producción de materiales en grandes cantidades, faenas cortas y repetitivas (Botero & Alvarez, 2004).

En un proceso industrial o en un proceso de construcción, debe existir un control de la mano de obra, y más aún si dicho proceso está sometido a eventos como el clima, condiciones del terreno, cambios de obra, etc., como es el caso de la construcción. Por lo expresado anteriormente, es necesario implementar una herramienta que permita medir de forma oportuna el desempeño laboral en un proyecto de construcción.

Cuando un contratista se adjudica un contrato a suma alzada, está apostando a que puede conseguir cierto nivel de productividad que le permita llevar a cabo el proyecto de manera económicamente exitosa. Las pérdidas de productividad, generan costos no contemplados y la mano obra es el elemento principal de dicha pérdida (Engineering Contractor's Association, 2004).

Si la causal de pérdida de productividad es responsabilidad del contratista, será este el que asuma el costo extra, por el contrario, si la responsabilidad recae en el mandante, el contratista tiene derecho a ser compensado. Esta es una de las situaciones más polémicas en un contrato de construcción.

Hoy en día, no hay un convenio uniforme en la construcción nacional de una metodología definida para calcular las pérdidas de productividad, pero existen métodos de análisis respaldados por estudios internacionales que permiten al contratista fundamentar una solicitud de compensación por pérdida de productividad laboral.

El trabajo fue desarrollado durante el año 2008 como miembro de la oficina técnica donde ejecutaba el control de productividad laboral del proyecto de construcción al cual se aplica esta memoria, la obra se caracterizó por presentar continuos impactos a su planificación en etapa de obra gruesa generando controversias con el mandante. Dicho proyecto consta 20.000 m^2 de construcción, emplazados en un complejo de oficinas de cinco niveles además de un hotel de siete niveles.

1.2. OBJETIVOS

- Revisión del estado del arte en cuanto a la teoría de la productividad aplicada en proyectos de construcción asociado principalmente al factor mano de obra.
- Revisión del estado de arte en materia de relación entre mandante y contratista en situaciones de solicitudes de compensación por pérdidas de productividad en la construcción.
- Revisar el estado del arte de las principales metodologías de estudios internacionales del cálculo de pérdidas de productividad laboral para la solicitud de compensación de costos a favor del contratista.
- Estimar la productividad laboral mediante un control de productividad laboral aplicado en un proyecto de construcción de la provincia de Llanquihue.

- Estimar las pérdidas de productividad laboral como fundamento para una solicitud de compensación de costos en un proyecto de construcción de la provincia de Llanquihue.
- Analizar si los resultados de la estimación de pérdidas de productividad laboral desarrollada compensan los costos extras en los que incurrió el contratista.

1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la elaboración de esta tesis se hará una recopilación de la literatura existente en torno a la productividad en la industria de la construcción y los factores que la perjudican, en base los principales antecedentes concernientes a la mano de obra.

También se efectuara una revisión del estado del arte considerando estudios internacionales de respetados autores e instituciones relacionadas con el ámbito de la construcción y se seleccionara una apropiada para el cálculo de pérdidas de productividad laboral en la construcción del edificio.

A continuación se aplicará un método de control de productividad laboral y se estimaran las pérdidas de productividad laboral para una solicitud de compensación de costos de mano de obra en el proyecto de construcción específico de la provincia de Llanquihue.

1.4. ESTRUCTURA DE LA TESIS

En primer capítulo se entrega la introducción al tema en cuestión, mediante planteamiento del problema, objetivos, metodología y estructura de la tesis.

En el segundo capítulo se aborda el tema de la productividad laboral en la construcción, entregando los aspectos más relevantes de la teoría de la productividad, asociándolo a la mano de obra, repasando en forma general algunos métodos de control y las causas más común que afectan la productividad laboral.

En el tercer capítulo, se estudia la relación contractual entre mandante y contratista y los riesgos existentes, además de las responsabilidades sobre las pérdidas de productividad, los requisitos para fundamentar una solicitud de compensación y una metodología de procedimiento.

En el cuarto capítulo, se presenta la metodología para el cálculo de pérdidas de productividad laboral de las situaciones en más comunes reclamadas por los contratistas, es decir, tiempo extra, órdenes de cambio, interferencias, aceleración y clima.

En el quinto capítulo se aplica un método de control de productividad laboral y se estiman las pérdidas de productividad para una solicitud compensación de un proyecto de la provincia de Llanquihue en el que el tesista participo.

Finalmente en el sexto capítulo se analizan si los costos por pérdidas de productividad estimados según los estudios internacionales compensan los sobrecostos que afectan al contratista.

CAPÍTULO II
PRINCIPALES ANTECEDENTES DE PRODUCTIVIDAD LABORAL EN CONSTRUCCIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

La productividad laboral ha sido objeto de estudio por parte de todo tipo de industrias, especialmente en esta época donde la competencia obliga a que los niveles de productividad sean cada vez más altos y eficientes. Esto se vuelve especialmente relevante cuando es aplicado a la construcción, pues el grueso de la ejecución de los trabajos es realizado por personas (a diferencia de otros sectores que operan con procesos automatizados), donde factores como rendimientos y costos hacen que el recurso mano de obra sea más volátil (Alpuche, 2004).

La productividad en la construcción puede ser definida a nivel de industria o de proyecto, a nivel de industria es utilizada por los economistas para determinar la salud de la economía, las tendencias, las tasas de crecimiento, etc. A nivel de proyecto puede aplicarse a las aéreas de planificación o programación, estimación de costos, contabilidad, medición de desempeño, etc. (Mojahed, 2005).

2.2. PRODUCTIVIDAD LABORAL EN LA CONSTRUCCIÓN

2.2.1. Concepto de productividad

En la literatura, podemos encontrar diversas ideas relacionadas con la productividad, que provienen de múltiples organizaciones asociadas con alguna actividad productiva, tales como (Carballal, 2006):

i. **Agencia Europea de Productividad (EPA):** Productividad es el grado de utilización efectiva de cada elemento de producción. Es sobre todo una actitud mental. Busca la constante mejora de lo que existe ya. Está basada sobre la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer, y mejor mañana que hoy.

ii. **Organización Internacional del Trabajo (OIT):** Los productos son fabricados como resultados de la integración de cuatro elementos principales: tierra, capital, trabajo y organización. La relación de estos elementos a la producción es una medida de la productividad.

La productividad es un resultado, es la derivación de hacer las cosas de una determinada manera y para esto es necesario saber qué hacer, tener la tecnología y practicar eficazmente la técnica. La productividad no es una herramienta sino una consecuencia del uso de ellas (Puente, 2006).

Si bien las ideas citadas anteriormente permiten entregar una aproximación generalizada de productividad, también se encuentran en la literatura conceptos emanados de entidades ligadas con actividades productivas con fuerte dominio de la mano de obra como la construcción:

i. **Corporación de Desarrollo Tecnológico (2001),** señala: por productividad debemos entender la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros insumos como, energía, materias primas e incluso, la información.

ii. **Benjamín Niebel,** en su libro “Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo” escribe: la productividad se refiere al incremento de la producción por horas de trabajo o por tiempo gastado. Como base fundamental para el mejoramiento de la productividad se encuentran los recursos humanos, ya que estos son el capital más importante de toda la empresa (Alpuche, 2004).

Algunos aluden al capital como el recurso primario para el desarrollo y otros aluden a la tecnología como el factor que incrementa el mismo. Si bien estos recursos son importantes, el capital puede ser derrochado por las personas y la tecnología no sirve de nada sin personas que se comprometan y aprendan a utilizarla correctamente (Puente, 2006).

Para la industria de la construcción productividad se conceptualiza como "la medición de la eficiencia con la que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y un estándar de calidad dado" (Serpell, 2002).

Otro autor señala que la productividad es el intento de medir la efectividad y eficacia con la cual las habilidades de gestión, los trabajadores, materiales, equipo, herramientas y el espacio de trabajo son empleados en actividades de construcción para producir edificaciones, plantas, estructuras, u otras instalaciones fijas en el menor costo factible (Oglesby, Parker, & Howell, 1989).

2.2.2. Definición de productividad

En el punto anterior se permite observar como diversos actores de la economía y la industria planteaban sus conceptos de productividad, pero ¿Qué es productividad? La productividad tiene un gran número de significados, dependiendo del tipo de tema que es objeto de debate o estudio. Entre los significados acostumbrados de productividad se hallan los siguientes (Oglesby, Parker, & Howell, 1989):

- Una constante entre el producto dividido por el insumo.
- El costo por unidad de producción generado por un sistema.

En términos simples, la productividad es definida comúnmente por medio de la siguiente fórmula:

$$(1) \qquad \text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

Salidas : Cantidad de productos fabricados.
Entradas : Cantidad de recursos utilizados.

La siguiente figura muestra cómo interactúa el sistema productivo de la industria de la construcción:

Figura 2.1: *Sistema productivo de la construcción*
Fuente: *Agraz, L. & Díaz, M. (2003)*

La productividad también puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema (Casanova, 2002), que es lo que busca continuamente la industria de la construcción.

Existen tres enfoques que apuntan al mejoramiento de la productividad (López, 2007):

- Mantener igual la producción y disminuir los recursos.
- Aumentar la producción manteniendo los mismos recursos utilizados.
- Aumentar la producción junto con reducir recursos usados, el cual es el escenario ideal de un sistema productivo, aunque obviamente esto es lo más difícil de lograr.

Un sistema productivo como la construcción, se caracteriza por la transformación de recursos, los que podemos subdividir en tres grupos principales: materiales, maquinaria o equipos, y mano de obra. Se puede hablar entonces de diferentes clases de productividad en un proyecto de construcción si separamos los recursos considerados (Botero & Alvarez, 2004):

i. **Productividad de los Materiales:** es importante pues su objetivo es controlar los costos minimizando las pérdidas para no exceder lo presupuestado en el cálculo del proyecto.

ii. **Productividad de Maquinaria o Equipos:** el alto costo que representa obliga a racionalizar el uso en el transcurso del proyecto, tratando de evitar los tiempos muertos y el estancamiento de las tareas que dependen de maquinaria o equipos.

iii. **Productividad Laboral o de Mano de Obra:** este es un factor fundamental ya que normalmente es el recurso que determina el ritmo de trabajo de la construcción del cual depende la productividad de otros recursos, y es el objeto de interés de esta tesis.

2.2.3. Productividad laboral o de la mano de obra

Es elemental comprender que la productividad en materiales y maquinas está dada como parte de sus características técnicas por lo que su rendimiento en el trabajo es conocido y comúnmente fácil de proyectar. No así con la mano de obra, en el recurso humano y su desempeño se debe considerar una amplia diversidad de factores, los que serán profundizados más adelante (López, 2007).

El participante más importante en un proyecto de construcción o en un proyecto cualquiera donde se desempeñe una actividad de tipo constructivo; es el trabajador. Entiéndase lo anterior como la persona que labora directamente en las producción de las obras, es decir, jornales, carpinteros, albañiles, concreteros, pintores, etc. (Castiblanco, 2004).

La productividad laboral, es una relación entre la producción y la mano de obra ocupada y refleja que tan bien se está utilizando dicha mano de obra en el proceso productivo. Además, permite estudiar las variaciones en el desarrollo del trabajo, en la movilidad ocupacional, en proyección de requerimientos futuros de mano de obra, evaluar el comportamiento de los costos laborales, comparar entre diversos actores los avances de productividad, etc. (Martínez, 1995).

Aplicado a la mano de obra, la productividad es representada por la siguiente fórmula:

$$(2) \qquad \text{Productividad M. O.} = \frac{\text{Avances de Obra}}{\text{Horas Hombre}}$$

Entonces, la productividad laboral o de mano de obra es la medición que relaciona lo producido (avances de obra) por unidad de tiempo, generalmente expresado en horas hombre (HH) u Hombre día (HD). Por ejemplo, los metros cúbicos de hormigón colocados por hombre día (m^3/HD) o las horas hombre utilizadas en colocar cierta cantidad de hormigón (HH/m^3). Se desprende de lo anterior que como la productividad laboral actúa en términos de mano de obra, es sinónimo de rendimiento.

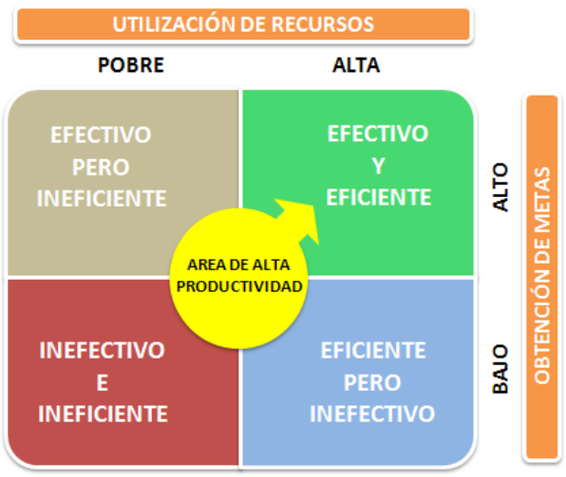

***Figura 2.2**: Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad*
***Fuente:** Revista Universidad EAFIT (2004)*

El objeto de cualquier proceso productivo es lograr una alta productividad, lo que se consigue mediante la obtención de alta eficiencia y alta efectividad (Botero & Alvarez, 2004). ¿Se puede ser eficiente sin ser efectivo?, ¿se puede ser efectivo sin ser eficiente?, en ambos casos la respuesta es afirmativa, la relación que entre estas condiciones puede verse en la *figura 2.2.*

Si bien es cierto, en los últimos años, constantemente se hace referencia a la productividad en la industria de la construcción, en algunos casos este concepto es confundido

con otros como el de producción, eficiencia, eficacia, etc., convenientemente serán definidos a continuación (López, 2007):

i. **Producción:** es la cantidad de bienes o servicios elaborados por un sistema productivo, en construcción es la cuantificación de los avances de obra (ml, m^2, m^3, kg, etc.).
ii. **Actividades:** es un conjunto de acciones que se llevan a cabo para el cumplimiento de un objetivo por medio de diversos procesos (hormigonado, encofrado, aseo, etc.).
iii. **Recurso:** es el conjunto de personas, bienes financieros y técnicos con que se cuentas y utilizan para lograr un objetivo (mano de obra, materiales y maquinaria)
iv. **Eficiencia:** es la capacidad para conseguir un objetivo aprovechando de la mejor manera posible los medios disponibles, en la industria de la construcción es utilizar en forma óptima los recursos.
v. **Eficacia:** es la capacidad de lograr lo que nos proponemos, está relacionado con los resultados, es decir con el nivel de consecución de un objetivo. En la industria de la construcción puede ser grado cumplimiento de programas o plazos.
vi. **Productividad:** como se vio con anterioridad es la medición de cuán bien se utilizan los recursos en un sistema productivo.

La interacción de los conceptos vistos anteriormente en un sistema productivo se muestra en la figura 2.3.

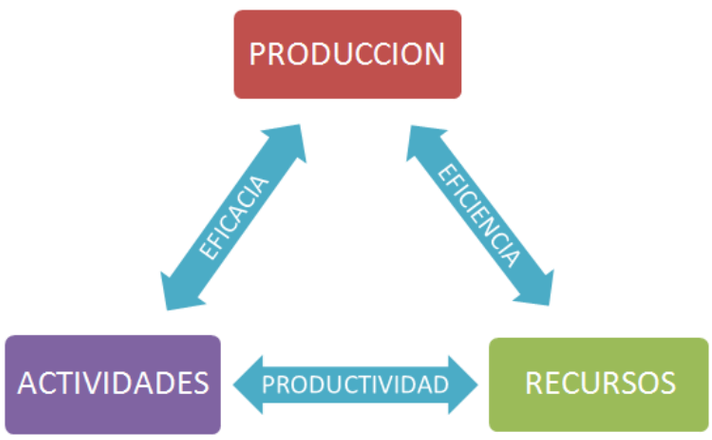

Figura 2.3: *Interacción en un sistema productivo*
Fuente: *Elaboración propia*

Un error común es asociar como iguales o equivalentes los términos productividad y producción, por lo que mediante la siguiente situación hipotética, se diferenciaran ambos conceptos (Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004):

"Es posible que un contratista pueda alcanzar el 100% de su producción, pero no lograr la productividad planeada. Por ejemplo, un contratista podría lograr el ritmo de producción de 300 metros lineales de tubería por día, pero tuvo que gastar el doble de horas hombre para cumplir con la cantidad de producción diaria. En este caso, el contratista ha logrado el 100% de su producción, pero la faena se desempeñó con 50% de productividad".

2.3. INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD LABORAL

Los índices o factores se pueden definir como un porcentaje, razón o equivalencia que evalúa e informa sobre el comportamiento de una variable en un período específico en el tiempo, además son el reflejo de los logros y el cumplimiento de las metas y objetivos de un determinado proceso, en otras palabras, es un medidor del progreso de la productividad. Los índices o factores sirven a los administradores de un proceso, como herramienta de mejoramiento de la calidad de las decisiones que tomen en un proyecto. Para que los índices de gestión aporten valor a los proyectos, los objetos de medición deben ser cuantificables y comparables, entre los más comunes están (Riveros, 2005):

i. **Índice de costo:** Los indicadores de este grupo miden las actividades que consumen recursos económicos en los diferentes procesos.
ii. **Índice de tiempo:** Los indicadores de este grupo miden el tiempo que se consume en una actividad o un proceso, considerando los tiempos desde el inicio hasta el fin del proceso o actividad seleccionado.

iii. **Índice de calidad:** Miden la efectividad en la elaboración de las actividades o los procesos, entregando resultados referentes al número de errores cometidos, número de entregas perfectas y sin errores.

iv. **Índices de productividad:** Los indicadores de este grupo miden la eficiencia en el uso de los recursos en las operaciones o procesos.

Una vez comenzado un proyecto de construcción, la atención se centra en que la ejecución de los trabajos sea de acuerdo a los rendimientos programados, este seguimiento se realiza a través de la comparación de la productividad real con la productividad planeada, mediante el llamado Factor de Productividad o Índice de Productividad (PF), expresado por la fórmula (Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004):

$$(3) \quad PF = \frac{\text{Productividad M.O. Planeada}}{\text{Productividad M.O.Real}}$$

Productividad M.O. Real : es la productividad medida durante un periodo.

Productividad M.O. Planeada: es la productividad planificada para el periodo.

La importancia radica en que por medio del uso de un índice o factor de productividad laboral se puede establecer la tendencia productiva de la mano de obra a través del tiempo en un proyecto. Los índices de productividad ayudan asimismo en el establecimiento de metas realistas y puntos de control para llevar a cabo actividades de diagnóstico durante un proceso de construcción (Alpuche, 2004)

¿Por qué es importante medir la productividad laboral?: esto puede responderse con la *figura 2.4.* Si por causas no previstas la mano de obra aumentara hipotéticamente 12,5% fuera de lo presupuestado, significara un alza en un 5% en el ítem mano de obra en el presupuesto, y dicha pérdida probablemente será cubierta con las utilidades del contratista (Canadian Construction Association (CCA), 2005).

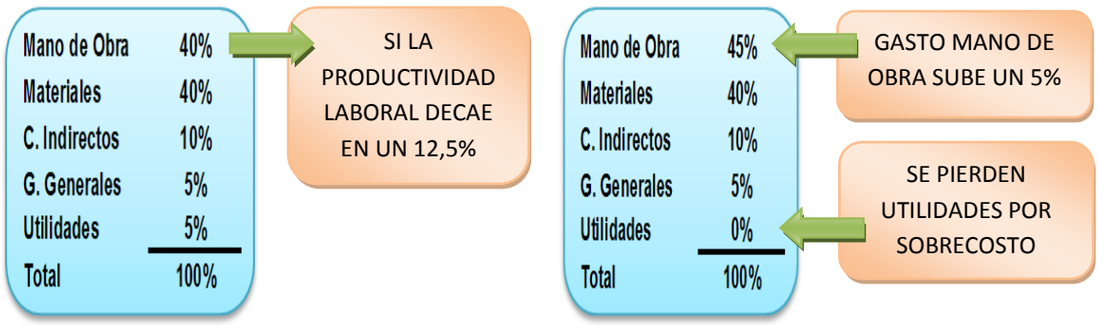

Figura 2.4: *Impacto en el presupuesto por pérdida de productividad laboral.*
Fuente: *Canadian Construction Association (2005)*

2.4. MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD LABORAL

En la industria de la construcción, muchos señalan que no miden la productividad y que comúnmente los contratistas tienen sistemas contables que se puedan utilizar para determinar costos reales para cuando el proyecto se ha completado (Construction Industry Institute, 1990).

En otros casos, se tienen sistemas que supervisan los costos de los elementos de construcción durante el transcurso del proyecto, pero no pueden proporcionar información de productividad en el corto plazo, necesario para que el contratista y el mandante puedan identificar problemas y tomar acciones correctivas. Pocos contratistas usan le medición de productividad de la mano de obra como herramienta de gestión, el hecho de que no lo hagan incrementa el riesgo de no ser rentables. Una buena pregunta es ¿Por qué la medición de la productividad no se aplica universalmente?, los contratistas que no miden productividad generalmente dan una o más de las siguientes razones (Construction Industry Institute, 1990):

- No sé cómo medir productividad.
- Nunca la he medido antes y sigo en el negocio.
- El control de productividad es parte del sistema de control de costos y es muy complicado y caro para mi empresa.
- La productividad no puede ser controlada.
- La medición de productividad me dice muy poco acerca de mi proyecto.

En el actual mercado de la construcción, permanecer competitivo es cuestión de supervivencia. Para permanecer en la cima se requiere que los contratistas aseguren que sus operaciones son eficientes y productivas. Una forma de lograrlo es monitorear la productividad y minimizar los tiempos perdidos.

Los métodos más comunes de medición de productividad implican mecanismos de seguimiento a la mano de obra. Para un control eficaz en un proyecto de construcción, es indispensable medir el trabajo, ningún control e implementación de mejoras puede llevarse a cabo sin una adecuada medición (The Business Roundtable, 1982).

La medición de la productividad puede ser aplicada por la administración del proyecto para determinar qué tan bueno es el rendimiento de sus empleados, no solo en las operaciones productivas, sino también en ingeniería, oficina técnicas, y tareas administrativas (Otis, 1976).

En el caso dado, si lo que se necesita es recuperar dinero perdido en un proyecto, la ineficiencia o la pérdida de productividad son fáciles de calcular si existe un sistema en terreno para medirlos. Un sistema de información que contemporáneamente registra el uso que se le da a los tiempos de trabajo es un método preciso y fiable para medir y mejorar la productividad. Los métodos de medición de productividad en la construcción son descritos y clasificados en cuatro categorías por W. Schwartzkopf en su libro “Calculating Lost Labor Productivity in Construction Claims” (2004) de la siguiente manera:

i. **Método directo:** Existen dos formas de proceder en el método directo.

   (1) Porcentaje de trabajo terminado: en este método, periódicamente se efectúa una estimación del porcentaje (usualmente es semanal o mensual) de los avances de obra por cada ítem de trabajo completo, la ventaja de usar este método es su simplicidad y el bajo esfuerzo necesario para su ejecución. Sin embargo, no entrega una medición uniforme o fiable ya que el porcentaje de unidades de trabajo dependerá de la apreciación de un individuo, además se generan complicaciones al momento de

definir porcentajes de avances para tareas parcialmente completas, lo que pueden generar variaciones significativas entre periodo y periodo de medición.

***(2) Cantidad física de trabajo terminado*:** Este método es más detallado y pueden ser el método más preciso. En este método, los avances físicos de obra son medidos o contabilizados constantemente pero aún puede padecer el inconveniente de cómo determinar la cantidad avanzada en trabajos parcialmente completados. El problema más grande de este método es el personal y el esfuerzo constante requerido para medir y para no perder de vista los avances ejecutados. Esto puede ser un problema mayor si los capataces o supervisores de terreno son la fuente de los datos, por lo que es necesario proporcionar alguna garantía de calidad o algún control técnico para verificar los datos, de esta manera evitar vacíos o un involuntario doble conteo de los datos.

ii. Método de muestras de trabajo: Este método es una técnica en la que un gran número de observaciones son hechas a los trabajadores para determinar lo que están haciendo en cualquier punto de la jornada, y el porcentaje de observaciones que representen a los trabajos realizados, actúa como el porcentaje de tiempo en que se es productivo, las variaciones porcentuales entre periodos de observación proporcionan una relativa medición de la productividad. Este método categoriza el trabajo en tres grupos, la definición típica para cada uno es la siguiente:

(1) Trabajo Directo o Trabajo Productivo: es el que aporta valor a la actividad y contribuye en forma directa al avance físico de la obra.

Ej.: Colocación de ladrillos, pintado de muros, colocación de enfierradura, excavaciones para fundaciones, etc.

***(2) Trabajo de Apoyo o Trabajo Contributivo*:** es aquel trabajo de cooperación que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo.

Ej.: Transporte de materiales o herramientas, desplazamientos desde y hacia los puntos de trabajo, recepción de instrucciones, orden y aseo.

(3) Retrasos o Trabajo no contributivo: aquellas acciones que no corresponden a ninguna de las categorías anteriores.

Ej.: Ocio, interrupción de trabajo no autorizada, actividades de carácter personal, etc.

Una alta presencia de trabajo directo o productivo no necesariamente se traduce en un buen rendimiento o en una alta tasa de productividad, esto debido a variaciones en los niveles de habilidad de los trabajadores, métodos de trabajo, y los tipos de herramientas y equipos usados. Sin embargo este método ha sido estudiado y ha resultado ser un buen pronosticador de la productividad.

iii. **Método de cuestionarios:** Los cuestionarios están dirigidos a temas como la percepción de retrasos, la escasez de materiales y herramientas, la supervisión y capacidad de gestión, la motivación y los factores de desmotivación, el ausentismo, el comportamiento de los maestros e identificación de los problemas del personal (Borcherding & Chang, 1985).

El método del cuestionario es realizado diariamente usando un formulario estándar, comúnmente completado por mano de obra calificada. Los formularios más exitosos enumeran las causas más comunes de retrasos, facilitando el uso del mismo y promueve un reporte consistente. El formulario puede tener espacios en blanco que puedan ser rellenados por el personal.

Utilizando los cuestionarios en forma rutinaria se puede proporcionar información de gestión que el contratista puede utilizar para resolver o minimizar los problemas reales de la obra. También proporciona un medio para que la mano de obra pueda compartir sus opiniones y experiencias. Esto puede adicionalmente proporcionar información sobre las pérdidas de productividad y a su vez, generar una gran motivación y satisfacción con el trabajo.

iv. **Método del valor ganado (EVM):** Este método se utiliza comúnmente para la medición del desempeño e integra las mediciones del alcance del proyecto, costo y programa para ayudar al contratista a evaluar y medir el desempeño y el avance del proyecto. Este método utiliza tres valores básicos:

(1) ***Valor planeado:*** es el costo presupuestado del trabajo planificado para una actividad o del total del proyecto en un momento determinado.

(2) ***Valor Ganado:*** es el costo presupuestado del trabajo realmente ejecutado para una actividad o del total del proyecto en un momento determinado.

(3) ***Costo Real:*** es el costo del trabajo ejecutado, para una actividad o del total del proyecto en un momento determinado.

Esta técnica de control de proyectos requiere la constitución de una línea base de recursos con respecto a la cual se puede medir el desempeño durante la ejecución del proyecto. Los principios de la EVM pueden aplicarse a todos los proyectos, en cualquier tipo de industria (PMI, 2008).

2.5. FACTORES QUE CAUSAN PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL

Existe gran cantidad de factores que afectan de diferentes formas la productividad en los proyectos de construcción, especialmente cuando se habla de mano de obra, pues los costos extras que pueden llegar a implicar ponen en riesgo la rentabilidad del proyecto para el contratista. El profesional encargado de la administración de la obra, debe conocer cuáles de ellos son positivos y cuales negativos, para actuar sobre los últimos y disminuir o eliminar su efecto (Botero & Alvarez, 2004).

Las circunstancias expuestas a continuación pueden afectar negativamente la productividad de la mano de obra (Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004):

i. **Ausentismo y síndrome de hombre perdido:** Cuando una cuadrilla esta en lo más alto de su productividad la ausencia de cualquiera de sus miembros puede afectar el rendimiento del grupo, naturalmente se es incapaz de mantener la misma producción con menos recursos.

ii. **Aceleración de la construcción:** La aceleración deliberada o involuntaria de un proyecto puede tener como resultado obligado, periodos prolongados de horas extras, la adición de un segundo turno, integración de mano de obra hasta la saturación de terreno, si esto no es administrado o coordinada prudentemente puede impactar en la productividad.

iii. **Clima adverso o inusualmente severo:** Algunos días con clima adverso son esperables en cada proyecto de construcción. Pero empezar trabajos sensibles al clima en periodos de buen clima y encontrarse inesperadamente con tiempos de mal clima severos afecta ineludiblemente la productividad (ej.: rellenos de tierra u operaciones de compactación de terreno).

iv. **Disponibilidad de mano de obra especializada**: Para ser productivo, un contratista debe tener suficiente mano de obra capacitada en terreno. Si por cualquier motivo la mano de obra especializada no está disponible y el contratista se ve obligado de enfrentar el proyecto en esta situación, es probable que la productividad se vea impactada.

v. **Modificaciones, efecto onda, impactos acumulativos por cambios y rehacer trabajos:** Todos los proyectos se encuentran con algún cambio durante su construcción, esto es bastante común. Algunos autores creen que lo normal es que entre 5% - 10% del aumento de costo es a causa de cambios. Sin embargo, cambios mayores, cambios fuera del alcance de los trabajos previstos, múltiples cambios pequeños, o el efecto acumulativo de muchos cambios, pueden impactar la productividad. La necesidad de demoler trabajos en marcha, los retrasos derivados de

cambios, la obligación de reprogramar trabajos, también puede ocasionar disminución de la productividad.

vi. **Competencia por mano de obra especializada**: Si otra obra se lleva a cabo en una localidad cercana simultáneamente con la ejecución de nuestro proyecto, que fue estimado y planeado para utilizar mano de obra con una supuesta disponibilidad y cierto nivel de habilidad, lo que sucederá es que surgirá una competencia por contar con esa mano de obra y la productividad puede ser desfavorablemente impactada. Ya sea que por, incentivos salariales, modificación de las reglas de los tratos u otras implicancias que puedan resultar en el abandono del trabajo para cambiarse en forma abrupta de obra, derivando en una productividad más baja y un aumento en los costos para el contratista. Adicionalmente la mano de obra de reemplazo puede ser más costosa y más inexperta.

vii. **Rotación de mano de obra:** Si la mano de obra está bajo una constante rotación, es improbable que ellos logren una productividad óptima, simplemente porque uno o más miembros de una cuadrilla pueden estar en el proceso de la curva de aprendizaje, y por lo tanto, pueden disminuir la productividad global de la cuadrilla.

viii. **Hacinamiento de la mano de obra o estorbo entre especialidades:** Para lograr una buena productividad cada miembro de una cuadrilla debe tener el suficiente espacio para desempeñar su trabajo sin interferir con otro miembro. Cuando más mano de obra es asignada para trabajar en un determinado espacio, es probable que las interferencias ocurran y más aún cuando pertenecen a distintas especialidades, es decir en un mismo espacio tener trabajando a un albañil, un electricista, un yesero, etc., eso disminuye la productividad.

ix. **Errores de ingeniería:** Cuando los planos o especificaciones están errados, son ambiguos, poco claras, etc., La productividad probablemente decaerá porque las cuadrillas de trabajo tendrán la incertidumbre de que es lo que se debe hacer y cómo se

debe hacer, llegando incluso a frenar o pausar el trabajo, o en el peor de los casos llegar a paralizar las faenas a la espera de instrucciones claras.

x. **Dilución de supervisión:** Cuando las cuadrillas se dividen y cambian su ubicación para trabajar en diversos emplazamientos o cuando el trabajo cambia continuamente y es reprogramado, la supervisión en terreno a menudo es incapaz de desempeñar efectivamente su labor principal: el ver que las cuadrillas trabajen productivamente. En definitiva, la supervisión gastan más tiempo planificando y reprogramando las tareas más que supervisando. Así como también, es probable que la productividad decaiga porque las herramientas, materiales y equipamiento idóneo no estarán en el lugar correcto al momento adecuado.

xi. **Exceso de horas extras:** Numerosos estudios por varios años han documentado en forma sólida el hecho de que la productividad normalmente disminuye con un trabajo continuado de horas extras. Comúnmente como resultado de esto se observa, fatiga, aumento de ausentismo, decaimiento de la moral, reducción de una supervisión efectiva, pobre calidad de trabajo, derivando en muchas ocasiones en rehacer trabajos más de lo común, aumento de accidentes, etc. Por lo tanto, a largo plazo las horas extras pueden conducir a un aumento en los costos y a una disminución en la productividad.

xii. **Fallas de coordinación con proveedores, subcontratos y/o vendedores:** Si el equipo encargado de la gestión (generalmente Oficina Técnica) falla al traer subcontratos, materiales o equipamiento al lugar correcto en el momento adecuado, entonces la productividad puede disminuir pues las cuadrillas no tendrán los recursos necesarios para iniciar o completar su trabajo.

xiii. **Fatiga:** La mano de obra cansada tiende a retardar el trabajo, cometiendo más equivocaciones de lo normal y sufriendo más lesiones o accidentes. Esta situación puede afectar la productividad de una cuadrilla completa.

xiv. **Relaciones laborales y administrativas:** Cuando hay asuntos de índole sindical, problemas contractuales, insatisfacción de las condiciones de trabajo, de seguridad laboral, emisión de permisos en forma inoportuna, problemas de acceso, etc., se comportan como factores que inminentemente ocasionaran pérdidas de productividad.

xv. **Curva de Aprendizaje:** Al comienzo de cualquier proyecto, la teoría establece que existe una curva de aprendizaje donde la mano de obra se familiariza con el proyecto, su distribución de áreas, localización de bodegas, etc. Esto es común y se toma en cuenta en al calcular los costos de un proyecto. No obstante, si los trabajos de dicho proyecto son interrumpidos por algún periodo de tiempo y la mano de obra se detiene, entonces cuando se retomen los trabajos y la mano de obra vuelve a sus actividades, puede que tengan que pasar por una nueva curva de aprendizaje. Esto es probablemente un impacto insospechado en la productividad de la mano de obra. Si esto pasa más de una vez, entonces en cada ocasión en que el trabajo se detenga ocurrirá otro impacto que ocasionara pérdidas en la productividad.

xvi. **Escasez de materiales, herramientas y equipos:** Si los materiales, herramientas o equipos de construcción no están disponibles para la mano de obra en el lugar ni el momento correcto, la productividad se verá afecta porque se será incapaz de proceder de manera ordenada y coherente con la programación. Lo mismo ocurrirá si las herramientas proporcionadas son las equivocadas o los equipos son de dimensiones inapropiadas.

xvii. **Exceso de mano de obra:** Las pérdidas de productividad pueden ocurrir cuando un contratista se ve obligado a utilizar más personal de lo originalmente planificado. En esta situación, la pérdida de productividad puede ocurrir porque él se vea forzado a contratar mano de obra con poco hábil por una escasez de personal especializado, además, puede existir una escasez de materiales, herramientas o equipamiento para

sostener el trabajo adicional, o también el contratista puede no ser capaz de manejar eficazmente el aumento del trabajo por dilución de la supervisión.

xviii. **Baja moral de la mano de obra:** Cuando un trabajo es constantemente modificado, demolido, rehecho, etc., la moral del trabajador (el entusiasmo por su trabajo) esta propensa a ser afectada, pudiendo originar una desmotivación al desempeñar sus labores, esta situación conlleva a una pérdida de la productividad.

xix. **Factores administrativos del proyecto:** El resultado de un pobre manejo de un proyecto, ya sea, fracaso para programar correctamente y coordinar el trabajo, escasez de mano de obra o de equipos de construcción críticos, incorrecta designación de labores al personal de terreno, etc., puede dar como resultado la pérdida de productividad laboral porque la mano de obra no se puede desempeñar con normalidad. Un proyecto que desde el inicio es planeado e implementado inapropiadamente derivará en pérdidas de productividad. Por ejemplo, poner en marcha trabajos antes de tener acceso a energía eléctrica en el área de trabajo o disponer de acumulación de materiales sin adecuar los espacios suficientes, la ejecución de trazados deficientes en terreno, el personal debe recorrer grandes distancias para llegar a, comedores, la bodega de, áreas de descanso, acceso a la obra, etc. Movilizarse prematuramente antes de que ingeniería cuenta con la información necesaria para dar soporte completo al proyecto con sus concernientes planes de trabajo, puede inducir peligrosamente a rehacer trabajos y por ende actuar ineficientemente.

xx. **Secuencias deficientes de trabajo:** Cuando el trabajo no procede de una forma lógica, el orden que se requiere para ser productivo tiene la probabilidad ser afectado en forma negativa. Por ejemplo, si no se disponen de secuencias claras de trabajo el personal de terreno puede deambular en la obra realizando tareas al azar.

xxi. **Errores y trabajos rehechos:** Cuando en terreno un trabajo debe hacerse más de una vez evidentemente impactará negativamente la productividad de la mano de obra, pues los rendimientos proyectados contemplan el trabajo bien hecho a la primera oportunidad.

xxii. **Compresión de programa:** Cuando existen retrasos en un proyecto, la compresión del programa de actividades posteriores al retraso aparece como la forma de contrarrestar las demoras y terminar el proyecto a tiempo, esto puede tener como resultado una sobrecarga de trabajo al tratar de conseguir menores tiempos en la ejecución de las faenas. La compresión del programa, cuando es asociada con una sobrecarga de trabajo causa importantes pérdidas de productividad, fundamentalmente por; la dilución de la supervisión, la escasez de materiales o equipos y herramientas de apoyo y una mayor dificultad para planificar y coordinar trabajos.

xxiii. **Restricciones en acceso a la faena:** Si la localización de la faena está en un área remota, difícil de acceder, o tiene recorridos limitados o ineficientes, puede sufrir impactos en la productividad porque tanto mano de obra, equipos y materiales no estarán en el sitio de trabajos cuando sean necesitados para respaldar la eficiencia en una secuencia de trabajo. Además, se producen pérdidas de productividad cuando los accesos a las áreas de trabajo están defectuosos, provocando demoras y obligando al contratista a realizar trabajos de reparación acortando los periodos de tiempo productivos.

xxiv. **Condiciones del terreno:** Condiciones físicas (como suelos barrosos o saturados), condiciones logísticas (como acceso a líneas eléctricas o suministro de agua), condiciones medioambientales (como prohibiciones de construcción en áreas protegidas), condiciones legales (como regulaciones de emisión de ruidos), si no son previstas con la debida anticipación pueden ocasionar pérdidas de productividad laboral hasta la paralización inesperada de los trabajos.

xxv. **Respuestas o aprobaciones inoportunas:** Cuando el mandante, inspección técnica, ingeniería de diseño, arquitectos o diseñadores, fallan en responder consultas contractualmente obligatorias o solicitudes de aclaración en forma oportuna, la productividad de un proyecto decaerá pues el personal será incapaz de continuar con los trabajos pues no cuenta con el conocimiento ni la autoridad suficiente para proceder con la faena.

Los factores mostrados anteriormente se presenten individual o colectivamente en un proyecto de construcción. Dichos factores pueden tener origen en causas o decisiones competentes al contratista, es decir son *"causas internas"*.

Si los factores nacen por acciones o decisiones del mandante o cualquier entidad que lo represente en el proyecto (Inspección Técnica de Obra, Ingeniería de Diseño, Departamento de Arquitectura), se les denomina *"causas externas"*, estas causas representan tiempo y/o dinero que el contratista no reconoce como parte del contrato de construcción y que naturalmente debería ser compensado por los recursos extras que esta situación arrastre.

CAPÍTULO III
ASPECTOS GENERALES EN SOLICITUDES DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL

3.1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de productividad es experimentada cuando un contratista no logra los rendimientos establecidos o no cumple con la producción prevista, en el caso de la mano de obra se traduce en la menor producción de cantidades de obra por horas hombre utilizadas. De esta manera, el contratista gasta más recursos por unidades de construcción de lo que originalmente tenía planificado, resultando en una pérdida de dinero (Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004).

Si bien para el éxito de un proyecto es necesaria la cooperación entre contratista y mandante, siempre surgen problemas y disputas respecto a diferencias de opiniones en cuestiones de diseño y construcción.

En la industria de la construcción, donde un contrato define los derechos, las obligaciones y procedimientos, una solicitud de compensación es un reclamo del contratista para una ampliación de plazos y/o de costos adicionales, esta situación puede evolucionar en desacuerdos que no pueden resolverse amigablemente entre las partes interesadas (Barrie & Paulson, 1992).

3.2. RELACIÓN CONTRACTUAL ENTRE MANDANTE Y CONTRATISTA

El desarrollo de un contrato se verá afectado directamente por el tipo de relación existente entre el mandante y el contratista, ya que, si el mandante se involucra correctamente en el proyecto, puede mantener una comunicación directa con los proyectistas y con el contratista, discutiendo cada detalle de la obra. Por otro lado, existen mandantes que toman una actitud menos interesada en el desarrollo de la construcción, y una vez que el Arquitecto interpreta correctamente su idea, delega todo el control de la obra (Vera, 2007).

En un contrato de construcción, participan el mandante, quien es el que realiza la inversión, desarrollando el proyecto según sus intereses, y el contratista, que es la empresa que ejecuta las obras especificadas en el contrato, y es este el instrumento que define los alcances de cada una de las partes.

La clasificación más común de contratos en la construcción es la siguiente (Castañeda, 2008):

i. **Contrato a Suma Alzada:** Es el más común, el contratista se compromete a ejecutar la obra en los plazos establecidos, según planos y especificaciones, por un precio global e invariable, fijado de antemano.

   Este contrato puede contener precios unitarios representativos, que serán considerados en caso de presentarse modificaciones o trabajos complementarios que pueden ser cobrados por el contratista.

CONTRATISTA	
Ventajas	**Desventajas**
Mayor control sobre el trabajo.	Limitado a ejecutor.
Ocasión para mejorar eficiencia de resultados.	Relación difícil con mandante por los cambios.
Apropiado para obras de ejecución sencilla.	Riesgo de afectar la calidad por tratar de reducir costos.
Adecuado para obras con pocos riesgos previsibles.	Tentación de utilizar sistemas agresivos (subcontratación).
Optimización de la ingeniería para mayores utilidades.	Asume riesgo financiero de su oferta.
Permite enfocarse en la producción para generar utilidades.	Exige un estudio del presupuesto más certero.

Tabla 3.1: *Ventajas y desventajas para el contratista en un contrato a suma alzada.*
Fuente: *Castañeda, F. (2008).*

MANDANTE	
Ventajas	**Desventajas**
Cómodo para su presupuesto.	Obligado a un diseño certero.
Transfiere riesgo financiero al contratista.	Mayor exposición a reclamos.
Costo de gestión y control menor para efectos de pago.	La oferta del contratista está limitada a las bases.
Con un adecuado diseño y especificaciones técnicas puede rechazar las solicitudes de cambio.	Falta de sugerencias creativas, las ofertas alternativas son escasas.

Tabla 3.2: *Ventajas y desventajas para el mandante en un contrato a suma alzada.*
Fuente: *Castañeda, F. (2008)*

ii. **Contrato a serie de precios unitarios:** En este contrato se especifica el precio de cada trabajo por unidad y el contratista cobra según la cantidad ejecutada. Es aplicable cuando falta definir la totalidad del proyecto.

CONTRATISTA	
Ventajas	**Desventajas**
Limita el riesgo técnico (geológico, suelos, etc.).	El resultado depende de una adecuada labor de presupuesto.
Una buena gestión de presupuesto permite fijar valores de ítems adecuados y maximizar la utilidad.	Debe establecer fórmulas de ajuste al valor de los ítems en caso de ejecuciones prolongadas.
Dependiendo de la variabilidad (trabajos extras) de las cubicaciones puede aumentar su utilidad.	Requiere la definición en el contrato de un método de medición exacto y certero.
Definición clara de los alcances de los Precios unitarios.	Existe un mayor riesgo cuando los precios unitarios incluyen gastos generales y utilidades.

Tabla 3.3: *Ventajas y desventajas para el contratista en un contrato a serie de precios unitarios.*
Fuente: *Castañeda, F. (2008)*

MANDANTE	
Ventajas	**Desventajas**
Puede iniciar obras con un riesgo económico menor.	No necesariamente lleva a una relación “win-win”.
En la medida que las cantidades se encuentran aproximadamente definidas se asemeja a un contrato a suma alzada (menor riesgo).	Existe la posibilidad que las cantidades requeridas superen las expectativas.
Generalmente puede solicitar trabajos adicionales de acuerdo a los valores ofertados por el contratista (P.U.), de no existir aquellos se negocian valores nuevos utilizando como base la analogía.	No llega a conocer el costo real de la obra ni la utilidad del contratista.

Tabla 3.4: *Ventajas y desventajas para el mandante en un contrato a serie de precios unitarios.*
Fuente: *Castañeda, F. (2008)*

iii. **Contrato por administración delegada:** En esta modalidad de contrato el mandante paga los costos de la obra más un honorario variable o fijo.

CONTRATISTA	
Ventajas	**Desventajas**
Tiene su utilidad “asegurada”.	Se asume responsabilidad técnica
El riesgo económico es pequeño.	Debe llevarse un control de costos y gastos muy preciso, exhaustivo y debidamente sustentado a fin de superar las observaciones del mandante.
Puede negociar directamente con el mandante.	“Posibles” interferencias con el mandante.
El costo de control de calidad suele ser más alto, lo que repercute en una disminución en los errores y correcciones futuras.	El contrato debe ser muy preciso en lo que respecta a los costos reembolsables, el mandante siempre buscara reducirlos o cuestionarlos.

Tabla 3.5: *Ventajas y desventajas para el contratista en un contrato por administración.*
Fuente: *Castañeda, F. (2008)*

MANDANTE	
Ventajas	**Desventajas**
Permite iniciar las obras con información incompleta y mejorar los plazos de terminación.	Para reducir el riesgo debe obtener y proporcionar al contratista la mayor información posible.
Curva de aprendizaje a favor del mandante.	Se puede sentir dependiente del contratista
Relación "win-win", conoce todos los costos reales y utilidad real del contratista.	Generalmente se evita, es la "última modalidad contractual que escoge.
Puede aplicar esta modalidad en una fase inicial hasta completar la información necesaria para llegar a una suma alzada.	Es factor de deterioro de la relación mandante-contratista la urgencia en recibir la obra.
Puede minimizar los riesgos financieros estableciendo un precio meta (castigos y premios) o un precio máximo garantizado.	Le "preocupa" (se inmiscuye en demasía) la productividad del contratista, el costo de arriendos y los salarios del personal.

Tabla 3.6: *Ventajas y desventajas para el mandante en un contrato por administración.*
Fuente: *Castañeda, F. (2008)*

Según el Instituto del Cemento y el Hormigón de Chile (2007), existen cinco reglas básicas para el buen cumplimiento de un contrato de construcción:

- Buena fe de las partes en el pensar y en el actuar
- Buena voluntad de las partes para conseguir el objetivo común
- Cada parte debe asumir sus propias culpas
- Una parte no puede beneficiarse a costa de las demás
- Una parte no puede perjudicar a otra por culpas propias

3.3. RIESGOS EN UN CONTRATO DE CONSTRUCCIÓN

La industria de la construcción es de alta complejidad, una parte importante de los problemas que se asocian al proceso constructivo propiamente tal, se debe a una gestión inadecuada de los riesgos de los proyectos. Los riesgos de proyecto son aquellas cláusulas de contrato que eventualmente puedan perjudicar económicamente a alguna de las parte por el no cumplimiento de ellas (Bacigalupo, 2007).

La causa principal de lo anterior es la falta de experiencia en administración de proyectos de los profesionales involucrados, por ello es necesario formular estrategias que permitan identificar, evaluar y asignar en forma adecuada los riesgos.

Mediante los siguientes ejemplos se verán situaciones en que se realizaron malas asignaciones de riesgos contractuales (Bacigalupo, 2007):

- En el caso de la construcción de un túnel: "El contratista declara conocer el terreno, la topografía y todas las demás características geológicas y otras que puedan incidir directamente en la ejecución de la obra".
- En un contrato a suma alzada: "El Contratista acepta la responsabilidad de cumplir a su propio costo e íntegramente, sin que ello signifique un aumento de plazo y/o precio, con los términos y condiciones del contrato, a pesar de cualquier inadecuación o inexactitud geométrica y/o de calce en la información provista por el Dueño".
- En un contrato de construcción: "El contratista se obliga a renunciar a reclamos por insuficiencias, omisiones o contradicciones en las bases, planos y especificaciones técnicas y demás documentos que forman parte del proyecto".

La identificación y cuantificación de los riesgos proviene de la fase de diseño y planificación del proyecto. El riesgo es asignado a través de los contratos, en la *figura 3.1* se muestra el nivel de riesgo según el tipo de contrato.

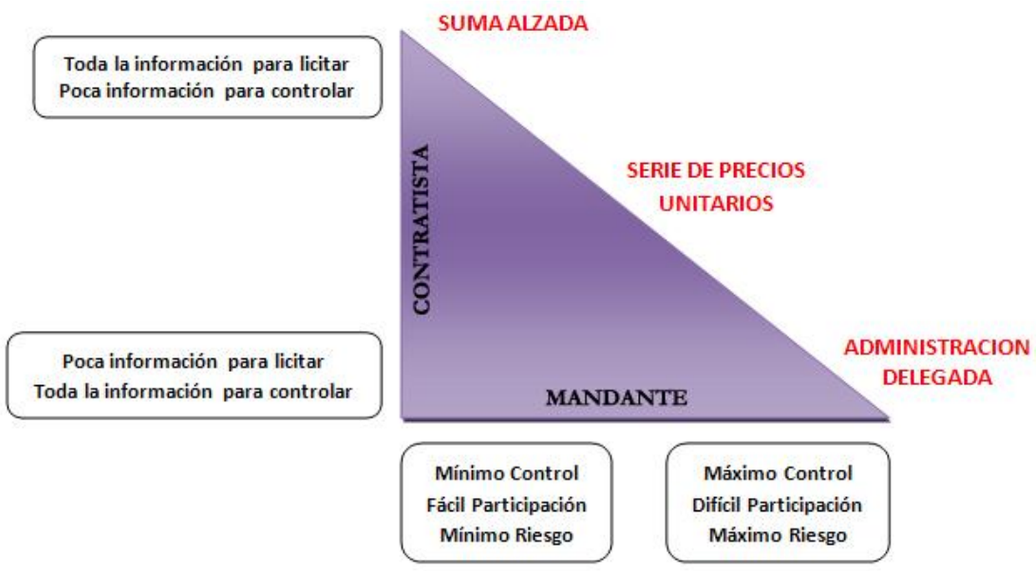

Figura 3.1: *Distribución de riesgos en contratos de construcción*
Fuente: *Castañeda, F. (2008)*

Los criterios básicos de asignación de riesgos, son los siguientes (Bacigalupo, 2007):

- Deben ser asignados a la parte que mejor pueda manejar, controlar y mitigar el riesgo, y que sea capaz de soportar sus consecuencias.
- Los riesgos del contratista deben guardar relación con el tamaño del contrato.

Los riesgos más importantes en un contrato de construcción son las cláusulas de alcance de los trabajos, órdenes de cambio, modificaciones y límites de responsabilidad. Probablemente alguna de estas causas sería motivo de presentación de una solicitud de compensación por pérdidas de productividad por parte del contratista, pero dependerá absolutamente de quien asuma el riesgo contractualmente (Bacigalupo, 2007).

La mala asignación de riesgos, producto de errores en la administración del proyecto y en la gestión de sus contratos, tiene costos de diversa índole, a saber (Bacigalupo, 2007):

- Económicos, que pueden alcanzar o sobrepasar el patrimonio del contratista al no haber límite de responsabilidad y obligación de cubrir daños consecuenciales.
- Aumento del costo del proyecto con pérdida de rentabilidad de la inversión.
- Sociales (relación mandante/contratista, mala calidad de vida de los participantes, pérdida de empleo).
- Aumento de controversias con pérdida de confianza recíproca.

3.4. RESPONSABILIDAD SOBRE PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD

Cuando se habla de pérdidas de productividad no atribuibles al contratista, evidentemente quien debe asumir los costos de las mismas es el mandante, así como también (dependiendo del contrato) es el mandante quien asume las ineficiencias que son responsabilidad ya sea de, inspección técnica, ingeniería de diseño, arquitectura, etc. Entonces, al referirse a acciones del mandante, se incluye a cualquier actor que represente sus intereses en el proyecto.

La asignación de responsabilidades por pérdidas de productividad puede ser difícil de determinar. Existe una serie de razones, entre ellas están las siguientes (Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004):

- La pérdida de productividad resultante de alguna acción que es de responsabilidad del mandante, no será detectada inmediatamente u observada fácilmente, salvo que el contratista tenga un buen plan de control de productividad, es bien sabido por los encargados de terreno, que el comienzo de un problema parte cuando las cuadrillas no completan las actividades de trabajo planificado, y como resultado, el programa de obra y los costos se ven afectados. Muchas veces las notificaciones sobre esta situación al mandante no son en forma oportuna.
- La productividad laboral con frecuencia no es controlada en forma independiente en los proyectos de construcción y lo que es más complicado realizada en forma simultánea, de esta manera las pérdidas de productividad son difíciles de comprobar con la certeza exigida por el mandante.
- Las pérdidas de productividad laboral, a menudo, son calculadas al final de un proyecto para una solicitud de compensación, como consecuencia, muchas veces ese cálculo es una estimación bruta de todo lo acontecido en el transcurso del proyecto.
- Otra complicación, es que hay muchas formas de calcular pérdidas de productividad y no hay un convenio común entre los profesionales de cómo dichas pérdidas deben cuantificarse. A pesar de esto, existe un acuerdo en el que generalmente se hace una comparación de los costos entre el proyecto sin impactos en la productividad y con impactos en la productividad, preferiblemente cuando hay suficientes datos disponibles
- Por último, una vez que las pérdidas de productividad son calculadas, aún es difícil establecer el agente causal. Los contratistas tienden a atribuirles tales pérdidas al mandante y pedir ser compensados, por otra parte, el mandante comúnmente culpa a una mala administración o a un presupuesto deficiente del proyecto y así niegan

cualquier compensación adicional por pérdidas de productividad. Por ello, los factores de fondo que generan pérdidas de productividad son causa de disputa constante entre mandante y contratista.

La clave para reconstruir la información de productividad y apoyar la exigencia de una compensación es mantener un registro a lo largo del proyecto del más mínimo impacto. Desde el principio del proyecto el contratista debe establecer un sistema para controlar la productividad laboral de la forma más actualizada posible. La productividad laboral real debe ser comparada frecuentemente con la información trazada en la oferta para determinar cómo progresa el proyecto en comparación con lo planeado. Si la inminente pérdida de productividad puede ser detectada, mayor es la probabilidad que las medidas correctivas puedan ser aplicadas a tiempo para mitigar los daños (Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004).

Una práctica recomendada para evitar las comunes disputas por las asignaciones de responsabilidad entre mandante y contratista, es confeccionar una matriz de responsabilidades para ser anexada al contrato y programa de trabajo (Bacigalupo, 2007).

3.5. COMPENSACIÓN DE COSTOS POR PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD

En cualquier proyecto de construcción, se pueden presentar importantes gastos adicionales por causa de pérdidas de productividad a cargo del contratista, el mandante, o ambos, que generen el legítimo derecho a ser indemnizado por una eventual pérdida, el contratista por lo general recurre a los que se denomina solicitud de compensación de costos (Matheson Ormsby Prentice, 2005).

Sobre la base de la definición de productividad vista en este trabajo y una revisión de los factores que afectan a la misma, la pérdida de productividad se puede traducir como (Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004):

> "… el aumento de costo del rendimiento causado por un cambio en los recursos planeados o programados por el contratista, o un cambio en las condiciones de trabajo o métodos de trabajo."

Puede que la o las causas generales de pérdida de productividad sean fáciles de identificar (por lo menos en retrospectiva), pero el contratista que trata de ser compensado por un aumento de costos debe acreditar el derecho a reclamo, es decir, un derecho contractualmente estipulado que le permita recuperar daños y perjuicios.

Si bien un análisis jurídico esta fuera del alcance de los objetivos de este trabajo, cabe señalar que para recuperar costos ocasionados por pérdidas de productividad el contratista comúnmente debe demostrar lo siguiente (Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004):

- Se respeta el cumplimiento de los requisitos de notificación de irregularidades que establece el contrato.
- Los acontecimientos en cuestión ocurren durante la ejecución del trabajo, estos eran imprevisibles al momento de la confección del contrato o provienen de cambios de órdenes.
- Los sucesos en cuestión fueron más allá del control del contratista, subcontratista, vendedor o proveedor, etc.
- Los eventos en cuestión fueron causados por el mandante o alguna entidad bajo la responsabilidad del mismo o en su defecto, los hechos fueron causados por situaciones en las que el mandante asume responsabilidad contractual (es decir, una situación de fuerza mayor o condiciones inesperadamente diferentes en terreno, etc.).
- La valorización y cobro de los daños no está impedida por las condiciones del contrato (ej.: clausulas exculpatorias, como la no aplicación de cláusulas de daños y perjuicios por demoras).

- Los acontecimientos causaron cambios en el desempeño del trabajo y dio lugar a un aumento de los costos (es decir, trabajo reprogramado, medios y métodos fueron modificados, se llevó más tiempo del necesario en realizar un trabajo, etc.).

Las compensaciones por pérdidas de productividad no siempre prosperan, pues si bien una productividad baja es ineficiente y costosa, puede ser provocada por factores que eran conocidos al momento de una licitación y por lo tanto no dan lugar a una compensación (Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004).

3.6. MODELO DE SEGUIMIENTO EN SOLICITUDES DE COMPENSACIÓN

La necesidad de un procedimiento paso a paso para el análisis de compensaciones es crucial para lograr resoluciones apropiadas y evitar desavenencias en el desarrollo de las discusiones. La figura 3.2 muestra la secuencia de eventos y procedimientos por las cuales cualquier solicitud de compensación debería pasar antes de ser resueltos. Aunque el proceso es solo una visión general, cada etapa puede desarrollarse según la particularidad de la solicitud y del proyecto.

A continuación se detallan las instancias más relevantes del proceso de una solicitud de compensación (Asem, 2002):

i. **Presencia de una causal para solicitar compensación**: Este evento se ve afectado por dos cosas: el estar alerta a las posibles causales de solicitudes de compensación y las acciones directas en terreno que gatillan una solicitud. Es decir, la conciencia por parte del contratista de que los aspectos del trabajo que son susceptibles a compensación existen, y que la solicitud de compensación solo tendrá lugar cuando se perciba una acción que genere pérdida de productividad por parte del mandante.

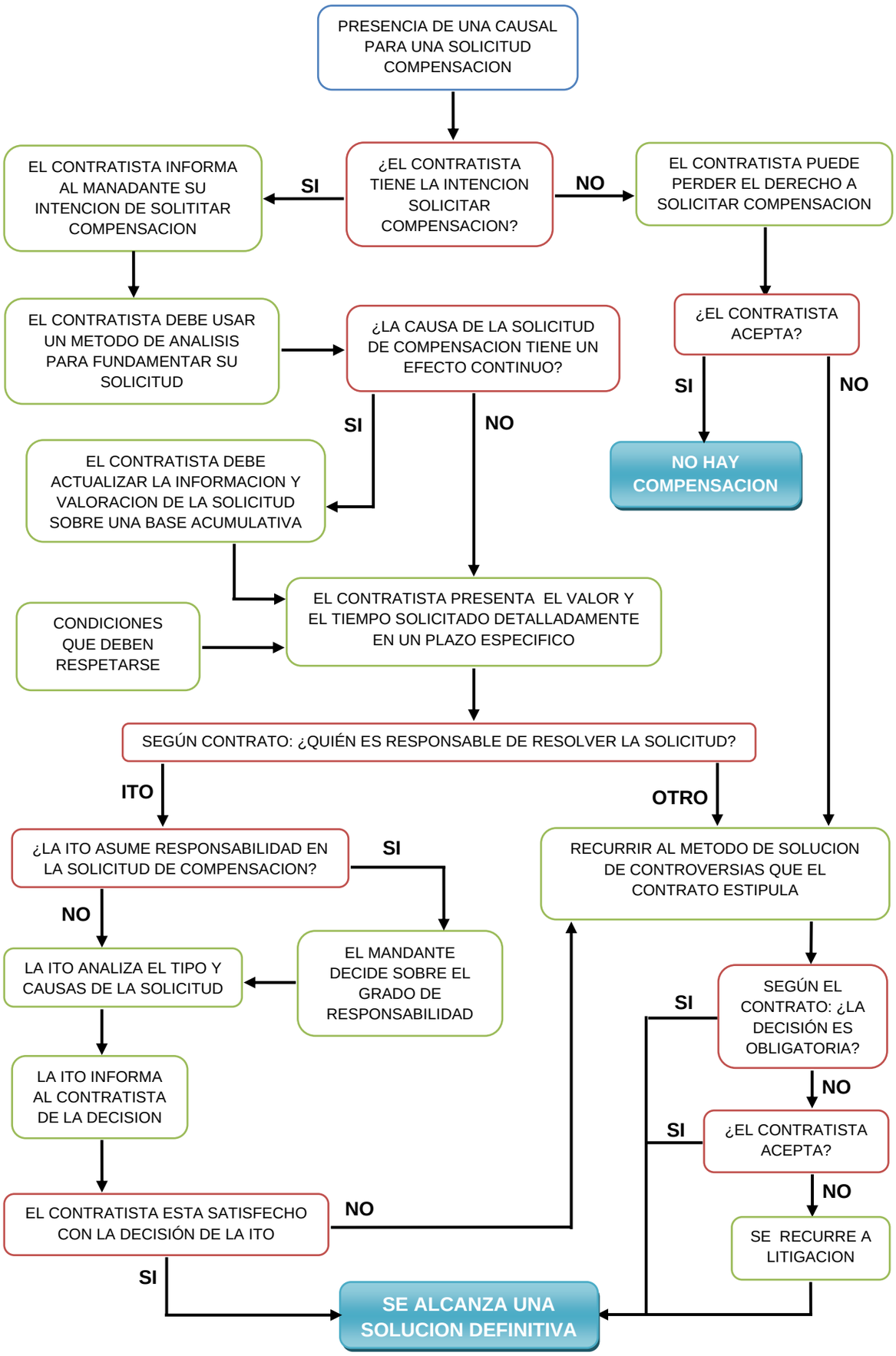

Figura 3.2: *Modelo de administración de solicitudes de compensación.*
Fuente: *Asem, M. (2002)*

ii. **¿El contratista tiene la intención de pedir compensación?:** Después de que dicha acción tiene lugar e impulsa una solicitud de compensación, el contratista hace un cuidadoso análisis de la situación y ordena sus opciones. El contratista puede optar por no perseguir un reclamo por diversos motivos, como:

- La razón de la solicitud puede ser débil.
- El contratista prefiere conservar una buena relación con el mandante
- El contratista puede considerar que el reclamo es pequeño y puede manejarse de manera informal.

Por otra parte, el contratista puede llevar a cabo la solicitud, esta decisión requiere que se cumplan los requisitos de notificación por parte del contratista que exprese la intención de reclamar una compensación de tiempo y/o dinero extra, esta debe ser por escrita apenas se manifiestan los eventos que originan pérdidas de productividad. La notificación hará referencia a las cláusulas del contrato bajo las cuales es buscada la recuperación de tiempos y costos.

Al no cumplir con los requisitos de notificación, el contratista puede perder el derecho de exigir compensación, esto debido a que una notificación oportuna es considerada como una oportunidad para que el mandante para reevaluar los eventos que originan las pérdidas, o a su vez, para pedir al contratista que descarte los cambios constructivos solicitados.

iii. **Fundamentación de solicitud de compensación:** El contratista tiene la importante tarea de fundamentar la solicitud de compensación, es decir, defender y demostrar la validez de su contenido. En términos generales, los ítems bajo demanda se dividen en dos grandes categorías: tiempo y costo. En la primera categoría, el contratista solicita una modificación en las fechas contractuales de entrega para compensar los retrasos que no son de su responsabilidad. En la segunda categoría, El contratista solicita un reembolso monetario para cubrir lo siguiente (Semple, C, 1994): gastos de horas

extras, aumento de costos en arriendo de equipos, incremento de gastos generales, aumento de gastos en instalación de faenas y pérdidas de productividad de mano de obra.

Hay que tener en cuenta que ambas categorías están íntimamente relacionadas, por ejemplo, cualquier demora deriva en un incremento de todos los costos, y cualquier caída de productividad provoca un aumento en los tiempos necesarios para terminar los trabajos. Por lo tanto, el contratista puede solicitar compensación por cualquier combinación de las categorías vistas anteriormente o por todos ellos.

iv. **¿La causal de solicitud de compensación tiene un efecto continuo?:** Es necesario observar si la acción que da origen a la solicitud de compensación tiene un efecto continuo en el tiempo. Si el efecto sobre el programa y el presupuesto puede ser evaluado directamente después de la ocurrencia del hecho, no se trata de un efecto continuo. Por otro lado, si el efecto causal de reclamación no es previsible o no se pueden medir en el momento que el contratista las notifica al mandante, la causa es de efecto continuo. El contratista debe establecer con detalles la cantidad exigida como reembolso y los motivos en que se basa la reclamación. El contratista, en forma periódica según se llegue a acuerdo, puede enviar el estado acumulado de la solicitud.

v. **Oportuna presentación de argumentos que fundamentan la solicitud:** El contratista debe proponer la cantidad final de tiempo y/o dinero que espera recuperar dentro de un plazo de tiempo especificado por el contrato, la solicitud debe plantearse de manera clara y lógica, de preferencia incluyendo lo siguiente:

- Una introducción que suministre en detalle las partes implicadas en el reclamo y todas las fechas relevantes de la información.
- Una descripción de los eventos que dieron origen a la solicitud de compensación.

- Un análisis de los hechos mostrando los fundamentos en que se basa la solicitud, haciendo referencia a las disposiciones y cláusulas del contrato.
- Un cálculo de los tiempos y/o costos que se desean recuperar ocasionados por los retrasos.

Estas condiciones deben ser respetadas por el contratista, suministrando la información suficiente para hacer un análisis detallado de la demanda, citando cláusulas del contrato, y no perturbar el normal desarrollo de los trabajos por causa de esta solicitud.

vi. **¿Quién es responsable de resolver la solicitud?:** La parte responsable en dar solución y decisión final debe estar claramente estipulada en el contrato. Usualmente el ingeniero o consultor designado por el mandante (Inspección técnica de obra) es el responsable de decidir el resultado de la solicitud de compensación. A menudo, se establece en el contrato que si no se logra un arreglo consensuado, otras vías de solución pueden ser utilizadas, como el arbitraje, mediación, mesas de negociación o litigios.

vii. **¿El representante del mandante en obra asume parte de la responsabilidad en la compensación?:** En este punto, el mandante tiene que comprobar y decidir si su representante en el proyecto es responsable en parte del reclamo. El mandante tiene que abordar cuidadosamente las siguientes incógnitas: ¿La causal del reclamo está vinculada a alguna acción contraproducente de la inspección técnica?, usualmente el mandante se ve comprometido por las decisiones que tome su representante en el proyecto, es por ello que este debe de asegurarse que cualquier decisión que tome debe estar en concordancia con el contrato. Si alguna de las acciones tomadas por el representante del mandante en la obra es incompatible con los términos de contrato, el contratista tiene derecho a exigir una compensación adecuada.

viii. **El representante del mandante analiza la solicitud de compensación:** El ingeniero o consultor designado por el mandante debe actuar con imparcialidad, sea cual sea el resultado de la solicitud de compensación, está obligado a recomendar que se le entregue al contratista lo que legítimamente le corresponde por derecho contractual. Una vez que la inspección técnica tiene en sus manos la solicitud de compensación plenamente documentada, seguirá con el análisis del tipo de reclamo y sus causas.

ix. **El representante del mandante informa formalmente al contratista de la decisión:** Si la solución final no satisface al contratista, este no se ve obligado a acatar la medida pues esta no es la última instancia ya que tiene derecho a recurrir a un arbitraje, litigio, o algún otro método de solución de controversias según lo estipule el contrato.

x. **Solución de controversia alternativa:** Tradicionalmente, los contratistas terminan llevando sus quejas a tribunales, en si esta opción es beneficiosa ya que al no ser un proceso apresurado da tiempo a las partes de analizar la situación y prepara sus casos. Sin embargo, los altos honorarios de abogados y los extensos periodos de litigación, asociado a un deseo natural del contratista de mantener buenas relaciones con el mandante, han hecho de esta alternativa considerablemente menos deseable. Así es como el arbitraje obligatorio se presenta como una alternativa más barata y ágil de resolver desavenencias, claro que tiene sus desventajas, ya que depende de la disponibilidad de un árbitro, admite pruebas de fuentes secundarias (cosa que en un tribunal no ocurre) y además su resolución es de carácter definitivo.

CAPÍTULO IV
MÉTODOS DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL MÁS RECURRENTES EN SOLICITUDES DE COMPENSACIÓN.

4.1. INTRODUCCIÓN

Como se ha estudiado, la productividad es la medida de trabajo realizado por hora de trabajo y también se ha visto que la pérdida de productividad resulta de la acción de varios factores, incluyendo retrasos, órdenes de cambios, órdenes de aceleración, condiciones climáticas, etc. Numerosos estudios se han hecho en referencia a las causas y efectos sobre las pérdidas de productividad laboral en la construcción, estos acontecimientos son difíciles de documentar, cuantificar y calcular, pero esto no significa que los contratistas deban renunciar a los costos asociados a dichas pérdidas (Schwartzkopf & McNamara, 2000).

Algunas veces el contratista no dispone de una información actualizada para fundamentar una solicitud de compensación, y más aún, si la pérdida de productividad resulto de numerosas causas y existe un exceso datos poco concluyentes, en aquellas situaciones lo más recomendable es recurrir a los estudios realizados por la industria de la construcción.

En el siguiente capítulo se expondrá la metodología para el cálculo de pérdidas de productividad laboral de las principales causas que el contratista reclama en una solicitud de compensación.

4.2. SOBRETIEMPO

De acuerdo al estudio de The Business Roundtable (1980) en el que se analizó los efectos de los programas de obra basado en horas extras (sobretiempo) y sus secuelas inflacionarias, se concluyó lo siguiente:

- Un sistema de trabajo basado en horas extras perturba la economía de la faena, magnifica la escasez de mano de obra, crea una inflación en los costos de mano de

obra y reduce la productividad laboral, todo esto sin ningún beneficio para el cumplimiento del programa de obra.

- Cuando un plan de trabajo de 60 o más horas semanales es prolongado cerca de dos meses, el efecto acumulativo de las pérdidas de productividad causara retrasos en las fechas de terminación de las obras, además de que lo mismo se pudo haber realizado con igual dotación de mano de obra con 40 horas semanales de trabajo.
- Cuando la implementación de trabajos en horas extras se consideran necesarias a pesar de las pérdidas de productividad, una buena gestión puede ayudar a contrarrestar los efectos.

La ampliación de jornadas a horas extraordinarias se utiliza con frecuencia para cumplir con los objetivos proyectados por el mandante, para implementar cambios, superar retrasos en el programa y atraer mano de obra de mayor habilidad al proyecto. En algunas ocasiones, el mandante o el contratista apelan a las horas extraordinarias para la implementación de programas acelerados y es fundamental que estas sean efectivamente controladas (Mei, 2006). También es importante tener en cuenta que el valor de la hora extra es superior a la hora normal de trabajo, dependiendo de la legislación laboral de cada país está entre una vez y media hasta dos veces el valor de la hora normal, esto incrementara el gasto proyectado según los rendimientos planeados (Schwartzkopf & McNamara, 2000).

Un estudio realizado por el U.S. Department of Labor, boletín n°917, examino a más de 3.500 personas de 34 plantas industriales y llego a los siguientes factores que perjudican a la productividad (Schwartzkopf & McNamara, 2000):

- Fatiga, cansancio y desmotivación de trabajadores por jornadas largas.
- Reducción de la efectividad de la supervisión.
- Menor disponibilidad de recursos de soporte (bodega, grúas, topografía, etc.) durante las horas extras.
- Mayor probabilidad de errores, trabajos rehechos y accidentes.

- Aumento notable de ausentismo laboral e incremento de incidentes

La *figura 4.1* muestra antecedentes de diversos estudios internacionales con respecto a la pérdida de productividad en tres regímenes de sobre tiempo, y muestran la evidente baja en la eficiencia a mayores horas de trabajo por semana (Brunies, 2001).

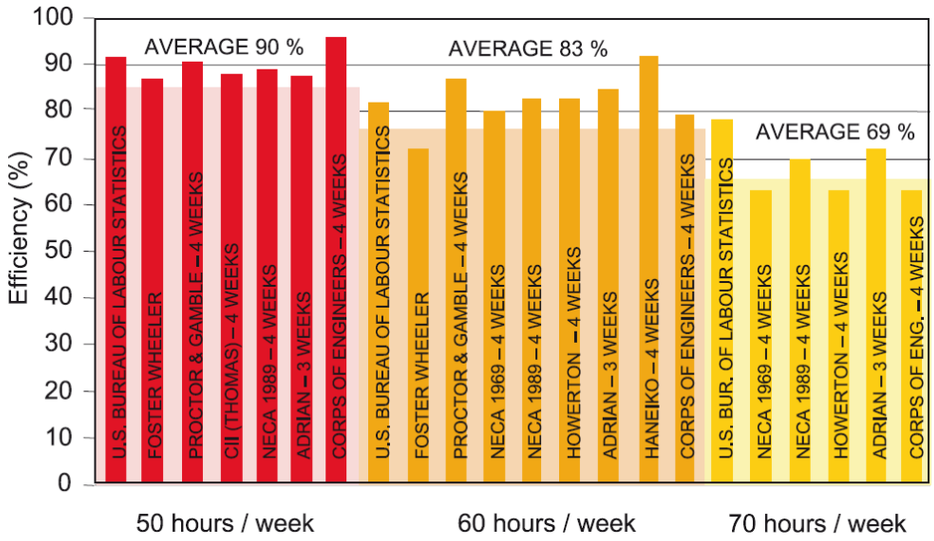

Gráfico 4.1: *Resumen de estudios de porcentaje de eficiencia por regímenes de trabajo*
Fuente: *Brunies, R. (2001)*

Todos estos estudios coinciden y concluyen que la productividad baja con cada semana consecutiva de trabajo con sobretiempo y además baja mientras más horas extra se trabajen cada día.

El estudio en particular que se ha usado en este caso para estimar el efecto real del sobretiempo es conocido como el "Estudio NECA" (National Electrical Contractors Association) para la industria de la Construcción. El Estudio NECA investigó los efectos del sobretiempo referente a la productividad de la mano de obra. Los resultados del estudio se presentan en el *gráfico 4.2* y para una variada gama de regímenes de trabajo (Brunies, 2001). Por ejemplo, la curva etiquetada como 5x10 corresponde a un régimen de trabajo de cinco días a la semana y de diez horas diarias (régimen de 50 horas semanales), a su la de 6x9 corresponde a seis días de nueve horas diarias (régimen de 54 horas semanales) y así sucesivamente para las demás curvas.

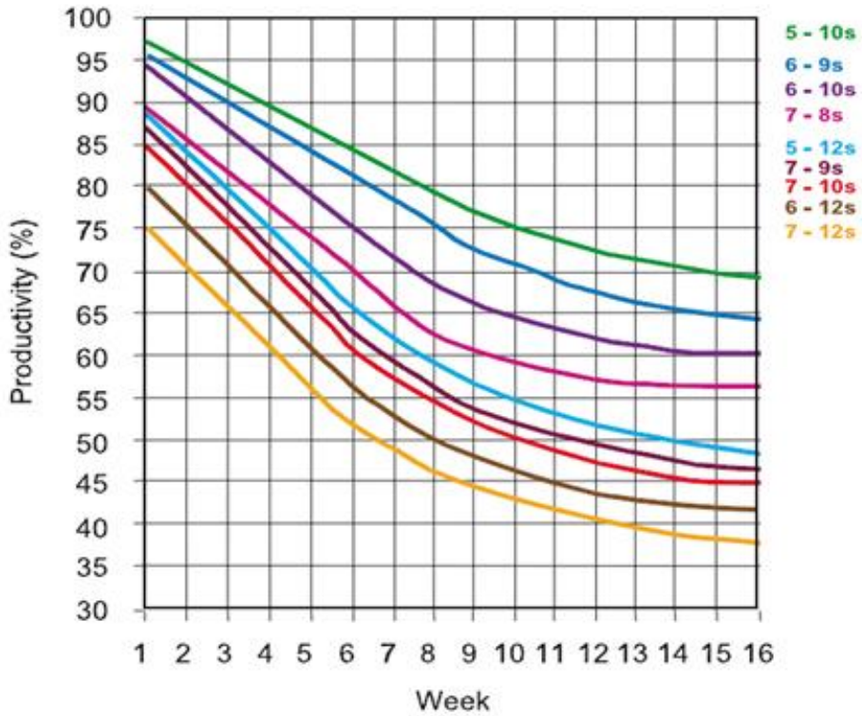

Gráfico 4.2: *Pérdida de productividad según régimen horario*
Fuente: *Brunies, R. (2001)*

4.3. ÓRDENES DE CAMBIO

El diccionario entrega muchas definiciones para “cambio”, en referencia a la industria de la construcción las más cercanas son las siguientes: alteración, transformación, modificación, variación, desviación, sustitución o reemplazo. Aun así, estas definiciones no lo describen del todo. En la industria de la construcción el “cambio” rutinariamente es utilizado para señalar una adición o sustracción de los alcances del trabajo contratado originalmente (Galloway, 2007).

Una orden de cambio, es un mandato generalmente por escrito al contratista, expedido para ejecutar una modificación al proyecto contratado, por la parte designada en el contrato con la autoridad para ordenar un cambio (Mechanical Contractors Association of Canada, 2001).

Hay muchos elementos complicados más allá del trabajo y materiales que entran en el costo estimado de hacer un cambio, un mandante prudente daría una consideración seria a

estos aspectos en un posible cambio de obra. El costo de hacer cambios depende de la magnitud del cambio, el momento, la programación, etc. Mientras los cambios pequeños pueden no ser caros individualmente, un gran número de pequeños cambios en el trabajo pueden encarecer el proyecto (Electrical Contractors Association, 1985).

Las órdenes de cambio introducidas durante el proyecto tienen el efecto, no sólo de aumentar el valor del precio total contratado (lo que resulta del cobro de obras adicionales), sino también de generar un desorden en la dotación de horas hombre que emergen por ineficiencia, debido a que la constante reprogramación de actividades y recursos para poder abarcar todos los trabajos adicionales que van surgiendo, inevitablemente trastorna y desajusta lo presupuestado y no permite programar adecuadamente.

Cuando se detecta la necesidad de hacer un cambio, se debe planificar el trabajo, comprar materiales y reasignar cuadrillas a nuevos frentes. Los recursos de apoyo como grúas, topógrafos, bodega, etc. se ven más sobrecargados al tener que atender más trabajos en forma simultánea y terminan ofreciendo un servicio menos eficiente, afectando la productividad de todos los recursos (Schwartzkopf W. , 2004).

Luego procede la etapa de ejecución de los trabajos adicionales, cuyo costo de materiales, mano de obra y equipos es más fácil de cuantificar. La etapa posterior a la ejecución del trabajo adicional, cuando los recursos se reasignan a trabajos normales, también produce ineficiencias, por lo que la suma de cambios y adicionales genera un impacto sobre la productividad del trabajo no cambiado.

Alguno de los impactos en la productividad producto de las órdenes de cambios ocurre por los siguientes factores (Electrical Contractors Association, 1985):

- Redistribución de la mano de obra producto de las nuevas necesidades del trabajo
- Disponibilidad de materiales
- Hacinamiento de la mano de obra y estorbos mutuos entre especialidades

- Decaimiento de la supervisión
- Tiempo extra en la implementación de modificaciones

Los cambios en los proyectos de construcción son normales y esperables dentro de cierto rango. Es razonable esperar aumentos de obra por un monto de entre 5% y 10% del costo directo original. Al haber cambios múltiples que suman un 10% del costo directo o más, empiezan a afectar indirectamente los rendimientos y costos de todo el proyecto, estos tendrán un efecto agravante sobre la productividad de los recursos, tanto los que están directamente relacionados con los cambios como los que son del trabajo original (Schwartzkopf & McNamara, 2000).

Se ha tomado un estudio realizado por el investigador Charles A. Leonard, para determinar un modelo que cuantificara los impactos de las órdenes de cambio sobre la base de la productividad del trabajo originalmente contratado. En este estudio se tomaron datos reales de productividad de los proyectos y se efectuó un análisis estadístico para determinar la relación entre los cambios y la productividad. Se encontró un alto grado de correlación entre la pérdida de productividad y el porcentaje de horas hombre adicional de cambios sobre las horas hombre base del contrato.

El estudio encontró también que no hay una correlación significativa entre productividad y horas hombre adicionales cuando las horas adicionales eran inferiores al 10% de las horas base del contrato. Sin embargo, cuando las horas adicionales eran 10% o más de las horas base contractual, la pérdida de productividad laboral se incrementa linealmente con el aumento del porcentaje de horas adicionales sobre las horas base.

También se encontró que la presencia de otros factores que impactaban la productividad y agravaba aún más el impacto de los cambios. Los resultados del análisis estadístico se presentan en el *gráfico 4.1* donde se aprecian tres curvas que indican la relación lineal entre el porcentaje de pérdida de productividad y el porcentaje de cambios.

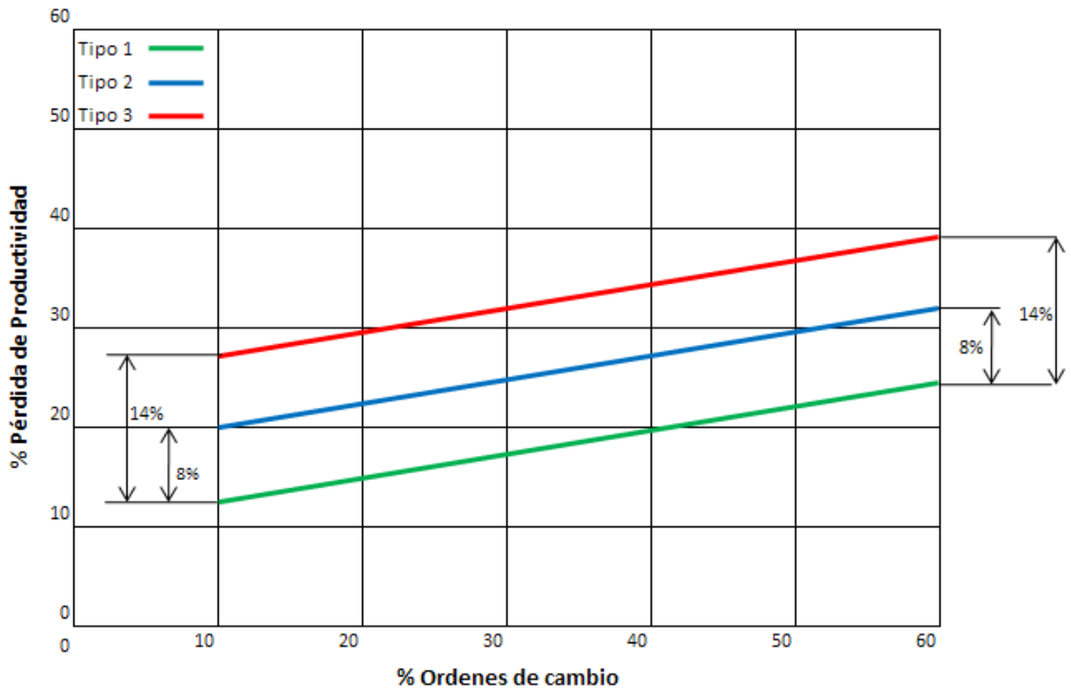

***Gráfico 4.3**: Órdenes de cambio & Productividad laboral*
***Fuente:** Schwartzkopf, W. (2004)*

El porcentaje de cambios se estima con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de Cambios} = \frac{\text{Horas Hombre de cambios por obras adicionales}}{\text{Horas Hombre base del contrato}}$$

Las tres curvas señaladas en el gráfico representan los siguientes tres escenarios en un proyecto de construcción:

i. **Curva Tipo 1:** Cuando el único impacto significativo sobre la productividad es el de las órdenes de cambios.
ii. **Curva Tipo 2:** Cuando existe además otro factor presente que impacta la productividad.
iii. **Curva Tipo 3:** Cuando existe además otros dos factores presentes que impactan la productividad.

Charles A. Leonard define como otros factores, programación inadecuada, aceleración de programa, cambio de prioridades en el trabajo y suministración tardía de la información (Schwartzkopf W. , 2004).

4.4. INTERFERENCIAS

Interferencia puede ser definida como cualquier perturbación o cambio en el método de elaboración o secuencia de trabajo previsto por el contratista en el momento de la propuesta y que no permita su normal ejecución. En otras palabras, la interrupción es una alteración material en las condiciones de desempeño reales y que no concuerdan con las presentadas en la oferta, resultando en tareas muchos más complejas y con costos mayores de ejecución (Cushman et al, 2000).

Con relación al contrato, las interferencias abarcan tres principios generales (Cushman et al, 2000):

- Primero, cuando un contratista presenta una propuesta a suma alzada por un contrato, está en su derecho de programar la obra de forma eficiente y económica, cada etapa programada depende del desempeño de otras etapas. Por lo que cualquier interrupción puede impactar perturbando las etapas que le siguen.
- Segundo, se espera que las partes (contratista y mandante) cooperen mutuamente y no se obstaculicen en sus tareas. Si el contratista piensa realizar su trabajo de una cierta manera, el mandante tiene el deber de no estorbar, obstruir, o perturbar las tareas planificadas por el contratista.
- Tercero, cuando un contratista planifica su desempeño en un proyecto, debe hacerlo en forma realista en función del contrato. Ej.: un contratista no puede alegar como reclamo valido de interferencia el que tenía acceso exclusivo a área de la obra cuando en el contrato se estipula que otros contratistas trabajarían simultáneamente en terreno.

Es un hecho reconocido globalmente que cuando la cantidad de interrupciones al trabajo es severa, la productividad baja casi linealmente con la cantidad de días de interrupción.

La reducción de la productividad por interrupciones se debe a que el trabajo depende de cierta repetición y flujo constante de tareas para ir mejorando la productividad, como resultado, el tiempo requerido para ejecutar una tarea repetitiva va bajando con el número de repeticiones, este efecto se conoce como Curva de Aprendizaje.

La mayoría de las tareas en construcción son ciclos de trabajo repetitivo (ej.: enfierradura, moldaje, hormigonado, albañilería, etc.), reiterándose esta secuencia a medida que se avanza en el proyecto. La productividad y los rendimientos en un presupuesto están basados en el supuesto de un trabajo normal donde este ciclo repetitivo puede fluir continuamente sin interrupciones por problemas de diseño.

Como se ha establecido, las curvas de aprendizaje dependen de trabajo continuo y repetitivo. Si el trabajo es demorado o interrumpido, las tareas ejecutadas para retomar el trabajo después de la demora o interrupción no tendrán el mismo rendimiento que antes de la interrupción. Esto es el resultado de un des-aprendizaje u olvido, lo que depende de la duración de la interrupción o demora. El efecto se ilustra en el *gráfico 4.2*

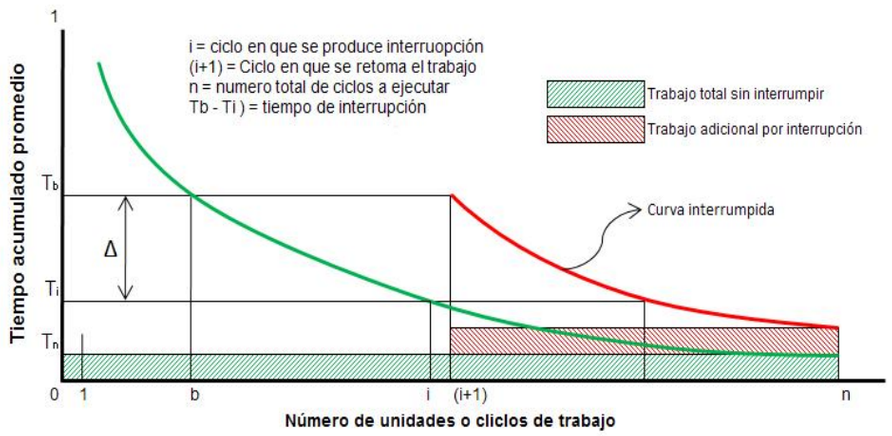

Gráfico 4.4: *Curva de aprendizaje*
Fuente: *Schwartzkopf, W. (2004)*

Cuando surge un problema de indefinición o falta de información, la cuadrilla de trabajo pierde un tiempo considerable en retomar el trabajo, aunque el problema se solucione de inmediato. Este tiempo de reacomodo incluye tiempo para detectar, asimilar y comunicar el

problema y luego que se soluciona el problema, tiempo para retomar el trabajo. Si la solución se demora un tiempo este se suma al día de reacomodo. Si la solución al problema implica además hacer una modificación, también perjudica, todo esto se resume en la *figura 4.3:*

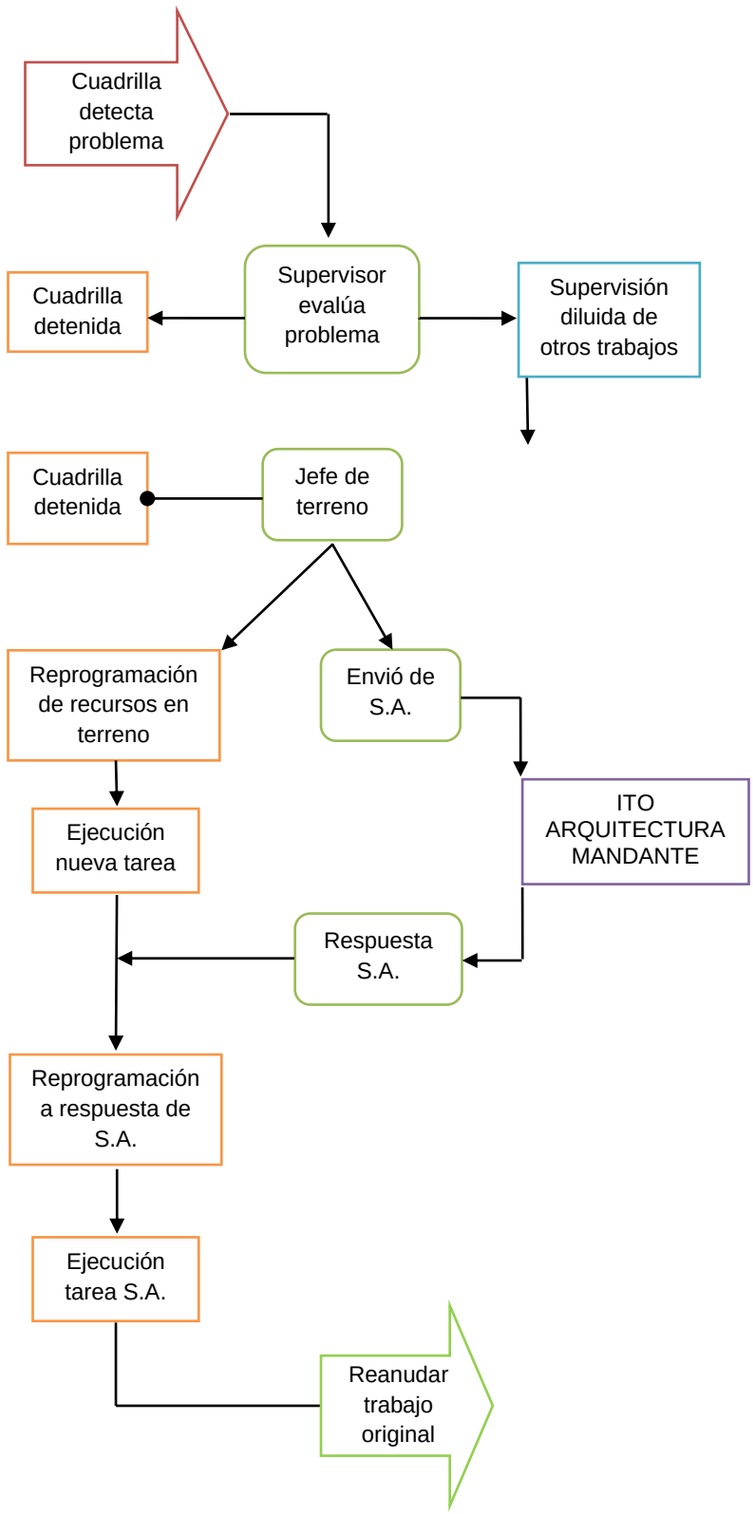

Figura 4.1: *Diagrama de flujo en una interferencia*
Fuente: *Schwartzkopf, W. (2004)*

Para determinar la ineficiencia producida por las interferencias se ha recurrido nuevamente a estudios realizados en EEUU. En este caso se presenta la investigación llevada a cabo por Dr. H. Randolph Thomas y Dr. Amr Oloufa quienes crearon un modelo para prever los impactos de interrupciones sobre la productividad.

El modelo se construyó en base a datos empíricos de 19 proyectos de construcción de edificios con alturas que variaban entre 1 y 7 pisos. El estudio produjo datos detallados de productividad, los que se tradujeron a un factor denominado Performance Factor que se calcula como sigue:

$$\text{Performance Factor} = \frac{\text{HH Totales Presupuestadas para el Trabajo}}{\text{HH Totales realmente gastadas}}$$

Luego se analizó el "Efecto Onda" (Ripple Effect) que es un término usado para describir el efecto de las interferencias de un sector sobre los otros sectores de trabajo. Para cuantificar el Efecto Onda se usó el siguiente índice:

$$\text{Disruption Index (DI)} = \frac{\text{Número de Días de Interferencias}}{\text{Número de días de la obra}}$$

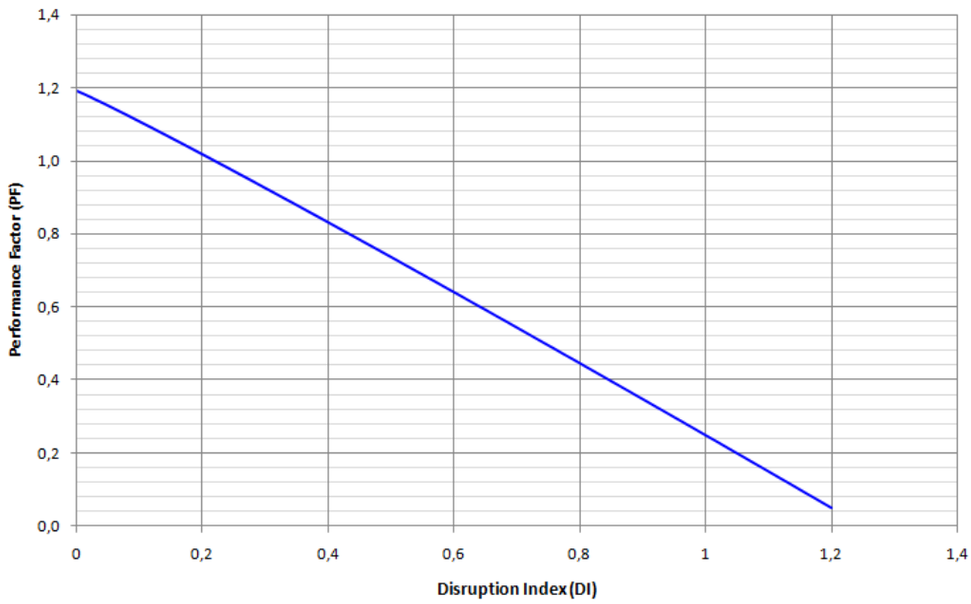

Gráfico 4.5: *Magnitud del efecto onda*
Fuente: *Schwartzkopf, W. (2004)*

Se analizaron los distintos proyectos y se ajustó una curva a los datos reales el cual se expresó en el siguiente formula y se expresa en el *gráfico 4.3:*

$$\text{Performance Factor} = 1{,}19 - 0{,}94 \times \text{ID}^{1{,}05}$$

El gráfico expuesto muestra como comienzan a haber pérdidas por ineficiencia de la mano de obra cuando el número de días de interferencias se aproxima al 20% del plazo de la obra afectada.

4.5. ACELERACIÓN DE OBRAS

La aceleración de un proyecto de construcción se produce cuando el programa del proyecto o una parte de este debe realizarse menos tiempo de lo presupuestado para la ejecución de los trabajos, en otras palabras, el contratista debe realizar el trabajo en un marco temporal más corto de lo que estipula el contrato. Un contratista puede verse en la necesidad de acelerar porque se ha retrasado en el programa o bien porque el mandante desea que el proyecto termine antes de lo previsto. También puede acelerar para recuperar tiempo perdido por acciones de terceros, tardía entrega de materiales, errores de diseño o cuando existen aumentos de obra y no se conceden plazos adicionales (Schwartzkopf W. , 2004).

La aceleración del proyecto puede lograrse de diversas maneras, ya sea con régimen de sobretiempo (punto visto anteriormente), sumando más turnos de trabajo, implementando superposición de especialidades, cuadrillas más grandes e incrementando la cantidad de mano de obra.

Las pérdidas de productividad en un programa acelerado se pueden manejar con una adecuada gestión del proceso, esto asegurando que los recursos de apoyo estén disponibles siempre. Además es necesario contar con antelación la información de ingeniería para realizar la programación adecuada y la oportuna adquisición de materiales, pues calendarios acelerados requerirán servicios de apoyo acelerados.

La aceleración del programa de obra es un problema relativamente incómodo para los contratistas, debido al efecto potencialmente perjudicial en la productividad laboral. Si bien se ha escrito bastante sobre el sobretiempo, poco se ha investigado acerca del exceso de mano de obra, es decir la gestión de una mayor dotación de personal.

Los estudios realizados por el rubro de la construcción muestran un significativo deterioro en la eficiencia mientras más fuerza laboral de la necesaria es contratada en el proyecto (Langford & Retik, 1996). Incrementar el número de hombres de una cuadrilla por encima del nivel óptimo de un proyecto causa pérdidas de productividad. La U.S. Army Corps of Engineers reconoció esto en su publicación "Modification Impact Evaluation Guide (Schwartzkopf W. , 2004):

> "El tamaño óptimo (para cualquier operación de construcción) es el mínimo número de trabajadores requeridos para realizar el trabajo dentro del plazo estipulado. El óptimo tamaño de una cuadrilla del proyecto o de una actividad en particular, representa el equilibrio de rendimientos de avance y costos. Aumentando el tamaño de una cuadrilla por sobre el óptimo puede usualmente ocasionar un buen progreso, pero en un alto costo unitario. El motivo de esto es el siguiente, si a una cuadrilla con un óptimo rendimiento se le añade otro trabajador, este aumentará el rendimiento de la cuadrilla pero aportará un rendimiento menor que los trabajadores que ya existen y a la larga el aporte a la productividad de cada trabajador nuevo será nulo y más caro."

La U.S. Army Corps of Engineers entrega el *gráfico 4.6* que es útil para estimar las pérdidas de productividad laboral de una cuadrilla que está sobrecargándose de mano de obra, al cual se ingresa mediante la siguiente fórmula:

$$\%\ \text{CROWDING} = \left(\left(\frac{\text{Mano de Obra Real}}{\text{Mano de Obra Programada}}\right) - 1\right) \times 100$$

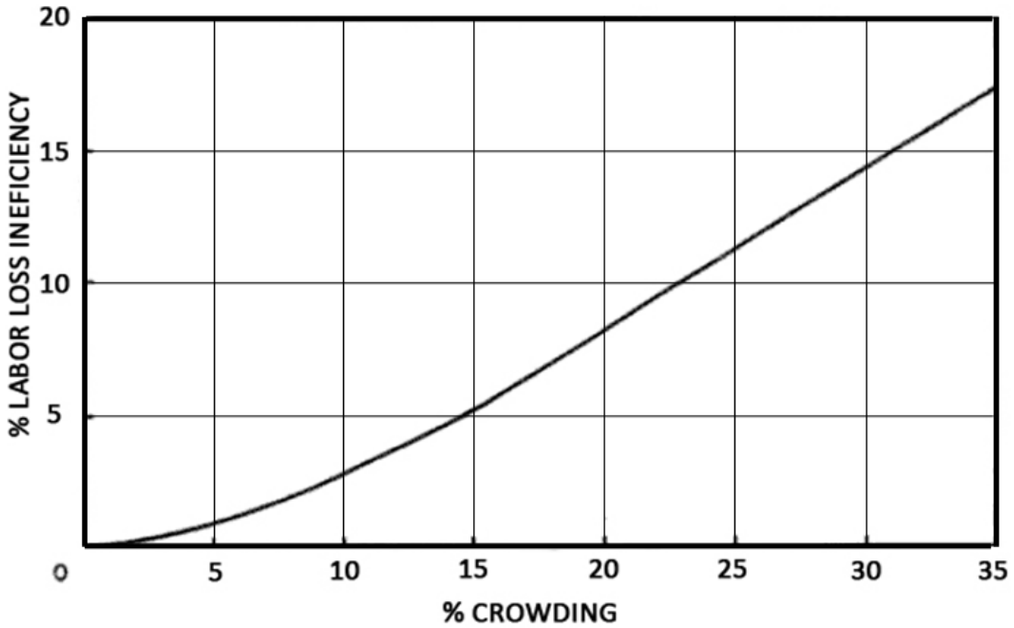

Gráfico 4.6: *Efecto del exceso de mano de obra en la eficiencia.*
Fuente: *Schwartzkopf, W. (2004)*

Esta metodología trabaja sobre la base de que la mano de obra establecida originalmente es la óptima.

CAPÍTULO V
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ESTUDIADA EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PROVINCIA DE LLANQUIHUE.

5.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se emplean las metodologías estudiadas en un proyecto de construcción desarrollado en la provincia de Llanquihue, en primer lugar se aplicará un método de control de productividad laboral con el que se medirá el desempeño de la mano de obra.

Luego, mediante la aplicación de estudios internacionales se cuantificarán las pérdidas de productividad laboral producidas por causas externas, esto como fundamento a una solicitud de compensación por costos adicionales no considerados contractualmente, tomando como objeto de análisis la etapa de obra gruesa, la cual fue sometida a continuas alteraciones en su normal desarrollo.

El proyecto en cuestión trata de un hotel-casino del sur de Chile, los datos e información utilizados a continuación fueron obtenidos de controles desarrollados por la empresa constructora en los cuales participó del autor del presente trabajo.

5.2. APLICACIÓN DE UN MÉTODO DE CONTROL DE PRODUCTIVIDAD LABORAL

5.2.1. Objetivo.

Controlar la productividad (de rendimientos y costos) de la mano de obra en actividades relevantes (hormigón, moldaje, enfierradura, etc.) o en forma global por medio de un factor o índice que nos muestre cuan eficiente somos administrando los recursos que disponemos en nuestro proyecto, generando información de forma oportuna como herramienta administrativa para mejorar la toma de decisiones.

5.2.2. Índices de control

En la literatura estudiada se estableció que la eficiencia en la construcción es la utilización en forma óptima de los recursos para el cumplimiento del trabajo. Como el objeto de control es la mano de obra, intervienen dos recursos principales, *tiempo y dinero.* Para controlar su comportamiento en el desarrollo del proyecto se utilizan los siguientes índices o factores de productividad:

i. **Factor de Desempeño:** es un factor muy útil que permite medir cuan eficiente el uso de las horas hombre disponible para la ejecución de los trabajos, pues permite obtener una mirada objetiva de los rendimientos de la mano de obra.

$$\text{Factor de Desempeño} = \frac{\sum \text{HH Gastada}}{\sum \text{HH Ganada}}$$

HH Gastada: es la cantidad total de horas hombre utilizadas para la cantidad de trabajo realmente ejecutado.

HH Ganadas: es la cantidad de horas hombre que se debiera utilizar según los rendimientos presupuestados para la cantidad de trabajo realmente ejecutado.

Un Factor de desempeño inferior a 1,0 nos dice que el trabajo se efectúa con un rendimiento igual o mejor al programado, es decir se gastan menos horas hombres que las presupuestadas para el trabajo. A su vez, un Factor de Desempeño superior a 1,0 señala que la mano de obra rinde menos de lo esperado, es decir se gastan más horas hombres de lo planificado.

ii. **Factor de costo:** es un factor muy importante pues indica la relación entre los costos incurridos y los planificados, es un índice crítico pues mide el desempeño en la gestión del presupuesto.

$$\text{Factor de Costo} = \frac{\sum \text{Costo Gastado}}{\sum \text{Costo Ganado}}$$

Costo Gastado: es el costo en que se ha incurrido en mano de obra durante el trabajo ejecutado, en otras palabras es el costo real de las HH gastadas.

Costo Ganado: es el costo ideal del trabajo que se debiera realizar, es decir, es el costo de las HH ganadas según los costos del presupuesto.

Un Factor de Costo inferior a 1,0 señala se incurre en gastos menores a lo planificado, es decir se ahorra. Por el contrario, si el Factor de Costo es superior a 1,0 señala que los gastos exceden lo esperado, es decir, se pierde dinero.

iii. **Factor costo-desempeño:** el factor costo-desempeño en una medida de la eficiencia con la que se utilizan ambos recursos, mide el grado de compensación del Factor de desempeño y el Factor de Costo. Esta medición es útil cuando alguno de los factores anteriores tiene valores muy dispares y entrega una idea de la posibilidad de recuperación del proyecto, compensado costos con horas hombre o viceversa.

$$\text{FCD} = \text{Factor de Desempeño} \times \text{Factor de Costo}$$

Estos índices también son útiles para que conforme avanzan las faenas el contratista pueda desarrollar proyecciones del trabajo ejecutado. Es así que con el Factor de Costo se puede generar una estimación aproximada del costo final del proyecto, considerando que las tendencias que han caracterizado la obra hasta la fecha se mantendrá en el trabajo restante, esto mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo Final} = \text{Costo Presupuestado} \times \text{Factor de Costo}$$

5.2.3. ¿Dónde se obtiene la información necesaria?

a) **Información de presupuesto:** es la información disponible en el itemizado de contrato, tales como, rendimientos y el valor a pagar a la mano de obra, es la base de los valores

ganados, su utilidad es la comparación con valores medidos en terreno, que es la base de los valores gastados.

b) Horas Hombre (HH): es una unidad de medida establecida en función del trabajo realizado por una persona durante una hora y su control se debe abordar desde dos puntos:

(1) *Control de HH en terreno:* es el seguimiento al gasto de HH por actividades según la especialidad de quienes desempeñan el trabajo. Por medio de este control se debe tener la capacidad de determinar cómo se distribuyen o utilizan las HH en forma diaria según las faenas ejecutadas.

(2) *Control de HH por planilla:* es un control comúnmente realizado por el departamento de administración de personal, debe entregar la información de cuantas horas hombre se utilizan en forma diaria, su finalidad es complementar y cuadrar el control realizado en terreno para trabajar con valores ajustados a la realidad.

c) Porcentaje de avances de obra: es una medición de la cantidad porcentual de trabajo ejecutado ya sea semanal, mensual, etc. (según los periodos de tiempo que se deseen o se puedan utilizar). Con el avance de obra se determinan las horas hombre ganadas para su comparación con las realmente gastadas.

d) Costo real de mano de obra: es el real pagado al personal directo (jornales, carpinteros, enfierradores, albañiles, etc.). Esta información es proporcionada mensualmente por el personal encargado de administrar las remuneraciones de los trabajadores y el objetivo es determinar el costo real de la HH pagado por la empresa según la especialidad de la mano de obra.

El procedimiento de la información registrada para la obtención de los factores se expresa mediante la siguiente figura:

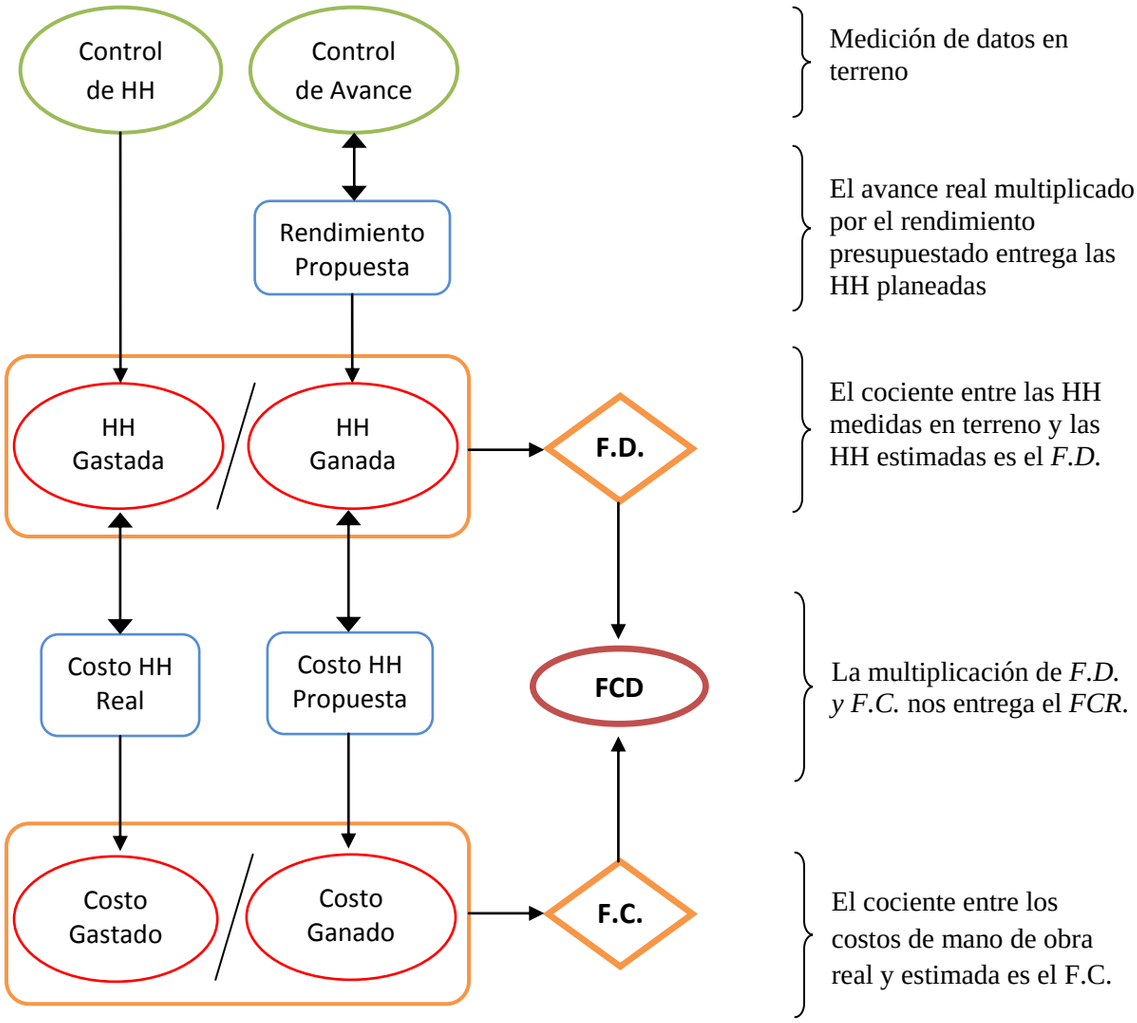

Figura 5.1: *Diagrama de Procesamiento de la Información*
Fuente: *Elaboración Propia*

5.2.4. Experiencia en el proyecto.

Este control de productividad se desarrolló en el transcurso del proyecto, las mediciones de avance de las diferentes partidas eran controladas por personal de oficina técnica y el detalle del gasto de horas hombre era informado por medio de reporte de terreno elaborado por los capataces de cada cuadrilla.

El registro de la información y cálculo de factores de productividad se realiza por medio de una planilla Excel, la que abarca todas las partidas del proyecto a medir, el ejemplo que sigue corresponde a una medición realizada al finalizar el plazo para la ejecución de la obra gruesa.

La tabla 5.1 corresponde al Factor de Desempeño acumulado, muestra que al finalizar el plazo para la ejecución de la obra gruesa el indicador está sobre el ideal, ya que el gasto de horas hombre supera notablemente lo planeado.

$$\text{Factor de Desempeño} = \frac{\sum \text{HH Gastada}}{\sum \text{HH Ganada}} = \frac{76.938\ \text{HH}}{60.228\ \text{HH}} = 1{,}28$$

FACTOR DE DESEMPEÑO									
Item	Cantidad (UN)	Rend. (HH/UN)	Costo HH (UF/HH)	HH Total	Costo Total	Avance Acumulado	HH Gastadas	HH Ganado	Factor de Desem.
Hormigón H-35	2.535,3 m3	2,61	0,1152	6.607 HH	761,4 UF	2.213,3 m3	7.573 HH	5.768 HH	**1,31**
Moldaje de Muros	10.851,7 m2	2,33	0,1156	25.281 HH	2.923,0 UF	9.766,5 m2	27.185 HH	22.753 HH	**1,19**
Moldaje de Losas	5.979,6 m2	2,66	0,1157	15.912 HH	1.840,2 UF	5.262,0 m2	18.386 HH	14.002 HH	**1,31**
Acero Estructural	277,9 Ton	70,00	0,1154	19.456 HH	2.244,4 UF	252,9 Ton	23.794 HH	17.705 HH	**1,34**
GLOBAL OBRA GRUESA				**67.255 HH**	**7.769,0 UF**	**89,6%**	**76.938 HH**	**60.228 HH**	**1,28**

Tabla 5.1: *Factor de desempeño acumulado en obra gruesa*
Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 5.2 señala el Factor de Costo acumulado, al igual que en la tabla anterior el factor se encuentra por sobre el ideal, en este caso observamos que los costos en mano de obra gastados son notablemente superiores a lo presupuestado al finalizar el plazo.

$$\text{Factor de Costo} = \frac{\sum \text{Costo Gastado}}{\sum \text{Costo Ganado}} = \frac{9.274{,}0\ \text{UF}}{6.957{,}2\ \text{UF}} = 1{,}33$$

FACTOR DE COSTO									
Item	Cantidad (UN)	Rend. (HH/UN)	Costo HH (UF/HH)	HH Total	Costo Total	Avance Acumulado	Costo Gastado	Costo Ganado	Factor de Costo
Hormigón H-35	2.535,3 m3	2,61	0,1152	6.607 HH	761,4 UF	2.213,3 m3	912,9 UF	664,7 UF	**1,37**
Moldaje de Muros	10.851,7 m2	2,33	0,1156	25.281 HH	2.923,0 UF	9.766,5 m2	3.276,8 UF	2.630,7 UF	**1,25**
Moldaje de Losas	5.979,6 m2	2,66	0,1157	15.912 HH	1.840,2 UF	5.262,0 m2	2.216,2 UF	1.619,4 UF	**1,37**
Acero Estructural	277,9 Ton	70,00	0,1154	19.456 HH	2.244,4 UF	252,9 Ton	2.868,1 UF	2.042,4 UF	**1,40**
GLOBAL OBRA GRUESA				**67.255 HH**	**7.769,0 UF**	**89,6%**	**9.274,0 UF**	**6.957,2 UF**	**1,33**

Tabla 5.2: *Factor de Costo acumulado*
Fuente: *Elaboración propia*

Luego, con los valores anteriores se calcula el factor costo-rendimiento como sigue:

$$\text{Factor Costo} - \text{Dempeño} = 1{,}28 \times 1{,}33 = 1{,}70$$

El Factor Costo-Desempeño muestra un valor muy superior a 1,0 por lo que las posibilidades de recuperación del proyecto por si solo es improbable, pues los impactos en la productividad de la mano de obra registrados (y que se verán más adelante) impedían un normal desarrollo del trabajo.

Los indicadores anteriormente señalados se muestran en el *gráfico 5.1*, cada una de las curvas representa la evolución semanal de los factores a través del transcurso de la obra gruesa, esta situación representa un escenario de pérdida de productividad laboral y será analizado en el siguiente capítulo.

PRODUCTIVIDAD ACUMULADA			
Periodo	FD	FC	FCD
Sem 6	0,81	0,82	0,66
Sem 7	0,81	0,85	0,69
Sem 8	0,82	0,88	0,72
Sem 9	0,84	0,91	0,76
Sem 10	0,85	0,93	0,79
Sem 11	0,85	0,94	0,80
Sem 12	0,86	0,95	0,82
Sem 13	0,87	0,97	0,84
Sem 14	0,88	0,98	0,86
Sem 15	0,89	1,00	0,89
Sem 16	0,91	1,03	0,94
Sem 17	0,93	1,05	0,98
Sem 18	0,95	1,07	1,02
Sem 19	0,97	1,11	1,08
Sem 20	1,00	1,13	1,13
Sem 21	1,03	1,15	1,18
Sem 22	1,05	1,17	1,23
Sem 23	1,08	1,19	1,29
Sem 24	1,13	1,22	1,38
Sem 25	1,17	1,24	1,45
Sem 26	1,22	1,27	1,55
Sem 27	1,28	1,33	1,70

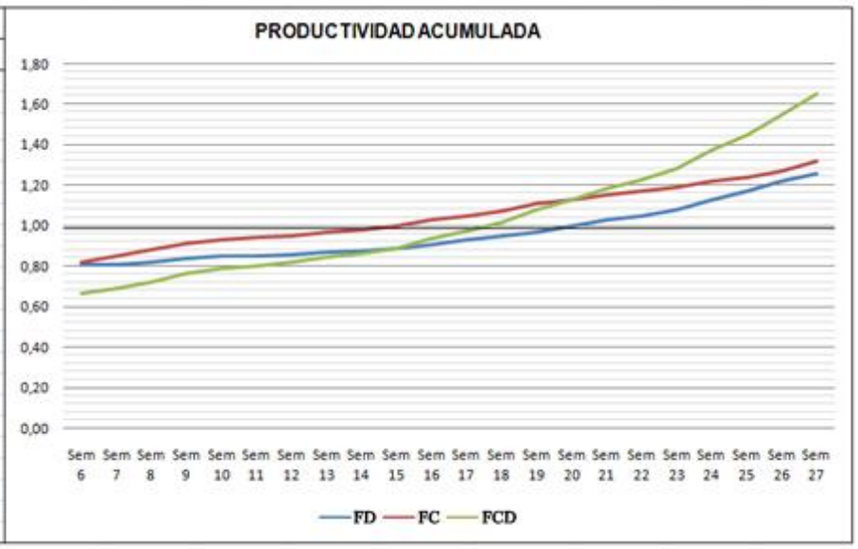

Gráfico 5.1: *Productividad laboral acumulada obra gruesa.*
Fuente: *Elaboración Propia*

5.3. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL COMO FUNDAMENTO PARA SOLICITUDES DE COMPENSACIÓN DE COSTOS

5.3.1. Objetivo.

El objetivo principal es proporcionar una herramienta de cuantificación de costos que pueda ser empleada como apoyo en una solicitud de compensación de costos por pérdidas de productividad laboral.

5.3.2. Antecedentes del proyecto

En su primera etapa la obra gruesa se caracteriza por retomar un edificio que ya se encontraba en proceso de construcción (dos niveles de subterráneos) donde queda en evidencia diferencias importantes entre la estructura existente en terreno en contraposición con los planos de construcción y arquitectura vigentes en ese periodo.

Esta situación se tradujo en la continua formulación de consultas, periódicas visitas del ingeniero calculista a la obra para dar soluciones en terreno, la necesidad de realizar levantamientos topográficos de los elementos estructurales existentes en terreno para su adecuación por parte de arquitectura, etc., teniendo que dar muchas veces para cada uno de los elementos a hormigonar una solución particular para realizar la adaptación entre los elementos estructurales existentes y los proyectados, previa aprobación de la inspección técnica de obra y la oficina de arquitectura.

Este proceso se vio acompañado de numerosas demoliciones para reemplazar armaduras que se encontraban dañadas e instalar nuevos elementos que fueron omitidos en el desarrollo de la construcción con anterioridad a la llegada de constructora.

Producto de las diferencias en el trazado, la oficina de arquitectura generó nuevos planos estructurales denominados con la sigla “EC”, que fueron entregados durante el transcurso de la obra y permitieron dar solución a dichas incongruencias, no obstante, en reiteradas ocasiones estas incongruencias fueron muy significativas, superando el diseño planteado en los planos de estructura vigentes, lo que obliga el reformularse consultas y la obvia espera por una solución por parte del ingeniero calculista.

Por otro lado, durante el proceso de construcción gran parte de las modificaciones que se generaron en terreno producto de la aplicación de los planos “EC”, no fueron actualizadas en los planos de estructura, ocasionando un problema sistemático en la obra, ya que en el caso de la enfierradura, esta fue contratada con su preparación (cortado y doblado) en la ciudad de Santiago, teniendo que estar permanentemente en terreno realizando modificaciones para estar acorde a los nuevos planos, esto con recursos adicionales y no presupuestado.

En resumen, todas estas diferencias generadas por la llegada de los planos “EC” obligan a realizar permanentes consultas a las Inspección Técnica en busca de una solución lo que significa una inherente demora y reprogramación de actividades.

En el área de la obra denominado “Sector Caudales”, la obra gruesa fue modificada en forma permanente sin tener a tiempo la actualización de los planos de estructuras y planos “EC”, trabajando muchas veces con indicaciones verbales y croquis realizados en terreno. Esto no permite realizar una planificación adecuada y continúa para este sector, quedando en evidencia todas las modificaciones que reiteradamente se han realizado (abertura, cierre y ensanche de vanos, muros nuevos entre pisos, modificación de coronación de muros, cambios en estructura metálica, etc.).

Todos estos problemas, sin duda han afectado de manera considerable la planificación y han generado pérdida de productividad laboral en la ejecución del proyecto.

5.3.3. Determinación de causas que afectaron al proyecto.

Las causas a determinar buscan evaluar el mayor costo que significó a la empresa constructora las pérdidas de productividad de la mano obra debido a las alteraciones en el desarrollo de la obra gruesa originalmente contratada. Dichas alteraciones, como es sabido, han causado pérdidas de productividad laboral o de la mano de obra, las que se expresan en horas hombre adicionales no cubiertas por el presupuesto ni por cobros de obras adicionales.

A continuación en base a las características presentadas en el desarrollo del proyecto en cuestión, se procederá a determinar las causas que impactaron en la programación y ocasionaron pérdidas de productividad laboral en la etapa de obra gruesa y que han sido objeto de estudio en el capítulo anterior:

i. Se observa en el desarrollo del proyecto constantes interrupciones al flujo normal del trabajo producto de indefiniciones estructurales, modificaciones sobre la marcha de los trabajos en ejecución, entrega tardía o inoportuna de planos, etc. por parte de la oficina de arquitectura (la cual no representa responsabilidad de la empresa constructora), bajo

estas condiciones se deduce que el proyecto fue afectado en su productividad por ***Interferencias*.**

ii. El evidente impacto negativo del punto anterior ocasiona un desarrollo anómalo del programa de trabajo del proyecto el que se expresa en el retraso de las faenas, por lo que se incurrió en la implantación de un prolongado régimen horario de horas extras para mitigar esta situación, por ende, el transcurso de los trabajos se vio perturbado por ***Sobretiempo*.**

iii. Permanentemente en el proyecto se introdujeron trabajos adicionales a los ya estipulados contractualmente y su vez aumentos de obra producto de los reiteradas solicitudes de cambios al proyecto original, por lo que evidentemente el proyecto vio afectada su productividad por ***Órdenes de Cambio*.**

Las anomalías observadas con anterioridad resultan en mayores horas hombre gastadas con respecto a lo presupuestado inicialmente, ya que bajo el escenario de un contrato a suma alzada se entiende que la ingeniería de diseño del proyecto debe estar completamente definida y que el flujo de los trabajos se ejecuta en condiciones normales.

5.3.4. Condiciones originales del contrato

El contrato adjudicado principalmente contempla las siguientes cantidades de obra:

ÍTEM	CANTIDAD
Hormigón	2.535 m^3
Moldaje	16.831 m^2
Enfierradura	277.936 kg

Tabla 5.3: *Principales Volúmenes de Obra Gruesa Hotel.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

Contractualmente, el programa del proyecto estipula las siguientes fechas:

HITO	FECHA
Inicio de Construcción	21-01-2008
Termino de Obra Gruesa	05-08-2008
Termino Total de Obra	17-10-2008
Plazo programado para obra gruesa	183 días

Tabla 5.4: *Hitos del proyecto.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

Según contrato las horas hombres disponibles para ejecutar la obra gruesa son:

ÍTEM	CANTIDAD	UN.	RENDIMIENTO HH/UN	TOTAL HH
Hormigón H-35	**2.535, 3**	**m3**	**2,61**	**6.606,7**
Jornal			0,80	2032,0
Concretero			1,40	3.558,1
Albañil 1ra			0,40	1.016,6
Moldaje de muros, pilares y vigas	**10.851,7**	**m2**	**2,33**	**25.281,3**
Jornal			0,52	5.614,3
Carpintero 2da			1,09	11.800,7
Ayudante			0,72	7.866,3
Moldaje de losas	**5.979,6**	**m2**	**2,66**	**15.911,7**
Jornal			0,57	3.399,9
Carpintero 2da			1,26	7.507,4
Ayudante			0,84	5.004,4
Acero estructural	**277.936,1**	**kg**	**0,07**	**19.455,5**
Enfierrador			0,07	19.455,5
TOTAL				**67.255 HH**

Tabla 5.5: *Horas Hombre Obra Gruesa.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

El monto total por concepto de mano de obra es el siguiente:

ESPECIALIDAD	HH TOTALES	VALOR UNI (UF/HH)	SUBTOTAL (UF)
Jornal	11.046,2	**0,09**	967,7
Ayudante	12.870,8	**0,10**	1.298,0
Concretero	3.558,1	**0,10**	372,3
Albañil 1ra	1.016,6	**0,14**	142,7
Carpintero 2da	19.308,1	**0,13**	2.459,3
Enfierrador	19.455,5	**0,13**	2.529,2
TOTAL UF			**7.769 UF**

Tabla 5.6: *Monto total mano de obra hotel.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

Según la información reunida del proyecto en cuestión, el valor promedio en UF de la hora hombre utilizado en el cálculo de los costos por pérdidas de productividad laboral será el cociente entre el monto total disponible de la mano de obra y total horas hombre.

$$\text{Costo Promedio de la mano de obra} = \frac{\text{Total UF}}{\text{Total HH}} = \frac{7.769\ \text{UF}}{67.255\ \text{HH}} = \mathbf{0,115\ UF/HH}$$

5.3.5. Registros de impactos a la productividad laboral

a) Solicitudes de aclaración (S.A.)

Las indefiniciones e incongruencia de planos de propuesta se tradujeron en numerosas solicitudes de aclaraciones, las cuales se fueron generando en directa relación a la entrega de la información para construir. Todo esto se puede observar a continuación en las tablas y gráficos expuestos hasta la fecha que señala el fin de la obra gruesa:

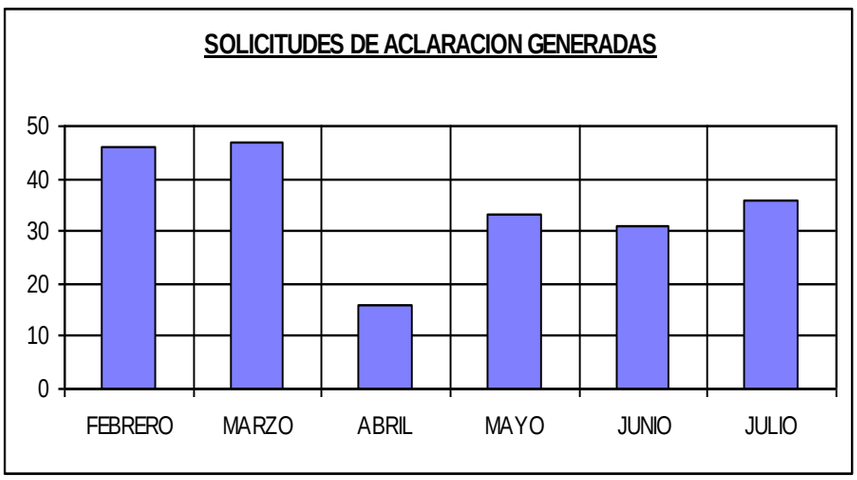

Gráfico 5.2: *Solicitudes de Aclaraciones por mes.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

PERIODO	CANTIDAD DE S.A.	DÍAS PROMEDIO DE RESPUESTA
Febrero	46	5,5
Marzo	47	26,9
Abril	16	13,7
Mayo	33	16,0
Junio	31	40,6
Julio	36	14,8
TOTAL	**209**	**19,4**

Tabla 5.7*: Días promedio de respuestas a solicitud de aclaraciones.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

b) Entrega de planos para construcción

Por medio de una carta (fundamental para dejar precedente de lo acontecido) se señaló que al momento de la entrega del terreno el 21 de enero del 2008 para iniciar las obras de construcción, no se contaba con todos los planos aptos para construir, esta condición fue debidamente indicada en el programa de obra, si bien se contaba con el 95% de los planos estructurales aptos para construcción, esta información no se podía materializar considerando las discrepancias de la estructura existente en terreno y las incongruencias con planos de arquitectura vigente a esa fecha. El proceso de entrega de nuevas revisiones de los planos de estructuras se ve a continuación:

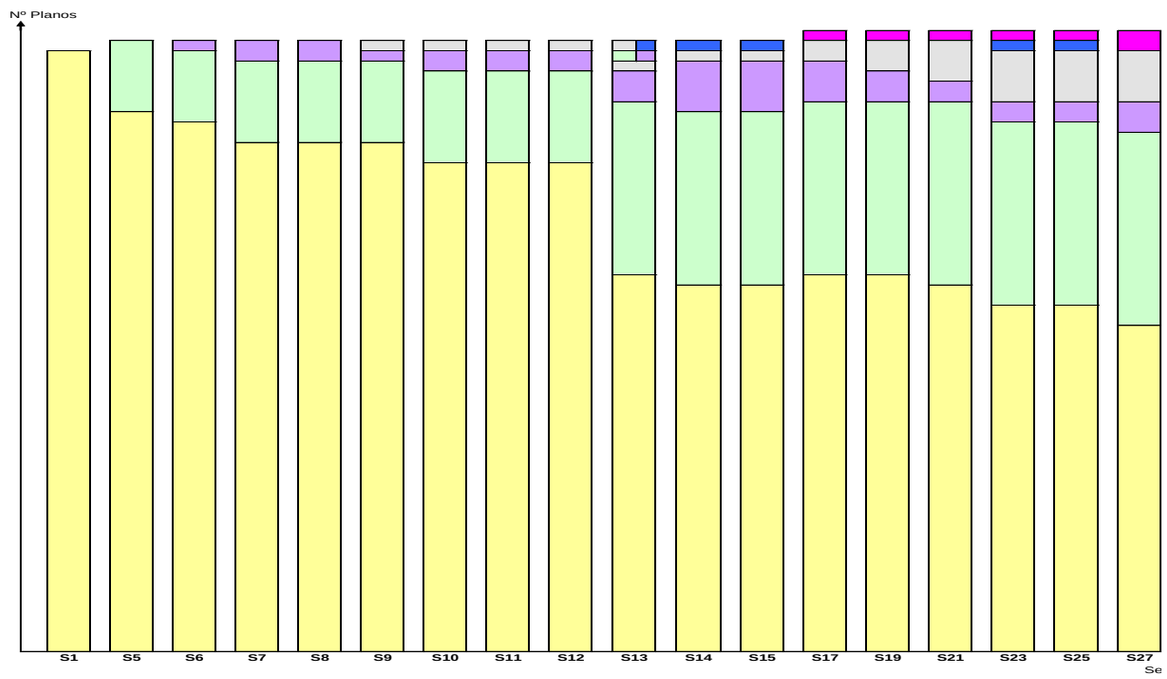

Gráfico 5.3: *Entrega de planos de estructuras.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

1ª Revisión
2ª Revisión
3ª Revisión
4ª Revisión
5ª Revisión
6ª Revisión

El gráfico señala la cantidad de planos y sus revisiones entregadas desde el día 04 de Febrero de 2008, según Libro de obra. Se puede apreciar que algunos planos han sido modificados dentro de la misma semana como consecuencia de la inconsistencia y la falta de información para programar faenas y recursos.

La llegada de los planos "EC ocurrió durante el desarrollo de la obra no pudiendo visualizar con la debida anticipación las diferencias existentes, teniendo que formular las consultas en plazos cercanos a la ejecución de las actividades con una respuesta tardía respecto a la planificación y mermando la capacidad de reacción que tendría cualquier obra. Estos atrasos impactaron los plazos de la obra y la productividad de la misma. A continuación se muestra el listado de planos y revisiones respectivas vigentes al fin de la obra gruesa:

AREA	PLANOS POR ESPECIALIDAD	DESCRIPCION	FECHA ENTREGA 1º REVISION	FECHA ENTREGA ULTIMA REVISION	Nº REV.
FUNDACIONES	CALCULO	PLANTA FUNDACION	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	PLANTA ARMADURA FUNDACION	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	PLANTA ARMADURA FUNDACION (REFUERZOS)	31/01/2004	31/01/2004	1
SUBTERRANEO -2	CALCULO	PLANTA ESTRUCTURA CIELO 2º SUBTERRANEO	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 2º SUBTERRANEO ARMADURA INFERIOR	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 2º SUBTERRANEO ARMADURA SUPERIOR	31/01/2004	31/01/2004	1
SUBTERRANEO -1	CALCULO	PLANTA ESTRUCTURA CIELO 1º SUBTERRANEO	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 1º SUBTERRANEO ARMADURA INFERIOR	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 1º SUBTERRANEO ARMADURA SUPERIOR	31/01/2004	31/01/2004	1
PRIMER PISO	CALCULO	PLANTA ESTRUCTURA CIELO 1º PISO	31/01/2004	18/05/2004	6
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 1º PISO	31/01/2004	28/04/2004	3
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 1º PISO SUPLES	31/01/2004	31/01/2004	1
ENTREPISO	CALCULO	PLANTA ESTRUCTURA CIELO Eº PISO Y PLANTA ESTRUCTURA CIELO NIVEL +6.30	31/01/2004	06/04/2004	3
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO Eº PISO	31/01/2004	31/01/2004	1
SEGUNDO PISO	CALCULO	PLANTA ESTRUCTURA CIELO 2º PISO	31/01/2004	28/04/2004	2
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 2º PISO	31/01/2004	28/04/2004	2
TERCER PISO	CALCULO	PLANTA ESTRUCTURA CIELO 3º PISO	31/01/2004	28/04/2004	2
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 3º PISO	31/01/2004	31/01/2004	1
CUARTO PISO	CALCULO	PLANTA ESTRUCTURA CIELO 4º PISO	31/01/2004	28/04/2004	2
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 4º PISO	31/01/2004	31/01/2004	1
QUINTO PISO	CALCULO	PLANTA ESTRUCTURA CIELO 5º PISO	31/01/2004	28/04/2004	2
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 5º PISO -REFUERZOS TIPICOS	31/01/2004	31/01/2004	1
SEXTO PISO	CALCULO	PLANTA ESTRUCTURA CIELO 6º PISO	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	PLANTA LOSA CIELO 6º PISO	31/01/2004	31/01/2004	1
TECHUMBRE +7,70	CALCULO	PLANTA TECHUMBRE NIVEL +7.63	08/05/2004	08/05/2004	1
	CALCULO	ELEV. CERCHA C1-ELEV. VIGA RETICULAR	28/04/2004	06/07/2004	3
TECHUMBRE +7,70	CALCULO	PLANTA TECHUMBRE PORTAL DE ACCESO	31/01/2004	06/08/2004	2
	CALCULO	CERCHAS PORTAL DE ACCESO	31/01/2004	06/08/2004	3
TECHUMBRE +23,38	CALCULO	PLANTA TECHUMBRE SALA DE MAQUINAS	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	CERCHAS SALA DE MAQUINAS	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	PLANTA TECHUMBRE - DETALLES	31/01/2004	31/01/2004	1
	CALCULO	TIJERALES - DETALLES	31/01/2004	31/01/2004	1
AREA	PLANOS POR ESPECIALIDAD	DESCRIPCION	FECHA ENTREGA 1º REVISION	FECHA ENTREGA ULTIMA REVISION	Nº REV.
FUNDACIONES	TRAZADO	-	-	-	-
SUBTERRANEO -2	TRAZADO	-	-	-	-
SUBTERRANEO -1	TRAZADO	-	-	-	-
PRIMER PISO	TRAZADO	PLANTA ARQUITECTURA SECTOR LOBBY - 1º PISO	13/02/2004	28/02/2004	2
	TRAZADO	ESTRUCTURA NUCLEO DE CIRCULACION Nº4 NIVEL +0.00	27/03/2004	27/03/2004	1
	TRAZADO	ESTRUCTURA LOSA, NIVEL +3.65	23/04/2004	23/04/2004	1
ENTRE PISO	TRAZADO	PLANTA ARQUITECTURA SECTOR RESTAURANT	16/03/2004	16/03/2004	1
	TRAZADO	ESTRUCTURA LOSA, NIVEL +3.65	24/04/2004	25/04/2004	2
	TRAZADO	ESTRUCTURA LOSA, NIVEL +6.30	24/04/2004	24/04/2004	1
SEGUNDO PISO	TRAZADO	PLANTA ESTRUCTURA, NIVEL +7.70	06/04/2004	05/05/2004	2
TERCER PISO	TRAZADO	PLANTA ESTRUCTURA, NIVEL +10.85	11/05/2004	11/05/2004	1
CUARTO PISO	TRAZADO	PLANTA ESTRUCTURA, NIVEL +14.00	11/05/2004	11/05/2004	1
QUINTO PISO	TRAZADO	PLANTA ESTRUCTURA, NIVEL +17.15	11/05/2004	11/05/2004	1
SEXTO PISO	TRAZADO	PLANTA ESTRUCTURA, NIVEL +20.30	26/06/2004	06/08/2004	2
TECHUMBRE +7,70 Techumbre casin	TRAZADO	-	-	-	-
TECHUMBRE +7,70 Pórtico	TRAZADO	PORTICO DE ACCESO , ELEVACIONES Y PLANTA	24/07/2004	24/07/2004	1
TECHUMBRE +23,38	TRAZADO	PLANTA ESTRUCTURA, NIVEL +23.38	26/06/2004	10/08/2004	2

Tabla 5.8: *Listado de planos de obra gruesa.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

5.3.6. Estimación de costos por pérdidas de productividad laboral

a) Interferencias

Durante la obra gruesa del Hotel sucedieron una serie de interferencias e interrupciones al flujo normal del trabajo. Estas interrupciones se debieron principalmente a:

- Atraso en entrega de planos e información para construir lo que demoraba la ejecución de determinadas fracciones de obra que ya habían comenzado.
- Consultas por indefiniciones y/o contradicciones en los planos, las que obligan a detener el trabajo y hacer las consultas a través del documento "Solicitud de aclaración".
- Instrucciones del mandante que detenían los trabajos mientras se aclaraban dudas por parte de arquitectura.

Las solicitudes de aclaración se resolvían a través de una respuesta en el mismo documento, en el libro de obra o durante una reunión de trabajo entre el contratista y el mandante.

El trabajo de obra gruesa en este caso es un trabajo repetitivo que consta de ciclos de armado de enfierradura, moldaje y hormigonado, repitiéndose esta secuencia a medida que se avanza. La productividad y los rendimientos presupuestados por la empresa constructora están basados en el supuesto de un trabajo normal donde este ciclo repetitivo puede fluir continuamente sin interrupciones por problemas de diseño, tal como se estableciera en el contrato en el artículo 13, letra c) del anexo nº 3 del acta de acuerdo:

> "Nuestra oferta ha sido elaborada a partir de los antecedentes aportados por el Mandante para tal efecto, por lo que, eventuales mayores costos producto de omisiones, errores, discrepancias o falencias del proyecto, serán de cargo de éste. Así mismo, hemos supuesto que los proyectos de especialidades fueron elaboradas en consecuencia con la normativa aplicable, son técnica y físicamente ejecutable y sin interferencias, de manera

que las eventuales carencias de detalles y especificaciones, pasadas en obra gruesa y terminaciones, divergencias, dualidades, etc., han sido resueltas por el proyectista en la etapa de diseño o, al menos, antes de llamar a licitación por las obras.”

En este proyecto, la cantidad de interrupciones por indefiniciones y demoras de información fue realmente significativa. Para evaluar la cantidad de interrupciones ocurridas en esta obra se ha hecho una selección de casos más emblemáticos en desmedro de otros problemas que aparecen en los registros de la obra:

Documento Referencia	Plano	Descripcion del Problema	Elemento	Sector	Nivel	Fecha consulta	Fecha respuesta	Días Resp	Días Correg.	Incide	Causa	Fecha hormigonado	DI
CAL	PE 06 PE 55 PE 55 PE 25 PE 06	Discrepancias planos: Problema de geometria de elementos y falta de detalles de enfierradura.	Pilar Muro	Eje B/12 Eje A-A1	+0,00	06-02-08	11-02-08	5	2	SI	Se atrasaron trabajos en la construccion de las elevaciones del primer piso.		2
HCPV004-2008	PLANOS DE ELEVACIONES 1ER NIVEL	Existen diferencias entre planos de cálculo y enfierradura existente.	Muros y Pilares	General	+0,00	11-02-08	15-02-08	4	1	SI	Se atrasa el inicio de la actividad teniendo que adaptar en terreno las armaduras existentes con los planos de cálculo.		1
MINUTA VISITA CALCULISTA	ELEVACIONES 1ER NIVEL	No se pueden iniciar la colocación de enfierradura en los ejes descritos en la carta.	Muros y Pilares	General	+0,00	11-02-08	21-02-08	10	7	SI	Se atrasa el inicio de la actividad.		7
CAL	EC 03	Diferencia trazado muros entre los planos existentes y planos de trazado.	Muros	Todas las plantas	+0,00 +4,40 +7,70 +10,85 +14,00 +17,15 +20,30	14-02-08	22-02-08	8	5	SI	Las consultas realizadas generaron una versión nueva de planos de trazado, los cuales se tuvieron que adaptar a la construccion existente, según indicación de la ITO.	26-02-08	5
CAL	PE 06	Discrepancias en la geometria de elementos ubicaciones de vanos eje Q.	Vanos	Eje E Eje Q	+0,00	27-02-08	11-03-08	13	10	SI	Solución en nueva revisión de plano PE 28.		10
CAL	PE 06	Incongruencias entre planos de Cálculo y EC, Ubicación de insertos y pilares metálicos.	Muro	K-K1	+0,00	11-03-08	28-03-08	17	10	SI	Se retrasa el hormigonado de muros entrepiso.	28-03-08	10
INS	PROPAMAT 08	Distribución errada de artefa	Muros Machón	Entrepiso	+4,40	12-03-08	01-04-08	19	12	SI	Se retrasa el hormigonado de muros entrepiso.	08-04-08	12
CAL	PE 07 PE 26 PE 27	Discrepancias planos planta y elevación	Muros	C-F/Eje 6	+4,40	19-03-08	*26/03/2008	7 19	4	SI	Respuesta entregada en terreno.	28-03-08	4
CAL	PE 26 PE 8 PE 39	Detalles de enfierradura	Vigas Muros	Ejes 6-8	+ 13,93	22-05-08	22-05-08	1	0	SI	Se consulta telefónicamente con el proyectista.	22-05-08	0
CAL	PE 07 R12 EC04	Detalle enfierradura	Losa	Eje C/12 y 13	+7,70	13/06/2008	19/06/2008	6 14	3	SI	Se estructura según losa tipo nivel. Se entrega Ficha Modificatoria Nº3	19-06-08	3
INS	PROPAMAT 21-22-24-25	Distribución artefactos eléctricos	Muros	Habitaciones	+ 17,15 + 20,30	27-06-08	25-07-08	28	25	SI	Con feha 25-07-08 , la ITO paraliza hormigonado por ubicación artefactos eléctricos.El día 30-07 se	30-07-08	5
CAL	PE 39 R5 EC 09 R10	Dimensión muro Existencia vano	Muro	Eje 6/A-C	+23,38	22-07-08	25-07-08	3	0	SI	Se entrega ficha aclaratoria.		0

Días Correg.: Se considera que es razonable un plazo de 3 días para responder a una consulta.
por lo tanto al periodo de demora de respuesta le hemos descontado 3 días obteniendo los "Días Corregidos" o "días de interferencia".

Total DI: 59

Tabla 5.9: *Cuadro de interferencias.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

Se presenta la *tabla 5.9* con estos casos, indicando la cantidad de días de reacomodos, espera de respuestas y modificaciones que están documentadas en solicitudes de aclaración, libro de obra y planos, los que suman un total de 59 días.

Con antecedentes claros como los expuestos con anterioridad, que avalen un ciclo de interferencias al normal desarrollo de las faenas, damos paso a consultar la teoría estudiada en el cuarto capítulo. Se analizará el "Efecto Onda" (Ripple Effect) que evalúa el efecto de las interferencias en otros sectores de trabajo por medio del denominado índice de interferencia, en esta obra, la cantidad de días de interferencias, tomando solamente los casos más emblemáticos fue de 68 días como lo indica la *tabla 5.9* y el plazo estipulado de la obra gruesa es de 183 días, por lo tanto:

$$\text{Disruption Index} = \frac{\text{Número de Días de Interferencias}}{\text{Número de días de la obra}}$$

$$\text{Disruption Index} = \frac{59}{183}$$

$$\text{Disruption Index} = 0{,}32$$

Gráficamente:

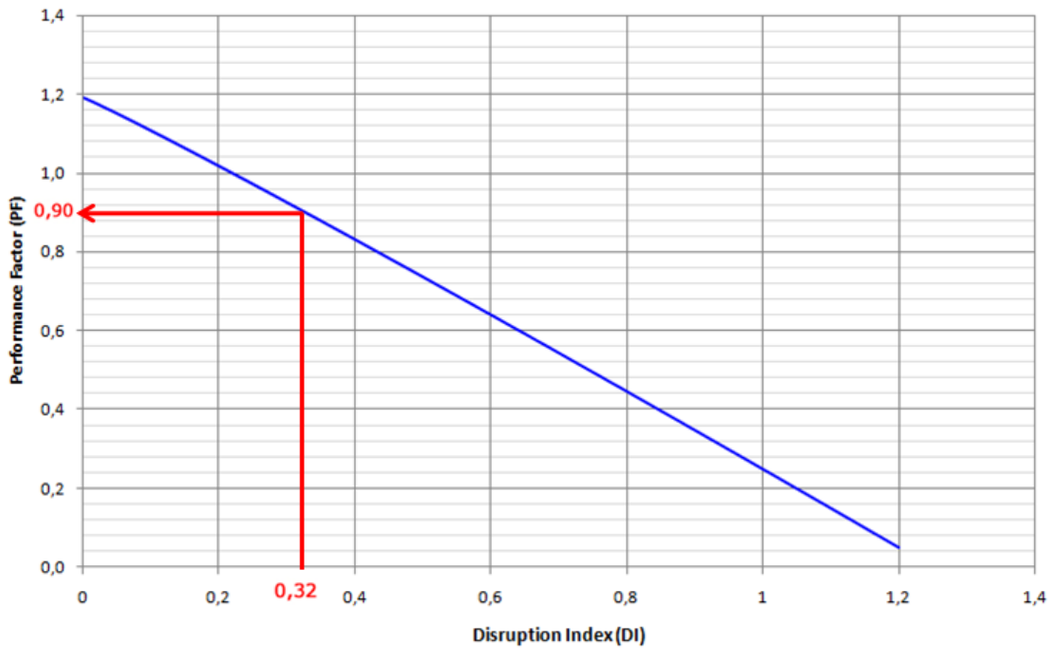

Gráfico 5.4: *Cálculo de Performance Factor por magnitud del efecto onda*
Fuente: *Schwartzkopf, W. (2004)*

Luego determinamos el Performance Factor a través del gráfico expuesto o mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Performance Factor} = 1{,}19 - 0{,}94 \times \text{ID}^{1{,}05}$$
$$\text{Performance Factor} = 1{,}19 - 0{,}94 \times (0{,}32)^{1{,}05}$$
$$\text{Performance Factor} = 0{,}904$$

Esto equivale a una pérdida de productividad del 10,6%, es decir para las 67.255 HH disponibles para la obra gruesa, se gastaron 7.173,7 HH adicionales por concepto de ineficiencias causadas por interferencias. Por lo tanto el costo de ineficiencias por interferencias e interrupciones durante la obra gruesa es:

- Costo de pérdidas por interferencias = 7.173,7 HH x 0.115 UF/HH = **825,0 UF**

b) Sobretiempo

En el transcurso de la obra gruesa la empresa constructora se vio en la obligación de asumir un régimen de trabajo con sobretiempo en forma sistemática para poder mitigar los atrasos producidos por las interferencias. La mayor permanencia diaria de las cuadrillas de trabajo también se debió a interrupciones y demoras durante la jornada de trabajo, que finalmente se resolvían de manera tardía y obligaban a prolongar la jornada de trabajo hasta más tarde.

Las cuadrillas debieron permanecer en promedio 1,4 horas extra cada día de la semana y además se adoptaron aproximadamente 6 horas extra cada sábado para poder recuperar los atrasos. Cabe señalar que el programa original de trabajo no contemplaba el uso de los días sábado. En promedio se trabajaron aproximadamente 13 horas extra cada semana durante un período continuo de 25 semanas, lo que da un total de 10.793 horas extras trabajadas, como se puede comprobar en las tablas a continuación:

Día	Fecha	Horas Extra	Nº trab. con HE
lun	4-feb	5	7
mar	5-feb	13	6
mié	6-feb	18	8
jue	7-feb	8	15
vie	8-feb	1	1
sáb	9-feb	30	6
dom	10-feb	0	0
lun	11-feb	0	0
mar	12-feb	38	16
mié	13-feb	1	1
jue	14-feb	2	9
vie	15-feb	6	7
sáb	16-feb	45	9
dom	17-feb	0	0
lun	18-feb	8	4
mar	19-feb	30	17
mié	20-feb	27	16
jue	21-feb	35	20
vie	22-feb	33	18
sáb	23-feb	60	12
dom	24-feb	0	0
lun	25-feb	34	21
mar	26-feb	41	23
mié	27-feb	59	25
jue	28-feb	38	25
vie	29-feb	13	11
sáb	1-mar	10	2
dom	2-mar	0	0
lun	3-mar	38	23
mar	4-mar	53	27
mié	5-mar	62	31
jue	6-mar	63	32
vie	7-mar	6	8
sáb	8-mar	140	28
dom	9-mar	0	0
lun	10-mar	32	16
mar	11-mar	60	33
mié	12-mar	42	30
jue	13-mar	49	31
vie	14-mar	13	35
sáb	15-mar	0	0
dom	16-mar	0	0
lun	17-mar	39	27
mar	18-mar	95	44
mié	19-mar	61	44
jue	20-mar	61	35
vie	21-mar	0	0
sáb	22-mar	0	0
dom	23-mar	0	0

Día	Fecha	Horas Extra	Nº trab. con HE
lun	24-mar	90	46
mar	25-mar	71	38
mié	26-mar	81	47
jue	27-mar	80	46
vie	28-mar	50	35
sáb	29-mar	99	19
dom	30-mar	0	0
lun	31-mar	15	14
mar	1-abr	66	35
mié	2-abr	88	49
jue	3-abr	77	44
vie	4-abr	84	45
sáb	5-abr	195	39
dom	6-abr	0	0
lun	7-abr	66	42
mar	8-abr	87	46
mié	9-abr	109	54
jue	10-abr	79	50
vie	11-abr	56	38
sáb	12-abr	245	49
dom	13-abr	0	0
lun	14-abr	69	42
mar	15-abr	73	48
mié	16-abr	64	40
jue	17-abr	40	25
vie	18-abr	0	0
sáb	19-abr	257	32
dom	20-abr	0	0
lun	21-abr	68	45
mar	22-abr	73	49
mié	23-abr	78	60
jue	24-abr	87	58
vie	25-abr	82	50
sáb	26-abr	332	51
dom	27-abr	0	0
lun	28-abr	69	51
mar	29-abr	74	57
mié	30-abr	50	42
jue	1-may		
vie	2-may	38	27
sáb	3-may	202	30
dom	4-may	0	0
lun	5-may	52	43
mar	6-may	41	36
mié	7-may	68	49
jue	8-may	48	32
vie	9-may	47	31
sáb	10-may	281	41
dom	11-may	0	0

Día	Fecha	Horas Extra	Nº trab. con HE
lun	12-may	63	39
mar	13-may	47	37
mié	14-may	45	35
jue	15-may	45	30
vie	16-may	10	19
sáb	17-may	157	22
dom	18-may	0	0
lun	19-may	36	28
mar	20-may	16	14
mié	21-may	125	20
jue	22-may	55	35
vie	23-may	47	34
sáb	24-may	255	30
dom	25-may	0	0
lun	26-may	43	30
mar	27-may	41	31
mié	28-may	39	28
jue	29-may	40	29
vie	30-may	34	22
sáb	31-may	92	15
dom	1-jun	0	0
lun	2-jun	31	30
mar	3-jun	22	20
mié	4-jun	34	36
jue	5-jun	64	30
vie	6-jun	47	41
sáb	7-jun	521	65
dom	8-jun	0	0
lun	9-jun	71	59
mar	10-jun	96	69
mié	11-jun	131	69
jue	12-jun	81	72
vie	13-jun	93	67
sáb	14-jun	315	41
dom	15-jun	0	0
lun	16-jun	13	13
mar	17-jun	69	54
mié	18-jun	58	51
jue	19-jun	60	50
vie	20-jun	62	53
sáb	21-jun	323	47
dom	22-jun	0	0
lun	23-jun	65	56
mar	24-jun	58	51
mié	25-jun	67	48
jue	26-jun	41	39
vie	27-jun	17	17
sáb	28-jun	154	24
dom	29-jun	0	0

Día	Fecha	Horas Extra	Nº trab. con HE
lun	30-jun	27	26
mar	1-jul	45	33
mié	2-jul	50	42
jue	3-jul	53	42
vie	4-jul	23	23
sáb	5-jul	214	32
dom	6-jul	0	0
lun	7-jul	23	24
mar	8-jul	60	41
mié	9-jul	39	38
jue	10-jul	46	42
vie	11-jul	34	27
sáb	12-jul	299	42
dom	13-jul	0	0
lun	14-jul	14	16
mar	15-jul	14	17
mié	16-jul	0	0
jue	17-jul	57	45
vie	18-jul	41	40
sáb	19-jul	253	37
dom	20-jul	0	0
lun	21-jul	49	39
mar	22-jul	35	35
mié	23-jul	70	51
jue	24-jul	46	36
vie	25-jul	21	31
sáb	26-jul	280	47
dom	27-jul	0	0
lun	28-jul	36	32
mar	29-jul	37	35
mié	30-jul	30	26
jue	31-jul	29	30

Tabla 5.10: *Detalle de Horas Extras*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

Semana	Día	Fecha	HE promedio Semanal	HE promedio Diario
1	dom	10-feb	11,19	1,86
2	dom	17-feb	9,48	1,58
3	dom	24-feb	13,90	2,32
4	dom	2-mar	13,43	2,24
5	dom	9-mar	13,30	2,22
6	dom	16-mar	7,14	1,19
7	dom	23-mar	6,74	1,12
8	dom	30-mar	13,93	2,32
9	dom	6-abr	13,36	2,23
10	dom	13-abr	13,52	2,25
11	dom	20-abr	14,38	2,40
12	dom	27-abr	13,92	2,32
13	dom	4-may	11,96	1,99
14	dom	11-may	13,58	2,26
15	dom	18-may	13,31	2,22
16	dom	25-may	20,10	3,35
17	dom	1-jun	13,17	2,19
18	dom	8-jun	14,38	2,40
19	dom	15-jun	14,65	2,44
20	dom	22-jun	12,66	2,11
21	dom	29-jun	12,12	2,02
22	dom	6-jul	12,51	2,09
23	dom	13-jul	12,91	2,15
24	dom	20-jul	10,79	1,80
25	dom	27-jul	11,56	1,93

Tabla 5.11: *Promedio de horas extra por semana.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

Como se puede apreciar en los datos anteriores y en el gráfico siguiente, se debió adoptar un régimen de trabajo de aproximadamente 58 horas semanales para mitigar y hacer frente a los cambios y demoras que se introducían constantemente durante la obra.

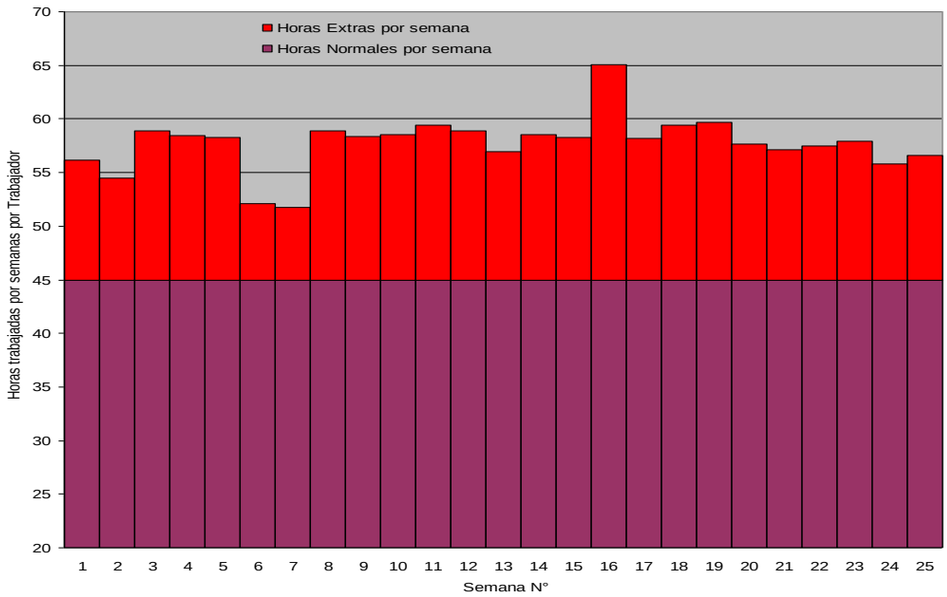

Gráfico 5.5: *Horas por trabajador por semana*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

Es evidente, que el régimen de horas extras que la empresa constructora debió asumir para hacer frente a las demoras producto de las interferencias, fue de tal magnitud que generó improductividad. Esta ineficiencia significa en la práctica que el contratista tuvo horas hombre pérdidas, es decir, menos horas hombre presupuestadas de lo que realmente se gastaba para la producción.

En este caso, la realidad de sobre tiempo de la obra se asemeja a la curva 6 x 10 *(Gráfico 5.6)* ya que se trabajaron 6 días a la semana y en promedio 13 horas extra a la semana. El período de sobre tiempo se prolongó por más de 25 semanas, lo que cae fuera del gráfico como puede verse a continuación, para la curva 6x10, el porcentaje de productividad cae al 60% cuando el período de sobre tiempo sobrepasa las 16 semanas y es el valor a utilizar por ser el máximo disponible en este caso.

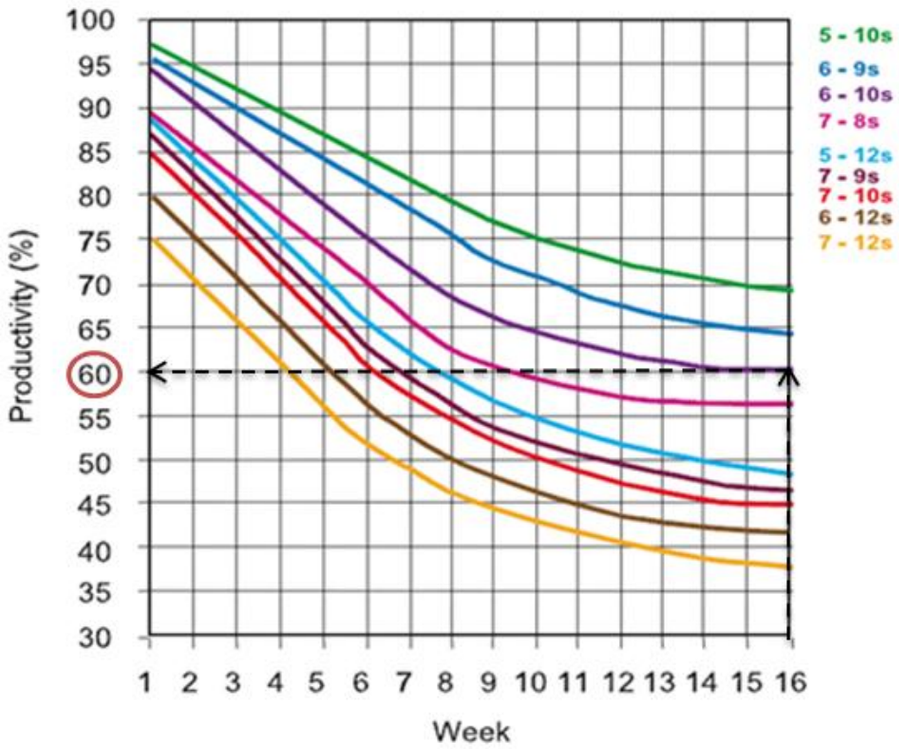

Gráfico 5.6: *Pérdida de productividad según régimen horario*
Fuente: *Brunies, R. (2001).*

Entonces, la productividad estimada del grupo de trabajadores que estuvo bajo régimen de sobre tiempo es de un 60% (o lo que es igual, un 40% de pérdida de productividad) según el gráfico anterior. Esto significa, que de un total de 10.793 HH gastadas en régimen de horas extras (ver *tabla n° 5.10*), 4.317 HH representan pérdida de productividad laboral.

El valor promedio de la HH según contrato es de 0,115 UF, pero cabe señalar que el valor de la HH es superior en un 50% durante trabajos en horario extraordinario (Artículo 32 del Código del Trabajo):

Valor HH Sobre tiempo = 1,5 x 0,115 = 0,17 UF

- Costo de pérdida por régimen de sobre tiempo = 4.317 HH x 0,17 UF = **733,9 UF**

c) Órdenes de cambio

Durante la obra gruesa se introdujeron una serie de cambios que afectaron la cantidad de trabajo, aumentando los volúmenes de obra tanto de hormigones, moldajes, enfierradura,

excavaciones, demoliciones y estructuras de acero. Estos cambios se fueron introduciendo en forma vertiginosa y desprolija por medio de nuevas y numerosas revisiones de planos, fichas de modificación e instrucciones por libro de obra o solicitud de aclaración.

Se ha realizó un levantamiento de todas las obras adicionales existentes, las que a la fecha de término de la obra gruesa acumulan un total aproximado de 7.760,7 HH, el detalle de estos trabajos se presenta a continuación:

Nº	Descripción	HH GASTADAS	HH GASTADAS (Precio unitario)	Hormigón	Moldajes		Enfierradura	Excavación	Desbaste muro	Instalación Fiberrock	Demolición
				m^3	Muros m^2	Losas m^2	kg	m^3	m^3	m^2	m^3
001	TRASLADO ESTANQUES DE GAS, 30 METROS AL SUR.	37,00	2,99	1,00							
002	TRASLADO ESTANQUE DE PETROLEO	5,61	0,00								
003	EXCAVACION ADICIONAL EN TALUD OFICINAS		642,15					1.427,00			
006	PILOTO PUERTO VARAS	102,00	0,00								
007	DESBASTE ADICIONAL MURO PANTALLA E INST. FIBERROCK		181,08						9,00		
008	DEMOLICION PARA PILAR FALTANTE EJE 3A ENTRE H y L	90,00	27,70	0,29			402,10				
009	INYECCION DE ENFIERRADURA FALTANTE EJE C-10	5,00	0,13				1,89				
010	INYECCION ENFIERRADURA VANO EJE 13 ENTRE A - A1	8,00	2,14				32,00				
011	DEMOLICION ADICIONAL SECTOR SALA GENERADOR		75,60								33,75
013	DEMOLICION Y REEMPLAZO DE ENFIERRADURA EJE 13 CON F	52,00	26,42	0,24			385,00				
014	DEMOLICION Y REEMPLAZO DE ENFIERRADURA EJE 13 CON H	30,00	8,35	0,22			116,00				
015	DEMOLICION Y REEMPLAZO DE ENFIERRADURA EJE 13 CON K	56,50	1,97	0,32			17,00				
016	DEMOLICION Y REEMPLAZO DE ENFIERRADURA EJE 14 CON R	44,00	31,23	0,39			451,00				
017	INCORPORACION VIGAS METALICAS NIVEL +4,40		0,00								
017	INCORPORACION VIGAS METALICAS NIVEL +4,40	40,00									
018	SE ALARGA MURO EJE 1 CON A	22,00	5,68	0,25			75,00				
019	PROTECCION TALUD CON HIDROSIEMBRA		0,00								
021	TRASLADO TRANSFORMADOR 750KVA		0,00								
022	MODIFICACION ANCHO VANO ESCALA MURO EJE E	23,00	6,38				95,20				
023	ENFIERRADURA ADICIONAL CORREGIR EMPALMES EXISTENTES		81,85				1.221,70				
025	MEJORAMIENTO SUELO SECTOR AMPLIACION COCINA	514,00	230,01	16,10			2.805,80				
027	TRASLADO ESTANQUE PETROLEO	41,00	5,56	2,00			5,00				
028	DESMONTAJE RADIADORES	6,00	0,00								
034	DEMOLICION LOSAS CAJA ESCALA	191,00	48,65								21,72
035	DEMOLICION VANO EJE I		35,45	0,47	3,72		12,00				11,05
036	PROTECCION CONTRA INCENDIO EEMM.	150,00	0,00								
041	DIFERENCIA ENFIERRADURA LOSAS PROPUESTA - CONSTRUCCION HOTEL		132,73				1.981,00				
042	DESARME Y CARGA EE.MM CENTRO CONVENCIONES	288,00	0,00								
043	INSTALACION REVESTIMIENTO FIBERROCK 1º SUBTERRANEO		17,04							142,00	
044	IMPRESIÓN PLANOS DE OBRA SR. RODRIGO HERRERA		0,00								
045	MODIFICACIÓN CIELOS FALSOS FRONT DESK	204,00	0,00								
046	MODIFICACION EJE A-A1	138,00	440,15	14,24	128,84		1.534,09				
047	MODIFICACIÓN SALA DE BOMBAS INCENDIO		3,53	0,29	0,53		9,92				0,39
049	DEMOLICION RADIER SECTOR GASTRONOMICO	81,00	0,00								
050	MODIFICACION CAMARA DESENGRASADORA	76,00	149,23	-0,79	22,36	17,94	768,28				
051	MODIFICACION TRAZADO CAÑERIAS DE SEGURIDAD	16,00	0,00								
052	VIGA ADICIONAL EJE 8 N +10,78.		123,00	5,32	31,06		548,38				
053	MODIFICACION ELEVACION EJE 6		353,80	5,15	61,46		2.942,58				
054	MODIFICACION ELEVACION EJE 3-3b		11,23				167,67				
055	MODIFICACION ELEVACION EJE F		142,21	5,28	26,84		983,49				
056	VIGA ADICIONAL EJE P N+4,40		65,31	1,32	7,66		657,01				
057	MODIFICACION ELEVACION EJE Q		102,02	4,54	26,64		419,33				
058	MODIFICACION VIGA EJE 6A ENTRE O-Q		34,97	1,15	11,61		73,45				
059	PARAPETOS EJE 3a N+17,08	5,00	223,49	4,37	88,01		104,76				
060	MODIFICACION LOSAS SECTOR VIP N+4,30	9,00	20,84	0,51	3,80		159,01				
061	ADICIONAL FICHA MODIFICATORIA Nº003,SECTOR CAUDALES	32,00	86,18	2,50	16,16	9,76	239,38				
062	MODIFICACION ELEVACION EJE H		35,86				535,24				
063	REFUERZOS SHAFT EN LOSAS		152,03				2.269,13				
064	LOSA F 02 , SECTOR CAUDALES	25,00	19,63	0,68		4,50	87,84				
065	ADICIONAL MURO EJE K FICHA Nº087 N-0,10, SECTOR CAUDALES		119,99	4,05	40,61		220,87				
066	ADICIONAL VSI 40/45+100 EJE 8 ENTRE F-H N+23,38		15,14	0,77	3,91		60,01				
067	MODIFICACION VSI 20/45+100 EJE H N +23,38 (LO Nº4 FOLIO 014 REF 2)		78,53	2,54	25,47		187,34				
068	MODIFICACION LOSAS E 27, E32 Y E 34 (LO Nº2 FOLIO 01 REF 3)	12,00	27,37				408,45				
069	MODIFICACION ALTURA MURO EJE Q ENTRE 8a-11a , SECTOR CAUDALES (IDEM LO Nº3 FOLIO 29)		71,82	1,64	16,63		429,75				
070	CIERRE VANO EJE K/12 (SECTOR CAUDALES)	81,00	40,45	1,50	13,42		78,58				
071	LOSA EJE E1-F N +6,30 (IDEM FM Nº003 , SECTOR CAUDALES)		26,42	0,89		5,93	124,26				
072	MODIFICACION MURO TIMPANO EJE 3 ENTRE EJES C-F N+20,30	75,00	108,34	3,00	34,10		314,33				
073	MODIFICACION PARAPETOS EJE 3 ENTRE EJES C-F N +20,30	75,00	35,67	0,53	11,81		101,00				
074	ADICIONAL LOSA 201 ENTRE EJES A-C/6-8 N+ 10,78		233,41	14,39		73,63					
075	LOSETAS EJES 6-6a	20,00	495,02	13,25		151,20	869,28				
076	MODIFICACIONES MUROS EN EJE C ENTRE 4-5 Y EJES4-5 ENTRE A-L (LO Nº3 FOLIO 25 REF 8,10A,11)	25,00	185,97	4,73	62,44		420,00				
077	MODIFICACION VANO EJE Q (LO Nº4 FOLIO 25)	12,00	37,49	1,16	9,51		183,71				
078	MODIFICACION ELEVACIÓN EJE 6 ENTRE EJES A-C N+20,23 (FM Nº 061)		94,51	2,87	30,27		246,13				
079	MODIFICACION CIERRE MURO CAJA ESCALERA 8 N+3,65 , SECTOR CAUDALES (FM Nº09	15,00	57,86	3,25	16,23		173,00				
	SUBTOTAL	2.606,11	5.154,58								
	TOTAL HH ADICIONALES	7.760,69									

Tabla 5.12: *Resumen de obras adicionales desglosadas en HH de la obra.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

Como se vio en la revisión del arte, en materia de órdenes de cambio, las modificaciones en los proyectos de construcción son normales y esperables dentro de cierto rango. Es razonable esperar aumentos de obra por un monto de entre 5% y 10% del costo directo original, pero al haber cambios múltiples que suman o superan un 10% del costo directo, empiezan a afectar indirectamente los rendimientos y costos de todo el proyecto.

Este rango porcentual está reconocido en el contrato art.17º *Modificaciones al Monto del Contrato:*

> "El mandante podrá introducir modificaciones al contrato sin alterar el plazo de ejecución de las obras, así como tampoco los gastos generales del presupuesto, ya sea por aumento, disminución u obras extraordinarias, siempre que la variación porcentual del volumen de trabajo contratado, sea menor o igual a un 10%, y siempre que estas modificaciones sean definidas antes de cumplido el 75% del plazo contractual."

Como se observó en la *tabla 5.12*, para la obra gruesa existen al menos 7.760,7 HH adicionales, las que al dividir por 67.255 HH que son las disponibles por contrato para obra gruesa se obtiene el siguiente porcentaje de cambios:

$$\text{Porcentaje de Cambios} = \frac{\text{HH de cambios por obras adicionales}}{\text{HH base del contrato}}$$

$$\text{Porcentaje de Cambios} = \frac{7.760{,}7\ \text{HH}}{67.255\ \text{HH}}$$

$$\text{Porcentaje de Cambios} = 11{,}5\%$$

Con este parámetro ingresamos al *gráfico 5.7* por el eje *% de órdenes de cambio* y proyectamos hasta intersecar con una de las tres curvas, tomando en cuenta de que según los antecedentes entregados del proyecto, se considera que existen al menos otro factor que impactan la productividad laboral, escogemos la curva n°2 y la proyectamos al eje % pérdida de productividad, lo que resulta en un 20%.

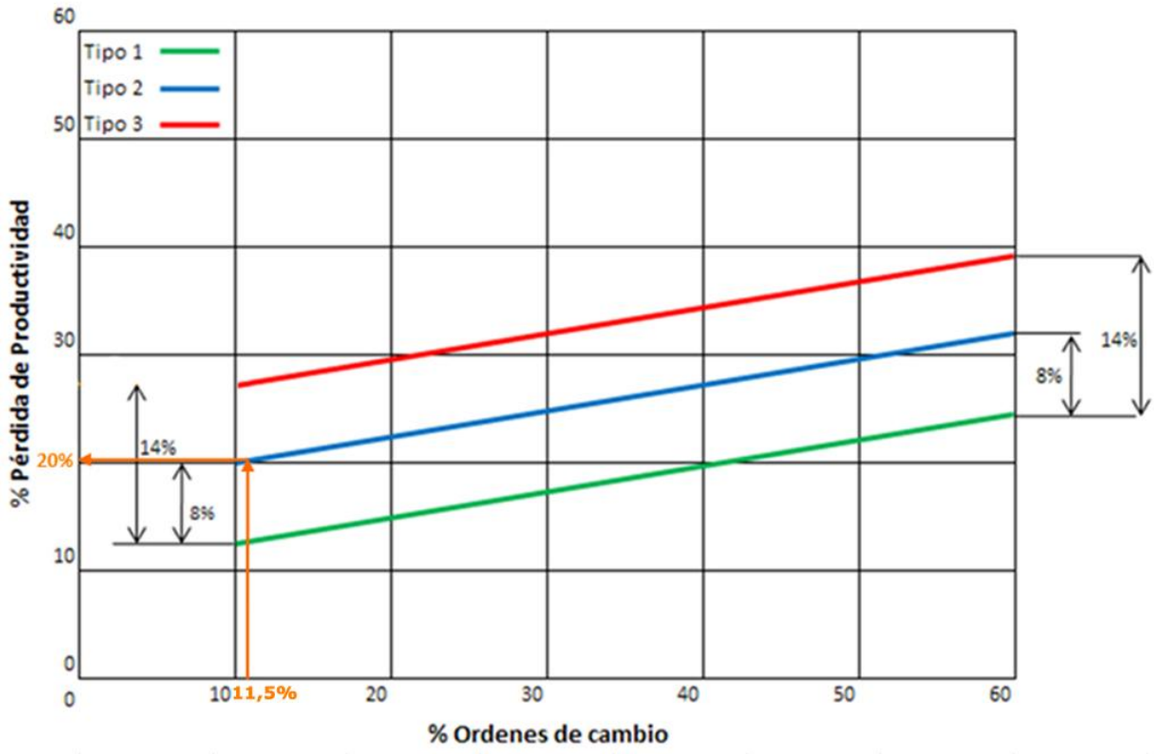

Gráfico 5.7: *Cálculo de pérdida de productividad por Órdenes de cambio.*
Fuente: *Schwartzkopf, W. (2004).*

El porcentaje determinado de pérdida de productividad laboral se multiplica por las horas hombre base de la obra gruesa (67.255 HH), en este caso un 20% de pérdida de productividad representan 13.451 HH.

- Costo de pérdidas por órdenes de cambio = 13.451 HH x 0.115 UF/HH = **1.546,9 UF**

CAPÍTULO VI
ANÁLISIS DE INDICADORES Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

6.1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente capítulo se analizarán los datos obtenidos mediante el control de productividad desarrollado en la obra gruesa para evaluar si la solicitud de compensación de costos calculada anteriormente mediante la metodología de estudios internacionales de la industria para estimar las pérdidas de productividad laboral es suficiente para suplir las pérdidas de costos sufridas por el contratista en el desarrollo de este proyecto.

6.2. ANÁLISIS DE INDICADORES

En primer lugar analizaremos las curvas mostradas en el *gráfico 5.1* e interpretaremos su comportamiento en el desarrollo de la obra gruesa.

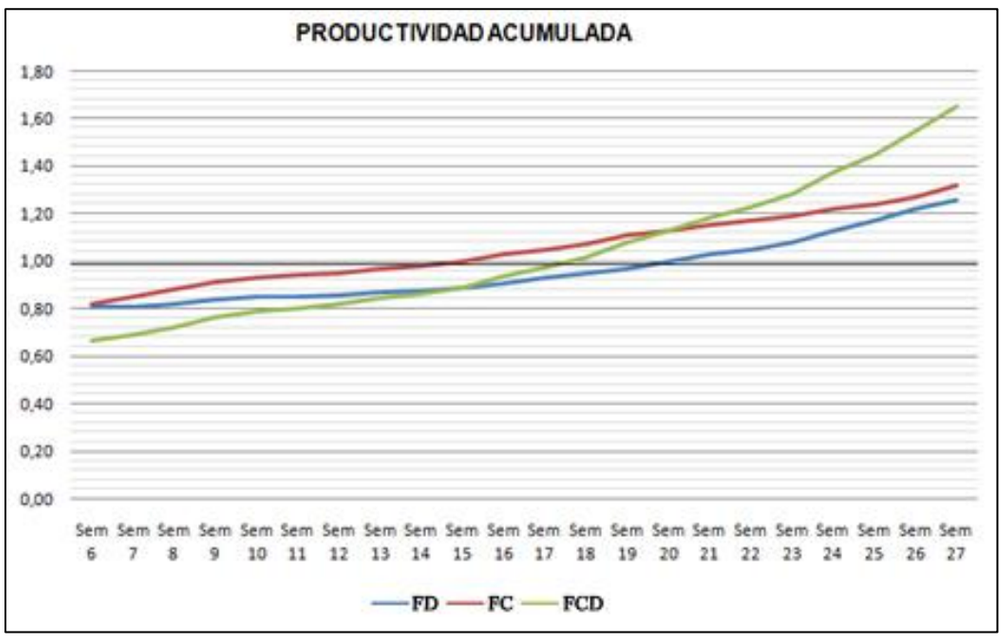

Gráfico 6.1: *Productividad laboral acumulada obra gruesa.*
Fuente: *Información de empresa constructora.*

La curva color azul representa al índice denominado Factor de Desempeño, esta muestra una evolución sostenida al alza, que a partir de la semana 19 las horas hombre gastadas superan a las estimadas originalmente para la cantidad de trabajo completado a esa

fecha. En el desarrollo de una obra normal esta situación representaría un desempeño deficiente de la mano de obra, es decir, no se cumplen con los rendimientos proyectados en propuesta, pero en vista de las continuas interferencias en los trabajos y el abuso de las horas extras obliga a incurrir en un mayor uso de horas hombre que las previstas.

De la información vista anteriormente podemos observar que al cumplir el plazo estipulado para la obra gruesa el avance es de un 90%, evidentemente es un atraso, pero se han utilizado 28% más de horas hombres para cumplir con los trabajos, lo que es mucho más de lo planificado para el total de la obra gruesa. Evidentemente se está en presencia de algún o algunos factores que perjudican el desempeño de la mano de obra.

La curva color rojo representa al índice Factor de Costo, al igual que en el caso anterior se manifiesta con una alza permanente que tras la semana 15 (segunda semana de Mayo) revela que los costos pagados por mano de obra exceden a los planeados en propuesta para la cantidad de trabajo ejecutado hasta esa semana. El *gráfico 6.1* muestra el valor promedio de la hora hombre pagado mensualmente.

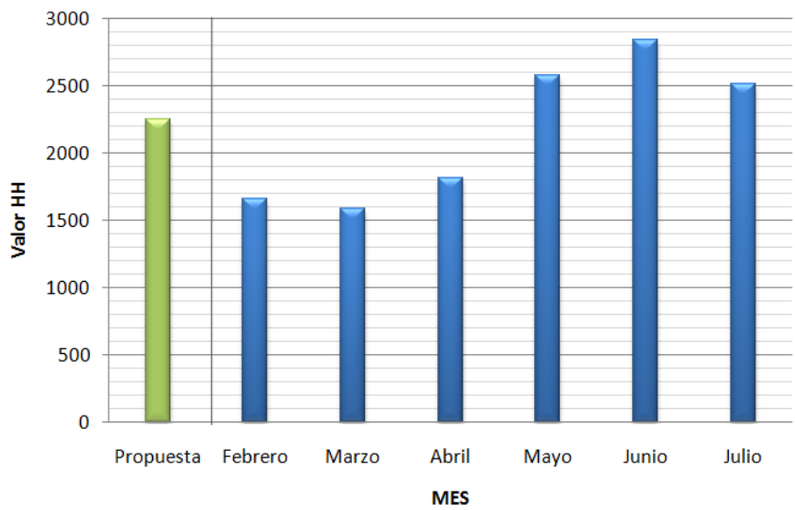

Gráfico 6.2: *Variación de costo mensual pagado por hora hombre*
Fuente: *Elaboración propia*

En primer lugar, podemos afirmar que el aumento de costos en mano de obra por sobre lo programado es una reacción evidente al aumento de la cantidad de trabajo por obras

adicionales y las ineficiencia que estás provocan. Otra causa es el continuo régimen de horas extras establecido para superar retrasos, pues como es sabido la hora extraordinaria tienen un valor superior a la normal.

Puede señalarse también, que posiblemente impactó a los costos la escasez de mano de obra calificada en la zona, esto presumiblemente producto de que en el primer semestre del 2008 en la misma ciudad (Puerto Varas) se desarrollaban contemporáneamente otros dos proyecto de edificación y en zonas aledañas (Puerto Montt, Osorno y Valdivia) también se ejecutaban proyectos de dimensiones similares, esta situación obliga a buscar mano de obra en zonas más alejadas encareciendo su valor por tener que recurrir a viáticos, movilización, etc., o también lleva a la contratación de mano de obra menos calificada y por ende que rinda menos en el trabajo.

6.3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Todo contratista que ejecuta un proyecto de construcción a suma alzada asume el riesgo de administrar sus recursos con el objetivo de ser económicamente rentable, en el caso de la mano de obra el contratista se enfocará en mejorar los rendimientos, costos y plazos de propuesta de tal manera que le permita la posibilidad obtener ahorros en este concepto e incrementar sus utilidades.

A continuación estableceremos si el cálculo de pérdidas de productividad laboral realizada en el capítulo anterior por medio de estudios internacionales desarrollados por diversos actores de la industria de la construcción permite recuperar las pérdidas que perjudicaron a la empresa constructora en el proyecto estudiado.

Para ello, comprobaremos si los costos arrojados por la estimación de ineficiencias son económicamente convenientes y permiten recuperar las pérdidas en que ha incurrido la empresa constructora.

Faltando por completar aproximadamente el 10% de la obra gruesa, los costos presentan el siguiente escenario mostrado en el *gráfico 6.3* al término del plazo estipulado:

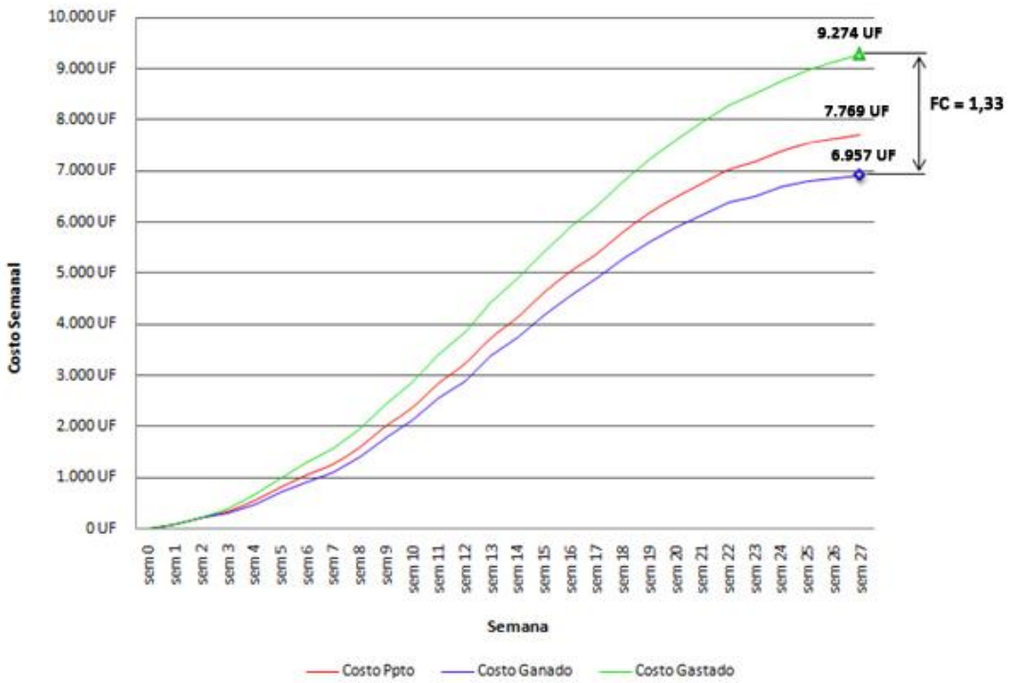

Gráfico 6.3: *Escenario de costos al término del plazo de Obra gruesa*
Fuente: *Elaboración propia*

Como se aprecia en el gráfico anterior, un factor de costo de 1,33 (33% de sobrecosto) revela que a la fecha de la medición la eficiencia en la gestión del presupuesto para mano de obra, es solo de un 75%, en otras palabras por cada UF invertido en mano de obra, se pierden 0,25 UF (*gráfico 6.4*).

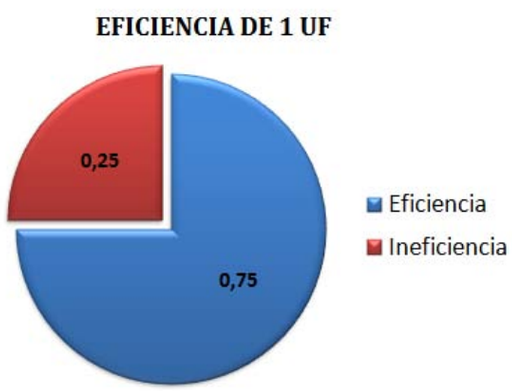

Gráfico 6.4: *Eficiencia en la gestión de costos*
Fuente: *Elaboración propia*

Mediante el Factor de Costo se proyecta el Costo Final de la mano de obra a utilizar con la formula estudiada en el capítulo anterior:

$$\text{Costo Final} = 7.769\ \text{UF} \times 1{,}33 = \mathbf{10.332{,}7\ UF}$$

Por lo tanto, el costo final a gastar para esta etapa será **10.332,7 UF** contra los **7.769 UF** que se habrán ganado por presupuesto contratado, lo que en definitiva proyecta que las pérdidas por concepto de mano de obra ascenderán a **2.563 UF.**

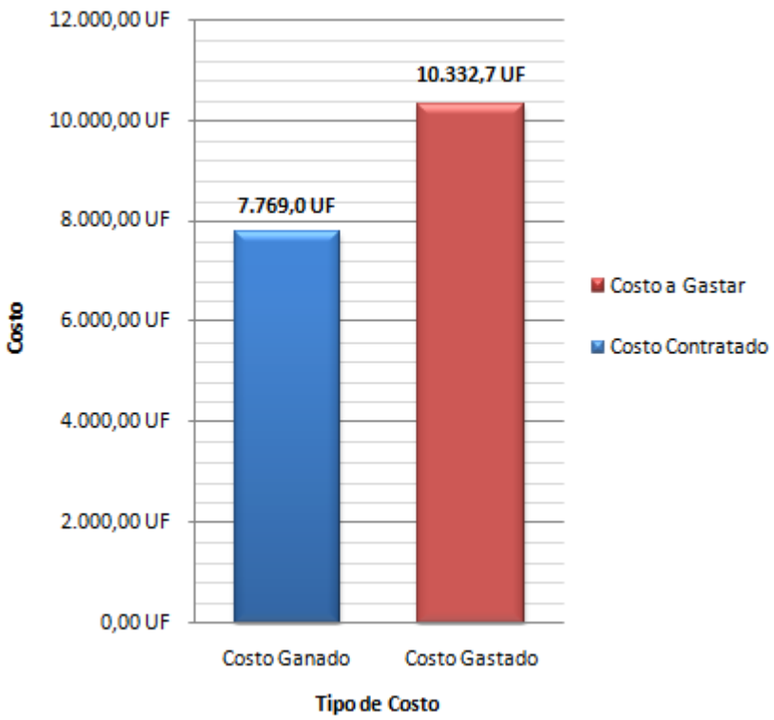

Gráfico 6.5: *Proyección de Costo ganado & Costo gastado*
Fuente: *Elaboración propia*

Por otro lado, el cobro estimado por pérdida de productividad laboral por causa de las interferencias, sobretiempo y órdenes de cambio calculados en el capítulo anterior se resume de la siguiente manera:

CAUSAL DE PÉRDIDA	HH PÉRDIDAS	COSTO DE PÉRDIDAS
Pérdidas por interferencias	7.173 HH	824,9 UF
Pérdidas por sobre tiempo	4.317 HH	733,9 UF
Pérdidas por órdenes de cambio	13.451 HH	1.546,9 UF
TOTAL	**24.941 HH**	**3.105,7 UF**

Tabla 6.1: *Resumen de costos por pérdidas de productividad.*
Fuente: *Elaboración propia*

Mediante el siguiente gráfico comparamos los costos ganados y los costos gastados por la empresa constructora por concepto de mano de obra. Como costo ganado se tendrá lo presupuestado más el costo de compensación.

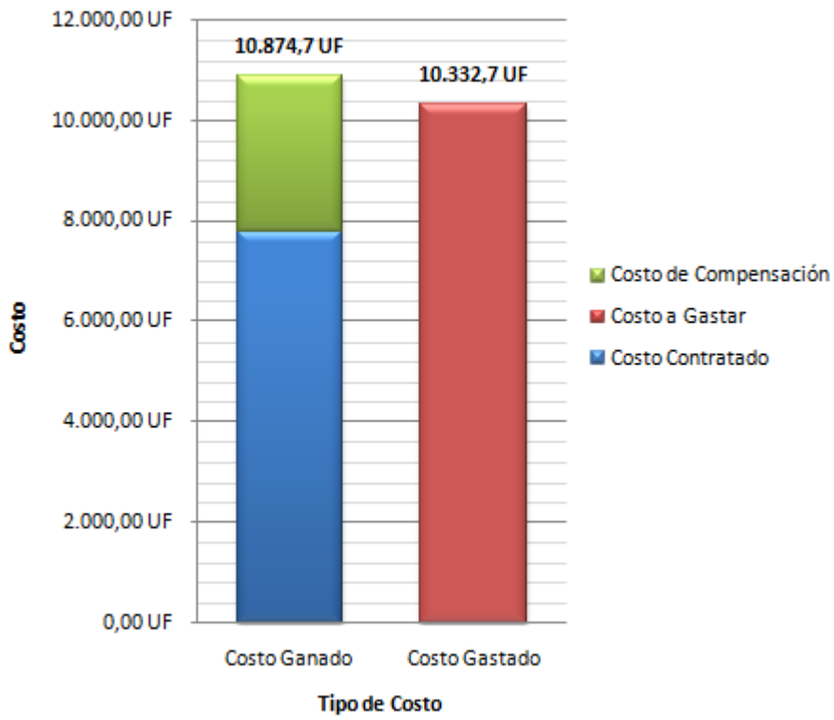

Gráfico 6.6: *Proyección de Costo total ganado & Costo total gastado*
Fuente: *Elaboración propia*

Una vez comparados los nuevos datos podemos apreciar que los costos ganados por la empresa sumarían **10.874,7 UF** contra **10.332,7 UF** a gastar, lo que da genera un saldo favorable al contratista de **542 UF.**

Por lo tanto, se puede afirmar que el monto a cobrar calculado en la solicitud de compensación por pérdida de productividad laboral fundamentado en los métodos de estimación de estudiados en esta tesis, es capaz de contrarrestar las pérdidas económicas sufridas por la empresa constructora en el proyecto.

CAPÍTULO VII
CONCLUSIONES

La productividad laboral es un tema frecuentemente discutido en la industria de la construcción porque la mejora de la productividad se traduce directamente en ahorros en tiempo y costos. Hoy en día las empresas constructoras y los mandantes deben comprender que es necesario ejecutar medidas para monitorear la productividad como primer paso en la mejora de la misma.

El modelo de control de productividad laboral expuesto destacó por su simplicidad en el uso de la información recolectada, siendo capaz de registrar y manejar grandes volúmenes de información.

También resaltó su viabilidad en la implementación como metodología de control permanente pues no perturba el transcurso normal del trabajo de la mano de obra, más aún, actuó como incentivo pues el trabajador al sentir la presencia contante en la medición de su desempeño emplea menos tiempo en labores improductivas.

La aplicabilidad de modelo de control de productividad laboral actúa en forma exitosa como herramienta de alerta ante posibles situaciones que produzcan pérdidas de productividad laboral, cuando los indicadores son negativos nos obliga a ser conscientes de la presencia de una anomalía subyacente en la ejecución del trabajo, pues no se puede corregir un problema si no se sabe que existe.

Una de sus principales características observadas en el transcurso de la aplicación del modelo de control de productividad laboral es que permite entregar en una sola herramienta diversos datos de interés del proyecto, tales como:

- Avances de obra por partidas en forma parcial y acumulada.
- Tiempo real gastado en la ejecución de los trabajos en forma global, por partida y por tipo de trabajador en forma parcial y acumulada.

- Rendimientos reales por partida y estimación de rendimientos necesarios para superar atrasos si existieran.
- Cuantificación de tiempo ahorrado o perdido.
- Proyección de fechas a término de faenas, ya sea por partida, por etapa o hasta del proyecto.
- Costos reales pagados por concepto de mano de obra en forma global, por partida o por tipo de trabajador, en forma parcial o cumulada.
- Cuantificación de dinero ahorrado o perdido.
- Proyección de gastos finales en mano de obra, ya sea por partida, por etapa o hasta del proyecto.

En cuanto a la metodología expuesta para la estimación de pérdidas de productividad laboral según esta experiencia se está en condiciones de afirmar que permite a la empresa constructora contrarrestar las pérdidas económicas producto de ineficiencias ajenas a su responsabilidad, no obstante, el hecho de que tras la compensación de los costos se generen ganancias puede deberse a que, de no mediar las anormalidades existentes, el contratista hubiera efectuado una positiva administración del recurso mano de obra, generando ahorros. O también puede atribuirse al hecho de que al ser estudios realizados en el extranjero, específicamente en EE.UU., donde la mano de obra sondeada es más especializada que la nacional y por ende las ineficiencias tienen consecuencias más severas.

Se observa que esta metodología es una excelente herramienta para sostener la seriedad de una demanda y mostrar la validez de los argumentos planteados, concientizando al mandante de la responsabilidad que le compete en las pérdidas de productividad para que acceda a negociar.

En el desarrollo del trabajo se estableció que necesariamente para proceder con el cálculo de las pérdidas de productividad laboral de un proyecto es necesario contar con

información de la obra que solo se tendrá al alcance si se pone énfasis en el registro de las eventualidades que impacten la ejecución normal de los trabajos, tal es el caso de:

- Registro de notificaciones al mandante por impactos en la programación.
- Registro de solicitudes de aclaración producidas por incongruencias e indefiniciones.
- Registro de respuestas a solicitudes de aclaración
- Registro de entrega de planos y revisiones respectivas.
- Registro de cambios de obra solicitados por el mandante
- Registro de trabajos adicionales solicitados por el contratista.

Los estudios internacionales que se emplearon para el cálculo de la pérdida de productividad laboral en el proyecto en cuestión se basan en la documentación de años de experiencias en numerosos proyectos de construcción y se postulan como una alternativa seria de solución ante la difícil determinación de los costos subyacentes que conllevan las alteraciones por parte de mandante de cualquier índole en el desarrollo de una obra.

Según la experiencia en el desarrollo de esta tesis, se estableció que en el caso de existir pérdidas de productividad laboral ajena a la responsabilidad del contratista y que deriven en una solicitud de compensación de costos, la forma más adecuada de proceder si un cobro de ineficiencias no fructifica, es llegar a consenso es a través de la mediación. Soluciones como el arbitraje deberían ser consideradas como última instancia ya que muchas veces tienden a ser salomónicas y pueden perjudicar los intereses del contratista.

En la revisión del estado del arte no se encontraron estudios en la industria de la construcción chilena que aporten metodologías para cuantificar los perjuicios de tiempo y dinero sobre la productividad laboral de situaciones de regímenes de excesivo sobretiempo, reiteradas interferencias, continuas órdenes de cambio o excesos de mano de obra.

Es elemental para el normal progreso de un proyecto de construcción en el caso de existir reclamos o controversias entre contratista y mandante, contar con condiciones

contractuales claras y precisas para evitar ambigüedades en su interpretación que permitan una justa asignación de responsabilidades en casos de pérdidas de productividad laboral para evitar el deterioro de las relación entre mandante y contratista.

BIBLIOGRAFÍA

Agraz, L., & Díaz, M. (2003). *La productividad en el proceso de restauración del Portal de Peregrinos del convento de "San Gabriel".* Puebla, México: Tesis, Universidad de las Américas de Puebla.

Alpuche, R. (2004). *El impacto de la calidad total y la productividad en empresas de construcción.* Cholula, Puebla, Mexico: Tesis, Universidad de las Américas de Puebla.

Asem, M. (Abril de 2002). Process Model for Administrating Construction Claims. *Journal of management in engineering* , 84-94.

Association for the Advancement of Cost Engineering. (2004). *Estimating lost labor productivity in construction claims.* Morgantown, EEUU: AACE International Recommended Practices.

Bacigalupo, D. (Junio de 2007). *Costos de una mala asignación de riesgos - Segundo Encuentro Mandante Contratista.* Camara de desarrollo tecnológico.

Barrie, D. S., & Paulson, B. C. (1992). *Professional construction management.* New York, EEUU: McGraw-Hill. (Citado por: Asem, M.; El-Saadi, M. & Abou-Zeid, M. (Abril de 2002). Process Model for Administrating Construction Claims, *Journal of management in engineering*, 84-94).

Borcherding, J. D., & Chang, L. (1985). Evaluation of craftsman questionnaire. *Journal of Construction Engineering and Management , 111* (4), 426-437. (Citado por: Mojahed, S. (2005). *A project improvement system for effective management of construction projects.* Baton Rouge, EEUU: Tesis, Universidad Estatal de Louisiana).

Botero, L., & Alvarez, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). *Universidad EAFIT , 40* (136), 50-64.

Brunies, R. (2001). Calculating Loss of Productivity Due to Overtime Using Published Charts – Fact or Fiction. *The Revay Report , 20* (3), 1-7.

Canadian Construction Association - CCA. (Marzo de 2005). *87th Annual Conference - Measuring Productivity in the Construction Industry.* Recuperado el 27 de Diciembre de 2008, de: www.cca-acc.com/conf2k5/presentations/productivity2.ppt

Carballal, E. (2006). *Conceptos modernos de productividad*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2008, de: www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/productividadconceptos

Casanova, F. (2002). Formación profesional, productividad y trabajo decente. *Cinterfor* (153), 29-54.

Castañeda, F. (Abril de 2008). *Legislación y Contratos,* Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas de U. de Chile. Recuperado el 22 de Febrero de 2009, de: www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/CI55G/1/material_docente/objeto/165250

Castiblanco, E. (2004). *Problemática de los trabajadores de la construcción diagnóstico y estrategias de solución.* Bogotá, Colombia: Tesis, Maestría en Ingeniería Civil Universidad de los Andes. (Citado por: Baron, L. (2005). *Propuesta de mejoramiento para la situación del trabajador de la construcción en Colombia.*Universidad de los andes. Bogotá, Colombia).

Construction Industry Institute. (1990). *Productivity Measurement: An Introduction.* Austin, EEUU: University of Texas.

Corporación de Desarrollo Tecnológico. (2001). Indice de productividad en la construcción: ¿Mito o Realidad? *Revista Bit* (22), 6-9.

Cushman, R. F., Carter, J. D., Gorman, P. J., & Coppi, D. F. (2000). *Proving and Pricing Construction Claims* (Tercera edición ed.). EEUU: Aspen Publishers.

Electrical Contractors Association. (1985). *Change Order User Guide.* Toronto, Canada: Greater Toronto Electrical Contractors Association.

Engineering Contractor's Association. (Mayo de 2004). *Proving Productivity Losses.* Recuperado el 24 de Noviembre de 2008, de: www.ecaonline.net/May2004ECA.pdf

Galloway, P. (2007). Cumulative Impact. *Communiqué.* Washington DC, EEUU. 2 (6), 1-12.

Instituto del Cemento y el hormigon de Chile. (Mayo de 2007). *Conflictos en obras de construcción.* Recuperado el 6 de Marzo de 2009, de: www.ich.cl/docs/presentaciones/Conflictos_en_Obras_de_Construccion.pdf

Langford, D. A., & Retik, A. (1996). *The Management of Construction: Shaping Theory and Practice* (Vol. II). EEUU: Taylor & Francis.

López, J. (2007). *Indice de medición y mejoramiento de la productividad.* Recuperado el 12 de Enero de 2009, de: www.itchihuahua.edu.mx/academic/industrial/admoncalidad/medicion_y_mejoramiento_de_la_productividad.doc

Martínez, M. E. (1995). *El concepto de la productividad en el análisis económico.* (Mexico, Ed.) Recuperado el 15 de Diciembre de 2008, de: www.redem.buap.mx/acrobat/eugenia1.pdf

Matheson Ormsby Prentice. (Mayo de 2005). Successful delay and disruption claims: ||

Mechanical Contractors Association of Canada. (2001). *National Change Notice Procedure Guide.* Ottawa, Canada: Canadian Mechanical contracting education foundation.

Mei, Y. E. (2006). *Extended overtime and the effect to labour productivity in construction: workers perspective.* Tesis, Universidad Tecnologica de Malasia.

Mojahed, S. (2005). *A project improvement system for effective management of construction projects.* Baton Rouge, EEUU: Tesis, Universidad Estatal de Louisiana.

Oglesby, C. H., Parker, H. W., & Howell, G. A. (1989). *Productivity Improvement* (1a Edición ed.). Bogotá, Colombia: McGraw-Hill. (Citado por: Baron, L. (2005). *Propuesta de mejoramiento para la situación del trabajador de la construcción en Colombia.*Universidad de los andes. Bogotá, Colombia).

Oglesby, C. H., Parker, H. W., & Howell, G. A. (1989). *Productivity Improvement* (1a Edición ed.). Bogotá, Colombia: McGraw-Hill. (Citado por: Bin, S. A.(2004). *Productivity assessement and shedule compression index for construction project planning*. Tesis, Universidad Tecnológica de Malasia).

Otis, O. (1976). Industrial work standars and productivity. *Industrial Management, 18* (2), 18.

Project Management Institute - PMI (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (4a Edicion). EEUU: Project Management Institute.

Puente, G. (Junio de 2006). *Mantenimiento mundial*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2008, de: www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/tpmpuente.asp

Riveros, C. F. (2005). *Indicadores de gestión en proyectos de construcción.* Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.

Schwartzkopf, W. (2004). *Calculating Lost Labor Productivity in Construction Claims* (Segunda ed). EEUU: Aspen Publishers.

Schwartzkopf, W., & McNamara, J. (2000). *Calculating Construction Damages* (Segunda ed.). Aspen Publishers.

Serpell, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción* (2a edicion ed.). Santiago, Chile: Alfaomega. (Citado por: Baron, L. (2005). *Propuesta de mejoramiento para la situación del trabajador de la construcción en Colombia.*Universidad de los andes. Bogotá, Colombia).

The Business Roundtable. (1982). *Measuring productivity in construction* (Vols. Report A-1). New York, EEUU: A construction industry cost effectiveness project report.

The Business Roundtable. (1980). *Scheduled overtime effect on construction projects* (Vols. Report C-2). New York: A Construction Industry Cost Effectiveness Task Force Report.

Vera, M. E. (2007). *Identificación de los elementos que producen las controversias en contratos de la industria de la construcción y proposición de acciones preventivas.* Santiago: Tesis, Universidad de Chile.