

Universidad del Bío-Bío  
Facultad de Ingeniería  
Depto. de Ingeniería Industrial

Profesor guía:  
Iván Santelices Malfanti.



**PROPUESTA DE UN MODELO DE APOYO PARA LA  
SELECCIÓN DE GRÚAS TORRE EN LA  
CONSTRUCCIÓN HABITACIONAL  
EN ALTURA.**

**Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para  
obtener el Título de Ingeniero Civil Industrial.**

Nombre: Felipe Eduardo Muñoz Sanhueza.

Concepción, Diciembre de 2006.

*Dedicatoria*

*A mis Padres, familia y amigos.*

*A Paula por su apoyo incondicional, que me inspira a cumplir mis metas.*

*Al Sr. Pablo Contreras, de JCE S.A. por su valioso y desinteresado aporte en la elaboración de este proyecto.*

*Al Sr. Iván Santelices, Profesor patrocinante por su confianza y colaboración.*

*A las empresas que abrieron sus puertas, principalmente a MCS S.A.*

## Resumen

Hoy en día existe gran demanda de maquinaria pesada para la construcción en altura, especialmente de grúas torre, las cuales son una herramienta fundamental para las edificaciones de este tipo. Es por ello que el negocio de arrendamiento de grúas torre esta emergiendo fuertemente, en Chile.

La selección y emplazamiento de grúas torre es realizada, en la actualidad, basada en la experiencia de las empresas constructoras y en ocasiones son asesoradas por la empresa arrendadora de la grúa, seleccionando así las características de la grúa torre adecuada: altura, carga máxima, radio de giro, alcance, tipo de emplazamiento, entre otras.

Este “detalle” de elegir la grúa se convierte en un problema mayor, el cual acarrea una serie de inconvenientes cuando el escenario tiene muchas restricciones de espacio o bien si existe la disyuntiva de ocupar una o más grúas torre.

Planificar las edificaciones consta también de elegir adecuadamente la o las grúas torre a ocupar, ya que potencia el ahorro económico; dado su aporte en la producción, generando una mayor eficiencia en el proceso de la construcción.

En definitiva se dan a conocer aspectos de la grúa torre, funcionamiento, su emplazamiento, mecanismo de montaje, clasificación, se dan referencias de casos prácticos, además de plasmar la realidad en cuanto a la eficiencia de las obras en Chile, pudiendo reconocer que hay mucho por hacer en este sector.

Entregando una propuesta prototipo, simple, flexible e innovadora en el mecanismo de selección de maquinaria, a través de un modelo matemático de carácter comparativo que evalúa productividad y costos asociados de cada alternativa a evaluar.

## Índice

<b>CAPITULO I: Planteamiento del Problema.</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivo del estudio. ....	3
<b>CAPITULO II: Edificación En Altura, contextualización.</b>	<b>4</b>
2.1 edificación en altura, contextualización.....	5
2.1 Rascacielos más altos del mundo.....	5
2.2 Oferta de edificios habitacionales en Chile.....	7
2.3 Principales diferencias de la industria nacional con Constructoras Británicas.....	11
2.4 importación de grúas torre, años 1990 a octubre de 2006.....	13
2.5 Grúas torre en Concepción.....	14
<b>CAPITULO III: Productividad de la construcción en Chile.</b>	<b>15</b>
3.1 Productividad de la construcción en Chile.....	16
3.2 Costo por tiempo muerto.....	17
3.2.1 Causas de tiempo que no agregan valor.....	19
3.3 Rendimiento promedio, edificación en altura.....	20
<b>CAPITULO IV: grúas torre</b>	<b>21</b>
4.1 Definición de una grúa torre y su función.....	22
4.2 Partes que componen una grúa torre.....	23
4.3 Clasificación de las grúas torre.....	24
4.3.1 Según su forma de giro.....	24
4.3.1.1 Giro basal.....	24
4.3.1.2 Giro superior. ....	24
4.3.2 Según su forma de montaje.....	24
4.3.2.1 Grúa torre.....	25

4.3.2.2 Grúa automontable.....	25
4.3.2.3 Grúa torre automontable.....	25
4.3.3 Según su forma de apoyo.....	25
4.3.3.1 sobre chasis.....	25
4.3.3.2 Empotrada.....	26
4.3.4 Alturas superiores a la autoestable.....	27
4.3.4.1 Arriostramientos.....	27
4.3.4.2 Trepadora.....	27
4.4 Conceptos básicos de altura.....	28
4.4.1 Altura de autonomía.....	28
4.4.2 Altura bajo gancho.....	28
4.5 Montaje. ....	28
4.6 Telescopaje.....	29
4.7 Ubicación de la grúa en la obra.....	29
4.8 Cables de acero.....	30
4.8.1 Elementos de un cable de acero.....	30

**CAPITULO V: Emplazamiento de una grúa torre.** 32

5.1 Factores determinantes a evaluar en el estudio del emplazamiento....	33
5.2 Selección de grúas torre.....	34
5.2.1 Variables estratégicas a analizar para seleccionar la grúa torre adecuada.....	34
5.2.2 Variables de la ubicación de la grúa torre.....	35

**CAPITULO VI: Propuesta de un modelo para seleccionar grúas torre.** 38

6.1 Árbol de decisión.....	39
6.1.1 Aspectos técnicos del diagrama (árbol de decisión).....	40
6.1.2 Glosario del árbol de decisión.....	40

6.1.3 Seguimiento inicial del diagrama.....	41
6.2 Mecanismo de una grúa torre.....	44
6.2.1 Motor de elevación. ....	44
6.2.2 Motor de giro. ....	44
6.2.3 Motor del carro distribuidor.....	44
6.2.4 Motor de traslación de la grúa.....	44
6.3 Funcionamiento de una grúa torre.....	45
6.3.1 Velocidades de operación.....	45
6.3.2 Capacidad de carga.....	45
6.3.3 Sistema de frenado.....	46
6.3.4 Sistema o mecanismos de seguridad de la grúa torre. ....	46
6.4 Productividad de la grúa torre. ....	47
6.5 Tiempos de ciclo, productividad.....	48
6.5.1 Productividad para una grúa torre Liebherr 99 EC.....	49
6.6 Modelo. Optimización de costos.....	53
6.6.1 Definición de variables.....	55
6.6.2 Evaluaciones de las condiciones de trabajo.....	60
6.6.2.1 Visibilidad o maniobra.....	60
6.6.2.2 Intersección de radio de giro o traslape, para dos o más grúas torre.....	62
6.6.3 Observaciones del modelo.....	64
6.6.4 Análisis Caso: Escenario Plaza Mayor 3 Concepción, Constructora JCE S.A.....	65
6.6.5 Informe respuestas.....	71
<b>CAPITULO VII: Montaje de la grúa torre.</b>	<b>72</b>
7.1 Montaje de la grúa torre.....	73
7.2 Automontables.....	77
7.3 Emplazamiento de la grúa, distancias de seguridad.....	78

7.4 Errores frecuentes en el montaje.....	79
7.4.1 Emplazamiento con equivocada orientación de la grúa torre.....	79
7.4.2 Emplazar 2 grúas torres que se traslapan quedando con la capacidad mecánica de que se topen.....	80
7.5 Recomendaciones básicas para el emplazamiento.....	80
7.6 Factores de riesgo en operación con grúas torre.....	82
7.6.1 Medidas de prevención y protección. ....	83
7.6.2 Recomendaciones de calidad.....	83
7.6.3 Caída de la carga.....	83
7.6.4 Atrapamiento de personas.....	84
<b>CAPITULO VIII: Análisis de casos</b>	<b>85</b>
8.1 Registro de emplazamientos en Concepción. ....	86
8.1.1 Caso I: Concepción, constructora Echeverría Izquierdo S.A.....	86
8.1.2 Caso II: Chiguayante, constructora EBCO S.A.....	88
8.1.3 Caso III: Concepción, Constructora Puerto Sur S.A. de PazCorp S.A.....	90
8.1.4 Caso IV: Concepción, constructora JCE S.A.....	91
8.2 Ejemplos prácticos de emplazamiento.....	94
8.2.1 Escenario I: Análisis vista superior con centroide en el interior de la superficie a construir.....	96
8.2.2 Escenario II: Análisis vista superior con centroide fuera de la superficie.....	98
8.2.3 Escenario III: Construcción simétrica, tipo condominio.....	101
<b>CAPITULO IX: Planificación y administración de una obra.</b>	<b>104</b>
9.1 Aplicación de métodos y técnicas de Ingeniería Industrial.....	105
9.2 Planificación en la construcción.....	106
9.2.1 El proceso.....	106

9.2.2 Organización.....	107
9.2.3 Método.....	108
9.2.4 Programación.....	108
9.2.5 Control.....	108
9.2.6 Tecnología.....	109
<b>CAPITULO X: Conclusión.</b>	<b>110</b>
10.1 Conclusión.....	111
<b>CAPITULO XI: Bibliografía.</b>	<b>113</b>
13.1 Bibliografía.....	114
<b>CAPITULO XII: Anexos.</b>	<b>116</b>
12.1 Moldajes o encofrados.....	117
12.1.1 Fácil instalación.....	117
12.1.2 Descimbre.....	118
12.1.3 Almacenamiento.....	118
12.1.4 Encofrados verticales.....	118
12.2 Prefabricación de hormigón.....	119
12.3 Edificios destacados por su tecnología. Dos chilenos y uno Sueco respectivamente.....	122
12.3.1 Edificio el Golf 2001.....	122
12.3.2 Edificio el Ceibo.....	123
12.3.3 Edificio Turning Torso.....	124
12.4 Detalle de importación de grúa torre a Chile (desde 1990 a octubre 2006).....	126
12.5 Organización racional del trabajo.....	130
12.6 Estimación de costos para cada tipo de emplazamiento, grúa media.	132
12.7 Diagrama o árbol de decisión.....	134

12.8 Análisis de tiempos de ciclo para cada grúa seleccionada, a ingresar al modelo.....	135
12.9 Costos para las grúas seleccionadas.....	137
12.10 Introducción del modelo a Solver de Excel.....	139
12.11 Opciones de Solver (cuadro de diálogo).....	140
12.12 Centroide.....	144
12.13 Sistemas o mecanismos de seguridad de la grúa torre.....	145
12.14 Selección de maquinaria como inversión.....	149
12.14.1 Análisis Compra de una grúa torre.....	150
12.14.2 Ahorro que genera la grúa torre al proyecto.....	151
12.14.3 Ejemplo.....	151
12.14.4 Escenario I: Flujo de caja. Por compra de una grúa torre, 100% crédito.....	153
12.14.5 Escenario II: Flujo de caja. Por arriendo de grúa torre.....	154
12.14.6 Escenario III: Flujo de caja. Por compra de grúa torre, capital propio.....	154

### Índice de Tablas

1.1 Niveles de Actividad.....	2
2.1 Rascacielos más altos del mundo.....	5
2.2 Edificios más altos de Chile.....	6
2.3 Rascacielos en construcción en Chile.....	6
2.4 Ranking de las 40 constructoras con más publicaciones en el portal inmobiliario.....	9
2.5 Altura en pisos.....	10
2.6 Valorización UF/m <sup>2</sup> .....	10
2.7 CIF de grúas torre desde 1990 a octubre de 2006.....	13
2.8 Procedencia de las importaciones de grúas torre en Chile.....	13

3.1 Evaluación de la productividad de partidas más relevantes para la edificación en altura.....	17
3.2 Valorización de HH que no agregan valor para la edificación en altura.....	18
3.3 Rendimiento promedio.....	20
6.1 Tiempos de ciclo y productividad, para hormigón, grúa torre Liebherr 99 EC.....	50
6.2 Tiempos de ciclo y productividad para moldaje y grúa torre liebherr 99 EC.....	51
6.3 Tiempo de ciclo y productividad para enfierradura grúa torre Liebherr 99 EC.....	52
6.4 Modelos Liebherr de MCS S.A.....	53
6.5 Castigo tiempo de ciclo, por incompleta y nula visibilidad (Liebherr 99 EC) para hormigón fundación.....	61
6.6 Resumen disminución productividad, dado aumentos en los tiempos de ciclos , por incompleta o nula visibilidad (Liebherr 99 EC).....	62
6.7 Castigo tiempo de ciclo, por intersección entre las plumas, con áreas de trabajo comprometidas (Liebherr 99 EC) para hormigón fundación.	63
6.8 Resumen de disminución productividad, dado aumentos en los tiempos de ciclo, por intersección entre las plumas con áreas de trabajo comprometida (Liebherr 99 EC).....	63
6.9 Requerimiento de materiales a transportar.....	65
6.10 Requerimiento de material por piso.....	65
6.11 Requerimiento para la selección de la grúa torre.....	66
6.12 Análisis de capacidad de carga de hormigón, para cada grúa torre...	67
6.13 Resumen de Costos y Productividad para las cuatro alternativas (Yi) de trabajo con grúa torre.....	67
6.14 Horas necesarias para el transporte de material, en la realización de un piso, para $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$ con $B_i=0$ .....	68
6.15 Restricción hormigón.....	69

7.1 Factores de Riesgo en operaciones con grúa torre.....	82
12.1 Origen de importación y valor CIF.....	126
12.2 Análisis de los tiempos de ciclo (dado escenario) Grúa Torre 70 NC.	135
12.3 Análisis de los tiempos de ciclo (dado escenario) Grúa Torre 98.3 HC.....	136
12.4 Análisis de los tiempos de ciclo (dado escenario) Grúa Torre 42 NC.	136
12.5 Tiempos de ciclo para 2 grúas Liebherr 42 NC.....	137
12.6 Costo arriendo grúa 70 NC.....	137
12.7 Costo arriendo Grúa 98.3 HC.....	138
12.8 Costo arriendo Grúa 42 NC.....	138

### **Índice de gráficos**

2.1 Edificios de mayor altura construidos o en construcción en Chile.....	7
3.1 Actividad año 2005.....	17
3.2 Causas de tiempo que no agregan valor.....	19
6.1 Capacidad de carga.....	45

**CAPITULO I:**  
**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### 1.1.- Planteamiento del Problema.

Hoy en día es común ver desorganización en las obras de construcción principalmente por una mala planificación y mala gestión. Estudios de la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, registraron un 30% promedio de tiempo muerto en obras representativas de cada subsector del país, lo que en total de horas registraban 29.982 HH pérdidas, lo que cuantificado sólo en \$/HH arrojaron cifras que mensualmente fluctúan los 3 millones de pesos, por obra.

Teniendo en cuenta que uno de los factores que aporta más perdidas de tiempo son las esperas por abastecimiento de materiales, idear una herramienta que permita generar decisiones de emplazamiento de grúas torres que estén avaladas por estudios y cálculos técnicos, podría resolver en parte el tema logístico y de desempeño.

Si bien las mediciones denotan progreso (ver tabla N° 1.1) estamos frente a un sector que tiene mucho por mejorar, este sector aporta alrededor de un 8% del PIB nacional, en el último año ha aportado un 15,3% de los empleos que creó la economía (209.631), además de tener proyecciones alentadoras, por lo que no es menor introducir cualquier mejoría en vistas de lo planteado.

Tabla N° 1.1  
Niveles de Actividad

<b>TIEMPO<sup>1</sup></b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
En Detenciones Autorizadas	6%	2%	3%
De Soporte	9%	21%	19%
Que Agrega Valor	53%	51%	55%
Que No Agrega Valor	-32%	-26%	-23%

Tabla 1.1. Fuente: Revista BIT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ver definiciones de Tiempo, para niveles de actividad Capítulo III Página 16.

<sup>2</sup> BIT N° 47. Eficiencia a Tiempo Completo. Marzo 2006, disponible en: [http://www.revistabit.cl/pdf/46-47\\_47.pdf](http://www.revistabit.cl/pdf/46-47_47.pdf)

## **1.2 Objetivos del Estudio.**

### **Objetivo Principal.**

1. Generar una herramienta de apoyo al proceso de toma de decisiones asociado a la Selección y Ubicación de Grúas Torre en Proyectos Inmobiliarios en Altura.

### **Objetivos secundarios del estudio.**

1. Por medio del análisis de un conjunto de grúas, sus especificaciones técnicas y costos que incurren, modelar la elección adecuada, dado un cierto escenario.
2. Identificar y proponer parámetros relevantes en el proceso de selección de grúas torre.
3. A través de un árbol de decisión, guiar la toma de decisiones, para el emplazamiento de una grúa torre.
4. Contextualizar la realidad chilena en construcción habitacional en altura y la utilización de grúas torre.

**CAPITULO II:**  
**EDIFICACIÓN EN ALTURA, CONTEXTUALIZACIÓN**

## 2.1.- Edificación En Altura, Contextualización.

Es común escuchar la palabra rascacielos para edificios que se destacan por su altura, esta palabra es proveniente de los Estados Unidos (skyscrapers, que en realidad significa raspacielos), como resultado del asombro popular que generaba la construcción de edificios cada vez más altos, los que tuvieron su obra cumbre con el Empire State Building de Nueva York, construido en 1930. Este se mantuvo por largos años como soberano indiscutible de las alturas y símbolo del progreso norteamericano, hasta que fue reemplazado por las Torres Gemelas del World Trade Center (WTC), destruidas por un atentado terrorista en septiembre del 2001. En esta zona, hoy denominada Nivel Cero (Ground Zero), se ha empezado a planificar y construir el nuevo edificio de WTC de 1.776 pies (541 metros), que se convertirá en el más alto del mundo. Sin embargo, proyectos en la India y en la China se proponen superar el proyecto del WTC.

Tabla N° 2.1  
Rascacielos más altos del mundo

Edificios	Ciudad	Altura (m)	Pisos
1. Taipei 101	-Taipei	509	101
2. Petronas Tower 1	-Kuala Lumpur	452	88
3. Petronas Tower 2	-Kuala Lumpur	452	88
4. Sears Tower	-Chicago	442	108
5. Jin Mao Tower	-Shanghai	421	89
6. Two International Finance centre	-Hong Kong	415	90
7. CITIC Plaza	-Guangzhou	391	80
8. Shun Hing Square	-Shenzhen	384	69
9. Empire State Building	-New York City	381	102
10. Central Plaza	-Hong Kong	374	78

Tabla 2.1 Fuente: Revista BIT<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Revista BIT. Desafío para la edificación en altura: Adiós a los "Rasca" cielos. Mayo 2004. Disponible en: <http://www.cchc.cl/cendoc/databank/16648.pdf>

Estos edificios representan actualmente, octubre 2006, la máxima altura construida en el planeta, no obstante existen numerosos proyectos que superarán estas construcciones.

En Chile podemos ver la realización de grandes proyectos como el reciente y más grande edificio que debería estar terminado para al año 2010, Torre Gran Costanera, no obstante aún existe una brecha importante entre las edificaciones de países desarrollados y países en vías de desarrollo como Chile, no tan sólo por su tecnología y altura, sino también en su misma realización.

Tabla N° 2.2  
**Edificios más altos de Chile.**

	<b>Edificios</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Pisos</b>
1	Boulevard Kennedy	145	40
2	Torre Telefónica	132	34
3	Edificio De La Industria	120	32
4	Torre Entel	115	19
5	Torre Centenario	112	30
6	Millenium Building	110	31
7	Torre Alameda	110	30
8	Torre Santa María	109	29
9	Edificio Las América	106	31
10	Palladio	104	26

Tabla 2.2 Fuente: skyscraperpage

Tabla N° 2.3  
**Rascacielos en Construcción en Chile.**

	<b>Rascacielos</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Pisos</b>
1	Torre Gran Costanera (2010)	300	60
2	Torre Titanium (2008)	181	52
3	Costanera Center Torre 1 (2010)	170	41
4	Costanera Center Torre 2 (2010)	170	41
5	Territoria 3000 (2007)	114	30

Tabla 2.3 Fuente: skyscraperpage<sup>4</sup>

<sup>4</sup>Skyscraperpage. Diagrams. Agosto 2006. Disponible en: <http://www.skyscraperpage.com/diagrams/>

Gráfico N° 2.1  
**Edificios de mayor altura, construidos o en construcción de Chile.**

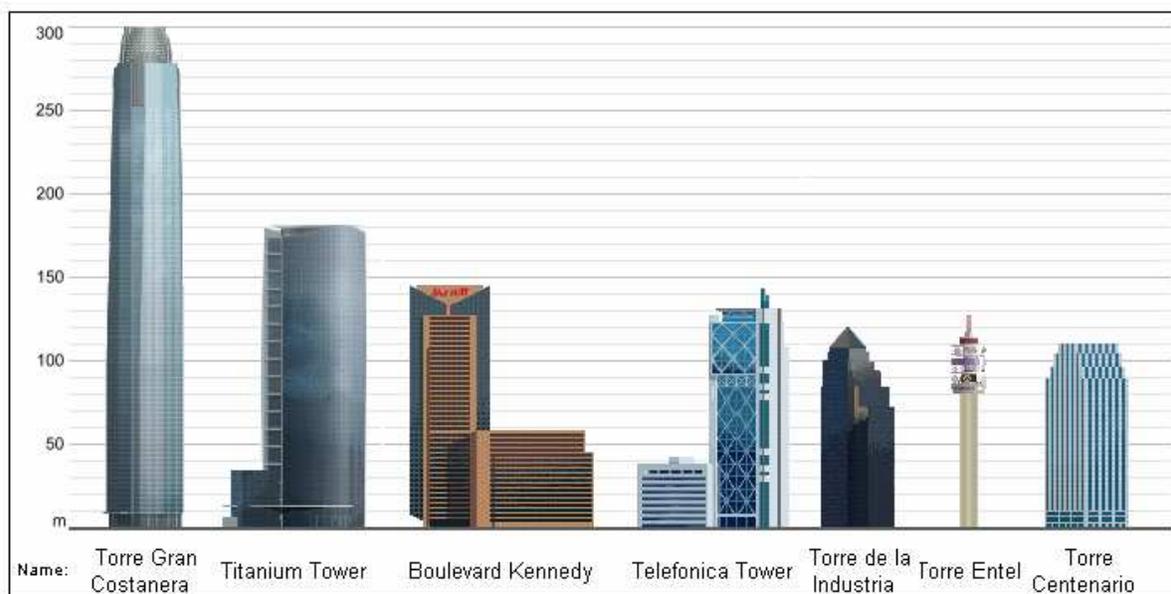


Gráfico N° 2.1, Fuente Skyscraperpage Diagrams.

## 2.2. Oferta edificios habitacionales en Chile.

Para conocer sobre la edificación en altura en Chile, se analizó el portal inmobiliario<sup>5</sup>, el cual estima estar presente entre un 75% y 80% (P. Castro, comunicación personal, 25 Mayo de 2006) de los proyectos por sector: casa, departamento, oficina, sitio, local, industrial, etc. En la mayoría de los casos este sitio Web entrega una detallada información, pisos, precios, ubicación, constructora, m<sup>2</sup>, etc.

Se analizaron las ofertas, de departamentos nuevos, entre los meses de junio-julio de 2006, se registró un total que bordea las 400 publicaciones. Los edificios tienen fechas de entrega del orden de inmediata o bien la fecha término del proyecto las cuales se encuentran desde el 2005-2008.

<sup>5</sup> Portal inmobiliario. Edificios nuevos. julio 2006. [www.portalinmobiliario.com](http://www.portalinmobiliario.com).

### Observaciones:

En algunos casos las publicaciones eran para condominios, estos edificios se contabilizaron de forma individual en los casos que se especificó cantidad de edificios y pisos respectivos.

Hay un porcentaje reducido de casos que la publicación no especificaba el nombre de la constructora o características del edificio ya sea pisos, m<sup>2</sup> máximo, precios. Es por ello que existirá una pequeña diferencia de la cantidad de edificaciones estudiadas para pisos, constructoras registradas y UF/m<sup>2</sup>.

- Se contabilizaron 167 empresas constructoras, se realizó un ranking de las 40 constructoras con más publicaciones. (Ver tabla N° 2.4).
- Se contabilizó la altura en pisos de los edificios para cada publicación. (Ver tabla N° 2.5).
- Se promedió (para cada publicación del portal inmobiliario) el valor por metro cuadrado de cada departamento para cada comuna de Santiago y en general para el resto de Chile, UF/m<sup>2</sup>. (Ver tabla N° 2.6).

Tabla N° 2.4  
**Ranking de las 40 constructoras con más publicaciones en el Portal Inmobiliario.**

<b>Ranking Constructoras (40)</b>	<b>Publicaciones</b>
<b>Almagro S.A.</b>	<b>24</b>
<b>Sigro S.A.</b>	<b>14</b>
<b>Ingevec</b>	<b>12</b>
<b>Inverpaz</b>	<b>12</b>
<b>Echeverría Izquierdo</b>	<b>10</b>
Maestra Construcciones S.A.	9
Proa Ltda	9
Euroconstructora	8
Tecsa S.A.	8
Simonetti S.A.	7
Nahmías Ltda.	7
Santolaya	7
Isa	6
Novatec S.A.	6
Cypco S.A.	5
Delta S.A.	5
Ebco S.A.	5
RVC ing. Y const.	5
Socovesa	5
Actual Grupo Inmobiliario	4
Armas S.A.	4
Desco	4
Enaco	4
Grevia	4
Magal S.A.	4
Uriarte & Pérez-Cotapos	4
Analco S.A.	3
Bersa	3
Covalco S.A.	3
DLP Ltda.	3
H.M. Ltda.	3
Icafal S.A.	3
Icom Ltda.	3
JCE S.A.	3
Paz Froimovich	3
Por Inmobiliaria	3
Pumpin & Irarrázabal S.A.	3
Raúl Varela S.A.	3
Varela S.A.	3
Vital	3

Tabla 2.4. Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 2.5  
Altura en pisos.

Pisos	Repeticiones
33	1
29	1
27	2
26	2
25	4
24	10
22	7
23	10
21	7
20	18
19	13
18	18
17	15
<b>16</b>	<b>23</b>
<b>15</b>	<b>25</b>
<b>14</b>	<b>29</b>
13	22
12	21
11	21
10	19
<b>9</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>25</b>
7	17
6	12
<b>5</b>	<b>27</b>
4	22
<b>Nº Edificios</b>	<b>398</b>

Tabla N° 2.5 Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 2.6  
Valorización UF/m<sup>2</sup>.

Comunas	UF/m <sup>2</sup>	Edificios
Lo Barnechea	48,85	6
Vitacura	46,25	24
Providencia	42,92	41
Las Condes	41,19	74
Peñalolén	36,08	1
Ñuñoa	32,52	45
Huechuraba	31,17	6
La Reina	31,13	1
Santiago	29,82	82
San Miguel	28,52	19
Macúl	28,13	5
La Cisterna	27,32	5
Recoleta	26,26	13
La Florida	25,2	7
Quinta Normal	24,67	3
Independencia	23,5	8
Maipú	21,6	2
San Joaquín	21,44	1
Conchalí	21,39	3
Puente Alto	18,31	2

**Total edificios Stgo. 348**

Chile	UF/m <sup>2</sup>	Edificios
Provincias	38,69	53

Tabla N° 2.6. Fuente: Elaboración propia.

Es claro que existen diferencias entre la arquitectura chilena con los países desarrollados, que se evidencian principalmente en su altura, diseño y tecnología<sup>6</sup>. La mayoría de los rascacielos de Chile tienen de 400 a 800 m<sup>2</sup> de superficie por piso, mientras que los norteamericanos, socios comerciales de Chile y cuyas construcciones sirven de base a los diseños nacionales, cuentan con plantas de 2.000 a 4.000 m<sup>2</sup> y en algunos casos superan estas superficies<sup>7</sup>.

Con la intención de hacer un paralelo de Chile, como país en vías de desarrollo, con otro desarrollado, en el próximo ítem se entregarán las principales diferencias, entre Chile y Gran Bretaña, captadas por ingenieros chilenos, en la elaboración de estos gigantes.

### **2.3.- Principales diferencias de la industria nacional con Constructoras Británicas<sup>8</sup>.**

1. Bajo número de personas en las obras, como consecuencia de un mayor número de equipos (grúas, transportadoras, etc.)
2. El porcentaje de prefabricación de las obras es considerablemente mayor que el nacional. [Ejemplo: Hormigón prefabricado]<sup>9</sup>
3. El porcentaje de subcontratación de las obras en general es de un 90%, considerablemente superior al de Chile que es del orden de un 35%, en promedio.
4. La administración de las obras cuentan con un mayor número de profesionales, que las tradicionales chilenas. En general se cuenta con un profesional por

---

<sup>6</sup> Ver anexo, edificios destacados por su tecnología, página 122.

<sup>7</sup> Revista BIT. Desafío para la edificación en altura: Adiós a los "Rasca" cielos. Mayo 2004. Disponible en: <http://www.cchc.cl/cendoc/databank/16648.pdf>

<sup>8</sup> Revista BIT, Innovación y Productividad en Empresas Constructoras Británicas. Septiembre 2001. Disponible en <http://www.revistabit.cl/pdf/10.pdf>

<sup>9</sup> Ver anexo, Prefabricación de hormigón. Página 119.

subcontrato, quien es responsable de velar por el cumplimiento de los compromisos de este proveedor.

5. En los proyectos estudiados prácticamente no existen relaciones antagónicas entre, cliente, contratista, subcontratistas y proveedores. Lo anterior gracias a nuevas formas de contratación, en las cuales el riesgo es compartido de una forma más equitativa. El riesgo es tomado por aquel participante del proyecto, que está en mejor condición de manejarlo.

En resumen existe una diferencia cultural que se ve reflejada en el uso de tecnología y maquinaria pesada versus menor cantidad de obreros principalmente. Es al menos alarmante ver estas diferencias sobre todo lo referente a la cantidad de profesionales en obra.

Pero en la ocupación de grúas torre al menos se ha demostrado un aumento importante en su demanda desde el 2004. Proyectos en que antes no se consideraban estas grúas ahora son imprescindibles, principalmente porque pueden generar importantes aumentos productivos, facilitando las actividades y por ende ahorro de tiempo y dinero<sup>10</sup>. A continuación se presentarán la importación de Chile, de grúas torre, para los años 1990 a octubre del 2006.

---

<sup>10</sup> Ver anexo 12.14.2. Ahorro que genera la grúa torre al proyecto. Página 151.

**2.4.- Importación de grúas torre, años 1990 a Octubre de 2006<sup>11</sup>.** (Ver tabla 2.7 y 2.8).

Tabla Nº 2.7  
**CIF de grúas torre desde 1990 a octubre de 2006.**

año	CIF en Dólares Importación
1990	813,868
1991	814,793
1992	4,052,454
1993	3,797,311
1994	2,091,207
1995	4,526,632
1996	6,327,662
1997	6,972,779
1998	3,480,726
1999	137,723
2000	1,560,264
2001	488,672
2002	1,414,453
2003	1,193,032
2004	4,753,973
2005	9,219,034
2006	7,740,435

Tabla 2.7. Fuente Aduana Chile<sup>12</sup>.

Tabla Nº 2.8  
**Procedencia de las importaciones de grúas torre en Chile.**

PAISES	CANTIDAD
ESPAÑA	167
FRANCIA	139
ALEMANIA	124
PORTUGAL	63
ITALIA	50
EE.UU.	41
BRASIL	22
NORUEGA	18
CHINA	16
AUSTRIA	10
BELGICA	10
ARGENTINA	9
SUIZA	8
COLOMBIA	5
SUECIA	5
ORIG NO PRECISADAS	2
COREA DEL SUR	1
DINAMARCA	1
PERU	1
SINGAPUR	1

Tabla 2.8. Fuente Aduana Chile.

En entrevista para la revista BIT, Felipe Domínguez, representante de grúas Pingón. Estima que en Chile hay alrededor de 600 grúas torre, que en un 80% están administradas por los arrendadores. Además explica que este crecimiento de demanda ha generado cierta escasez en el mercado. “hay más obras y además se están requiriendo más grúas para faenas que antiguamente no requerían de esta maquinaria. Es decir, han aumentado sus aplicaciones dentro de un proyecto”.<sup>13</sup>

<sup>11</sup> Ver anexo 12.4 Detalle de importación de grúa torre a Chile (desde 1990 a octubre de 2006. Página 126.

<sup>12</sup> Aduana Chile. Importaciones (monto CIF en dólares). Octubre 2006. Disponible en: <http://200.72.133.19/estacomex/asp/ConsItemPais.asp?sistema=2&Glosa=84262000&Tipo=1>

<sup>13</sup> BIT Nº 49 Julio 2006, disponible en [http://www.revistabit.cl/body\\_articulo.asp?ID\\_Articulo=1295](http://www.revistabit.cl/body_articulo.asp?ID_Articulo=1295)

Las marcas existentes en el mercado chileno, como Liebherr, Potain y Pingón, principalmente, cuentan con una variada línea de grúas torre que satisfacen las necesidades del mercado nacional, aunque estas máquinas se encuentran disponibles para la venta, el sector de la construcción se orienta principalmente al arriendo. Por ello, los proveedores como, MCS S.A., ETAC S.A., ENEI S.A., Transvertal, BEMAQ Ltda., EMAQ S.A., entre otras; se especializan en el montaje y desmontaje de estas grúas.

## **2.5.- Grúas torre en Concepción.**

Al no existir una empresa arrendadora de grúas torre en Concepción y teniendo en cuenta la gran demanda que se arrastra desde hace varios años, en ocasiones lleva a arrendar antes de lo pronosticado, aun si esto significa mantenerla inoperante, como medida precautoria en caso de que no hayan disponible a la fecha solicitada, principalmente para ahorrar el traslado (desde Santiago) rotándose de una construcción a otra, también a arrendar grúas de menor alcance y autonomía mientras se dispone de otra.

A Octubre de 2006 en la ciudad de Concepción existen 13 grúas torre operando: 3 en Laguna Redonda, 2 en San Pedro de la Paz, 2 en Chiguayante, 6 en Concepción y existen dos empresas constructoras que poseen grúas torre propias, JCE S.A. (6 grúas) y Futuro S.A. (2 grúas).

Cabe señalar que en Chile en materia judicial, existe un vacío legal respecto a las grúas torre y no existe un organismo que fiscalice de forma obligatoria y detallada las grúas traídas al país, ni su uso en una obra. Importante factor a meditar si pensamos que países desarrollados desechan sus grúas al cabo de 8 años como regla general y muchas de estas llegan a nuestro país, a operar, por mucho más tiempo.

**CAPITULO III:**  
**PRODUCTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE**

### 3.1.- Productividad de la Construcción en Chile.

En Chile es común ver obras en donde existen grandes tiempos muertos, reflejados en detenciones de la grúa torre y de los trabajadores, sin tener mayor reparo ni cuestionamiento, pero recién, desde el año 2003 se han estado realizando mediciones y estudios serios respecto a este tema. Es por ello que en este trabajo revisaremos los aspectos más importantes de los estudios realizados por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción.

#### Definiciones.

- *Tiempo que Agrega Valor (AV)*: Materialización de la obra, preparación de materiales, manipulación de materiales en el lugar de trabajo y descarga, actividades productivas.
- *Tiempo de Soporte (S)*: Supervisión, entrega de instrucciones, testeo y limpieza. Necesarios para desarrollar actividades que agregan valor.
- *Tiempo en Detenciones Autorizadas (DA)*: Planificadas o inevitables. Tomar un descanso, desarrollar trabajos de seguridad y por razones climáticas como lluvia y clima riguroso.
- *Tiempo que No Agrega Valor (NAV)*: No visto durante la ronda de observación, llevar materiales desde la bodega al lugar de trabajo, no trabajar o ausente, reparar o rehacer un trabajo y caminar alrededor de la obra.

Según los estudios pertenecientes al año 2005, el 55% del tiempo se emplea en actividades que Agregan Valor al proyecto, mientras un elevado 23% corresponde a labores que No Agregan Valor a la obra, en tanto un 19% en detención autorizada y un 3% en soporte.

Gráfico N° 3.1  
Actividad año 2005.

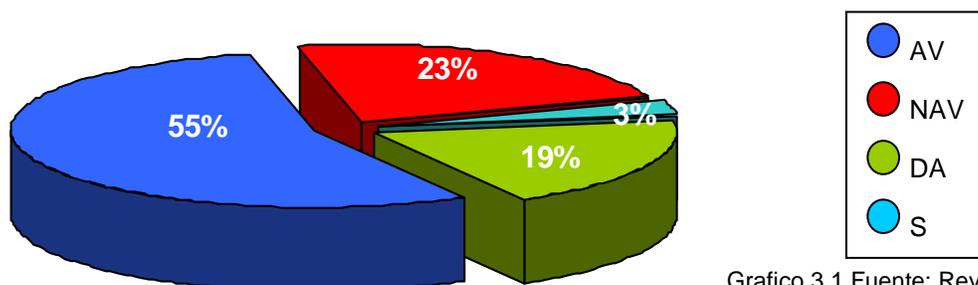


Gráfico 3.1 Fuente: Revista BIT<sup>14</sup>

El aporte de la utilización de la herramienta Calibre<sup>15</sup> resulta sustancial para el sector, porque además de entregar un análisis de la cantidad de tiempo perdido, también entrega valiosos antecedentes cuantitativos del que no agrega valor. Así, no sólo se conocen los niveles de actividad, sino que se saben cuáles son las causas de las pérdidas de tiempo y se evalúan en qué medida reducen el desempeño.

Tabla N° 3.1  
Evaluación de la productividad de partidas más relevantes para la edificación en Altura.

	NAV	AV	S	DA
Hormigonado	-34%	48%	14%	4%
Moldajes	-28%	52%	15%	5%
Enfierradura	-19%	70%	10%	1%

Tabla N° 3.1 Fuente: Revista BIT<sup>16</sup>

### 3.2. Costos por tiempo muerto.

En las 12 obras medidas más representativas de Edificación en altura en el país, se han cuantificado 11.670 HH perdidas. La pérdida calculada considera sólo las pérdidas registradas en los períodos de medición en que se aplica el sistema

<sup>14</sup> BIT N° 47. Eficiencia a Tiempo Completo. Marzo 2006, disponible en: [http://www.revistabit.cl/pdf/46-47\\_47.pdf](http://www.revistabit.cl/pdf/46-47_47.pdf).

<sup>15</sup> CALIBRE es un Servicio CDT para el control y mejora de productividad en proyectos de construcción, basado en el uso de herramientas metodológicas de alto impacto soportada en tecnologías de información. El servicio hace uso de mediciones en terreno del desempeño y rendimientos de mano de obra y equipos con lo que se elaboran informes diarios que apoyan la gestión y ayudan a la eliminación de los problemas que causan pérdidas e ineficiencias en obra. Disponible en: [http://www.cdt.cl/pags/grupo\\_arenas.asp?det=001002010016](http://www.cdt.cl/pags/grupo_arenas.asp?det=001002010016).

<sup>16</sup> BIT N° 38 Calibre de la CDT, cifras: Productividad Hoy. Septiembre 2004, disponible en: <http://www.revistabit.cl/pdf/58-59web38.pdf>.

Calibre (habitualmente 10 días) y sobre los trabajadores efectivamente medidos en cada proyecto.

Tabla N° 3.2

**Valorización de horas hombre que no agregan valor para edificación en altura.**

<b>N° obras</b>	<b>HH NAV</b>	<b>\$/HH</b>	<b>Total</b>
12	11.670	\$ 1.150	\$ 13.420.017

Tabla N° 3.2 Fuente BIT<sup>17</sup>

Así, se establece que la pérdida promedio medida por obra supera el millón de pesos en 10 días. Es decir superan los \$3.000.000 por mes en pérdidas por obra, sólo por concepto de HH.

Existe un enorme potencial de mejoramiento que puede y debe ser aprovechado para optimizar la industria de la construcción. La valorización de las pérdidas observadas, facilitan una visión práctica de cuántos recursos se utilizan deficientemente a causas de diversos problemas, que en la mayoría de los casos pueden ser solucionados rápidamente de forma sencilla y a muy bajo costo.

El mayor provecho de esta herramienta se obtiene al realizar mediciones periódicas en un proyecto, de manera de evaluar los impactos que tienen las medidas correctivas aplicadas en cada partida y en el funcionamiento global de la obra. Así las soluciones adoptadas también sirven como valiosos antecedentes para aplicarlas en proyectos futuros o en obras similares. En su cuarto año de aplicación en el sector construcción, el sistema CALIBRE de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción, supera las 200 mil horas hombre (HH) medidas en más de 60 proyectos de 32 empresas constructoras. La herramienta brinda apoyo a la gestión de proyectos a través de tres objetivos: La medición en tiempo real de niveles de actividad de trabajadores y equipos; identificación y cuantificación de causas que producen pérdidas de tiempo en obra; y determinación de rendimientos reales de partidas y equipos.

<sup>17</sup> BIT N° 41. Calibre: El Valor del Tiempo. Marzo 2005. Disponible en: <http://www.revistabit.cl/pdf/28-29BiT41.pdf>.

**3.2.1.- Causas de tiempo que no agregan valor.** Ver gráfico 3.2.

La principal causa detectada corresponde a esperas por método (20%), referidas a detenciones asociadas a la metodología de ejecución de la tarea muestreada. Luego se observan los problemas por abastecimiento de Materiales Internos (17%) como la falta de materiales a pie de colocación, cuando ya se encuentran en obra, etc.

La detención sin razón aparente refleja pérdidas de tiempo sin causa definida y que, cuando mantienen una incidencia media, corresponden a descansos de los trabajadores durante las faenas.

Gráfico N° 3.2  
**Causas de tiempo que no agregan valor.**

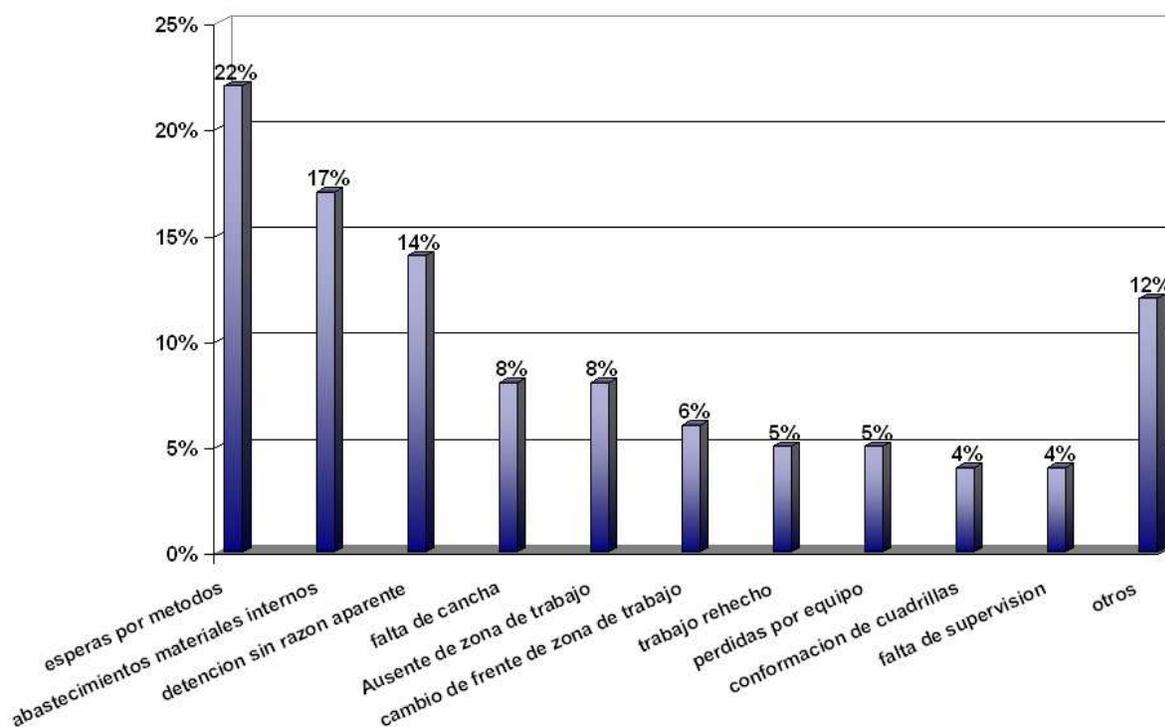


Grafico 3.2, Fuente: BIT<sup>18</sup>

<sup>18</sup> BIT N° 47. Eficiencia a Tiempo Completo. Marzo 2006, disponible en: [http://www.revistabit.cl/pdf/46-47\\_47.pdf](http://www.revistabit.cl/pdf/46-47_47.pdf)

### 3.3.- Rendimiento Promedio, Edificación en Altura. Ver tabla N° 3.3.

De esta forma se puede establecer, por ejemplo, cuántos m<sup>2</sup> de moldaje es capaz de armar una cuadrilla de carpinteros en la obra y posteriormente comparar el dato con la proyección de avance planificado. La obtención de estos rendimientos resulta relevante para medir la eficacia del avance en terreno, datos fundamentales para evaluar la planificación y proyectar los plazos de una obra y para elaborar propuestas en el futuro.

Estos indicadores dan una referencia para estimar la cuadrilla adecuada según la productividad deseada.

Tabla N° 3.3  
Rendimiento Promedio

Partida	Rendimiento	
Moldaje	1,68	m <sup>2</sup> /HH
Fierro	34,77	Kg/HH
Hormigón	0,81	m <sup>3</sup> /HH

Tabla 3.3 Fuente BIT<sup>19</sup>

<sup>19</sup> BIT N° 47. Eficiencia a Tiempo Completo. Marzo 2006, disponible en: [http://www.revistabit.cl/pdf/46-47\\_47.pdf](http://www.revistabit.cl/pdf/46-47_47.pdf)

**CAPITULO IV:  
GRUAS TORRE**

#### 4.1. Definición de una grúa torre y su función.

Se presentan dos definiciones de grúas torre:

- Máquina electromecánica compuesta por una torre vertical y una pluma horizontal, inclinada o basculante, diseñada fundamentalmente para el transporte vertical de cargas. Está dotada de movimientos que le permiten el transporte horizontal de cargas, mediante traslación vía riel, giro 360°, y desplazamiento del carro distribuidor.<sup>20</sup>
  
- La grúa torre es un aparato de elevación de funcionamiento discontinuo destinado a elevar y distribuir, en el espacio, las cargas suspendidas de un gancho o de cualquier otro accesorio de aprehensión.

El gancho está suspendido de una pluma o de un carro que se desplaza a lo largo de ella, la pluma es orientable por medio de un soporte giratorio unido a la base de la grúa.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> Norma Chilena Oficial Nch 2422.of 97. Grúas torre-Terminología y clasificación. 1999.

<sup>21</sup> Tamborero del Pino José M<sup>a</sup> (Agosto 2006). NTP 701: Grúas-torre. Recomendaciones de seguridad en su manipulación. Disponible en: [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_701.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_701.htm)

**4.2. Partes que componen una grúa torre.** (Ver imagen N° 4.1).

La Grúa Torre está compuesta, básicamente, de las siguientes partes:

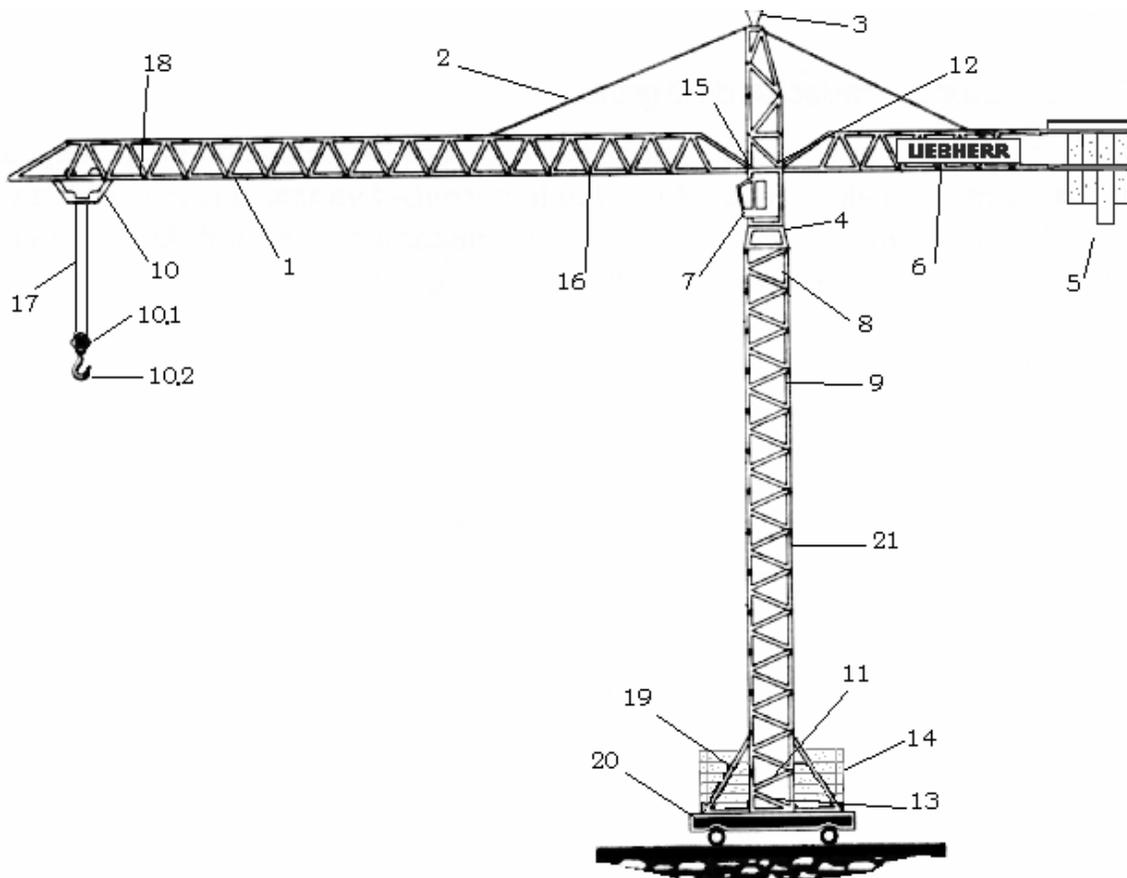


Imagen N° 4.1 Fuente: Manual de grúas torre<sup>22</sup>

1.-	Pluma o Flecha	11.-	Tramo Basal
2.-	Tensores	12.-	Motor de Elevación
3.-	Cabeza Torre	13.-	Chasis
4.-	Corona	14.-	Lastre Basal
5.-	Contrapeso Superior	15.-	Motor de Giro
6.-	Contrapluma o Contraflecha	16.-	Motor de Carro
7.-	Cabina de Mando	17.-	Cable de Elevación
8.-	Tramo Deslizante	18.-	Cable de Carro
9.-	Tramo Intermedio	19.-	Diagonales
10.-	Carro	20.-	Boggi de Traslación
10.1.-	Ramal	21.-	Escala
10.2.-	Gancho		

<sup>22</sup> Mutual de seguridad C.CH.C. Manual de grúas torre, Partes constitutivas de una grúa torre, 1997.

### 4.3. Clasificación de las grúas torre.<sup>23</sup>

Todas las grúas cumplen una misma función, ser equipos de transporte vertical, horizontal y combinado. Visualmente pueden ser muy similares, pero existen diferencias fundamentales entre ellas.

Las grúas torre se pueden clasificar en tres tipos: según su forma de giro, de montaje y apoyo.

#### 4.3.1.- Según su forma de giro.

4.3.1.1.-Giro basal. (Ver imagen 4.2).

El giro se produce en la parte inferior. Su altura es limitada.



Imagen N° 4.2, Fuente propia<sup>24</sup>

4.3.1.2.- Giro superior. (Ver imagen 4.3).

Es la de uso más frecuente, su giro se produce en la parte superior a la altura de la cabina y permite lograr una mayor altura.

#### 4.3.2. Según su forma de montaje.

Existen dos formas de montaje: la primera es por apilamiento con grúa auxiliar y se denomina propiamente, Grúa Torre (GT) y la segunda es con elementos de

<sup>23</sup> Mutual de Seguridad C.CH.C. Manual de grúas torre. 1997.

<sup>24</sup> Laguna redonda, Concepción. Montaje: Rodrigo Baeza. Automontable Liebherr 32 K. Agosto 2006.

fábrica que permiten un automontaje en las que tenemos la Grúa Automontable (GA) y la Grúa Torre Automontable (GTA).

4.3.2.1. Grúa Torre (GT). Ver imagen secuencial N° 4.3: Es aquella que se ve armada por tramos, ayudada en su primera parte por una grúa auxiliar. Luego se continúa adicionando paños a través de una operación llamada telescopaje.



Imagen N° 4.3.<sup>25</sup>

4.3.2.2. Grúa Automontable (GA) ver imagen N° 4.4: Es aquella que viene con su torre y pluma plegadas, con las pasadas de cables preparadas, con sus contrapesos generalmente colocados. Se despliega su pluma y en el momento que está armada, puede ser calibrada y luego operativa. Esta operación puede realizarse en pocas horas, dependerá del modelo.



Imagen N° 4.4<sup>26</sup>

4.3.2.3. Grúa Torre Automontable (GTA): Es la combinación de las dos anteriores y además se puede adicionar algunos tramos.

### 4.3.3. Según su forma de apoyo.

Las podemos clasificar en tres grupos: sobre chasis, empotrada y trepadora.

4.3.3.1. Sobre chasis. (Ver imagen 4.5 y 4.6).

Que puede ser con o sin ruedas. Es decir, fija o sobre vía. Podrá optarse a colocarla

<sup>25</sup> Telescopaje grúa Liebherr 35 NC / 90, Constructora JCE S.A. Edificio Plaza mayor 3, Concepción. Octubre 2006.

<sup>26</sup> Grúa automontable de la serie H de Liebherr fuente Liebherr Mayo 2006. Disponible en: <http://www.liebherr.com/cc/es/22036.asp>

sobre vías cuando la altura máxima a la cual se desea utilizar la grúa no supere la altura autoestable.



Imagen N° 4.5 sobre vías o sistema de rodado disponible en: [http://www.liebherr.com/downloads/TK\\_Obendreher\\_sp.pdf](http://www.liebherr.com/downloads/TK_Obendreher_sp.pdf)

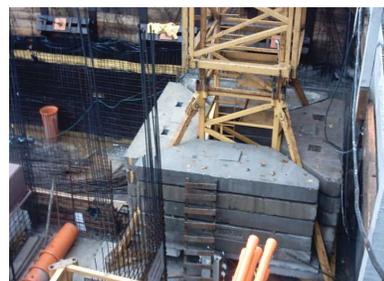


Imagen N° 4.6 sobre chasis estacionario Fuente: Echeverría izquierdo S.A.

4.3.3.2. Empotrada. Ver imagen 4.7 y 4.8. Es aquella grúa torre donde su tronco basal inferior se empotra en un dado de hormigón calculado según las instrucciones del fabricante. [También se suele emplazar, para ahorrar el dado de hormigón o por espacio, ocupando el hormigonado de fundación, cabe señalar que este método de emplazar la grúa es más costoso que sobre chasis debido a que se tendrá que dejar un cuerpo de fierro especialmente fabricado para su montaje dentro del dado de hormigón que también será un costo adicional o bien empotrada a fundación del edificio].

Normalmente ésta solución se utiliza en aquellas obras en donde no se puede montar el chasis de la grúa, por falta de espacio. En general en este tipo de montaje disminuye la altura de autonomía.



Imagen N° 4.7<sup>27</sup>



Imagen N° 4.8<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Emplazamiento de grúa liebherr, empotrada a la fundación, Plaza mayor 3 Concepción. (JCE S.A.).

<sup>28</sup> Emplazamiento de grúa liebherr, empotrada a la fundación, Hospital del trabajador, Concepción. (JCE S.A.)

#### 4.3.4. Alturas superiores a la autoestable.

Arriostramiento y Trepaje. Ambos permiten trabajar a alturas mayores a la autonomía de la grúa, estas alturas podrán ser tan altas como sea la obra. Cada una tendrá especificaciones técnicas según sea el modelo donde se irá arriostrando o trepando según sea el requerimiento y las instrucciones del fabricante.

Es claro que ambos mecanismos son totalmente diferentes pero tienen la semejanza de que deben partir de alguna de las dos formas mencionadas, por chasis o empotrada, para luego seguir.

Imagen N° 4.9. Fuente: JCE S.A.

##### 4.3.4.1. Arriostramientos. (Ver imagen N° 4.9).

Consiste en anclar la grúa a la losa del edificio por medio de las indicaciones del fabricante. Podremos generar este anclaje que consiste en unir la grúa a la losa del edificio para generar más resistencia al torque generado por los giros de la pluma, lo que en consecuencia permitirá telescopar más cuerpos y cada cierta cantidad de cuerpos extras a los de autonomía (cantidad determinada por el fabricante) se deberá arristrar nuevamente a la losa pudiendo alcanzar la altura deseada a medida que la construcción progresa.



##### 4.3.4.2. Trepadora. (Ver imagen N° 4.10).

Es un sistema de montaje que permite, que la grúa torre aumente de altura desplazándose por el interior del edificio, a medida que este aumenta de altura. Todos sus esfuerzos de carga tanto horizontal como vertical, son transmitidos al edificio a través de las estructuras soportantes.



Imagen N° 4.10, disponible en:  
[http://www.liebherr.com/downloads/TK\\_Obendreher\\_sp.pdf](http://www.liebherr.com/downloads/TK_Obendreher_sp.pdf)

Este tipo de sistema presenta un inconveniente en su desmontaje, el cual es más lento, debido a que se realiza en la terraza del edificio y en general estos son de geometría variable, en esa zona se tiene que anclar el equipo necesario para su desmontaje, el cual debe estar calculado y diseñado de antemano. En Chile es poco utilizado este tipo de montaje de grúa torre, [por la arquitectura de los edificios].

#### **4.4. Conceptos básicos de altura.**

4.4.1. Altura de autonomía. Se define como la altura máxima bajo gancho a la cual puede trabajar libremente una grúa, sin necesidad de arriostamiento y/o contraventaciones.

Normalmente, resulta mucho más fácil y económico arriostar, ya que contraventar implica un espacio muy grande y una importante inversión en cables de acero y hormigón para construir los muertos.

4.4.2. Altura bajo gancho. Está definida como la altura útil, que se genera entre el nivel de apoyo de la grúa y el gancho. Esta altura está determinada, generalmente, por la capacidad de enrollamiento de cable en el huinche de elevación.

#### **4.5. Montaje.**

El montaje de una grúa torre se debe efectuar de acuerdo a las especificaciones contenidas en el manual del fabricante, las que se deben complementar con las instrucciones y conocimientos del profesional responsable del montaje. Se debe tener especial cuidado con las condiciones climáticas imperantes.

Se debe además, considerar una alimentación eléctrica independiente de la del resto de la obra; esto es para evitar, el desbalanceo de fases que se produce normalmente y para que no se tenga que detener el funcionamiento de la grúa por algún problema menor.

#### **4.6. Telescopaje.**

Aumento de la altura de una grúa torre, mediante la inserción de troncos intermedios.

Una característica fundamental en la grúa torre es la de poder aumentar su altura, progresivamente, en la medida de que ello sea necesario, esto puede ser aumentando tramos o trepando. Debe tenerse en cuenta la necesidad de agregar contrapesos al tramo basal, toda vez que el equipo aumente en altura.

Destelescopaje: disminución de la altura de una grúa torre mediante la eliminación de troncos intermedios. Esta operación se realiza exactamente igual al telescopaje, pero en orden inverso.

#### **4.7. Ubicación de la grúa en obra.**

La ubicación del equipo se debe definir conjuntamente con la planificación de la obra, considerando: rendimientos, cambios de posición e interacción con otros equipos o grúas, además de obstáculos existentes en la zona de operación: como árboles, edificios, líneas eléctricas u otros elementos que pudiesen entrar en contacto con la pluma, gancho o cable de elevación.

En el caso de instalar más de una grúa, se debe verificar que el radio de acción no se sobreponga, para esto se recomienda montarlas con una diferencia de por lo menos un tramo de altura. Además de que para mayor seguridad el giro deberá ser en distintos sentidos.

Si el montaje es cercano a edificios, se debe considerar un espacio lateral de circulación del personal de a lo menos 60 centímetros<sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup> Instituto Nacional de normalización (1999), Norma Chilena Oficial, NCh2438.Of1998. Grúas Torre- Requisitos de Montaje. (primera edición) Chile.

Finalmente al término de la faena el equipo debe sacarse del lugar, por ende se debe prever el procedimiento de desmontaje y cómo se retirarán sus correspondientes piezas del lugar.

#### 4.8. Cables de acero.

Definición y composición.

El cable de acero en la grúa es el centro neurológico de ésta, siendo el más importante después de los mecanismos de control y operación, pues es el elemento que une la carga a la grúa y participa activamente en todas las operaciones del equipo. Fallando éste, tendremos la certeza que ocurrirá un accidente grave.

Los cables de acero que normalmente se usan en grúas son para levante (izaje), tracción y fijación de diferentes elementos, estos están constituidos por: Alma, torones y alambres.

##### 4.8.1.- Elementos de un Cable de Acero. Ver imagen N° 4.11

Alma o núcleos: Tiene como función mantener fijos los torones en sus lugares, y también dar mayor o menor flexibilidad al cable, según sea el diámetro de éste o su composición.

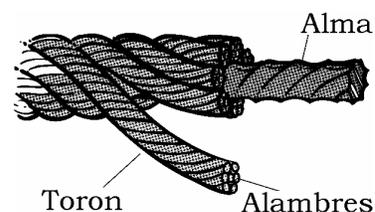


Imagen 4.11 Fuente: JCE S.A.

Torones: Son las hebras que rodean el alma. En la medida que aumenta su número, aumenta la flexibilidad del cable.

Alambres: Cada toron se compone de un número variable de alambres. A mayor cantidad de alambres disminuye el diámetro, con lo cual se acrecienta la flexibilidad, pero decrece la resistencia mecánica a la abrasión y corrosión.

Combinando de modo adecuado los alambres y torones, se obtienen tipos de cables de construcciones diversas y para diferentes usos.

Los cables de acero tienen una serie de características: Diámetro, construcción, resistencia, tipo de alambre, alma y recubrimiento de protección. Esto los hace ser únicos para cada uso y equipo, por lo que dos cables de igual diámetro no serán necesariamente iguales en su construcción, lo que obliga a que sólo el cable recomendado por el fabricante del equipo es el que se debe utilizar, por lo tanto, se debe aclarar que cada cable aunque tenga el mismo diámetro exterior, tiene una construcción determinada, y es aquella la que fija su utilización.

Si se utiliza un cable inadecuado, puede significar una ruptura súbita o un desgaste acelerado, y por ende su destrucción.

**CAPITULO V:**  
**EMPLAZAMIENTO DE LA GRÚA TORRE**

### **5.1.- Factores determinantes a evaluar en el estudio del emplazamiento.**

**Visión del gruista.** Se debe tener en cuenta que la visión del gruista no será la misma al principio, en el desarrollo y al final del proyecto, es por ello que no podemos emplazar una grúa sin tener claro donde será el punto de carga y descarga. En algunos casos se podrá trabajar a control remoto lo que permite desestimar este factor.

**Montaje y desmontaje.** Antes de analizar una posición se debe ver si es factible su montaje y desmontaje una vez terminada la obra gruesa y si existe la maquinaria (grúa auxiliar) con el alcance y fuerza adecuada. Es por ello que también se deberá discriminar por este factor.

Se puede citar el ejemplo de colocar una grúa trepadora en el centro del edificio, esta podría ser una solución óptima y factible en algún escenario a evaluar, pero no se debe olvidar evaluar el mecanismo de desmontaje de la grúa. En este tipo de maniobras es común el aprovechamiento de los espacios de ascensores para la ubicación de la grúa trepadora lo que podría ser una alternativa válida para pensar en un desmontaje por la misma vía de trepado.

**Optimización de los tiempos de ciclo.** Como la principal idea es optimizar los tiempos de ciclo, no se debe olvidar lo siguiente:

- Layout de la instalación de faena, puntos de suministros o sitios donde cargar materiales pesados, ya sean fierros, hormigón, entre otros; además de la posibilidad de girar en 360°.
- Barrido de la pluma. por el barrido se entiende como la superficie que la pluma deberá cubrir en su radio de giro, este barrido deberá ser estudiado para optimizar los tiempos de ciclo y aumentar la productividad. Se propone generar el

menor radio de giro posible con la pluma, dado la obra y los puntos de suministros.

## 5.2.- Selección de grúas torre.

El éxito de un proyecto inmobiliario depende principalmente de dos factores, la utilidad y la fecha de término. Ambas dependen de una planificación bien pensada, detallando los métodos, equipamiento y programa. Una gran parte de la planificación se basa en seleccionar la maquinaria adecuada y en construcciones de altura no cabe duda que las grúas torre son una herramienta fundamental.

Es importante tener en claro los ciclos adecuados de trabajo para así poder tomar la decisión de forma más eficaz sobre la ubicación, los modelos y cantidad de grúas a operar, sólo después de una planificación del programa de construcción a través de una Carta Gantt o cualquier método que muestre de forma clara los plazos requeridos para cada actividad.

### 5.2.1.- Variables estratégicas a analizar para seleccionar la grúa torre adecuada.

- Métodos de Encofrado, tales como moldajes metálicos, moldajes para muro autodeslizante o mesas “volantes”.
- Elección de otras vías de abastecimiento de hormigón como el uso de bombas y “cañerías metálicas” o grúas especiales de abastecimiento. Ver imagen N° 5.1
- Premontaje de armaduras resistentes, paneles prefabricados de hormigón y elementos de acero estructurales; balanceando el peso de los elementos contra la reducción del número de trepajes.



Imagen N° 5.1 Fuente:  
Hospital trabajador, JCE S.A.

- **Más Grúas Torre v/s mayor plazo de programación;** en este punto es importante tener en cuenta que un mayor plazo evidentemente significa costo de mano de obra más extenso en tiempo. Para ello se debería determinar el ciclo promedio de izaje<sup>30</sup> requerido en un proyecto, este puede indicar que requiere más de una grúa. Incluso donde el ciclo de izaje no es un factor crítico, un área de trabajo de extensión más abierta puede requerir más de una grúa. Montar la grúa en un carril para que pueda cubrir un área más extensa es una solución que resuelve el problema de espacio, en algunos casos.
- Realizar las operaciones que mantienen la grúa ocupada por un periodo prolongado cada día pueden ser reprogramadas para un turno de noche si las condiciones así lo permiten.

#### 5.2.2.- Variables de ubicación de la grúa torre.

- Posicionar la grúa dentro del edificio. Ver imagen N° 5.2

Para esto se debe proveer orificios temporales a través del sistema de losas, a menos que exista una caja de ascensor localizada en el centro, u otra abertura que permitiera montar la torre. El ingeniero estructural deberá evaluar la ubicación de estos orificios.



Imagen N° 5.2 Fuente. Hospital del trabajador, Concepción. JCE S.A.

Es usual que se ocupe este mecanismo por motivos de espacio no obstante también puede ser una alternativa para trabajar sobre la altura autoestable, de modo de *trepas el edificio (Trepadora)* mientras este se levanta, mediante sistemas

---

<sup>30</sup> Levantamiento, traslado.

mecánicos e hidráulicos. El trepaje se lleva a cabo alargando la torre o levantando la torre desde su fundación y sujetándola en los pisos completados.

- Emplazar la grúa fuera de Edificación (arriostrada), pero lo suficientemente cerca para que su estructura sea atada a la construcción cada dos o tres pisos. La grúa puede erigirse lo suficientemente alta para dejar libres los primeros pisos y luego escalar el edificio a medida que se levanta.
- Ubicar la Grúa completamente fuera de la edificación. Esto requiere de una grúa cuyo largo de pluma sea mayor que otras opciones.
- Colocar la grúa torre con rieles. Esto permite cubrir una mayor área. La grúa descansa sobre un carro especial, lo suficientemente ancho y con contrapeso para prevenir un vuelco y estar equipada con boggis y motores para moverse. La colocación de los rieles debe ser sobre base de concreto o gravilla compacta diseñada por un ingeniero estructural y que refleje la capacidad de soporte de suelo. Los rieles pueden ser curvos de acuerdo con la recomendación del fabricante de la grúa. Una grúa montada de esta forma puede usar electricidad con una variedad de fuentes vía cable, o puede suplir su propio poder con un generador montado en carril.

Importante es mencionar que cuando se construye un dado de hormigón para empotrar la grúa, debiera evitar perturbar la existencia de elementos subterráneos, los planos del proyecto deben ser estudiados para el sitio de trabajo proyectado, tales como líneas de utilidad pública y piscinas para evitar una situación en la cual la fundación deba ser removida después del desmantelamiento de la grúa.

La primera instalación de la grúa a su altura máxima, puede ahorrar tiempo a la larga, aunque inicialmente posiciona al operador lejos del trabajo. Ya que cada trepaje toma varias horas.

Donde se usan dos o más grúas torre, éstas pueden posicionarse para que sus plumas puedan barrer sobre un área común. Estos arreglos requieren de un gran cuidado para que las grúas que se encuentren más abajo puedan girar en 360° sin tocarse unas con otras. Se entiende que para dar solución a este tipo de problemática la grúa torre de menor pluma debiese ser la que se encuentre a menor altura.

**CAPITULO VI:**  
**PROPUESTA DE UN MODELO PARA SELECCIONAR GRÚAS**  
**TORRE**

Este Capítulo está dividido en 4 partes primero se entregará un árbol de decisión el cual pretende orientar el emplazamiento y la primera selección de grúas torre. Posteriormente se presentará el funcionamiento de una grúa torre, seguido de una programación cuadrática orientada a otorgar un análisis comparativo de diferentes alternativas, (diferentes modelos y cantidades de grúas) para ejecutar una obra, finalmente se concluye con un caso real ejecutado en Solver de Excel.

### **6.1.- Árbol de decisión.** (Ver diagrama 6.1, Pág. 43).

Se pretende orientar una respuesta de las grúas aptas para la obra, discriminando por altura, alcance y capacidad, una vez decidido el punto “óptimo”. Por lo que se podrá tener una respuesta del tipo de emplazamiento y costos asociados, ya sea dentro o fuera de la construcción, se deja claro que este modelo no satisface todas las construcciones, ya que está hecho para las edificaciones habitacionales en altura (chilenas) y no pretende reemplazar el razonamiento, más bien guiar el normal accionar, imitando el de expertos del rubro.

Tratando de reflejar de mejor manera y de forma clara, se mostrará un diagrama o árbol de decisión<sup>31</sup> que podrá guiar de manera eficaz la localización de la grúa con la intención de disminuir los costos de su emplazamiento.

*Para entender los pasos a seguir se deberá tener presente las siguientes observaciones:*

Cada grúa será analizada según sus capacidades y serán éstas las que darán mayor costo de arriendo. Obviamente también se deberán tener en cuenta las condiciones de su uso, tipo de emplazamiento de la misma y las jornadas de trabajo.

---

<sup>31</sup> Ver anexo 12.7 Diagrama o Árbol de decisión. Página 134.

### **6.1.1.- Aspectos técnicos del diagrama (Árbol de decisión).**

Cuando hablamos de punto pseudo-óptimo debemos considerar los aspectos que han sido mencionados con anterioridad; alcance de la pluma, ángulo de barrido, tipo de emplazamiento, etc. Pero también es común ver que este punto caerá por descarte, en el peor de los casos será el único punto posible.

Se deja en claro que el punto pseudo-óptimo se entiende por un punto que entregará mayor eficiencia al trabajo y será elegido por razones de productividad orientadas a la optimización de recursos y por ende la minimización de los costos.

Para minimizar los costos de emplazamiento y productividad en la generalidad de los casos de un edificio habitacional se analizará como primera opción el emplazamiento en la periferia del área a construir. Dependiendo de si se emplaza en chasis o empotrada, tendrá una distancia de al menos 60 cm. a la obra, medidos desde el eje.

Posteriormente se propone un punto interior a la edificación, este punto representa un mayor costo por las condiciones de montaje, generalmente empotrada por espacio. Dentro de este tipo de emplazamiento se encuentra la alternativa de trepadora que representará un mayor costo principalmente por las maniobras de montaje y desmontaje de la grúa, a menos que existan condiciones particulares como, el aprovechamiento de la caja de ascensor.

### **6.1.2.- Glosario del Árbol de decisión.**

**Estudiar planos y situación en terreno:** Lo ideal sería estudiar ambas de forma simultánea dado que ahorraría tiempo y especulaciones por no tener la total visión del escenario. Acá se debiese descartar los puntos que por diversas razones (imposibilidad de desmontaje, cables de alta tensión, etc.) no fuese factible el emplazamiento de la grúa torre.

**Encontrar puntos pseudo-óptimos de localización:** Es acá donde se darán una o más posibilidades de emplazamiento y se deberá ordenar preferencias dado las necesidades, pudiendo tener al menos una opción en caso de cambiar el punto por alguna eventualidad, ya sea por no conseguir permisos municipales, imposibilidad de conseguir una grúa determinada, etc.

**Determinación de las características de la grúa torre,** principalmente, altura, alcance y cargas máximas. También es importante factor, el emplazamiento de la grúa, ejemplo en caso querer montarla sobre vías sería un requisito más a tener en cuenta, inclusive los lastres basales en caso que se desee montar sobre chasis estacionario. En ocasiones (poco común) los arrendadores de grúas torre no cuentan con lastres basales para una determinada grúa. Otro factor será, disponer de control remoto, para escenarios en que por razones irremediables se cuente con poca o nula visibilidad.

**Generar una terna de grúas en arriendo a estudio.** Pudiendo empezar por ejemplo por las grúas que se encuentran operando en la zona y que serán removidas para la fecha solicitada o antes, para ahorrar el traslado desde zonas distantes. Luego cotizar y saber de su disponibilidad y estado, pudiendo finalmente generar una terna que cumplan los requisitos y cotizar.

**Pseudo-óptimo:** Punto que de no estar fuera de la construcción y con chasis estacionario debiese ser por una justificada situación, infactibilidad de emplazar en la periferia o por que no se pudiera barrer toda la superficie desde ese punto.

### **6.1.3.- Seguimiento inicial al diagrama.**

Si es posible el emplazamiento en la periferia del edificio se preguntará si barre toda la superficie, si no es el caso, se preguntará si pudiese emplazarse sobre riel. En caso contrario se propone ocupar más de una grúa para barrer todo el edificio. En el caso que no se pudiese emplazar en la periferia se deberá preguntar

entonces si es posible el emplazamiento interior, dentro del edificio, debiendo dejar el receso de losa a menos que se ocupara la caja de ascensor o alguna característica especial del edificio. Así sigue el árbol de decisión, siempre orientando los pasos a seguir del modo más conveniente y económico.

Nota: Para efectos del diagrama se tiene:

- Usaremos la abreviación empto para emplazamiento.
- $i$ : conjunto solución de grúas.
- $L_i$ : grúa torre modelo L perteneciente al conjunto solución  $i$ .
- $A_i$ : Cantidad de grúas torre a emplazar, perteneciente al conjunto solución  $i$ .

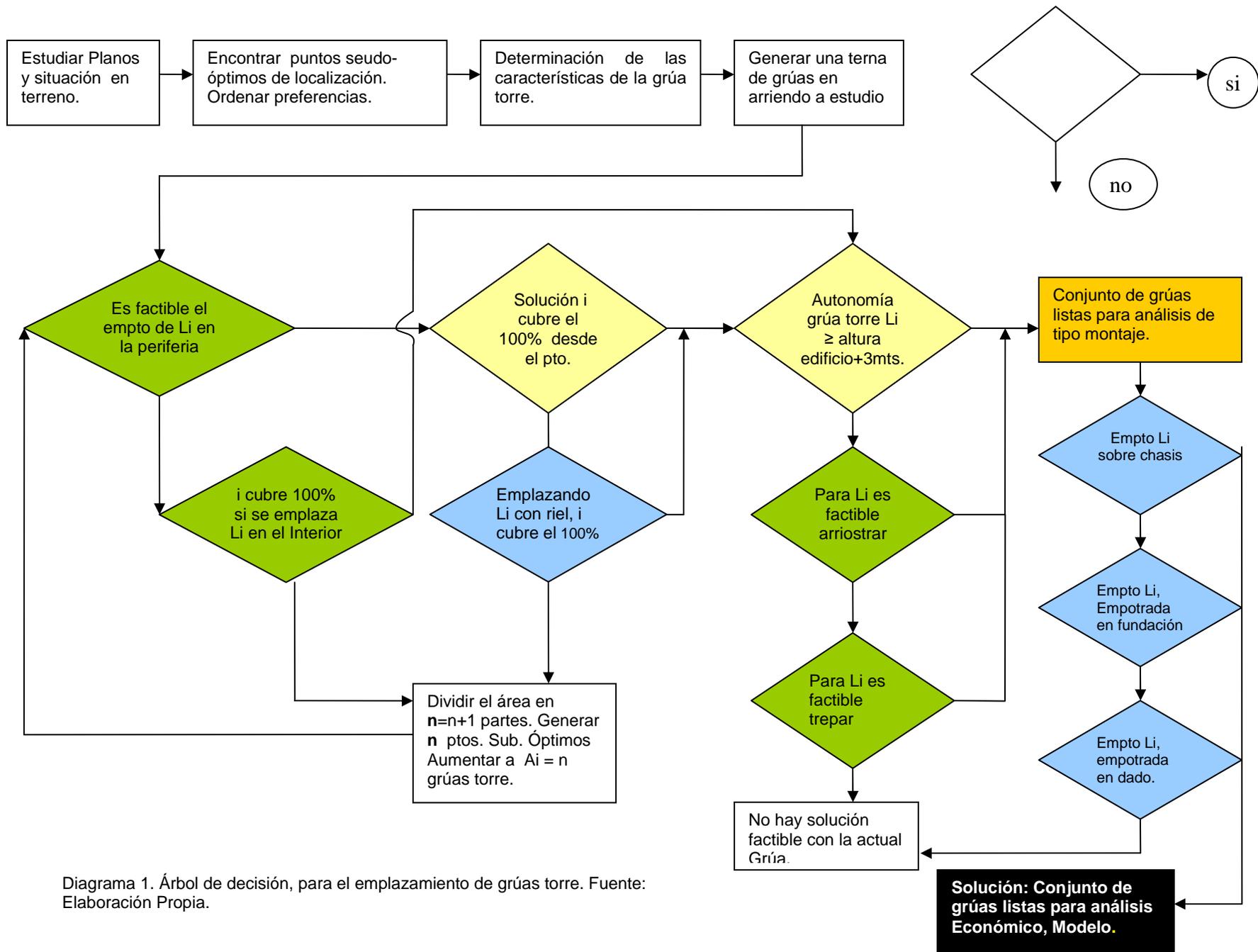


Diagrama 1. Árbol de decisión, para el emplazamiento de grúas torre. Fuente: Elaboración Propia.

## 6.2.- Mecanismo de una Grúa Torre.<sup>32</sup>

Para la realización del modelo de optimización de costos, que pretende dar una respuesta productiva y económica, es importante conocer el mecanismo de trabajo de la grúa, entendiendo de esta manera los tiempos de ciclo y el posible rendimiento que podría entregar. Las grúas cuentan con 4 motores, que son:

**6.2.1.- Motor de elevación:** permite subir y bajar la carga. Este es el motor más potente de la máquina; siendo su función el de mover el huinche. Se ubican generalmente en la torreta, en la pluma o en la contrapluma. Normalmente estos poseen tres velocidades eléctricas. La capacidad de elevación de la grúa se basa en este motor, pues le permite trabajar con una secuencia de velocidades desde la menor al iniciar, pasando por la más alta cuando está desplazando la carga y volviendo a la menor para detener el movimiento.

Existe una secuencia de velocidades: Micro – Media – Alta – Media – Micro.

Esta secuencia de velocidades nos permite trabajar en forma segura, lenta y precisa al manipular una carga.

**6.2.2.- Motor de giro:** Este es el que permite girar la pluma en 360°.

**6.2.3.-Motor del carro distribuidor:** Este motor le da movimiento de traslación al carro de la pluma y permite distribuir la carga en el radio de pluma elegido.

**6.2.4.- Motor de traslación de la grúa :** Este motor permite avanzar y retroceder al equipo completo por los rieles.

---

<sup>32</sup> Mutua de seguridad C.CH.C. Manual de Grúas Torre.

### 6.3.- Funcionamiento de una grúa torre.

**6.3.1. Velocidades de operación.** Son de gran importancia para determinar los ciclos de trabajo y así los rendimientos.

Estas son variables y secuenciales; siendo una característica relevante, pues permite tomar y dejar carga en forma lenta y precisa. Para esto las grúas cuentan con cuatro motores eléctricos trifásicos, que son los ya mencionados.

### 6.3.2.- Capacidad de carga. (Ver gráfico N° 6.1)

Está definida como la potencia máxima que tiene una grúa para izar una determinada carga.

Toda maquinaria tiene una capacidad limitada por el fabricante, y de acuerdo al diseño de la grúa, además se debe considerar que mientras más cerca de la punta de la pluma menor será su capacidad de carga y por el contrario mientras más alejada mayor será esta. Siempre considerando que no se debe sobrepasar la carga máxima con que la grúa fue diseñada para trabajar.

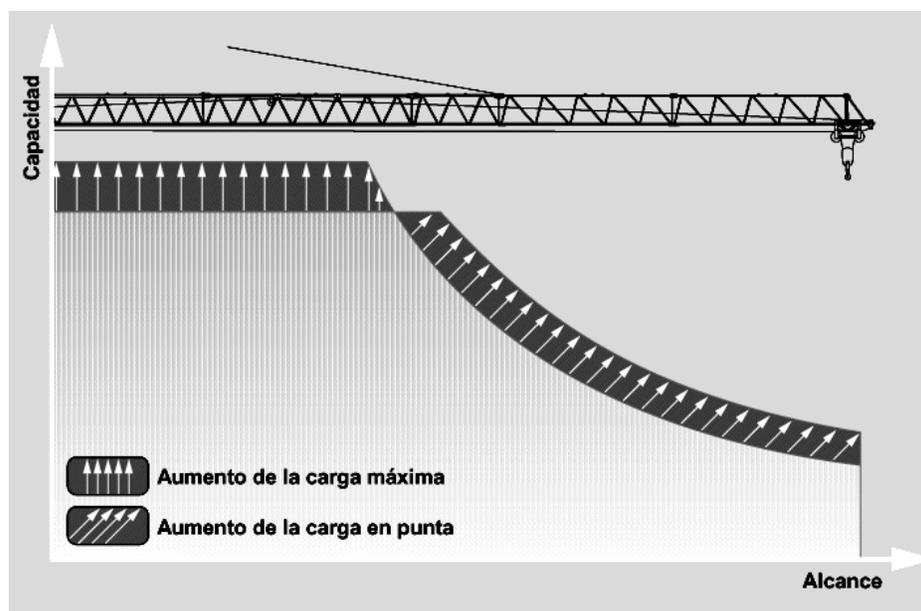


gráfico N° 6.1 Fuente: CD Rom Liebherr-Turmdrehkrane.

La capacidad de carga es variable, pues está basada en el equilibrio de la carga con los contrapesos, siendo la torre el eje de equilibrio. Es así, como al alejarse la carga del eje de equilibrio, ésta disminuye hasta llegar al mínimo en la punta de la pluma, la indicación de las cargas viene claramente detallada en el manual del fabricante.

Al usar el doble ramal, baja la capacidad de carga en la punta de la pluma; esto se debe a que hay más peso con el cable de elevación. Los nuevos modelos de grúas, vienen equipadas con un segundo carro, lo que se debe considerar como peso propio de la máquina. Se debe recordar que con doble ramal aumenta la capacidad de carga en un porcentaje importante en las proximidades al tronco de la pluma; también hay que recordar que la velocidad en doble ramal es un 50% más lenta que la de ramal simple.

Es importante señalar en este punto, que un mismo equipo puede ser montado con pluma más corta, debiendo, en tal caso, retirar uno o más tramos de pluma y modificar el valor del contrapeso superior.

**6.3.3.- Sistema de frenado.** El frenado en marcha lenta no es instantáneo, sino que existe un lapso de tiempo al aplicar el freno en que el motor sigue girando. Para mayor seguridad y precisión en las operaciones.

**6.3.4.- Sistemas o mecanismos de seguridad de la Grúa Torre.**<sup>33</sup> En general, todas las grúas, poseen dispositivos de seguridad, que actúan a consecuencia de una mala operación del operador o una mala indicación del señalero.

Estos dispositivos deben ser calibrados y mantenidos periódicamente, ya que de su buen y oportuno funcionamiento depende la vida de la máquina y del personal que trabaja o está en las cercanías de su radio de acción.

---

<sup>33</sup> Ver anexo 12.13 Sistemas o mecanismos de seguridad de la grúa torre. Página 145.

#### **6.4.- Productividad de la grúa Torre.**

Se deberá realizar una programación de la grúa torre, de forma simultánea con la programación general, de manera que exista una sincronización entre las tareas. Esta programación debiese ser controlada diariamente, para verificar si se están realizando las actividades programadas y en cualquier contratiempo poder reprogramar de acuerdo a los requerimientos exigidos por el desarrollo de la obra.

Para hacer realidad la planificación, es imprescindible conocer los tiempos que demora cada actividad realizada por la grúa y también determinar la cantidad de personal que debe estar en dicha actividad.

La gran diferencia entre las grúas se puede apreciar principalmente en las cargas de hormigón y en los casos que se desee transportar carga a distancia en punta que es donde más torque se produce y será donde más exigida se encuentra la grúa, por lo que se deberá tener especial cuidado en las cargas máximas a transportar.

### 6.5.- Tiempos de ciclo, productividad. (Ver imagen N° 6.2)

Para analizar los tiempos de ciclo, a continuación se presentan los movimientos de la grúa.

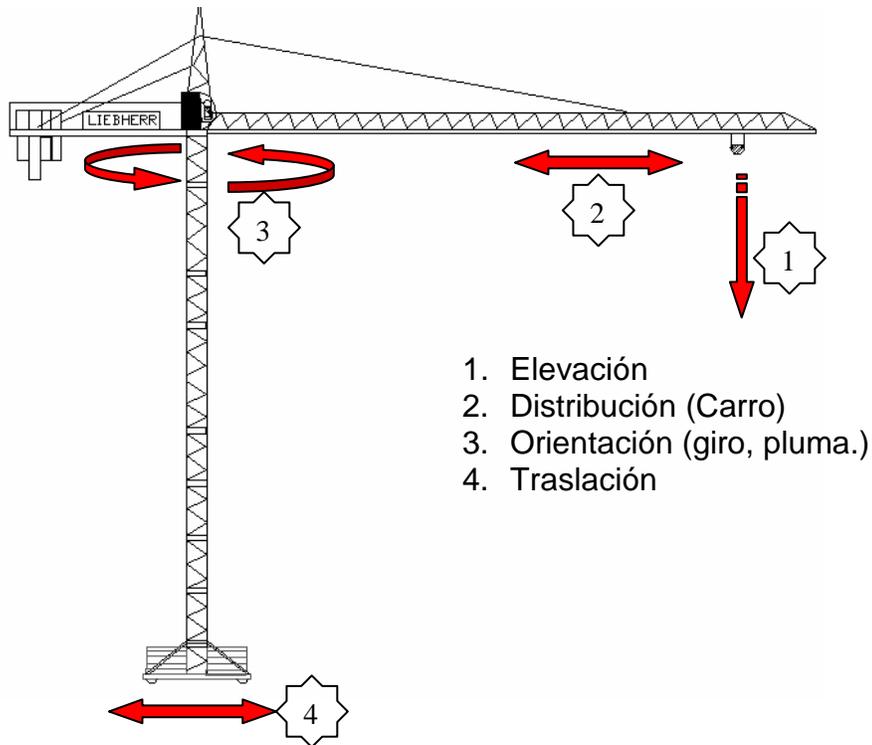


Imagen N° 6.2. Fuente: Elaboración Propia.

El ciclo considerado es: carga del material, elevación, carro, giro, descenso, descarga, luego nos devolvemos al punto de suministro, con elevación, giro, carro, descenso. Sólo se han ocupado los movimientos 1, 2 y 3; la traslación es poco común.

Observación: en terreno se constató que el movimiento de giro generalmente absorberá los movimientos de carro más elevación (sin carga). Luego éstos no serán contabilizados en los escenarios que no presenten dificultades.

A continuación mostrará la productividad de una de una grúa torre mediana, y se dividirá el análisis inicial en:

- Hormigón de fundación.
- Hormigón de losa (incluido el hormigonado de pilares y vigas).
- Hormigón de muros.
- Moldaje.
- Fierro.

#### **6.5.1.- Productividad para una grúa torre Liebherr 99 EC.** Ver tabla 6.1.

Evidentemente que entregar tiempos de ciclo de una construcción en particular no tiene más valor que para esa construcción, ya que cada obra tendrá la particularidad de distancia horizontal, vertical, radio de giro (respecto del punto de carga y descarga), desempeño del gruista y señaleros, como también la eficiencia de la cuadrilla de trabajo.

Lo interesante tendría relación en estandarizar estos tiempos pudiendo adaptarlo a cada escenario, con una base de datos que permita ingresar grados de giro, altura de trabajo, etc.; para cada modelo de grúa y gruista.

Para efectos explicativos del tiempo de ciclo se efectuará un análisis general y se tomarán las siguientes medidas: uso de velocidad media en elevación, descenso y carro con carga. De esta forma se pretenden incluir los tiempos adicionales de frenado y velocidades iniciales, dando una verdadera noción del tiempo que toma el ciclo en una construcción.

El escenario bajo el cual se calculó la productividad de la grúa es de 20 metros de altura, 180° de giro, 20 metros de distancia, simple ramal, fija, con capacho de 500 litros. Para la fundación el movimiento vertical será de 5 metros.

Nota: como se mencionó en obras analizadas se observó que el movimiento de carro, el de elevación (principalmente sin carga) y el de giro eran al mismo tiempo (en escenarios sin dificultades) por lo que los tiempos generados por los movimientos de carro y de elevación serán absorbidos por el giro y no estarán contabilizados (destacados de color rojo).

Los tiempos pudieron ser evaluados en terreno y se pudieron corregir de manera que sea lo más real posible. Además fueron comparados con diversos estudios de productividad de las grúas torre.

Tabla 6.1  
**Tiempo de ciclo y productividad, para hormigón, grúa torre Liebherr 99 EC.**

Fundación			Losa			Muro		
Acción	velocidad	tiempo seg.	velocidad	tiempo seg.	velocidad	tiempo seg.		
carga, segundos	15	15	15	15	15	15		
elevacion (m/min)	40	7,5	40	30	40	30		
Carro (m/min)	40	30	40	30	40	30		
Giro 1 (RPM)	0,75	40	0,75	40	0,75	40		
Descenso (m/min)	40	7,5	40	30	40	30		
descarga, segundos	30	30	45	45	75	75		
elevacion (m/min)	70	4,29	70	17,14	70	17,14		
Giro 2 (RPM)	0,75	40	0,75	40	0,75	40		
Carro (m/min)	40	30	40	30	40	30		
Descenso (m/min)	70	4,29	70	15	70	15		
traslacion (m/min)	25	0	25	0	25	0		
	Total segundos	144,29	Total segundos	215	Total segundos	245		
	tiempo min.	2,4	tiempo min.	3,58	tiempo min.	4,08		
	tpo ciclo hrs	0,04	tpo ciclo hrs	0,06	tpo ciclo hrs	0,07		
	cargas. Mens.	4990	cargas. Mens.	3349	cargas. Mens.	2939		
<b>Productividad</b>	12,48 m <sup>3</sup> /hr.		8,37 m <sup>3</sup> /hr.		7,35 m <sup>3</sup> /hr.			

Tabla N° 13 fuente: Elaboración Propia

Se deberá promediar la productividad proporcionalmente a los requerimientos en fundación, losa y muros. No obstante se constató, que comúnmente la totalidad del hormigón de fundación y losa es tarea, de la bomba (O. Armijo, comunicación

personal, 19 de noviembre de 2006); dejando la tarea de hormigonado de muros a la grúa torre.

Tabla 6.2  
**Tiempo de ciclo y productividad, para moldaje, grúa torre Liebherr 99 EC.**

Moldaje	Cargas de 10 m <sup>2</sup>	
	tpo tabla	tiempo seg.
Estrobar, segundos	90	90
elevación (m/min)	40	7,5
Carro (m/min)	40	30
Giro 1 (RPM)	0,75	40
Descenso (m/min)	40	7,5
Destrobar, segundos	120	120
elevación (m/min)	70	4,29
Giro 2 (RPM)	0,75	40
Carro (m/min)	40	30
Descenso (m/min)	70	4,29
traslación (m/min)	25	0
	<b>Total segundos</b>	<b>309,29</b>
	tiempo min.	5,155
	tpo ciclo hrs	0,08591
	cargas. Mens.	2328
<b>Productividad</b>	<b>116 m<sup>2</sup>/hr.</b>	

Tabla N° 6.2 Fuente: Elaboración Propia.

Esta operación consiste en trasladar desde la obra, el moldaje a otro muro, por lo que existe un ahorro de giro y movimiento vertical (en ocasiones se trasladarán desde cota cero).

Las cargas serán de 10 m<sup>2</sup> en promedio. Esta magnitud de carga será similar entre las grúas, ya que aquí el peso no será limitante para la grúa, más bien para la maniobrabilidad del molde por los obreros.

Tabla 6.3  
**Tiempo de ciclo y productividad, para enfierradura, grúa torre Liebherr 99 EC.**

Fierro Acción	Cargas 500 Kilos	
	velocidades	tiempo seg.
Estrobar segundos	120	120
elevación (m/min)	40	30
Carro (m/min)	40	30
Giro 1 (RPM)	0,75	40
Descenso (m/min)	40	30
Destrobar, segundos	120	120
elevación (m/min)	70	17,14
Giro 2 (RPM)	0,75	40
Carro (m/min)	40	30
Descenso (m/min)	70	15
traslación (m/min)	25	0
	<b>Total segundos</b>	<b>395</b>
	Tiempo min.	6,583
	tpo ciclo hrs.	0,10972
	Cargas. Mens.	1823
<b>Productividad</b>	<b>4.557 kg/hr.</b>	

Tabla Nº 15. Fuente: Elaboración Propia.

El tiempo de ciclo en el transporte del fierro, tendrá diferencias sólo en el transporte de pilares estimado en un minuto extra en la descarga, ya que estos deberán ser instalados, no obstante la mayoría del fierro transportado obedece al análisis desarrollado, por lo que no se analizará por separado, con la idea de simplificar los cálculos.

Este análisis al igual que los anteriores contempla el factor de seguridad de un 10% en Q, esto será explicado más adelante.

Las cargas serán de 500 Kilogramos. Esta magnitud de carga será similar entre las grúas, ya que aquí el peso no será limitante, sólo la maniobrabilidad del fierro por los obreros y operario, además del espacio de descarga.

### 6.6.- Modelo. Optimización de Costos.

Se pretende Minimizar los Costos, realizando un análisis de costos de arriendo de grúas v/s productividad otorgada. Este modelo servirá para apoyar la decisión de contar con n cantidad de grúas con sus respectivos modelos, además de estimaciones de costo y productividad, para cada escenario. El modelo funciona de la siguiente manera, a través de un filtro avanzado en Excel, propio de las restricciones mínimas y propuestas por el programador, se genera una terna de posibilidades con una o más grúas a ocupar. Luego se ingresa la programación en Solver de Excel, obteniendo así Yi y Bi óptima que minimicen los costos. El resto de las variables deberán ser ingresadas al modelo de acuerdo a cada escenario.

Tabla N° 6.4  
Modelos Liebherr de maquinarias Cruz del Sur S.A.

	modelos LIEBHERR	Altura autonomía (metros)	Largo pluma (metros)	Carga máx. En punta (kilos)	Carga máx. (metros)
1	154 EC-H10	51,4	60	1.400	10.000
2	99 EC	50	50	1.600	6.000
3	98 EC	50	50	1.600	6.000
4	154 HC	49,4	55	1.850	8.000
5	112 HC-K	48,1	50	1.800	8.000
6	70 NC	43,7	45	1.500	6.000
7	98.3 HC	42,4	50	1.500	8.000
8	55.3 HC	38,6	42	1.200	4.500
9	45 NC	37,1	42	1.300	4.500
10	78 EC	36	45	1.400	5.600
11	42 NC	34,1	42	1.000	4.000
12	42 K	26	36	1.000	1.000
13	38 K	26	36	850	1.000
14	35 K	26	33	950	1.000
17	28 K	22,5	30	850	1.000
15	32 K	22	30	1.000	1.000
16	30 K	20	30	880	1.000
18	26 K	20	26	1.000	1.000

Tabla 6.4 Fuente: MCS. S.A.

### **Función Objetivo.**

$$\text{Min } A = C_b \cdot H \cdot \sum_{i=1}^{i=n} Y_i \cdot B_i + \sum_{i=1}^{i=n} Y_i \cdot (Z_i + D_i) + H \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (1 + f_i) \cdot Y_i \cdot (C_i + C_m \cdot (M - M_i)) / (P_i + P_h \cdot (1 - S_i)) + C_b \cdot H \cdot Y_0 \cdot B_0 + Y_0 \cdot H \cdot (1 + f_0) \cdot (C_m \cdot M + E) / P_h$$

### **Restricciones:**

1. Restricción de presupuesto  $\geq$  Función Objetivo (Costo)

2. Restricción tiempo obra (Productividad).

Dado que el tiempo en obra para  $i$  es de:  $H \cdot (1 + f_i) / (P_i + P_h \cdot (100\% - S_i))$ , se tiene:

$$\text{Carta Gantt} \leq H \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (1 + f_i) / (P_i + P_h \cdot (100\% - S_i)) \leq \text{Programador}$$

Nota: se trabajará en la evaluación del modelo con el supuesto de que la productividad no podrá ser superior a 6 pisos/mes. Por lo que se corregirán productividades mayores.

3. Estimación del programador: Implícita en la restricción de las grúas a evaluar y conjuntos conformados (la restricción de mercado en cuanto a disponibilidad de grúas esta inserta dentro de este análisis)

4.  $B_i \leq$  cantidad de servicio bomba por piso máximo posible. El máximo posible estará dado por la limitante de metodología y proceso natural de construcción (productividad). Para el caso de trabajar sin grúa ( $Y_0$ ) el hormigón se considerará 100% a través de servicio bomba.

5.  $Y_i$ , binaria

6.  $\sum_{i=0}^{i=n} Y_i = 1.$

7.  $Y_i, B_i \geq 0, \quad \forall (i=0, \dots, n).$

### 6.6.1. Definición de variables.

Donde  $Y_i$ , es binaria.

$Y_i$ :  $\begin{cases} \rightarrow 1, & \text{si el conjunto de grúas torre } i \text{ es la solución óptima, que minimiza los costos.} \\ \rightarrow 0, & \text{si el conjunto de grúas torre } i \text{ no es la solución óptima.} \end{cases}$

$i$ : conjunto solución. Donde  $i = (1, \dots, n)$ , conformado por uno o más grúas torre.

$i=0$ ; solución a trabajar sin grúa torre (conjunto vacío).

El conjunto de grúas torre propuestas para selección, en este caso, esta conformado por 18 modelos Liebherr pertenecientes a la empresa MCS S.A.

$L$ : modelo de grúa torre de Maquinarias Cruz del Sur (MCS S.A.).

$B_i$ : cantidad de  $m^3$  de hormigón a transportar por cañerías (servicio bomba) para un piso, dado  $i$ . donde  $i = (0, \dots, n)$

$Z_i$ : Costo (en U.F.) montaje del conjunto de grúas  $i$ , es decir, el costo de montaje de cada grúa  $L$  perteneciente al conjunto  $i$ . Se pueden encontrar los siguientes emplazamientos para cada grúa torre. Donde  $i = (1, \dots, n)$

1. chasis, fija.
2. chasis, sobre vías.
3. empotrada a fundación.
4. empotrada a dado de hormigón.

$D_i$ : Costo (en U.F.) del traslado del conjunto de grúas  $i$ , a trabajar en la obra. Donde  $i = (1, \dots, n)$ .

$C_i$ : Costo mensual en UF de arriendo del conjunto de grúas  $i$ , es decir, la suma del costo de arriendo de cada grúa tipo  $L$  a la altura requerida, que conforma el grupo  $Y_i$ , (incluir el costo para los casos que se necesite altura mayor a la autoestable, arriostamiento o por mecanismo de trepado). Donde  $i = (1, \dots, n)$ .

**H:** Cantidad de pisos a construir.

En caso de que el edificio tenga subterráneo se presentan dos escenarios, cuando este podrá evaluarse dentro del modelo y se podrá incluir respetando las proporciones, adicionando el requerimiento de material, o bien separando el análisis y dejándolo análogo al modelo sobre cota cero.

Se debiese separar cuando el subterráneo tenga varios niveles bajo la cota cero o bien cuando este tenga un área importante fuera de la construcción, sobre cota cero, por lo que el emplazamiento debiese ser analizado de forma independiente, si se desea evaluar la construcción del subterráneo, con grúa torre en esa situación.

**Ph:** Productividad sin grúa torre en condiciones óptimas para un edificio de H pisos.

Este análisis podrá ser estimado en cada caso en forma particular por el ingeniero a cargo de la programación, según la tecnología y recursos alternativos que se desee evaluar, en cada escenario.

Sólo para efectos del análisis comparativo del modelo, se ocupará la siguiente productividad en función de los pisos.  **$Ph = 2.5 + 5\% \cdot (10 - H)$** .

**$J_{Li}$ :** cantidad de horas a trabajar, por mes, para grúa tipo L, del grupo i. (Se debe adicionar, en  $C_i$ , el costo por horas adicionales del gruista y horas adicionales de arriendo grúa). Esta variable en jornada normal será de 200 horas al mes.

**$S_i$ :** Superficie de la obra, cubierta por las grúas perteneciente al conjunto i, medida en porcentaje. Para  $Y_i$  que cubre toda la superficie de trabajo, se tiene un  $S_i = 100\%$ .

### **La Mano de Obra (Obreros).**

Constituida por: Carpintero de obra gruesa, Concretero, Enfierrador, Jornalero. Esta variable se verá afectada en la decisión de contar o no con grúa torre y para efectos de realizar esta comparación se generó un parámetro, por estimaciones del personal del rubro.

**M:** cantidad de Obreros a trabajar, sin grúa torre.

Existirá una disminución del 20% de la mano de obra cuando se cubra, con grúa torre, la totalidad de la superficie a construir. Dado que en caso de no contar con grúa torre se necesitarán manos extras para el traslado de concreto, fierro y moldaje, se considera que un 20% es una estimación más bien moderada, a pesar del posible uso de elevadores y bombas.

**M<sub>i</sub>:** cantidad de mano de obra que se ahorra por trabajar con el conjunto i de grúas torre. Donde: **M<sub>i</sub> = 0.2 \* M \* S<sub>i</sub>**

**C<sub>m</sub>:** sueldo bruto en U.F. (mensual, promedio) de cada obrero. Se estimará en 10 UF, para la evaluación del modelo.

**C<sub>b</sub>:** Costo U.F. / m<sup>3</sup>, por servicio bomba.

**E:** Costo mensual en U.F. por arriendo de elevador (este costo será considerado principalmente cuando se trabaje sin grúa torre).

**f<sub>i</sub>:** porcentaje de tiempo con adversas condiciones climáticas, durante la construcción de obra gruesa, dado i. Donde por adversas condiciones climáticas, se entiende vientos en obra o situaciones climáticas que impidan el trabajo, obligando a la total paralización.

Por norma no se operan grúas con vientos de 67 km/hr., pero lógicamente generará problemas desde antes, se estima en los 50 Km/hr. Es por ello que se ha incluido este factor el cual es muy importante a considerar en zonas como el sur de Chile, especialmente por los vientos ya que si estos superan los 50 km/hr se hace imposible su operación.

Se recomienda ver datos proyectados e históricos de la zona a evaluar para elaborar f. Ejemplo: se estima que por vientos fuertes y lluvias habrá un 20% de

tiempo muerto. Se estimaba terminar el edificio de 20 pisos en 200 días luego el 20% encontrado lo ingresamos (grúa cubre el 100% del edificio):

$P_i = 3$  pisos/mes.

$H = 20$  pisos.

$f = 20\%$

Tiempo de construcción:  $T = H/P_i = 20/3 = 6.667 * (1+f) = 8$  meses.

Podrá aumentar este plazo si el tiempo posterior al análisis también arroja vientos y/o lluvias. Además en ocasiones se deberá bombear las aguas lluvias pudiendo tardar un día extra o más en esta labor.

### **Transporte de material (Hormigón, Fierros, Moldaje).**

Se entiende que hay un avance esperado (Carta Gantt) y se supone que existe la necesidad de trabajar con grúa torre, bajo esas condiciones nace la variable  $K_v$ .

$K_v$ : cantidad de material tipo  $v$  necesario para construir un piso

Donde:  $v=1$ :  $m^3$  de hormigón.

$v=2$ : kilogramos de fierro.

$v=3$ :  $m^2$  de moldaje.

Para evaluar  $K_v$  se debe tener claro que en caso de que el piso cambie de superficie (posible recogimiento o simple arquitectura), se deberá promediar con el resto de los pisos, al igual que su altura.

$T_{L_i v}$ : Tiempo de ciclo en horas, de la grúa tipo  $L$  perteneciente a  $i$ , para transportar  $v$ .

$P(T)_{L_i v}$ : Productividad hora de material  $v$ , en función del tiempo de ciclo, que otorga la grúa  $L$  al conjunto  $i$ ,

Donde:  $P(T)_{L_i 1} = (1/T_{L_i 1}) * \text{carga (hormigón)}$

$P(T)_{L_i 2} = (1/T_{L_i 2}) * \text{carga (fierro)}$

$P(T)_{L_i 3} = (1/T_{L_i 3}) * \text{carga (moldaje)}$

Carga: cantidad de carga tipo  $v$  transportada en un ciclo dado  $L$ , perteneciente a  $i$ .

Ejemplo: se desea saber la productividad en hormigón fundación de una grúa Liebherr 99 EC. Si su tiempo de ciclo es 200 segundos, se trabaja con cachos de 1 m<sup>3</sup>.

$$P(T)_{Li1} = (1/T_{99EC-i-1}) * \text{carga} = (1/0.0555(\text{hr})) * 1 \text{m}^3 = 18 (\text{m}^3/\text{hr})$$

Luego:

$q_{Liv}$ : Cantidad de horas necesarias para trasportar la totalidad del material v para un piso, dado la grúa torre tipo L perteneciente a i.

$Q_{Li}$ : Cantidad de horas necesarias para producir un piso, para la grúa torre L perteneciente a i.

$$Q_{Li} = (q_{Li1} + q_{Li2} + q_{Li3}) * G$$

$$Q_{Li} = ((K_1 - B_i) / P(T)_{Li1}) + (K_2 / P(T)_{Li2}) + (K_3 / P(T)_{Li3}) * G$$



Factor de seguridad (10%)

G: Factor de seguridad, que para efectos de evaluar el modelo será de un 10%.

Nota: El Factor de seguridad pretende absorber los tiempos ociosos, esta idea nace principalmente del estudio de material aportado por el profesor Iván Santelices, donde se estima un 20% adicional (por tiempo ocioso) a los tiempos de ciclo calculado.

$P_i$ : Productividad mensual, pisos/mes, dado el conjunto de grúas i a trabajar, es decir será la sumatoria productiva de cada grúa L perteneciente al conjunto i.

$$P_i = \sum_{l=1}^{l=n} (J_{Li} / Q_{Li}) * S_i, \text{ productividad (pisos/mes) de } Y_i.$$

Supuesto:  $P_i \leq 6$ , Como máxima productividad 6 pisos/mes (se entiende que los métodos actuales de construcción hacen imposible avanzar más rápido).

Cuando  $i$  este compuesto por dos o más grúas torre y  $J_{Li}$  sea igual para todas las grúas pertenecientes a  $i$ , podremos simplificar los cálculos sumando las productividades de cada material  $P(T)_{Liv}$  de cada grúa  $L$  de  $i$ , luego trabajamos como si fuese una sola grúa torre.

## **6.6.2. Evaluación de las condiciones de trabajo.**

Cada escenario tendrá sus características y para modelarlo se generará este factor que podrá personalizar cada elección y aportará a la toma de decisiones entregando una mayor exactitud en los resultados. Dos factores, fueron incorporados, visibilidad y traslape de las plumas, que incidirán en el cálculo del tiempo de ciclo.

**6.6.2.1. Visibilidad o maniobra.** (Construcciones colindantes, problemas de cableado eléctrico, trabajo nocturno etc.). En ocasiones los operadores de grúas, en algún punto de la obra, carecen de visibilidad o son dificultadas sus maniobras por obstáculos, ya sean construcciones colindantes o cables eléctricos. Para ello los “señaleros” cumplen una vital función de orientarlos y guiarlos. Es por ello que se adicionará un tiempo adicional <sup>34</sup> para incompleta visibilidad y nula visibilidad, en el tiempo de ciclo, lo que significaría una disminución de productividad.

Se analizará una grúa mediana de forma explicativa, para adaptar el análisis a cada escenario con dificultades de este tipo.

### **Ejemplo castigo al tiempo de ciclo para dificultad en visibilidad o maniobra. Análisis grúa torre Liebherr 99 EC.**

Se entiende que en este estudio donde el principal objetivo es proponer un modelo, no se justifica un análisis en detalle de cada grúa ni menos estudiar más a

---

<sup>34</sup> Castigando el tiempo de ciclo, de manera que las acciones antes omitidas, por absorción de movimiento de giro, fueron contabilizadas: un movimiento de carro y dos movimientos de carro más elevación (sin carga) para visión parcial y nula respectivamente.

fondo esta estimación, que ha sido asesorada por personal del rubro. Se deja abierta la posibilidad de evaluar y calificar cada caso de forma particular, dando cabida a las experiencias de cada evaluador y consultor dado un cierto escenario. Es por ello que se harán de modo explicativo estos cálculos, con la intención de ejemplificar el análisis. Luego con una grúa liebherr 99 EC, con un escenario el cual requiere transportar material a 20 metros horizontal y vertical, 180° radio de giro (análogo al anterior). Se estudiaron los tiempos de ciclo y se castigaron los movimientos absorbidos.

Tabla Nº 6.5  
**Castigo tiempo de ciclo, por incompleta y nula visibilidad, (Liebherr 99 EC) para Hormigón Fundación.**

Fundación			Incompleta visibilidad Hormigón Fundación		"Nula" visibilidad Hormigón Fundación		
	Acción	velocidad	tiempo seg.	velocidad	tiempo seg.	velocidad	tiempo seg.
carga , seg.		15	15	15	15	15	15
elevación (m/min)		40	7,5	40	7,5	40	7,5
Carro (m/min)		40	30	40	30	40	30
Giro 1 (RPM)		0,75	40	0,75	40	0,75	40
Descenso (m/min)		40	7,5	40	7,5	40	7,5
descarga , seg.		30	30	30	30	30	30
elevación (m/min)		70	4,29	70	4,29	70	4,29
Giro 2 (RPM)		0,75	40	0,75	40	0,75	40
Carro (m/min)		40	30	40	30	40	30
Descenso (m/min)		70	4,29	70	4,29	70	4,29
traslación (m/min)		25	0	25	0	25	0
	<b>Total segundos</b>		<b>144,29</b>	<b>Total segundos</b>	<b>174,29</b>	<b>Total segundos</b>	<b>208,57</b>
	tiempo min.		2,4	tiempo min.	2,905	tiempo min.	3,476
	tpo ciclo hrs		0,04	tpo ciclo hrs	0,04841	tpo ciclo hrs	0,05794
	cargas. Mens.		4990	cargas. Mens.	4131	cargas. Mens.	3452
<b>Productividad</b>			<b>12,48 m<sup>3</sup>/hr.</b>	<b>Productividad</b>	<b>10,33 m<sup>3</sup>/hr</b>	<b>Productividad</b>	<b>8,63 m<sup>3</sup>/hr</b>
				Producción		Producción	
				Disminuyo	<b>-17%</b>	Disminuyo	<b>-31%</b>

Tabla 6.5 Fuente: Elaboración propia.

Las otras tareas entregaron los siguientes resultados. (Ver tabla Nº 6.6).

**Tabla N° 6.6**  
**Resumen disminución de productividad, dado aumentos en los tiempos de ciclo, por incompleta y nula visibilidad, (Liebherr 99 EC)**

disminución de la producción	Incompleta visibilidad	Nula visibilidad
Hormigón Fundación	17%	31%
Hormigón Losa	12%	26%
Hormigón Muro	11%	24%
Moldaje	15%	22%
Fierro	7%	16%

Tabla 6.6 Fuente: Elaboración propia.

#### **6.6.2.2. Intersección de radio de giro o traslape, para dos o más grúas torre.**

El traslape implicará una disminución en la velocidad o total detenimiento, en algunos casos se pueden encontrar situaciones donde la intersección de las plumas es de menor importancia y no afecta el desempeño de las grúas, o bien las labores de las grúas no coinciden, por lo que los tiempos extras, sólo ocurren cuando se ejecute una maniobra inadecuada. Pero en la generalidad de los casos, que el compromiso de plumas es significativo, (10 metros o más) existen ciertos retardos en los tiempos de ciclos que serán presentados a continuación. Para cada grúa se tendrá un aumento en los tiempos: para la de más altura se adicionará el movimiento de carro y para la grúa de menor altura se adicionará, para el giro de descarga en obra, un 25% extra al tiempo normal, lo anterior se podrá visualizar a modo de ejemplo en la tabla 6.7.

**Tabla N° 6.7**  
**Castigo al tiempo de ciclo, por intersección entre las plumas, con áreas de trabajo comprometidas (Liebherr 99 EC) para Hormigón Fundación.**

<b>Fundación</b>			<b>Grúa de menor altura</b>		<b>Grúa de mayor altura</b>	
<b>Acción</b>	<b>velocidad</b>	<b>tiempo seg.</b>	<b>velocidad</b>	<b>tiempo seg.</b>	<b>velocidad</b>	<b>tiempo seg.</b>
carga seg.	15	15	15	15	15	15
elevación (m/min)	40	7,5	40	7,5	40	7,5
Carro (m/min)	40	30	40	30	40	30
Giro 1 (RPM)	0,75	40	0,75	50	0,75	40
Descenso (m/min)	40	7,5	40	7,5	40	7,5
descarga seg.	30	30	30	30	30	30
elevación (m/min)	70	4,29	70	4,29	70	4,29
Giro 2 (RPM)	0,75	40	0,75	40	0,75	40
Carro (m/min)	40	30	40	30	40	30
Descenso (m/min)	70	4,29	70	4,29	70	4,29
traslación (m/min)	25	0	25	0	25	0
	<b>Total segundos</b>	<b>144,29</b>	<b>Total segundos</b>	<b>154,29</b>	<b>Total segundos</b>	<b>174,29</b>
	tiempo min.	2,4	tiempo min.	2,571	tiempo min.	2,905
	tpo ciclo hrs	0,04	tpo ciclo hrs	0,04286	tpo ciclo hrs	0,04841
	cargas. Mens.	4990	cargas. Mens.	4667	cargas. Mens.	4131
<b>Productividad</b>		<b>12,48 m<sup>3</sup>/hr</b>	<b>Productividad</b>	<b>11,67 m<sup>3</sup>/hr</b>	<b>Productividad</b>	<b>10,33 m<sup>3</sup>/hr</b>
			Produc. Disminuyo	-6%	Produc. Disminuyo	-17%

Tabla N° 6.7 Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 6.8**  
**Resumen disminución de productividad, dado aumentos en los tiempos de ciclo, por intersección entre las plumas, con áreas de trabajo comprometidas (Liebherr 99 EC).**

<b>disminución de la producción</b>	<b>Grúa de menor altura</b>	<b>Grúa de mayor altura</b>
Hormigón Fundación	6%	17%
Hormigón Losa	4%	12%
Hormigón Muro	4%	11%
Moldaje	3%	8%
Fierro	2%	7%

Tabla N° 6.8 Fuente: Elaboración propia.

### 6.6.3.- Observaciones del modelo:

- Se entiende que luego de la elección del punto o los puntos óptimos y el tipo o tipos de emplazamiento se podrá evaluar este modelo, ya que la capacidad de carga podrá generar diferencias de una posición u otra, además recién una vez estudiado su posicionamiento se sabrá con seguridad el requerimiento de la pluma y por ende de la grúa y su mecanismo de operación, altura autoestable o bajo algún mecanismo de apoyo.
- Donde:  $(1+ fi)*H/[( Pi + Ph*(100\%-Si)]$ , el tiempo en meses estimado para terminar los pisos del edificio. Se deja en claro que este tiempo se podrá alcanzar en la medida que se logre una buena planificación y control, en definitiva será nuestra meta poder lograr la productividad calculada, posterior al análisis de la ruta crítica.

El aporte que podrían entregar los obreros en el transporte del material, ejemplo carretillas con hormigón, moldajes y fierros a mano por un grupo de ellos, además de la utilización de cañerías para el hormigón y elevadores. Que en definitiva es el mecanismo que se ocupa cuando no hay grúa, se contabilizará en caso que exista una fracción no cubierta por la grúa.

Ejemplo: Para un edificio de 10 pisos, la pluma cubre un 80%, con una productividad de  $4*0.8=3.2$  pisos por mes. Para ese 80%, se debiese considerar el 20% restante con una productividad sin grúa de 2.5 pisos por mes, luego

**$Pi+ Ph*(100\%-Si) = 3.2+2.5*(1-0.8) =3.7$**  pisos mes.

- En el análisis del modelo en caso de que no se trabaje con grúa, se deberá bombear el 100% del hormigón necesario para edificio. Cuando se opere con grúa se estudiará el caso dándole una restricción acorde al escenario y a la productividad.

- Incluir costo eléctrico asociado podría ser una buena medida que podría dar mayor exactitud al análisis, pero se desestimó este parámetro, para no hacer más engorroso el modelo, dejando a la tentativa incluirlo en el costo de arriendo de cada grúa.

#### 6.6.4.-Análisis Caso: Escenario Plaza Mayor 3 Concepción, Constructora JCE S.A.

Para el siguiente ejemplo, (resuelto en Solver de Excel) se considero un caso real, perteneciente a la constructora JCE. S.A., por lo cual se registró el requerimiento de material. (Ver tabla 6.9 y 6.10).

Tabla N° 6.9  
Requerimientos de Materiales a transportar

<b>Total edificio</b>		
Hormigón Fundación	910	m <sup>3</sup>
Hormigón Subterráneo	157	m <sup>3</sup>
Hormigón Losa	1575	m <sup>3</sup>
Hormigón Muro	1836	m <sup>3</sup>
<b>Total Hormigón</b>	<b>4.478</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Fierro</b>	<b>515.616</b>	<b>Kg.</b>
<b>Moldaje</b>	<b>31.849</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

Tabla 6.9. Fuente JCE S.A.

Tabla N° 6.10  
Requerimiento de materiales por piso.

<b>Por Piso (15 pisos)</b>			
Hormigón Fundación	60,67	m <sup>3</sup>	20,32%
Hormigón Subterráneo	10,47	m <sup>3</sup>	3,51%
Hormigón Losa	105	m <sup>3</sup>	35,17%
Hormigón Muro	122,4	m <sup>3</sup>	41,00%
<b>Total Hormigón</b>	<b>298,53</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>100,00%</b>
<b>Fierro</b>	<b>34.374,4</b>	<b>Kg</b>	
<b>Moldaje</b>	<b>2.123,27</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	

Tabla 6.10. Fuente: JCE S.A.

Luego se analizaron las grúas torre aptas a evaluar en el modelo, pertenecientes a Maquinarias Cruz del Sur S.A. (ver tabla 6.11).

Tabla N° 6.11  
Requerimientos para la selección de la grúa torre.

Altura autonomía (metros)	Altura autonomía (metros)	Largo pluma (metros)	Largo pluma (metros)	Carga máx. En punta (kilos)	Carga máx. (metros)	Disponible
<b>&gt;=42</b>	<b>&lt;=45</b>	<b>&gt;=40</b>	<b>&lt;=50</b>	<b>&gt;=1400</b>	<b>&gt;=1400</b>	<b>si</b>

	modelos LIEBHERR	Altura autonomía (metros)	Largo pluma (metros)	Carga máx. En punta (kilos)	Carga máx. (metros)	Disponible
1	154 EC-H10	51,4	60	1.400	10.000	si
2	99 EC	50	50	1.600	6.000	si
3	98 EC	50	50	1.600	6.000	no
4	154 HC	49,4	55	1.850	8.000	no
5	112 HC-K	48,1	50	1.800	8.000	si
6	<b>70 NC</b>	<b>43,7</b>	<b>45</b>	<b>1.500</b>	<b>6.000</b>	<b>si</b>
7	<b>98.3 HC</b>	<b>42,4</b>	<b>50</b>	<b>1.500</b>	<b>8.000</b>	<b>si</b>
8	55.3 HC	38,6	42	1.200	4.500	si
9	45 NC	37,1	42	1.300	4.500	si
10	78 EC	36	45	1.400	5.600	si
11	<b>42 NC</b>	<b>34,1</b>	<b>42</b>	<b>1.000</b>	<b>4.000</b>	<b>si</b>
12	42 K	26	36	1.000	1.000	si
13	38 K	26	36	850	1.000	no
14	35 K	26	33	950	1.000	si
17	28 K	22,5	30	850	1.000	si
15	32 K	22	30	1.000	1.000	si
16	30 K	20	30	880	1.000	si
18	26 K	20	26	1.000	1.000	si

Tabla N° 6.11. Fuente: Maquinarias Cruz del Sur.

A través de un filtro avanzado se selecciona la grúa torre según los requerimientos y restricciones del programador (dado el escenario). Además de las dos grúas (70 NC y 98.3 HC) que fueron seleccionadas, se evaluará la 42 NC, arriostrada y dos grúas 42 NC arriostradas<sup>35</sup>.

La grúa 42 NC trabajando sola barrerá el 93% de la superficie del edificio, cálculo que será ingresado al modelo, lo que influirá en la productividad y también en Mi.

<sup>35</sup> Se arriostran (especie de anclaje al edificio) para alcanzar Alturas superiores a la de Autonomía, en este caso 42 metros de altura.

Se ocuparán capachos de 500 litros para las grúas: 70 NC y 98.3 HC y de 350 litros para la grúa 42 NC (ver tabla 6.12). Los tiempos de ciclo para el hormigón corresponden al hormigonado de muros, como medida de seguridad para observar los tiempos muertos propios de cada obra (siendo este el que tarda más por su descarga). Las cargas de fierro y moldaje serán de 500 kg. y 10 m<sup>2</sup>, respectivamente para todas.

Tabla N° 6.12  
**Análisis de Capacidad de Carga de Hormigón, para cada grúa torre.**

Litros	m <sup>3</sup>	Capacho vacío kg	Peso hormigón (kg)	Capacho cargado (Kg)
350	0,35	140	840	980
500	0,5	200	1200	1400
750	0,75	250	1800	2050
1000	1	300	2400	2700
1500	1,5	400	3600	4000

Tabla 6.12 Fuente: apuntes profesor Iván Santelices.

Tabla N° 6.13  
**Resumen de costo<sup>36</sup> y productividad para las 4 alternativas (Yi) de trabajo con grúa torre.**

	modelos LIEBHERR	Productividad			Costos UF		
		hormigón m <sup>3</sup> /hora	Fierro kg/hora	moldaje m <sup>2</sup> /hora	Arriendo mes	chasis Montaje y desmontaje	traslado Conc. Stgo
1	70 NC	7,66	4056,34	101,41	234	202	286
2	98.3 HC	9,13	4540,94	113,52	254	202	436
3	42 NC	5,43	3976,33	99,41	242	220,5	236
4	dos grúas 42 NC	9,9	7508,42	188	484	441	472

Tabla 6.12. Fuente: Elaboración propia.

<sup>36</sup> Ver anexo 12.6-12.8. Página 137, 138

Tabla N° 6.14  
**Horas necesarias para el transporte de material, en la realización de un piso, para Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub>, Y<sub>4</sub> con Bi=0.**

Y <sub>1</sub>	P(T) <sub>L1v</sub>	u. de m.	q <sub>L1v</sub>	P <sub>1</sub>
hormigón	7,7	m <sup>3</sup> /hora	38,98	2,659
fierro	4056	kg/hora	8,47	
moldaje	101	m <sup>2</sup> /hora	20,94	
más 10%			Q <sub>L1</sub> = 75,23	
Y <sub>2</sub>	P(T) <sub>L2v</sub>	u. de m.	q <sub>L2v</sub>	P <sub>2</sub>
hormigón	9,1	m <sup>3</sup> /hora	32,69	3,083
fierro	4541	kg/hora	7,57	
moldaje	114	m <sup>2</sup> /hora	18,70	
más 10%			Q <sub>L2</sub> = 64,86	
Y <sub>3</sub>	P(T) <sub>L3v</sub>	u. de m.	q <sub>L3v</sub>	P <sub>3</sub>
hormigón	5,4	m <sup>3</sup> /hora	55,00	1,989
fierro	3976	kg/hora	8,64	
moldaje	99	m <sup>2</sup> /hora	21,36	
más 10%			Q <sub>L3</sub> = 93,51	
Y <sub>4</sub>	ΣP(T) <sub>L4v</sub>	u. de m.	q <sub>L4v</sub>	P <sub>3</sub>
hormigón	9,9	m <sup>3</sup> /hora	30,01	3,961
fierro	7508	kg/hora	4,58	
moldaje	188	m <sup>2</sup> /hora	11,31	
más 10%			Q <sub>L4</sub> = 50,49	

Tabla 6.14. Fuente: Elaboración propia.

**Análisis de la restricción de hormigón, dado el escenario, para las variables Y<sub>0</sub>, Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub>, Y<sub>4</sub>.**

Se analizará este escenario bajo la restricción de que al menos el hormigón de muro deberá ser transportado por medio de la grúa torre, quedando este fuera de la capacidad de servicio bomba (ver tabla 10). Esto Principalmente por método de trabajo, no obstante se castigó Y<sub>4</sub> producto que para porcentajes mayores a 51,92% del total de hormigón, por servicio bomba, superará el máximo de productividad permitida de 6 pisos/mes (supuesto).

Tabla N° 6.15  
Restricción Hormigón

Propuesta		m <sup>3</sup>	Porcentaje	correspondiente a
Y <sub>0</sub> :	sin grúa	<b>298,5</b>	100,0%	fundación + losa + muro + subterráneo
Y <sub>1</sub> :	70 NC	<b>176,1</b>	59,0%	fundación + losa + subterráneo
Y <sub>2</sub> :	98.3 HC	<b>176,1</b>	59,0%	fundación + losa + subterráneo
Y <sub>3</sub> :	42 NC	<b>176,1</b>	59,0%	fundación + losa + subterráneo
Y <sub>4</sub> :	2 grúas 42 NC	<b>142,5</b>	51,92%	Por productividad (6 pisos como máximo)

Tabla 6.15. Fuente: Elaboración propia.

Observación: el escenario a evaluar no presenta problemas de visibilidad o maniobra, ni tampoco vientos o mal tiempo, que impidan el normal trabajo (f=0). La cantidad de horas de trabajo para la grúa torre será de 200 hrs. /mes y la cantidad de trabajadores con grúa (donde Si=100%) será de 70 (M-Mi=88-18). El sueldo bruto para cada obrero será de 10 UF.

Para Y<sub>0</sub> fue incorporado el 100% de hormigón por servicio bomba (B<sub>0</sub>) al costo para esa alternativa. Donde C<sub>b</sub> = 0.35 UF. Además para Y<sub>0</sub> se contabilizó un elevador, E= 20 UF.

La restricción hormigón por servicio bomba será ingresada de la siguiente manera, para las alternativas con grúa:

$$(B_1/0,59)*Y_1 + (B_2/0,59)*Y_2 + (B_3/0,59)*Y_3 + (B_4/0,519)*Y_4 \leq 298.5$$

Es común que existan premios como castigos por adelantarse o atrasarse a las fechas de entrega, por lo que se ingresó de manera casi simbólica (por su bajo valor) un factor que premiará o castigará con 100 UF por mes, para adelantos o atrasos, respectivamente en la entrega de obra gruesa que se estima debiese estar terminada en el mes 5. La restricción de presupuesto será de 5000 UF (incluye sólo sueldo obreros, servicio bomba y arriendo de maquinaria).

**En resumen la función objetivo dado el escenario.**

$$\begin{aligned} \text{Min } A = & 0.35 \cdot 15 \cdot Y_1 \cdot B_1 + Y_1 \cdot (286 + 202) + 15 \cdot Y_1 \cdot ((234 + 10 \cdot (88 - 18)) / P_1 + \\ & 0.35 \cdot 15 \cdot Y_2 \cdot B_2 + Y_2 \cdot (436 + 202) + 15 \cdot Y_2 \cdot ((254 + 10 \cdot (88 - 18)) / P_2 + \\ & 0.35 \cdot 15 \cdot Y_3 \cdot B_3 + Y_3 \cdot (236 + 220,5) + 15 \cdot Y_3 \cdot ((242 + 10 \cdot (88 - 16)) / (P_3 + 2.25 \cdot (1 - 0.93)) + \\ & 0.35 \cdot 15 \cdot Y_4 \cdot B_4 + Y_4 \cdot (2 \cdot 236 + 2 \cdot 220,5) + 15 \cdot Y_4 \cdot ((2 \cdot 242 + 10 \cdot (88 - 18)) / P_4 + \\ & Y_0 \cdot 15 \cdot (10 \cdot 88 + 20) / 2.25 + Y_0 \cdot 0.35 \cdot 298.5 \cdot 15 \end{aligned}$$

**8.1.- Problema en Solver de Excel.**

<b>SOLUCIÓN</b>									
	B	Y <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>			
R. PRESUPUESTO	0,0	7733,9	5821,8	5265,3	7432,6	5275,6	0	≤	5000,0
Tiempo estimado		6,7	5,6	4,9	7,5	3,8	0,0	≤	5,0
R. programador		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	=	1,0
R. serv. Bomba			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≤	298,5
Min Costo F.O. <b>0,0</b> UF meses <b>0,00</b>									
Premios 100 (UF/mes)		-166,7	-64,2	13,5	-254,1	121,3			
todo total-muro total-muro total-muro max Pi =6									
HORMIGON BOMBA		100%	59%	59%	59%	51,92%			
							H		15
							Cb		0,35
							S <sub>1,2,4</sub>		100%
							M		88
							M - M <sub>1,2,4</sub>		70
							M-M <sub>3</sub>		72
							Ph		2,25
							S <sub>3</sub>		93%

**Salida de Solver.**

<b>SOLUCIÓN</b>									
	B	Y <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>			
R. PRESUPUESTO	54,3	7733,9	4909,3	4603,1	5847,6	4438,6	4439	≤	5000,0
Tiempo estimado		6,7	4,0	3,5	5,0	2,5	2,5	≤	5,0
R. programador		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	=	1,0
R. serv. Bomba			0,0	0,0	0,0	298,5	298,5	≤	298,5
Min Costo F.O. <b>4438,6</b> UF meses <b>2,50</b>									
Premios 100 (UF/mes)		-166,7	102,8	153,6	-0,8	249,9			
todo total-muro total-muro total-muro max Pi =6									
HORMIGON BOMBA		100%	59%	59%	59%	51,92%			
							H		15
							Cb		0,35
							S <sub>1,2,4</sub>		100%
							M		88
							M - M <sub>1,2,4</sub>		70
							M-M <sub>3</sub>		72
							Ph		2,25
							S <sub>3</sub>		93%

Podemos apreciar que la solución sería bombear 155 m<sup>3</sup> de hormigón y trabajar con 2 grúas 45 NC.

### Observación respecto al modelo.

- Los algoritmos que resuelven los modelos lineales [ y cuadráticos ] enteros no entregan resultados de análisis de sensibilidad<sup>37</sup>

### 6.6.5.- Informe de respuestas<sup>38</sup>.

Microsoft Excel 9.0 Informe de respuestas

Hoja de cálculo: [06\_dic.xls]modelo

Informe creado: 07/12/2006 20:41:23

Celda objetivo (Mínimo)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$B\$10	F.O. Min Costo	0,0	4438,6

Celdas cambiantes

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$B\$2	SOLUCIÓN	0	155
\$C\$2	SOLUCIÓN	0	0
\$D\$2	SOLUCIÓN	0	0
\$E\$2	SOLUCIÓN	0	0
\$F\$2	SOLUCIÓN	0	0
\$G\$2	SOLUCIÓN	0	1

Restricciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	fórmula	Estado	Divergencia
\$H\$6	R. programador	1,0	\$H\$6=\$J\$6	Obligatorio	0
\$H\$7	R. serv. Bomba	298,5	\$H\$7<=\$J\$7	Obligatorio	0
\$H\$4	R. PRESUPUESTO	4439	\$H\$4<=\$J\$4	Opcional	561,407184
\$H\$5	Tiempo estimado	2,5	\$H\$5<=\$J\$5	Opcional	2,498564785
\$C\$2	SOLUCIÓN	0	\$C\$2=binario	Obligatorio	0
\$D\$2	SOLUCIÓN	0	\$D\$2=binario	Obligatorio	0
\$E\$2	SOLUCIÓN	0	\$E\$2=binario	Obligatorio	0
\$F\$2	SOLUCIÓN	0	\$F\$2=binario	Obligatorio	0
\$G\$2	SOLUCIÓN	1	\$G\$2=binario	Obligatorio	0

<sup>37</sup> Programación Lineal Entera, Capítulo 3, Disponible en: <http://www.inf.utfsm.cl/~mcriff/fio/diapositivas/clases-pp/Cap3.ppt>

<sup>38</sup> Ver anexo 12.10 Introducción del modelo a Solver de Excel. Página 139.

**CAPITULO VII:  
MONTAJE DE LA GRUA TORRE**

### 7.1.- Montaje de la grúa torre.

Una vez elegido el posicionamiento se deberán revisar las condiciones del terreno, pudiendo compactar o nivelar en caso que se requiera. En definitiva el terreno donde se instalará la grúa debe tener tal resistencia que pueda aceptar, sin dificultades posteriores, las cargas producidas por la grúa.

Si se emplaza empotrada se deberá formar el cuerpo que quedará dentro del cubo de hormigón, según las instrucciones de cada modelo. El cual se perderá una vez desmontada la grúa.

**Montaje.** En esta etapa se deben tomar en cuenta los siguientes factores<sup>39</sup>:

- El armado de las piezas se hará en terreno y luego se subirán. De esta forma, se evita el trabajo innecesario en altura, lo que disminuye accidentes y tiempo de armado.
- Antes del armado se deberá revisar cuidadosamente los componentes de la estructura de la grúa, para cerciorarse de que no han sufrido daño alguno durante el transporte y la descarga.
- La grúa auxiliar empleada para el armado deberá estar bien asentada y en buenas condiciones.
- El acoplamiento de la torre en sus diferentes tramos debe ser efectuado en forma suave, con el fin de no dañar su estructura, respetando todas las indicaciones del fabricante.
- El personal que trabaja en estas tareas deberá tener un acabado conocimiento en la materia.

- Si las condiciones del tiempo son adversas se deberán suspender las labores del montaje.

#### **Montaje del tramo basal.**

El tramo basal se levanta y se fija al chasis con sus respectivos pernos y/o pasadores.

#### **Montaje de los Diagonales (según, marca y modelo de grúa).**

Se instalan los 4 diagonales de repartición de cargas y se fijan con pasadores al chasis y al tronco basal.

#### **Montaje del Contrapeso Basal (caso chasis).**

De acuerdo con el orden establecido por el fabricante, se colocan los contrapesos basales de hormigón, que variará según cada modelo y altura bajo gancho.

#### **Montaje del tronco deslizante.**

Se monta el tronco deslizante y se fija con sus patas de apoyo al tronco basal. Llamado comúnmente cuerpo y equipo de trepado o telescopaje.

#### **Montaje de Corona de Giro.**

Se monta la corona de giro y se une al tronco deslizante o a los cuerpos de torre, según sea el caso poniendo los pernos y/o pasadores de fijación correspondientes.

#### **Montaje del tronco cabina.**

Se monta el tronco cabina, uniéndolo con pernos a la corona de giro, luego se monta la cabeza de la torre apernándola al tronco de la cabina.

---

<sup>39</sup> El montaje debe ceñirse estrictamente a lo indicado por el manual del Fabricante.

**Montaje de la Contrapluma.**

Se levanta la contrapluma, fijándola con los pasadores a la cabeza de la torre y se sostiene con la grúa auxiliar hasta poner los tensores correspondientes que se fijan con pasadores.

**Primer contrapeso.**

Para mantener la grúa equilibrada al instalar la pluma, se coloca con el autogrúa el primer contrapeso en el hueco más próximo a las orejetas de atado del cable sostén de contrapluma, por ser éste el hueco que más se cierra.

La cantidad de lastres o contrapesos aéreos, la determina el fabricante de acuerdo al modelo de sus GT y a los largos de plumas que sean instalados.

**Pluma.**

Ensamblar en el suelo los tramos de pluma. Situando el conjunto de pluma lo más cerca posible a la torre y colocando los apoyos sobre unos tablones o sobre los lastres con la precaución de no dañar la pluma. El extremo que se une a la torre se puede depositar sobre un tablón transversal, sin embargo es conveniente colocar las dos esquinas de la punta de pluma sobre unos tablones longitudinales a fin de que dichos extremos se puedan deslizar sobre ellos. El carro se montará según las instrucciones del fabricante.

*Colocación de la pluma.* (Ver imagen secuencial 7.1).

Colocar el carro en el extremo más próximo a la torre y atarlo. Elevar la pluma en posición horizontal y unir la pluma a la torre.



7.1 Liebherr 35 NC/90, Fuente: Plaza Mayor 3, JCE S.A. Concepción.

**El resto del contrapeso.** (Ver imagen 7.2).

Colocar el resto del contrapeso y el cable de elevación. Regular los limitadores y hacer las pruebas de puesta en marcha.



Imagen 7.2 Fuente Plaza mayor 3, JCE S.A., Concepción<sup>40</sup>

Las operaciones de montaje y desmontaje de la grúa no son admisibles a partir de una velocidad de viento de 50 Km/h. (cuando se oye un fuerte soplado). En caso de vientos superiores deberá detenerse inmediatamente el trabajo.

<sup>40</sup> Plaza Mayor 3, Concepción. Montaje: Pablo Contreras. Grúa torre Liebherr 45 NC/90. Junio 2006.

### Cableado.

Para terminar el montaje hay que instalar el cable de elevación y los cables del carro distribuidor.

### 7.2. Automontables. (Ver imagen 7.3).

La principal característica del auto montaje es la de prescindir de una grúa auxiliar para las labores de montaje. Esto es posible debido a que el cuerpo central, es decir, chasis, tronco deslizante, parte giratoria y pluma, están previamente, armados en un sólo elemento que es llevado a la obra a remolque por un camión.

Los contrapesos básicos serán apilados por la misma grúa, la cual por indicaciones del fabricante, a medida que se coloquen los contrapesos, ésta ira abriendo su pluma para terminar completamente extendida y lista para operar.

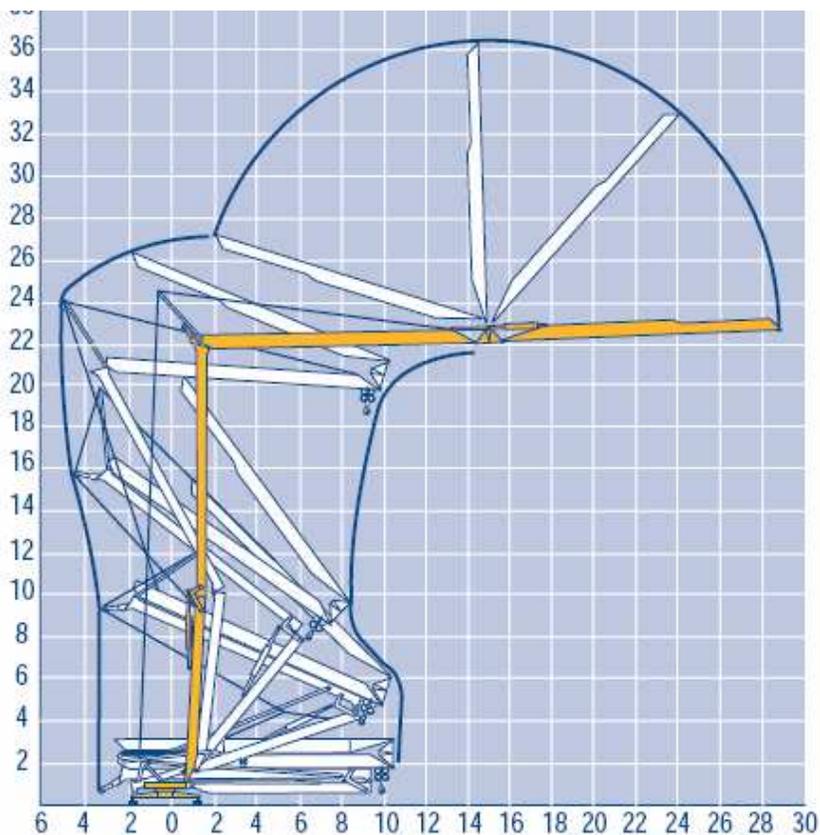


Imagen 7.3 Fuente: Catálogo Potain HD 26 A.

### **7.3. Emplazamiento de la grúa, distancias de seguridad.** (Ver imagen 7.4).

A la hora del montaje de la grúa debe de prevalecer el criterio de seguridad sobre el de rentabilidad.

Cuando esté previsto en el proyecto la ejecución de un vaciado en caja del terreno, para la ubicación de la cimentación de la grúa, se seguirán las Normas Tecnológicas de Edificación.

En ningún momento cualquier parte de la grúa, así como las cargas suspendidas, pueden entrar en contacto con líneas eléctricas de alta tensión, debiendo existir entre éstas, líneas y dichos elementos, un espacio de seguridad de al menos 5 metros.

Al ubicar una grúa torre, siempre se tratará de evitar que pueda interferir en el radio de barrido de otra; si no fuera posible, se colocarán de forma que nunca exista interferencia entre la flecha de la más baja y el mástil de la otra. La distancia vertical entre el elemento más bajo, gancho arriba, de la grúa más elevada y el elemento más alto susceptible de chocar de la otra grúa, será como mínimo de 3 metros.

El espacio libre para el paso del personal entre las partes más salientes de la grúa y cualquier obstáculo será de 0,60 metros de ancho por 2,50 metros de alto. En caso de imposibilidad de aplicación de esta condición, se prohibirá el acceso de personal a esta zona peligrosa.

El espacio libre vertical entre la pluma y la última área de circulación del personal deberá ser de 3 metros, como mínimo, siendo recomendable 4,5 m. La flecha de la grúa ha de poder girar completamente sin tropezar con ningún elemento de la propia construcción o edificios próximos, ya que ésta, cuando la grúa esté fuera de servicio, se dejará siempre en veleta, es decir, se orientará la flecha en la

dirección del viento y sin freno, situando el gancho arriba de todo, sin carga, y lo más próximo a la torre.

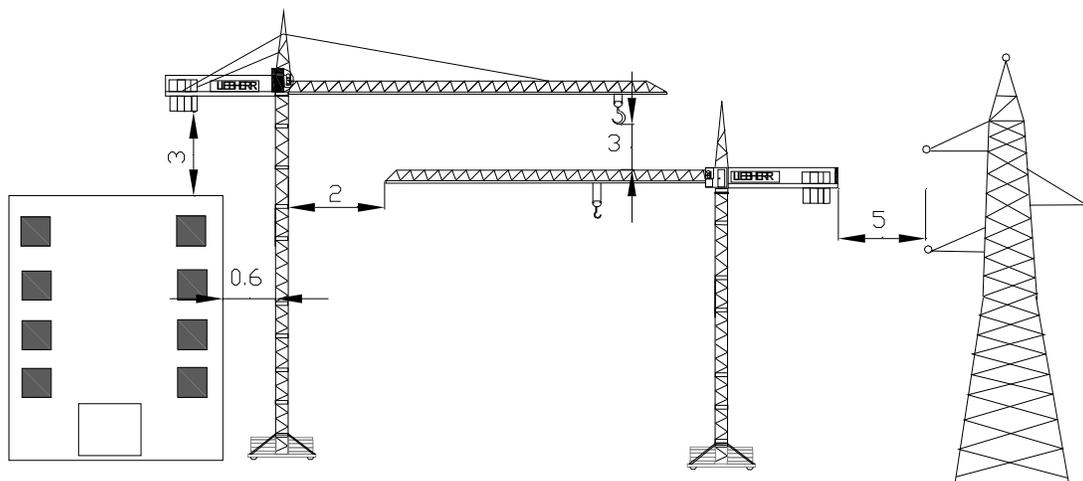


Imagen 7.4 Fuente: Norma NCh2438.Of1998

#### 7.4. Errores frecuentes en el montaje.

En el transcurso de la memoria se han podido observar dos errores de emplazamiento de grúa torre, más bien aislados, que significan un costo adicional innecesario producto de un nuevo emplazamiento para corregir el error, estos son:

##### 7.4.1.- Emplazamiento con equivocada orientación de la grúa torre.

Una posible causal de este error puede ser realizar el emplazamiento de la grúa revisando los planos de obra gruesa y no los de arquitectura, producto de falta de información respecto a los detalles arquitectónicos del edificio. Ejemplo, no contemplar balcones (ver imagen 7.5) diseño sobresaliente de la losa o cualquier obstáculo que impida el normal desmontaje de la grúa desde la orientación de emplazamiento de la pluma.



Imagen 7.5.

#### **7.4.2.- Emplazar dos grúas torre que se traslapan quedando con la posibilidad mecánica de que se topen.**

Una posible causal de este error puede ser emplazar la de mayor pluma en menor altura. En obras donde se necesiten dos grúas, muchas veces se emplaza una antes y no se tiene la precaución de estudiar todas las posibilidades; como por ejemplo, que la pluma de mayor alcance pueda golpear la base de la otra grúa, ya que independiente que las plumas no se crucen en el trabajo, estas deben quedar en veleta, lo que podría ser un gran peligro sobre todo cuando existen vientos fuertes en la zona.

Es por ello que se debe estudiar con tanto detalle las construcciones colindantes, ya que si la pluma toca alguna edificación ésta deberá emplazarse superior al edificio para que pueda pasar por arriba.

A pesar de que la Asociación Chilena de Seguridad no lo autorice, existen casos aislados en que las grúas torre están con carga, luego de terminado la labor diaria, como capachos colgando para poner resistencia a los vientos.

#### **7.5.- Recomendaciones básicas para el emplazamiento.** (Ver imagen 7.6).

Además de estudiar los planos se deberá visitar en terreno la obra para estudiar las condiciones del suelo (calidad, pendientes, etc.), las construcciones colindantes, los cables de electricidad, tráfico vehicular, layout de la obra. Luego de este análisis se debe encontrar el punto óptimo de emplazamiento. Además de revisar la factibilidad en el plano arquitectónico del emplazamiento de la grúa, en algún software como autocad, donde se pueda evaluar con exactitud las maniobras de instalación y desmontaje. Es necesario dejar claro el punto exacto del emplazamiento y la orientación de la grúa. Como medida de seguridad la grúa debería superar la altura de edificios colindantes en caso que el radio de giro de la pluma comprometa a éstas edificaciones.

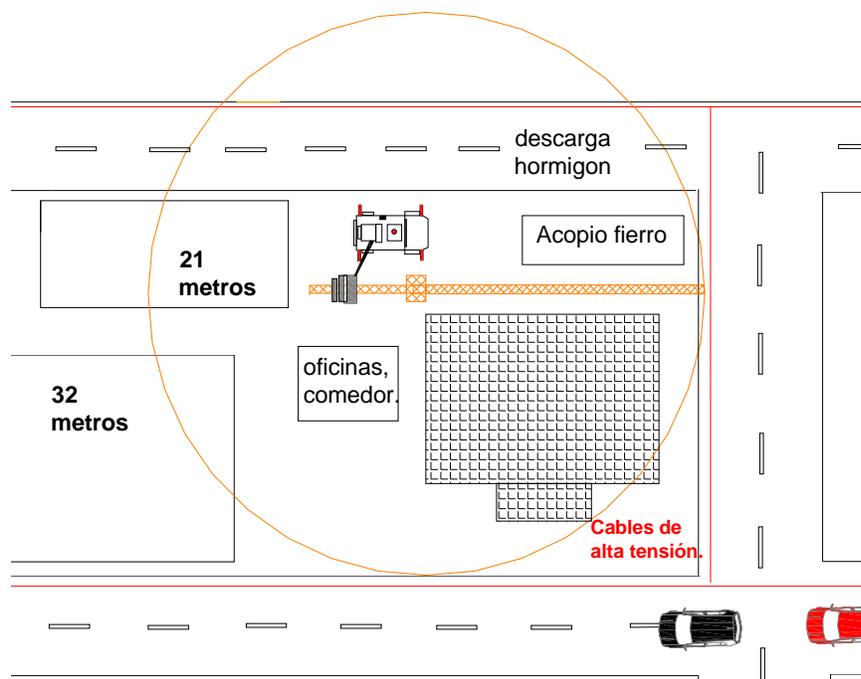


Imagen 7.6 Fuente: Elaboración propia.

En este ejemplo podemos ver que la pluma cubrirá prácticamente un 100% de la construcción. Se debiese tener claro el posicionamiento de todas las dependencias necesarias para la faena, comedores, oficinas, acopio de materiales y descarga de hormigón. La grúa superará (mínimo 3 metros) la altura del edificio más alto que intersecte el radio de giro para su puesta en veleta, en este caso el emplazamiento inicial deberá estar acompañado de un telescopaje de al menos 35 metros en su partida inicial. Independientemente de la altura del edificio a construir. La orientación de la grúa en el diagrama también queda clara y permite visualizar un telescopaje y destelescopaje fácil y expedito.

Existe un mecanismo eléctrico que permite restringir el giro de la pluma, en casos puntuales éste método puede ser la única solución para el emplazamiento de la grúa, particularmente cuando el edificio colindante y que interfiere en el radio de la pluma supera la autonomía de la grúa.

**7.6.- Factores de riesgo en operaciones con grúa torre.** Ver Tabla N° 7.1

RIESGOS	FACTORES DE RIESGO
Vuelco o caída de la grúa	<p>Problemas en la fundación de la grúa.</p> <p>Lastre o contrapeso defectuoso.</p> <p>Golpe en la estructura de la grúa.</p> <p>Rotura o fatiga de material.</p> <p>Fuertes vientos.</p> <p>Rotura del cable de carro.</p> <p>Errores humanos.</p>
Caída de la carga	<p>Mal enganchado o colocación de la carga.</p> <p>Falta o mal estado del pestillo de seguridad del gancho.</p> <p>Rotura del cable de elevación.</p> <p>Rotura o fallo de los accesorios de carga.</p> <p>Rotura o fallo del mecanismo de elevación.</p> <p>Errores humanos.</p>
Atrapamientos de personas entre la grúa y elementos fijos, con partes de la grúa o con las cargas	<p>Trabajar en espacios angostos.</p> <p>Proximidad de partes móviles de la grúa a elementos fijos.</p> <p>Situarse en el camino de rodadura en grúas con traslación.</p> <p>Manipulación incorrecta de cargas.</p> <p>Señalización incorrecta o inexistente.</p> <p>Realizar operaciones de mantenimiento con la grúa activa.</p>
Caída de personas al mismo nivel	Falta de orden y limpieza en zonas de trabajo y/o tránsito.
Caída de personas a distinto nivel	Accesos y/o puesto de trabajo desprotegidos.
Caída de materiales diversos de la obra	Zonas de trabajo desprotegidas.
Pisadas sobre objetos punzantes	Falta de orden y limpieza en la obra.
Contactos eléctricos directos	Proximidad a líneas eléctricas en tensión.
Contactos eléctricos indirectos	Defectos diversos en la instalación eléctrica de la grúa o general de la obra.
Vibraciones del puesto de manejo	Trabajar en sitios o asiento de la cabina sometidos a vibraciones.
Ambientes ruidosos	Trabajar en zonas sometidas a niveles de ruido excesivos.
Incendio y explosión en la grúa o en sus proximidades	Almacenamiento de productos combustibles en las proximidades de la grúa.
Riesgos diversos por personal no autorizado o actos de vandalismo	Dejar operativa la grúa al finalizar cualquier periodo de trabajo.

Tabla<sup>41</sup> 7.1 Fuente: NTP 701: Grúas-torre. Recomendaciones de seguridad en su manipulación.

<sup>41</sup> Tamborero del Pino José M<sup>a</sup>. Monje Jose Manuel. (Agosto 2006). NTP 701: Grúas-torre. Recomendaciones de seguridad en su manipulación. Disponible en: [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_701.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_701.htm)

### **7.6.1.-Medidas de prevención y protección.**

Vuelco o caída de la grúa. El vuelco o caída de la grúa puede ser originado por problemas en la fundación de la grúa, por un lastre o contrapeso defectuoso, por un golpe en la estructura de la grúa, por rotura o fatiga del material, por fuertes vientos, por rotura del cable de carro y por errores humanos.

Rotura o fatiga del material. Comprobar que se realizan correctamente las verificaciones periódicas. Comprobar que las verificaciones son realizadas sólo por personal reconocido explícitamente por el fabricante para cada tipo de grúa (Comprobar la competencia de los operarios).

Verificar periódicamente el estado de la estructura, bulones, reapretado de tornillos y en especial el estado de los tirantes y la corona de giro de la grúa, cuyos tornillos deben ser apretados con la llave dinamométrica. Si la grúa dispone de sistema de arriostamiento, sus tensores se deben controlar y reapretar periódicamente para que trabajen correctamente.

### **7.6.2.- Recomendaciones de seguridad.**

No realizar tracciones oblicuas.

No elevar cargas adheridas al suelo.

No balancear las cargas.

No dejar nunca las cargas u otros objetos colgados del gancho, en ausencia del gruista.

### **7.6.3.- Caída de la carga.**

La caída de la carga puede producirse, por mal enganchado o colocación de la carga, por falta o mal estado del pestillo de seguridad del gancho, por rotura del cable de elevación, por rotura o fallo de los accesorios de la carga, por rotura o fallo del mecanismo de elevación y por errores humanos.

#### **7.6.4.- Atrapamiento de personas.**

Los atrapamiento de personas pueden tener lugar entre la grúa y elementos fijos, con partes de la grúa y con las cargas.

El espacio libre mínimo para el paso de personal, entre las partes más salientes de la grúa y cualquier obstáculo, debe ser de 0,6 m de ancho por 2,50 m de alto. En caso de imposibilidad, se prohibirá el acceso.

**CAPITULO VIII**  
**ANÁLISIS DE CASOS**

## 8.1.- Registro de emplazamientos en Concepción.

En este capítulo se dará una pequeña explicación de las dificultades que se enfrentan los ingenieros encargados del emplazamiento a través de casos en la ciudad de Concepción.

Lo primero que se deben preguntar en este punto es si existe espacio en la frontera de la obra, que será el ideal por los costos asociados al montaje y desmontaje, ya que en el interior de la obra será más dificultoso y requerirá una grúa auxiliar de mayores bondades, de alcance y capacidad de carga, además de tardar más. También cabe mencionar las lozas sin terminar por donde pasará el cuerpo de la grúa, lo cual será otro inconveniente.

El espacio para emplazar la grúa en el exterior de la construcción se puede ver restringido por construcciones colindantes o bien por las condiciones del terreno; a continuación se mostrarán cuatro casos.

### 8.1.1.- Caso I: Concepción, Constructora, Echeverría Izquierdo S.A. (Ver imagen 8.1, 8.2 y 8.3)

Jefe de Obra: terminaciones Héctor Araneda,

Jefe de obra gruesa, Germán Fuentes.

Pisos: 21

Subterráneo: 2 niveles.

Obra: Edificio Mediterráneo.

Grúas Torre: 2 Liebherr 98.3 EC y  
38 K (automontable)

Plazo Proyecto: inicio enero 2006,  
término junio 2007.



Imagen 8.1 Fuente: Echeverría Izquierdo

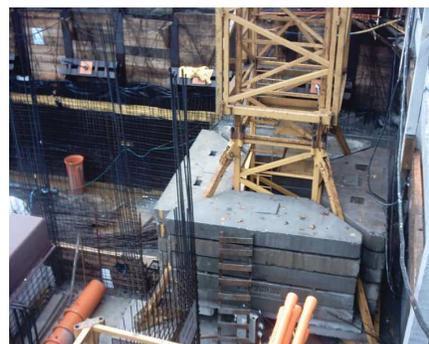


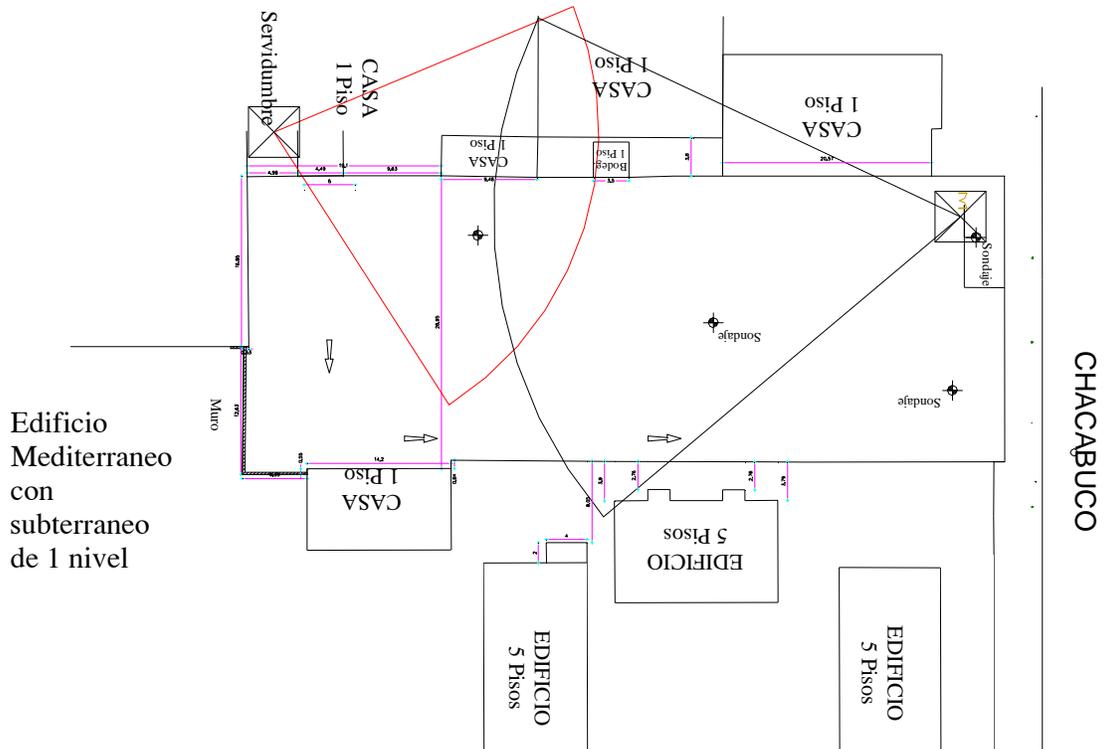
Imagen 8.2. Fuente: Echeverría izquierdo

Dificultad para el emplazamiento en el exterior de la obra debido a construcciones colindantes, ésta situación se resolvió arrendando un terreno, patio vecino, que hizo posible el emplazamiento de una grúa Liebherr automontable 38 K y en el frontis del edificio por la calle Chacabuco se instaló una grúa torre Liebherr 98.3 HC, la cual en un primer momento se emplazó de forma errónea. Producto de la cercanía de la construcción era imposible desmontarla, por la imposibilidad de destelestrar por balcones del edificio, este error puede deberse a no trabajar con los planos arquitectónicos que muestran todas las terminaciones y/o mal asesoramiento de la empresa arrendadora. Se debió desmontar y volver a emplazar con la orientación correcta hacia la calle Orompello, con pérdidas para la constructora.

Imagen 8.3



Plano 8.1



**8.1.2. Caso II: Chiguayante, Constructora: Ebco S.A.** (Ver imagen 8.4, 8.5, 8.6, 8.7).

Jefe de Obra: Alejandro Fierro.

Pisos: 11

Subterráneos: 2 niveles.

Plazo Proyecto: 10 de Enero 2006 y 28 de Marzo de 2007.

Obra: Lonco Parque, Chiguayante.

Grúas Torre: Pingón GP(XN)/ST/E45.11.SR. -

Pingón GP 40.10 SR 39.9 M



Imagen 8.4

Por otro lado tenemos la construcción de Chiguayante de 3 torres independientes, éste escenario tiene la particularidad de la irregularidad del terreno que impide trabajar fuera del perímetro de la construcción. Se debió empotrar una de ellas y la otra se emplazó sobre chasis, ambas grúas dentro de la playa estacionamiento (pero fuera de los edificios).



Imagen 8.5



Imagen 8.6

Trabajar dentro de la construcción a veces resulta la única solución factible, y significará en la mayoría de los casos un aumento en los costos de montaje y desmontaje, en la imagen 8.7 se puede apreciar el receso de losa, dejado por una de las grúas que fue empotrada.



Imagen 8.7

Plano 8.2. Fuente: Ebco S.A.



**8.1.3.- Caso III: Concepción, Constructora Puerto Sur S.A. de PazCorp S.A.** (Ver imagen 8.8 y 8.9).

Jefe de Obra: Patricio Salazar.

Pisos: 24

Subterráneo: 2 niveles

Obra: Edificio Mediterráneo.

Grúas Torre: Liebherr 90 EC, empotrada.

Plazo Proyecto: Agosto 2006- Enero 2008.



Imagen 8.8

Plano 8.3. Fuente: Puerto Sur S.A.

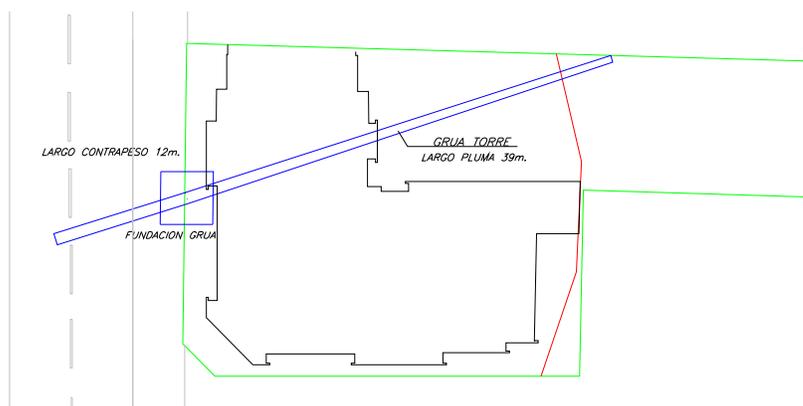


Imagen 8.9

Este Edificio será el más alto de Concepción, esta rodeado por construcciones, por lo que se emplazó, por razones de espacio, empotrada y se ocupó parte de la vereda, la pluma se orientó hacia esquina Angol con Chacabuco quedando libre de obstáculos, la contrapluma esta a 1.5 metros de un edificio colindante. Esta acción (ocupación vereda) fue previa autorización municipal y arriendo de parte de la vereda. El arriendo tiene un plazo fijado y cualquier atraso significa un aumento del cobro de arriendo (multa). Cabe destacar que la grúa torre en esta construcción sólo esta abocada al transporte de moldaje y fierro dejando todo el hormigonado a una bomba estacionaria dentro de la construcción.



**8.1.4.- Caso IV: Concepción, Constructora. JCE S.A.** (Ver imagen 8.10).

Jefe de Obra: Javier Hugarte.

Pisos: 15

Subterráneo: 1 nivel.

Obra: Plaza mayor 3 Concepción.

Grúa: Liebherr 35 NC. 90

Plazo Proyecto: Abril 2006- Mayo 2007



Imagen 8.10

**Elección de una grúa para Edificio Plaza mayor 3 en Concepción.**



Plano 8.4. Fuente: JCE S.A.

En este proyecto de la constructora JCE S.A. se profundizó sobre las decisiones de emplazamiento, gracias a la colaboración del personal. Esta empresa es una de las principales constructoras de la zona y posee una basta experiencia en grúas torre, además cuenta con una flota de 6 grúas y personal experto en emplazamiento.

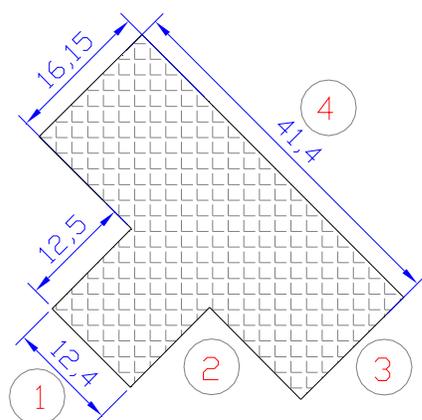


Imagen 8.11

En el plano se puede, con una simple inspección, imaginar 6 posibles puntos bases para el montaje de la grúa, (se han enumerado 4 más los dos análogos de 3 y 2 respectivamente) para la localización de la grúa, la ubicación número 3 es fácil darse cuenta que la grúa debe barrer la superficie con una pluma mayor, por lo que en primera instancia quedaría descartada al igual que su análogo, ya que requeriría una grúa torre con un mayor alcance. El punto 4 que sería el punto que exigiría menor alcance <sup>42</sup> de pluma, no obstante se descarta este lugar debido a que en ese sector se realizará la construcción de un subterráneo, el cual no estaba contemplado en el proyecto inicial. Luego el punto 2 sería la segunda mejor alternativa si se desea minimizar la necesidad de alcance, que de hecho se cuenta con una grúa torre de 34.2 metros de pluma, Liebherr 45 NC 90, ya arrendada. Es por ello que se resuelve emplazar en este punto, quedando una esquina del edificio fuera del alcance de la pluma.

Ya el proyecto en marcha, se decide adelantar el montaje de la grúa para poder alcanzar los plazos estimados y se toma la decisión de empotrar la grúa dentro de la superficie (ver imagen 8.12, 8.13 y 8.14), en esta posición la grúa disponible no alcanzará la altura final del edificio y se deberá arristrar.

<sup>42</sup> Ver Imagen 8.16. Página 96.

Todo esto, ya que para instalarla afuera del edificio, primero debiesen construirse los muros perimetrales, por la necesidad de la cercanía de la grúa al edificio, producto que el alcance de la grúa en este caso es un punto crítico.

El lugar elegido para la colocación de la grúa dentro del área de construcción es la siguiente.



Imagen 8.12

El modo de montaje de este tipo es más costoso<sup>43</sup> que en la frontera de la construcción, ya que se debe crear un cuerpo que quedará debajo de la loza. Este montaje debiese ir en conformidad a los cálculos del ingeniero estructural del edificio. Este cuerpo se perderá a la hora de desmontar la grúa. En cambio, por afuera del perímetro de construcción, se ocupa la base original que en general no debiese significar un costo adicional (Chasis).

Imagen 8.13



Imagen 8.14



<sup>43</sup> Ver anexo 12.6 Estimación de costos para cada tipo de emplazamiento, grúa media. Página 132.

En la imagen 8.15 se puede apreciar el emplazamiento primitivo indicado con flecha negra y el final indicado con flecha ploma.



Imagen 8.15 Plaza Mayor 3, Concepción JCE S.A.

## 8.2.- Ejemplos prácticos de emplazamiento

Es importante mencionar que la localización en la generalidad de los casos se realiza por descarte, considerando variables como: cables de alta tensión, construcciones colindantes, condiciones del terreno, puntos de suministro (acopio de materiales, descarga de hormigón, etc.). Es por ello que a continuación se entregarán recomendaciones a modo de abordar un primer análisis.

Se dejará en claro que el análisis estará basado en dos dimensiones y se trabajará con grúas que en autonomía superan la altura del edificio de modo de que la grúa podrá operar hasta el final de la obra con su altura autoestable.

La posibilidad de trabajar dentro del edificio, en algunos casos, puede solucionar los problemas de alcance y resulta una buena decisión que arrendar dos o más grúas torre, si los requerimientos de productividad lo permiten y si es posible su desmontaje, pero se estudiarán ejercicios en el perímetro, siendo estos los más comunes en la construcción de Chile.

Partiendo de la base que el **alcance** será la principal restricción y además teniendo en cuenta que la grúa torre podrá efectuar **mayores levantamientos** mientras más cerca se encuentre la carga del eje, lo que podría traducirse en mayor productividad, por lo que se tratará de optimizar el alcance. También se considerará repartir el trabajo de forma homogénea, cuando se trabaja con más de una grúa.

En nuestro análisis se ocupará el centroide<sup>44</sup> y el eje de simetría, para ayudarnos a disminuir el requerimiento de pluma. Ambas definen una propiedad del cuerpo puramente geométrico en dos dimensiones, propias de la vista superior del edificio. Estos elementos geométricos (coinciden para figuras simétricas), están orientados para visualizar el o los mejores puntos para optimizar la localización de la grúa. En ocasiones se puede resolver fácilmente el punto que minimice el requerimiento de pluma, en caso contrario, se recomienda desplazar el radio que forma la pluma, que se pretende emplazar, por el perímetro tomando la distancia necesaria según su forma de apoyo y se elige el punto que minimiza el requerimiento de pluma. Se recomienda, además, empezar el análisis por el punto del perímetro más cercano al **centroide** de la figura, pudiendo repetir en caso que fuese necesario, con el segundo punto, así sucesivamente. En casos como el de plaza mayor 3, será el segundo punto (del perímetro) más cercano al centroide el que dará el requerimiento de pluma mínimo (ver imagen 8.16). Se puede ver lo importante que es constatar el modo de emplazamiento de la grúa, ya que en el punto dos se aprecia que la misma grúa emplazada de diferente manera, dándole 10.24 metros desde la contrapluma al edificio, para su normal desmontaje, (destelescopando) tiene diferente superficie de barrido respecto al análogo emplazado en otro sentido.

Para el último ejemplo de emplazamiento, caso tipo condominio, (simétrico) ocupamos en el análisis de emplazamiento el eje de simetría.

---

<sup>44</sup> Ver anexo 12.12 Centroide. Página 144.

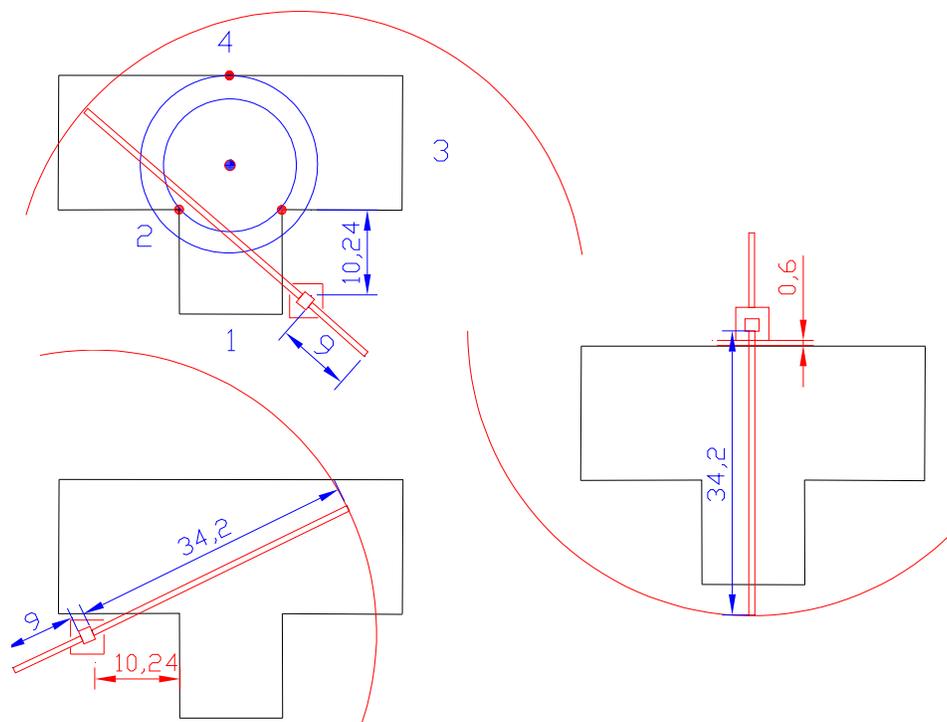


Imagen 8.16

### Ejemplo de emplazamientos

**8.2.1.- ESCENARIO I: Análisis Vista Superior, con Centroide en el interior de la superficie a construir.** (Ver imagen 8.17).

Se tiene la siguiente vista superior de un edificio habitacional de 14 pisos.

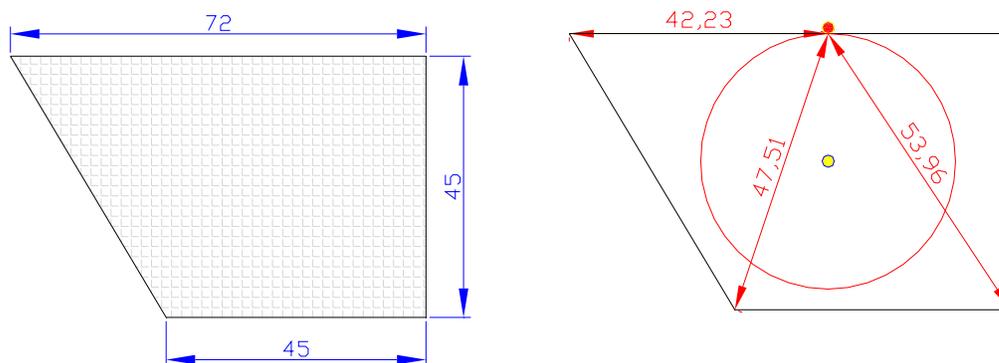


Imagen 8.17

Imagen 8.18

Se minimiza el requerimiento de pluma tomando en cuenta 60 cm desde el lastre basal al edificio desplazándose, en este caso, por la parte superior de la figura partiendo del punto rojo (ver imagen 8.18) hacia la derecha, para minimizar el requerimiento de pluma.

Finalmente se necesita una pluma de 52.57 metros para cubrir toda el área. (Ver imagen 8.19).

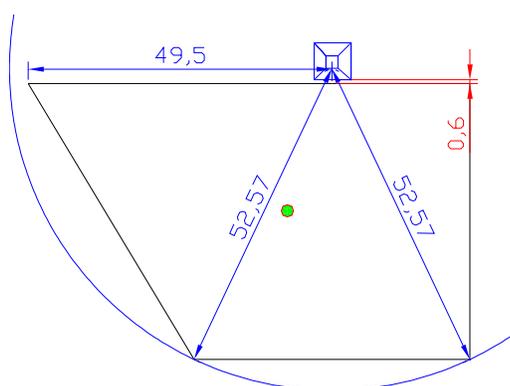


Imagen 8.19

### Emplazar 2 grúas torre con plumas de 37.5

Si por razones de productividad se decide trabajar con dos grúas y como restricción se tienen plumas de 37.5 como máximo a 1 metro de la superficie de la construcción, con requerimientos de cubrir toda la obra posible.

En algunas ocasiones una buena respuesta es seguir trabajando con el centroide de la figura y operar de la misma manera que la primera respuesta pero con 2 puntos. Puede ser una solución (ver figura 8.20), emplazar las grúas en las dos distancias más cortas a la superficie. Esta solución entregaría una área de  $6.3 \text{ m}^2$  “sin grúa” lo que podría solucionarse con una grúa con rieles, pero bastaría con un par de canoas.

Otra alternativa (ver imagen 8.21) sería analizar la figura dividida en 2 por el eje vertical que pasa por el centroide original, luego encontramos dos nuevos centroides y operamos de la manera ya conocida, esta solución entregaría menor área de intersección entre las plumas y el área no cubierta sería de 9.2 m<sup>2</sup>

Imagen 8.20

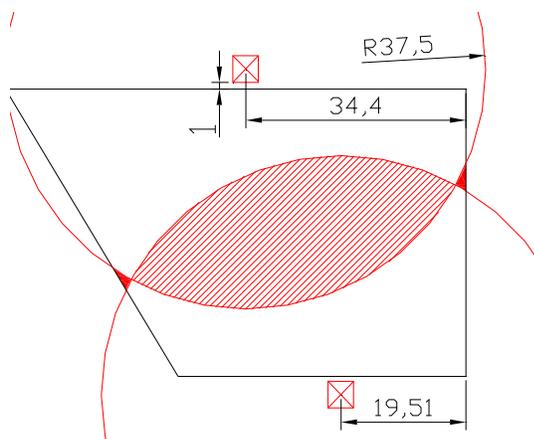
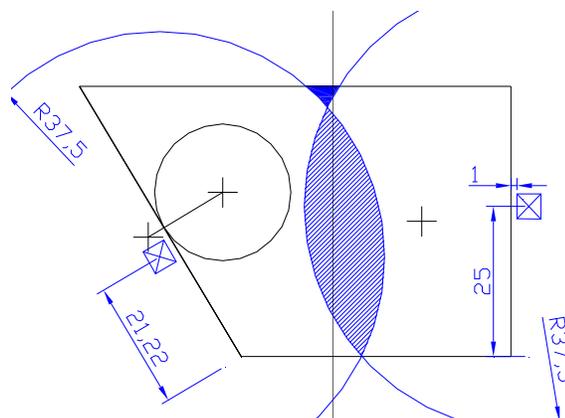
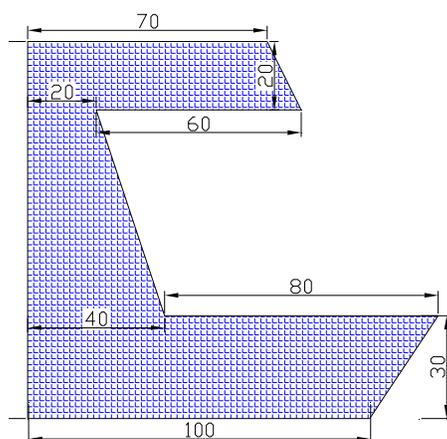


Imagen 8.21



**8.2.2.- ESCENARIO II: Análisis vista superior con centroide fuera la superficie.**



Se tiene la siguiente vista superior (ver imagen 8.22) de un edificio, tipo tienda comercial, de 5 pisos con altura total de 25 metros.

Imagen 8.22

Se requieren 74.45 metros de pluma (ver imagen 8.23) en caso que se debiese trabajar con una grúa en chasis estacionario.

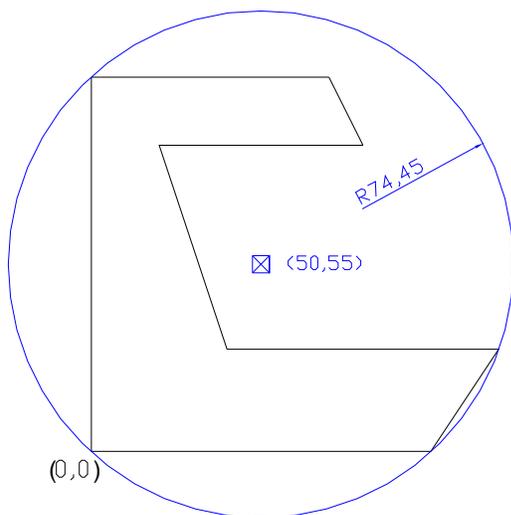


Imagen 8.23

Aun si los tiempos permitieran trabajar con una grúa, la pluma requerida es bastante grande y sería más económico trabajar con dos, que traer una grúa de estas dimensiones a Chile, ya que en el actual mercado no existen grúas de esas dimensiones.

### Solución para dos grúas de 50 metros de pluma.

Se puede ver (imagen 8.24) que el centroide se encuentra en (49.48;36.76), luego se separa esta figura en dos, divididas por el eje X` que intersecta al centroide

y encontramos dos nuevos centroides, estos puntos servirán de referencia para emplazar la grúa, no obstante esta vez sólo se visualizará. Para la parte superior se tiene C2 ,el centroide (fuera de la superficie) entrega una eficiente respuesta de emplazamiento. Para la parte inferior del C3, emplazar la grúa arriba sería lo que orienta el primer ejemplo, no obstante para poder montar las dos grúas de forma adecuada, ya que se toparían mecánicamente, se ubicará

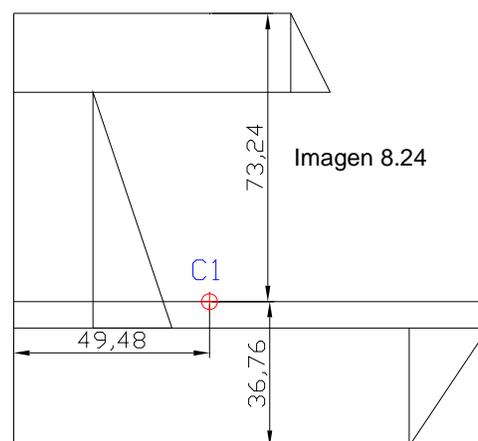


Imagen 8.24

en la segunda mejor locación; esto es, debajo de la figura (ver imagen 8.25). Cabe señalar que cada obra tendrá más de una solución, además dependerá de más factores como, la organización de la faena que debiese ir en función de la grúa, pero no siempre es posible organizar la obra en función de la grúa, sino que la grúa en

función de la obra. Es por ello que se recuerda que se esta trabajando bajo el supuesto de que el alcance y la distribución homogénea de trabajo serán los principales objetivos y se podrá organizar los acopios de materiales y las cargas de hormigón en función de la grúa.

Esta solución permite barrer la mayor cantidad de la superficie con las dos grúas de 50 metros de pluma. La grúa que barre la parte inferior podría estar sobre rieles en el caso que la altura de la construcción fuera menor a la altura autoestable, lo que daría solución al barrido.

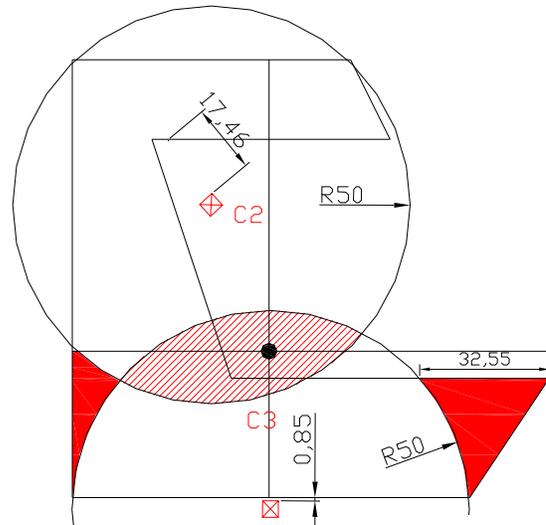


Imagen 8.25

### Solución para una grúa con 50 metros de pluma.

Ubicar la grúa sobre rieles, del modo que indica la figura (ver imagen 8.26) partiendo desde el punto (36;74,8) al (61,8;34,6). Esto equivale a un riel de aproximadamente 50 metros. Esta es una opción si se requiere una altura inferior al límite de la autoestable, para la grúa.

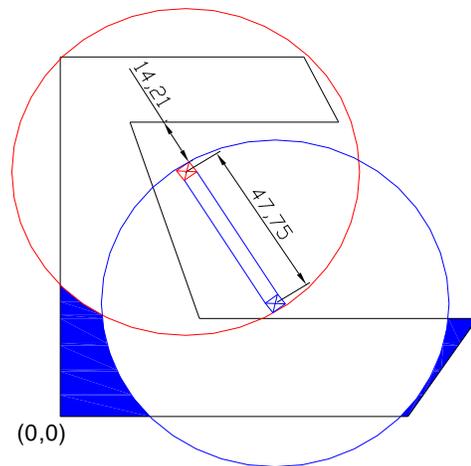


Imagen 8.26

### 8.2.3.- ESCENARIO III: Construcción simétrica, Tipo Condominio.

Condominio: 6 edificios colindantes distribuidos de forma simétrica (ver imagen 8.27). Se puede partir analizando las distancias desde el centro de los ejes de simetría.

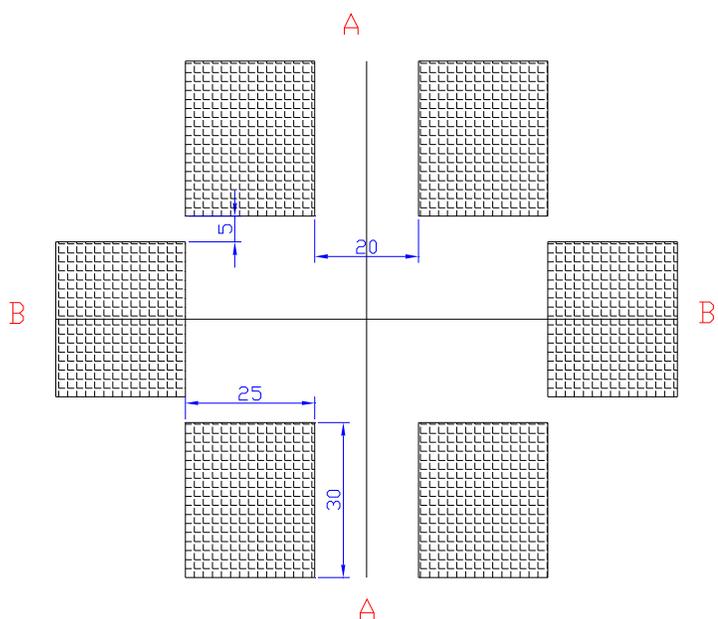


Imagen 8.27

Se han de construir el conjunto de bloques de edificios, todos iguales, de 10 pisos cada uno que le da una altura de 26 metros con  $750 \text{ m}^2$ , se estima poder alcanzar los plazos deseados con una sola grúa para toda la obra.

Para dar solución a construcciones tipo condominio se recomienda utilizar los **ejes de simetría** para su análisis.

Para dar solución a este emplazamiento, se debe utilizar una grúa de 55 metros de pluma (la cual trabajará con una altura inferior al límite de su altura autoestable). Se puede trabajar con rieles para el traslado de ésta en el eje B-B.

Como plan de trabajo se recomendaría empezar en la secuencia señalada para no entorpecer el trabajo de la grúa (ver imagen 8.28).

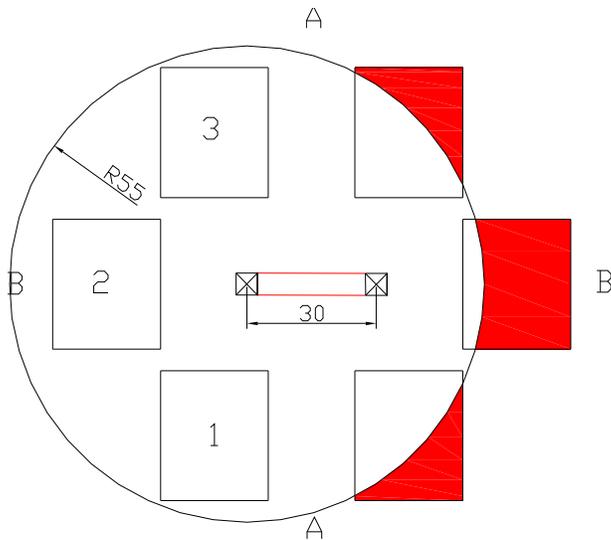


Imagen 8.28

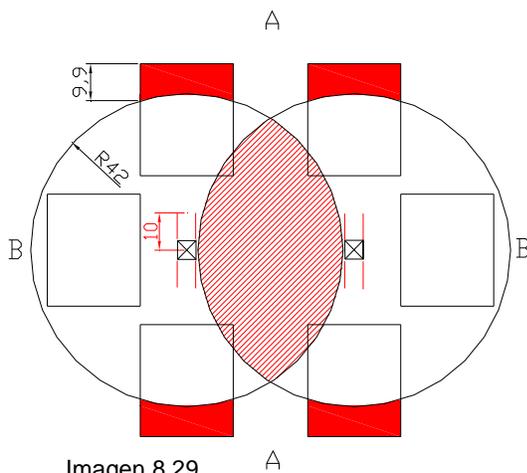


Imagen 8.29

Si se desea acelerar la producción: Se ocuparán **dos grúas de 42 metros de pluma**, (ver imagen 8.29) Se pueden emplazar las grúas sobre rieles de 20 metros (paralela al eje AA) de longitud lo que permitiría barrer la totalidad de los edificios.

Otra alternativa (imagen 8.30) para acelerar la productividad puede ser emplazar 3 grúas 42 metros de pluma.

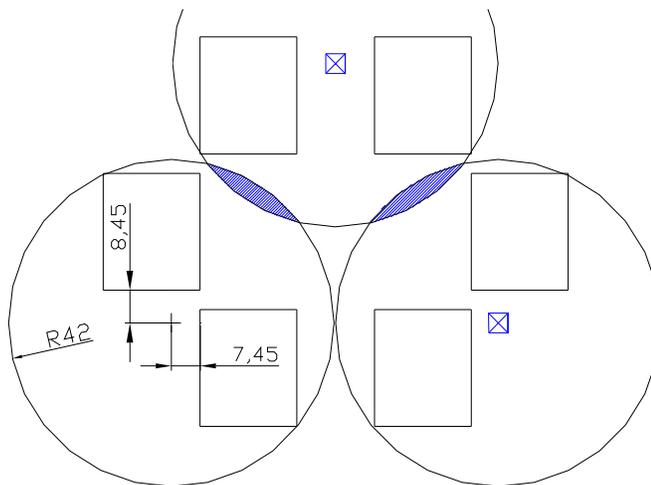


Imagen 8.30

Para la elección de la grúa adecuada se deben realizar estudios de los planos de la construcción a realizar y además de una visita en terreno. Recién en ese minuto se podrá tener una panorámica de la situación a evaluar, ya que en muchos casos los cables de electricidad o edificaciones colindantes podrían entorpecer el desempeño de la grúa, su instalación o hacer casi imposible el desmontaje.

Minimizar la distancia entre la grúa y el punto más distante del edificio desde la posición a elegir, será una de las tareas más importantes cuando se enfrente a escenarios donde las superficies a construir sean de gran envergadura.

Se pretenderá disminuir la necesidad de alcance de la pluma y al mismo tiempo disminuir los tiempos de ciclo haciendo más eficiente la labor.

En resumen a través de estos ejemplos se pretende entregar una ayuda básica para visualizar de forma más rápida el emplazamiento; si el objetivo es reducir la necesidad de alcance de la pluma.

No necesariamente siempre que se minimice la necesidad de alcance de la pluma, será el mejor emplazamiento, también se deberá tener presente los puntos de suministro y los tiempos de ciclo que genere cada posición dado esos puntos. Publicaciones<sup>45</sup> del año 2002, hablan del uso de algoritmos genéticos, para dar solución al layout de la obra y determinar el emplazamiento de la grúa torre con sus respectivos puntos de suministro para la optimización de los tiempos de ciclo.

---

<sup>45</sup>International Council for Research and Innovation in Building and Construction. Genetic Algorithm Modeling Aided with 3D Visualization in Optimizing Construction Site Facility Layout. June 2002. Disponible en <http://www.cib-w78-2002.dk/papers/papers/cib02-76.pdf>

**CAPITULO IX:**  
**PLANIFICACION Y ADMINISTRACIÓN DE UNA OBRA**

### 9.1.- Aplicación de métodos y técnicas de ingeniería industrial.

El principal objetivo que persigue una planificación podría resumirse en eficiencia y esta a su vez en rapidez, economía y calidad. Estos Factores serán parte del anhelado éxito. La rapidez, exigida por el jefe de obra o por el rendimiento financiero de la operación es, en numerosos casos el objetivo principal perseguido. En cambio la economía es, en una gran proporción, el resultado de una *organización racional*<sup>46</sup>, estando garantizada por un estudio profundo del tema y por la distribución rápida de planes detallados a los responsables de la obra. La sincronización de las acciones de las diversas empresas que van a colaborar disminuye los tiempos muertos y las falsas maniobras y constituye, por ese motivo, uno de los factores más importantes de economía y rapidez. La reducción de las circulaciones, la juiciosa elección de las instalaciones, la limpieza y el orden son otros tantos factores que influyen en la economía de la obra. Finalmente la calidad se obtiene principalmente por un conocimiento profundo de los materiales y de su utilización, por la elección de la mano de obra, por los equipos y maquinaria a utilizar, en la etapa de excavación y el trabajo en altura.

Se pueden nombrar como un importante agente económico la elección de una o más grúas torre, propias o arrendadas, esto debiese estar evaluado de manera tal, que entregue mayor productividad a la obra y por tanto mayores beneficios económicos.

Arrendar o comprar una grúa torre puede ser motivo de un análisis económico, para obras en altura, donde los tiempos de trabajo sean extensos dado la magnitud de la obra, pudiendo tardar años en finalizarla.

Para cada obra, el problema de la organización se basa en diversos datos a veces inciertos, de manera que sólo pueden elaborarse los principios que han de

---

<sup>46</sup> Ver anexo 12.5 Organización racional del trabajo. Página 130.

seguirse en dicha organización, después de haber estudiado los resultados obtenidos y las conclusiones deducidas por casos semejantes.

## **9.2.- Planificación en la construcción.**

La planificación es un proceso racional para definir y dirigir el desarrollo de un proyecto, que realiza una organización, mediante un método.

### **PLANIFICACIÓN = ORGANIZACIÓN + MÉTODO + PROCESO**

La planificación en la construcción estará bien cuando la organización que la realice, el método que se emplee y el proceso a través del cual se efectúe, tengan ciertas características, cumplan algunas normas y reúnan determinadas condiciones.

**9.2.1.- El Proceso.** Conceptualmente el proceso de la planificación es una actividad colectiva en la cual la organización actúa en el proyecto de construcción durante un tiempo determinado, mediante la ejecución de estrategias, el empleo de recursos, con la intención de lograr ciertos objetivos.

Un aspecto del proceso que se debe destacar es que en sus etapas y niveles, según el caso, son aplicables a todas y cada una de las fases del proyecto, es decir, al estudio de factibilidad, a la elaboración de proyectos y diseños y, por supuesto, a la construcción.

Otra consideración es que el proceso es similar y válido en proyectos complejos, medianos y pequeños. Las funciones de la organización y los procedimientos son los mismos en cada caso, pero la estructura organizacional es variable de acuerdo al tipo y tamaño del proyecto.

**9.2.2.- Organización.** La organización comprende el conjunto de personas e instituciones que intervienen y representan aspectos específicos en el proceso de planificación del proyecto de construcción.

Los participantes en la organización se pueden clasificar en tres grupos característicos, el de dirección, el técnico y el de ejecución. Las funciones de los integrantes de la *dirección* tienen relación con la decisión del futuro del proyecto, las estrategias que se aplicarán y los medios a emplear. El equipo *técnico* se encargará de estudiar la documentación del proyecto y diseñar los planes. La función del equipo de *ejecución* será aplicar los planes. Por otra parte, el equipo *técnico* conocerá los resultados sucesivos en el control y lo evaluará. Los integrantes de la dirección se informarán de la evaluación de los resultados y decidirán sobre la proyección del proyecto.

El planificador, una o más personas, forma parte del grupo *técnico* y actúa durante todo el desarrollo del proceso y también participa en el equipo interdisciplinario de *dirección*.

Una actividad fundamental de la organización en el proyecto de construcción es la gestión, que está asociada a dos conceptos propios de la planificación, la acción y la voluntad.

La gestión la ejerce la organización y consiste en la acción y efecto para dirigir su propio funcionamiento y el desarrollo del proyecto, dicha acción será adecuada al tipo de proyecto, los objetivos, las estrategias y los medios. La acción debe ser intencional, dirigida, gradual, continua y coordinada.

Fundamental en cualquier obra será la *Organización de la Faena*, generalmente se representa la organización del personal de la faena en forma de un organigrama, en el cual se establecen las funciones de dicho personal y sus dependencias. Se complementa con un manual de funciones en que se detallan sus

obligaciones y atribuciones. El organigrama es una representación gráfica de las partes que componen una organización y que forman un todo único.

**9.2.3.- Método.** “Se tiene un método cuando se dispone de, o se sigue, cierto “camino” para alcanzar un determinado fin propuesto de antemano”, lo cual incluye procedimientos, técnicas, teorías, sistemas, etc.

El método considera técnicas de programación y control, metodología y procedimientos en general para el desarrollo del proceso de planificación. También se incluye el aporte de tecnología.

**9.2.4.- Programación.** Es el proceso a través del cual se establecen las actividades y eventos de un proyecto de construcción, sus relaciones lógicas y las secuencias con que se realizarán, la asignación de recursos y la determinación de las duraciones y, por último, la elaboración del programa óptimo.

Dentro del proceso de programación esta la etapa de preparación de la red lógica de actividades, interrelación recursos-tiempo, análisis del camino crítico y diseño del programa.

**9.2.5.- Control.** En el método que se emplee para efectuar el control y evaluación del proyecto, se debe valorar el logro de objetivos, validez de la estrategia, el aporte de recursos, control de productividad, proyección de fechas claves, tendencia al desarrollo del proyecto, recomendaciones, etc.

*Control de avance.* Si en una faena es indispensable tener un programa de trabajo para saber cuando, con que y como se ejecutarán las obras, es también importante, durante la construcción, saber si él avance se esta realizando de acuerdo a lo programado.

Para ello es necesario establecer un sistema de control que mantenga informado al ingeniero jefe, periódicamente, del avance efectuado en cada una de las faenas a fin de que cualquier atraso o deficiencia en alguna de ellas, pueda ser corregido a tiempo, ya sea aumentando el número de trabajadores, cambiando el equipo o corrigiendo el programa de trabajo, si se constata que hubo un error de planeación, para poder cumplir con los plazos de entrega.

Si estas correcciones no se hacen a tiempo es muy probable que no pueda continuarse con el programa de trabajo primitivo y deba estudiarse uno nuevo, cuya aplicación significará ciertamente trastornos y mayor costo de las obras.

En el método que se emplee para efectuar el control y evaluación del proyecto, debe valorar el logro de objetivos, validez de la estrategia, el aporte de recursos, control de productividad, proyección de fechas claves, tendencia al desarrollo del proyecto, recomendaciones, etc.

**9.2.6.- Tecnología.** La tecnología a través de software, portales y soluciones específicas, constituye un aporte muy valioso que colabora en el proceso de la planificación, por las características propias que posee.

La *planificación* de cada proyecto de construcción es la principal fuente de información y referencia para ejercer el proceso de gestión en ese proyecto, es decir, para cumplir efectivamente la gestión en construcción es indispensable conocer la planificación del proyecto, proceder de acuerdo a las normas y cumplir las condiciones que rigen la planificación.

**CAPITULO X**  
**CONCLUSIÓN**

## 10.1 Conclusión.

Mediante este trabajo se concluye que la construcción como sector, tiene mucho por mejorar y un buen comienzo es medir el desempeño, lo que ya se está haciendo seriamente desde el 2003 por parte de la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, principalmente para detectar las causas de pérdida de tiempo, pudiendo así obtener avances y reales mejoras.

Entre las principales diferencias del sector con países desarrollados cabe destacar el uso de mayor tecnología, prefabricación y maquinaria pesada versus menor cantidad de obreros y una mayor cantidad de profesionales en obra, respecto a Chile.

Se identificaron parámetros relevantes en el proceso de selección de grúas torre. Además se realizó una guía a seguir a través de un árbol de decisión. Fiel reflejo de los pasos que realizan los expertos en grúas torre.

También se contextualizó la realidad chilena en construcción habitacional en altura y la utilización de grúas torre. Por lo que se deja entrever que hay mucho que hacer en Chile, principalmente en materia legislativa y normativa. Disponer como un servicio, de forma gratuita, las normas sería un buen comienzo, que como muchas normas no son más que una adaptación de normas internacionales ya elaboradas.

En relación al modelo se puede concluir que es posible generar herramientas de apoyo al proceso de toma de decisiones, respecto a la selección de grúas torre en proyectos habitacionales en altura y afines, pudiendo seleccionar de manera más consecuente y óptima en relación a los requerimientos. A través de un análisis comparativo que pretende minimizar costos; principalmente realizando un estudio de arriendo de grúas v/s productividad otorgada.

Este modelo serviría para apoyar la decisión de contar con n cantidad de grúas con sus respectivos modelos, además de estimaciones de costo y

productividad, para cada caso. Adaptándose a cualquier escenario, ya que evalúa las principales variables del medio, ya sea requerimientos de material, número de pisos a construir, climatología de la zona, mano de obra, tiempos de ciclo, dado puntos de suministros, grúa torre y obra, etc. Obviamente esto permitiría estimar con mayor certeza los costos del arriendo, considerando los plazos requeridos para la construcción de mejor manera.

Hoy en día existen software para la construcción que ayudan a optimizar recursos y a tomar decisiones técnicas y administrativas, pero específicamente de grúas torre, no existe un software a la venta que resuelva el tema logístico, como herramienta para la planificación, entregando respuestas acorde al escenario. Pero desde algunos años ya existen algunas publicaciones del tema y prototipos.

Este trabajo, específicamente la programación, servirá de base hacia nuevos estudios para su potencial perfeccionamiento y validación, tarea que llevará a cabo el profesor patrocinante, Iván Santelices Malfanti.

**CAPITULO: XI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

### 13.1 Bibliografía.

Garcés, V.	(1992). Seminario II: “la grúa torre y su productividad en la construcción en altura” .Universidad del Bío-Bío: Concepción, Chile.
Rafeiner, F.	(1967) Construcción de edificios en Altura. Blume: Dusseldorf, Alemania.
Sapag N.	(Marzo 2003) Evaluación de Proyectos de la inversión en la empresa.
Zurita J.	(2000) Diccionario básico de la construcción. Barcelona: CEAC.
Norma Chilena Oficial	Nch. 2422 Of.97 Grúas Torre terminología y clasificación.
Norma Chilena Oficial	Nch. 2431 Of.99 Grúas Torre características y requisitos de seguridad.
Norma Chilena Oficial	Nch. 2437 Of.99 Grúas Torre condiciones de operación.
Norma Chilena Oficial	Nch. 2438 Of.99 Grúas Torre requisitos de montaje.
Proctor J.	(Mayo1996). BIT N° 5, Revista Técnica de la Construcción. Seleccionando grúas torre.
Liebherr	Liebherr – Turmdrehkrane. Kompetenz, Technologie, innovation. [CD Room].
Liebherr	Vorsprung durch Modularität. Die EC-H, EC-HM und EC-B-Krane. [Cd Room].
C.CH.C.	Mutual de seguridad C.CH.C. Manual de grúas torre, Partes constitutivas de una grúa torre, 1997

### 13.2. Linkografía.

Retamal, P.	(Julio, 2006). N° 49, Bit, Revista Técnica de la Construcción. Disponible en: <a href="http://www.revistabit.cl/body_articulo.asp?ID_Articulo=1295">http://www.revistabit.cl/body_articulo.asp?ID_Articulo=1295</a>
Calibre	(Marzo, 2006). N° 47, Bit, Revista Técnica de la Construcción. Disponible en: <a href="http://www.revistabit.cl/pdf/46-47_47.pdf">http://www.revistabit.cl/pdf/46-47_47.pdf</a>
Equipo CDT	(Marzo, 2005). N° 41, Bit, Revista Técnica de la Construcción. Disponible en: <a href="http://www.revistabit.cl/pdf/28-29Bit41.pdf">http://www.revistabit.cl/pdf/28-29Bit41.pdf</a>
García, F.	(Septiembre, 2004). N° 38, Bit, Revista Técnica de la Construcción. Disponible en: <a href="http://www.revistabit.cl/pdf/58-59web38.pdf">http://www.revistabit.cl/pdf/58-59web38.pdf</a>
Grillo, A. Montes, J.	(Septiembre, 2001). Revista BIT, Innovación y Productividad en Empresas Constructoras Británicas. Disponible en <a href="http://www.revistabit.cl/pdf/10.pdf">http://www.revistabit.cl/pdf/10.pdf</a>
Tamborero del Pino, J. Monje, J.	(Agosto 2006). NTP 701: Grúas-torre. Recomendaciones de seguridad en su manipulación. Disponible en: <a href="http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_701.htm">http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_701.htm</a>
Aduana Chile.	Importaciones (monto cif en dólares). Octubre 2006. Disponible en: <a href="http://www.aduana.cl/p4_principal/site/artic/20040109/asocfile/ASOCFILE220040109132646.xls">http://www.aduana.cl/p4_principal/site/artic/20040109/asocfile/ASOCFILE220040109132646.xls</a>
Aduana Chile	Estacomex, Base interactiva de Comercio Exterior, 1990-2005. Noviembre 2006. Disponible en: <a href="http://200.72.133.19/estacomex/asp/index.asp">http://200.72.133.19/estacomex/asp/index.asp</a>
Skyscraperpage	Skyscraperpage. Diagrams. Agosto 2006. Disponible en: <a href="http://www.skyscraperpage.com/diagrams/">http://www.skyscraperpage.com/diagrams/</a>
Portal inmobiliario	Portal inmobiliario. Edificios nuevos. julio 2006. <a href="http://www.portalinmobiliario.com">www.portalinmobiliario.com</a> .

## **CAPITULO XII**

### **ANEXOS**

## **12.1.- Los moldajes o encofrados.**

Consisten en las estructuras temporales que se utilizan para sostener y dar forma al hormigón fresco, hasta que éste haya alcanzado una resistencia adecuada. Actualmente los más utilizados son los moldajes industriales, que a diferencia de los tradicionales, son módulos reutilizables, prefabricados, que se arman y adaptan según las necesidades de la obra.

Los encofrados industrializados se dividen en pesados, para los que se requiere grúa para instalarlos, y livianos o manuportables. También se clasifican en estándar, oferta de catálogo, y especial, que se hacen a medida del proyecto. Entre estos elementos se encuentran los moldajes horizontales (losas) y verticales (muros).

Es aconsejable implementar una zona de acopio para los elementos del encofrado. Una vez que se realiza el descimbre, un encargado recibe, rotula, limpia y ordena cada pieza. Con esto se evitan las pérdidas y las posteriores indemnizaciones por daños al material en caso que sea arrendado.

### **12.1.1.- Fases de Instalación.**

En el caso de las losas, se realiza un trazado de las superficies, que indica el nivel de altura del moldaje. Además, se recomienda hacer un exhaustivo chequeo de las alturas de los muros sobre los que se van a instalar las losas, para no tener problemas posteriores con los rebases o retornos verticales de la losa cuando se apoya en el muro.

Dar el tiempo necesario de fraguado del hormigón es clave. El ingeniero calculista lo determina según el tipo de hormigón utilizado y la relación entre peso propio y sobre carga de diseño. La espera puede ir desde 14 a 28 días. En este sentido es trascendental que se respeten los plazos antes del descimbre.

Observación: entonces dado un avance de 4 pisos por mes y si se necesita un mes para el diciembre, por piso, recién después del cuarto piso se podrá empezar con las terminaciones desde el piso uno.

#### **12.1.2.- Descimbre.**

El moldaje constituye una ingeniería provisoria, por lo tanto se debe retirar y descimbrar una vez que el hormigón adquirió la resistencia suficiente para convertirse en una “piedra artificial”. El tiempo que debe transcurrir para descimbrar depende del tipo de hormigón y del sistema de moldaje que se esté utilizando.

El orden y el cuidado que se tenga para realizar esta última parte de la faena resulta esencial, sobre todo si se considera que el tiempo es escaso y que las mismas piezas se reutilizarán en los sucesivos hormigonados.

#### **12.1.3.- Almacenamiento.**

Éste debe ubicarse en la obra si el proyecto es de gran envergadura. En cambio, si se utilizaran escasos equipos de moldaje, basta con almacenarlos en bodegas externas y trasladar sólo los necesarios.

La ubicación de estos patios resulta clave y se recomienda que se encuentre cerca de la grúa torre, para permitir un ágil traslado a distintos lugares del terreno.

#### **12.1.4.- Encofrados verticales.**

Al igual que los moldajes de losa, el montaje de los encofrados para muro, varía según el sistema escogido. Una vez que los jefes de obra cuentan con el plano de montaje se prepara el terreno. Se traza el lugar donde va a quedar ubicado el moldaje y se limpia la superficie de contacto, dejándola libre de escombros.

El plazo de descimbre varía de acuerdo con las condiciones del lugar, generalmente es entre 24 y 48 horas. Aunque los moldajes corresponden a una

ingeniería provisoria dentro de la obra, influyen directamente en la rapidez de hormigonado.

## **12.2.- Prefabricación del Hormigón.**

La prefabricación en hormigón dentro de zonas de alta sismicidad, ha mostrado un rápido y vigoroso desarrollo en los últimos años. Opción que se abre camino de forma prometedora. El principal esfuerzo en este sentido a sido dirigido por el Dr. Nigel Priestley.

Nueva Zelandia, Japón y Estados Unidos han sido los focos principales de este crecimiento, el que se ha dado no sólo en términos de la cantidad de obras construidas, sino también en una mejor comprensión del comportamiento sísmico de las estructuras prefabricadas y de las estructuras de hormigón en general, y en el desarrollo de nuevas conexiones, capaces de reunir lo mejor del hormigón armado y de la prefabricación para obtener diseños más económicos, rápidos y eficientes.

Estas conexiones de los elementos prefabricados, como puntos de disipación de energía ya han sido empleadas en edificios de gran altura, específicamente en San Francisco donde se construyó un edificio de 39 pisos completamente prefabricado.

En Chile, ya se habían construido, antes del año 1985, más de 200 edificios y una gran cantidad de otras estructuras, tanto habitacionales como industriales, utilizando diversos sistemas de prefabricación. Todas estas estructuras tuvieron un comportamiento excelente en el terremoto que afectó a la Zona Central ese año. Actualmente la prefabricación con hormigón está presente, en forma muy importante, en estructuras industriales y comerciales, o donde no sólo presenta ventajas de rapidez y costo, sino también de durabilidad y de resistencia al fuego.

Dentro de los elementos conceptuales, que han ayudado a abordar de una manera más racional el diseño de estructuras prefabricadas en los últimos años, está

el diseño por capacidad, que ha sido fundamental para distribuir de una manera coherente resistencia y ductilidad dentro de la estructura, factores que en el caso de un edificio formado por piezas ensambladas, como son las estructuras prefabricadas, resultan imprescindibles para asignar un rol claro a las uniones y a los elementos en el sistema estructural. También todos los últimos terremotos han dejado importantes lecciones sobre la necesidad de tomar en consideración no sólo las demandas de resistencia a las que estarán sometidas las estructuras, sino también las demandas reales de desplazamiento y deformación en el diseño de las estructuras.

Los caminos por los que ha avanzado el diseño sísmico de estructuras prefabricadas, han ido quedando establecidos en las últimas normas y códigos a nivel mundial. Éstos son básicamente dos: la emulación de una estructura de hormigón armado tradicional, mediante conexiones dúctiles o fuertes, y la utilización de conexiones con características de resistencia y deformación especiales no comparables a las del hormigón armado. Se han desarrollado y ensayado recientemente uniones de este último tipo, dotadas de elementos de disipación de energía, lográndose evitar el daño estructural en los elementos. La disipación de energía se logra incluyendo barras de acero ordinario sin adherencia en tramos cercanos a la unión, permitiendo que la superficie de contacto entre vigas y columnas se abra a partir de cierta intensidad del sismo. Tiene la ventaja de evitar que el daño se propague hacia los elementos, lográndose una respuesta estructural prácticamente sin daño. En algunas soluciones se agrega acero postensado que tiene como finalidad, mantener en contacto los elementos ante solicitaciones moderadas y restituir la forma original, en el caso que se requiera disipar la energía en la unión, cerrándolas al terminar la sollicitación.

En el ámbito normativo, El código ACI 318 del año 2002 incorpora en el capítulo 21, por primera vez, disposiciones de diseño sísmico para estructuras prefabricadas de hormigón. En la misma línea el IBC 2000 (International Building Code) había incorporado disposiciones similares hace algunos años.

En Chile la nueva norma NCh 2369 sobre diseño sísmico de estructuras industriales recoge tanto la experiencia chilena en el tema como las nuevas disposiciones del ACI 318 y del IBC para generar disposiciones especiales de diseño para estructuras prefabricadas.

### 12.3.- Edificios destacados por su tecnología. Dos chilenos y uno Sueco respectivamente.

#### 12.3.1.- Edificio el Golf 2001.



Ubicación: Av. Apoquindo con Av. El Golf. Santiago.  
 Empresa Constructora: Echeverría & Izquierdo  
 Categoría: Edificio de Oficinas.  
 Superficie y Terreno: 4.280 m<sup>2</sup>.  
 Área Total Construida: 55.000 m<sup>2</sup>.  
 Materiales Predominantes: Hormigón armado, en estructura postensada, Revestimiento en paneles de aluminio tipo alucobond y cristales termopanel. Celosía parasol en cristal con serigrafía.  
 Fecha Construcción: Enero 2002 - Diciembre 2003.  
 Subterráneos : 7  
 Pisos: 22

Con innovaciones en climatización, sistemas constructivos y arquitectura, constituye una obra donde la evolución, el avance tecnológico y la armonía con su entorno cobran especial importancia.

Tres aspectos innovadores destacan en la construcción del edificio.

- **Losas postensadas con adherencia:** Sistema del tipo monotorón que permite la reducción de las armaduras pasivas y facilita futuras modificaciones de losa terminada, entre sus ventajas más importantes.
- **Cristales Low-e o de baja energía:** Poseen coeficientes solares superiores que no generan el efecto invernadero, ya que permite mayor absorción de luz manteniendo sus cualidades lumínicas.
- **Fachada inclinada + treillage climático:** Con el objeto de aminorar su presencia urbana, el edificio presenta una inclinación de 5,5 grados en su costado oriente y por su gran exposición, ese sector se protegió con una cortina de cristales colocados sobre el muro cortina de piso a cielo para interrumpir la entrada del sol.

### 12.3.2.- El Ceibo.



#### **Ficha Técnica**

El Ceibo, forma parte de un complejo de 5 edificios,  
 Empresa Constructora Moller y Perez-Cotapos S.A.  
 Ubicación: Av. Alonso de Camargo 8.916, Las Condes, Santiago  
 Excavación: 26.000 m<sup>3</sup>  
 Moldaje: 52.200 m<sup>2</sup>  
 Enfierradura: 895.000 kilos  
 Hormigón: 9.500 m<sup>3</sup>  
 Construcción: 19.500 m<sup>2</sup>  
 Pisos: 21 (22 considerando la sala de máquina del ascensor)  
 Subterráneos: 2  
 Departamentos: 6 por piso de 112.31 m<sup>2</sup> a 69.80 m<sup>2</sup>

**La orientación:** Todos los edificios se proyectaron orientaciones diferentes, para aprovechar al máximo las vistas espectaculares que hay en la zona, tanto hacia la cordillera como al centro de la ciudad. Para que no se obstruyeran las vistas, se trabajó con maquetas, y con perspectivas en autocad se evito que alguno obstruya la visión de otro y la proyección de sombras.

**Las fundaciones:** producto que el terreno estaba formado por arcilla, en vez del sistema tradicional de fundaciones corridas se optó por construir una losa flotante de hormigón armado en toda la extensión del edificio. En esta losa, de 1,5 m de alto, se utilizo 1.514 m<sup>3</sup> de hormigón y 110 toneladas de fierro. Para una mejor estabilidad y mayor garantía de seguridad estructural.

La pesada losa de fundación en la base atenúa el efecto del esfuerzo sísmico al reducir la frecuencia y aumentar la amplitud del movimiento a la que se ve sometida la estructura.

**Losa postensada:** En los subterráneos, este sistema permite disminuir los espesores de losas y vigas, y obtener estacionamientos más amplios al disminuir la cantidad de muros y pilares.

**Aislación acústica:** Para la aislación del ruido de impacto se optó por instalar piso flotante. Sobre la losa de hormigón armado (14 cm) se colocó una capa de 2 cm de poliestireno expandido elastificado más una capa de foil de aluminio y una sobrelosa de 5 cm, dilatada completamente de los muros. En total se conforma un paquete de aislación acústica de 21 cm, muy superior al de proyectos similares que, por ejemplo, usan losas de 12 cm sin elementos de aislación.

### 12.3.3.- Edificio Turning Torso



Lo último en arquitectura e ingeniería.

El edificio del arquitecto español Santiago Calatrava presenta una rotación de 90 ° desde la base hasta la cima y es la torre más alta del norte europeo, con 190 metros. Además, consta con 54 plantas.

#### Fundación

Tras una excavación de 15 metros, se colocaron perfiles de aluminio reforzados con anillos de hormigón armado en intervalos regulares, para contener el terreno. Además, en las paredes del pozo se agregaron láminas metálicas.

el cimiento se compone de una capa de tres metros de espesor de piedra caliza, sometida a un proceso de vibración y apisonamiento por un gigantesco vibrador de láminas.



El hormigón fue todo un reto por sus exigentes demandas, técnicas de logística y vertido. Alrededor de 5.100 m<sup>3</sup> de concreto se colocaron en forma ininterrumpida por 3 días completos a un promedio de 100-150 m<sup>3</sup> por hora. Unos 850 camiones transportaron el concreto durante la faena.

#### Núcleo

En la fundación nace el principal elemento estructural del edificio, el núcleo de hormigón armado, cuyo centro se corresponde exactamente con el eje de rotación de las plantas. El núcleo es fijo, las que giran son las losas de cada piso otorgando la retorcida apariencia de la torre.

#### Soporte exterior

Se trata de un marco externo consistente en una columna de acero en tensión situada al borde de las extensiones de las losas, cuyas prolongaciones asemejan

una especie de costilla. El exoesqueleto se ancla a un bloque de hormigón de fundación, que provee estabilidad lateral adicional.

Las prolongaciones del soporte metálico, que se distribuyen en 20 elementos horizontales y 18 diagonales. Los primeros pesan 8 toneladas cada uno y los diagonales entre 12 y 20 toneladas, siendo el total del soporte unas 820 toneladas aproximadamente.

### **Dominando el viento**

Los ensayos reflejan que la aceleración de la cima del edificio durante la tormenta de grandes proporciones es de 0,02 g un 2% de la aceleración de gravedad. Este resultado es aceptado internacionalmente en las recomendaciones para edificios residenciales.

### **Energía renovable**

El edificio se provee de energía renovable, producida localmente por equipos eólicos y la calefacción se suministra por medio de paneles solares y reservas de agua subterránea.

En el edificio se empleó un cerramiento energéticamente eficiente (ventanas y muros externos), que reducen el consumo. Las instalaciones tienen el mismo concepto, por ejemplo, la ventilación cuenta con un sistema aire acondicionado con intercambios de calor. se puede monitorear el consumo de agua y calefacción de cada departamento y así planificar sus costos energéticos.

### **Ascensores y sprinklers**

Hay tres servicios de ascensores para la parte residencial del edificio, con una velocidad promedio de viaje de 5 m/s (18 km/h). En sólo 38 segundos se puede subir desde el primer piso hasta el 54. Una de los equipos, por ejemplo, cuenta con energía autónoma de emergencia y ventilación para ser usado por personal de rescate en caso de incendio.

Además, la torre se divide en células de fuego, zonas provistas de una protección adicional en caso que los sprinklers no funcionen.

**12.4.- Detalle importación de grúas torre a Chile (desde 1990 a octubre 2006).**

**Tabla 12.1  
Origen de Importación y Valor CIF.**

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1990	Valor(US\$) Ene-Dic/1990
1	224	ARGENTINA	1	\$50,657
2	225	ESTADOS UNIDOS	3	\$49,947
3	502	R.F.ALEMANIA	1	\$47,352
4	504	ITALIA	1	\$846,000
5	517	ESPANA	5	\$665,066
Total			11	\$813,868

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1991	Valor(US\$) Ene-Dic/1991
1	220	BRASIL	2	\$196,799
2	224	ARGENTINA	3	\$185,108
3	225	ESTADOS UNIDOS	2	\$184,920
4	502	R.F.ALEMANIA	2	\$18,320
5	505	FRANCIA	3	\$194,885
6	517	ESPANA	2	\$34,761
Total			14	\$814,793

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1992	Valor(US\$) Ene-Dic/1992
1	220	BRASIL	4	\$235,598
2	225	ESTADOS UNIDOS	1	\$401,901
3	502	R.F.ALEMANIA	2	\$93,038
4	505	FRANCIA	13	\$1,299,927
5	511	SUECIA	1	\$38,726
6	517	ESPANA	15	\$1,983,264
Total			36	\$4,052,454

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1993	Valor(US\$) Ene-Dic/1993
1	220	BRASIL	5	\$181,906
2	225	ESTADOS UNIDOS	6	\$183,880
3	504	ITALIA	4	\$93,370
4	505	FRANCIA	19	\$2,102,934
5	507	DINAMARCA	1	\$11,891
6	509	AUSTRIA	1	\$109,173
7	511	SUECIA	3	\$80,270
8	517	ESPANA	9	\$1,033,887
Total			48	\$3,797,311

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1994	Valor(US\$) Ene-Dic/1994
1	224	ARGENTINA	1	\$1,243
2	502	R.F.ALEMANIA	1	\$8,387
3	504	ITALIA	4	\$97,898
4	505	FRANCIA	10	\$741,991
5	509	AUSTRIA	2	\$129,578
6	513	NORUEGA	3	\$216,818
7	517	ESPANA	9	\$878,292
8	563	ALEMANIA	1	\$17,000
Total			31	\$2,091,207

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1995	Valor(US\$) Ene-Dic/1995
1	220	BRASIL	6	\$408,400
2	225	ESTADOS UNIDOS	12	\$430,481
3	502	R.F.ALEMANIA	3	\$273,600
4	504	ITALIA	2	\$71,745
5	505	FRANCIA	20	\$2,401,015
6	508	SUIZA	2	\$309,948
7	513	NORUEGA	3	\$216,084
8	514	BELGICA	2	\$30,523
9	517	ESPANA	2	\$128,627
10	563	ALEMANIA	8	\$222,562
Total			60	\$4,492,985

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1996	Valor(US\$) Ene-Dic/1996
1	225	ESTADOS UNIDOS	4	\$21,384
2	501	PORTUGAL	5	\$666,017
3	504	ITALIA	4	\$120,021
4	505	FRANCIA	31	\$2,800,057
5	508	SUIZA	2	\$174,174
6	511	SUECIA	1	\$873,000
7	513	NORUEGA	9	\$456,464
8	517	ESPANA	26	\$1,799,938
9	563	ALEMANIA	3	\$288,734
Total			85	\$6,327,662

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1997	Valor(US\$) Ene-Dic/1997
1	202	COLOMBIA	5	\$317,991
2	225	ESTADOS UNIDOS	1	\$157,000
3	501	PORTUGAL	16	\$2,024,997
4	504	ITALIA	5	\$206,578
5	505	FRANCIA	6	\$396,976
6	509	AUSTRIA	1	\$81,023
7	513	NORUEGA	3	\$253,162
8	517	ESPANA	38	\$3,070,709
9	563	ALEMANIA	6	\$464,343
Total			81	\$6,972,779

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1998	Valor(US\$) Ene-Dic/1998
1	220	BRASIL	2	\$266,486
2	225	ESTADOS UNIDOS	4	\$93,513
3	501	PORTUGAL	5	\$581,114
4	504	ITALIA	7	\$250,959
5	505	FRANCIA	1	\$81,404
6	508	SUIZA	2	\$276,103
7	517	ESPANA	8	\$710,218
8	563	ALEMANIA	13	\$1,220,929
Total			42	\$3,480,726

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/1999	Valor(US\$) Ene-Dic/1999
1	505	FRANCIA	1	\$113,223
2	563	ALEMANIA	1	\$24,500
Total			2	\$137,723

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/2000	Valor(US\$) Ene-Dic/2000
1	225	ESTADOS UNIDOS	2	\$24,250
2	501	PORTUGAL	3	\$315,366
3	504	ITALIA	1	\$33,878
4	508	SUIZA	1	\$101,586
5	517	ESPANA	1	\$95,604
6	563	ALEMANIA	4	\$989,580
Total			12	\$1,560,264

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/2001	Valor(US\$) Ene-Dic/2001
1	501	PORTUGAL	3	\$297,859
2	504	ITALIA	5	\$190,813
Total			8	\$488,672

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/2002	Valor(US\$) Ene-Dic/2002
1	224	ARGENTINA	1	\$60,889
2	225	ESTADOS UNIDOS	2	\$34,427
3	504	ITALIA	2	\$58,938
4	505	FRANCIA	8	\$478,729
5	508	SUIZA	1	\$99,868
6	517	ESPANA	4	\$419,879
7	563	ALEMANIA	1	\$169,681
8	904	ORIG NO PRECISADAS	2	\$92,043
Total			21	\$1,414,453

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/2003	Valor(US\$) Ene-Dic/2003
1	219	PERU	1	\$18,219
2	225	ESTADOS UNIDOS	2	\$191,127
3	501	PORTUGAL	1	\$132,115
4	505	FRANCIA	4	\$190,643
5	517	ESPANA	6	\$423,669
6	563	ALEMANIA	3	\$237,258
Total			17	\$1,193,032

	Código País	Nombre País	Cantidad Ene-Dic/2004	Valor(US\$) Ene-Dic/2004
1	220	BRASIL	3	\$175,693
2	225	ESTADOS UNIDOS	2	\$6,298
3	501	PORTUGAL	11	\$1,264,763
4	504	ITALIA	1	\$43,374
5	505	FRANCIA	9	\$119,096
6	509	AUSTRIA	1	\$154,086
7	517	ESPANA	13	\$1,065,312
8	563	ALEMANIA	23	\$1,925,352
Total			63	\$4,753,973

	<b>Código País</b>	<b>Nombre País</b>	<b>Cantidad Ene-Dic/2005</b>	<b>Valor(US\$) Ene-Dic/2005</b>
1	224	ARGENTINA	3	\$81,434
2	332	SINGAPUR	1	\$85,730
3	336	CHINA	8	\$929,808
4	501	PORTUGAL	15	\$2,204,311
5	504	ITALIA	6	\$370,041
6	505	FRANCIA	10	\$582,791
7	509	AUSTRIA	2	\$101,001
8	514	BELGICA	4	\$288,222
9	517	ESPANA	14	\$1,526,242
10	563	ALEMANIA	25	\$3,049,455
Total			88	\$9,219,034

	<b>Código País</b>	<b>Nombre País</b>	<b>Cantidad Ene-Oct/2006</b>	<b>Valor(US\$) Ene-Oct/2006</b>
1	333	COREA DEL SUR	1	\$152,669
2	336	CHINA	8	\$1,207,557
3	501	PORTUGAL	4	\$596,732
4	504	ITALIA	8	\$474,170
5	505	FRANCIA	4	\$394,480
6	509	AUSTRIA	3	\$104,482
7	514	BELGICA	4	\$202,858
8	517	ESPANA	15	\$1,373,117
9	563	ALEMANIA	27	\$3,234,370
Total			74	\$7,740,435

## **12.5.- Organización racional del trabajo.**

Taylor comprobó que, en todos los oficios, los obreros aprendían la manera de ejecutar sus tareas observando a sus compañeros vecinos. Notó que eso originaba diferentes maneras y métodos de hacer una misma tarea en cada oficio, y una gran variedad de instrumentos y herramientas diferentes en cada operación. Puesto que entre los diferentes métodos e instrumentos utilizados en cada trabajo hay siempre un método más rápido y un instrumento más adecuado que los demás. Ese intento de sustituir métodos empíricos y rudimentarios por métodos científicos en todos los oficios recibió el nombre de Organización Racional de Trabajo. Para Taylor, el obrero no tiene capacidad ni formación ni medios para analizar científicamente su trabajo y determinar racionalmente cual es el método o proceso más eficiente.

Los principales aspectos de la Organización Racional del Trabajo:

1. Análisis del trabajo y estudio de tiempo y movimiento
2. Estudio de la fatiga humana.
3. División del trabajo y especialización del obrero.
4. Diseño de cargos y tareas.
5. Incentivos salariales y premios por producción.

### **Principios de la administración científicas de Taylor.**

Según Taylor, la gerencia adquirió nuevas atribuciones y responsabilidades descrita por cuatro principios:

1º Principios de planeación: sustituir en el trabajo el criterio individual del obrero, la improvisación y la actuación empírico práctica por los métodos basados en los procedimientos científicos.

2º Principio de preparación: seleccionar científicamente a los trabajadores de acuerdo con sus aptitudes, prepararlos y entrenarlos para producir más y mejor, en concordancia con el método planeado, así mismo preparar las máquinas y equipos de producción.

3º Principios de control: controlar el trabajo para cerciorarse de que está ejecutándose de acuerdo con las normas establecidas según el plan previsto. La gerencia debe cooperar con los empelados para que la ejecución sea la mejor posible.

4º Principio de ejecución: distribuir diferencialmente las atribuciones y las responsabilidades para que la ejecución del trabajo sea disciplinada.

## 12.6.- Estimación de costos para cada tipo de emplazamiento, grúa media.<sup>47</sup>

A modo de referencia se han calculado los costos de emplazamiento para una grúa media (P. Contreras, comunicación personal, 07 de noviembre de 2006).

### **Sobre chasis estacionaria.**

Mejorar base zona de nivelación y mejoramiento según sea el caso

1. Radier de 40 cm. 6x6 mts. \$ 450.000.

2 Mejoramiento estabilizado, compactado, nivelado. \$ 250.000. Siempre será más barato que empotrada y más barata que en chasis con sistema de rodado (boggie).

**Empotrada con dado de hormigón.** (Solución alternativa al chasis, por motivos de espacio, carencia del lastre basal, o por alcances para el desmontaje).

-Dado hormigón armado: \$850.000 (45-50 UF aprox.)

-Estructura : \$1.150.000 (60-70 UF aprox.)

Total: \$2.000.000

Empotrada aprovechando el hormigón de la loza. Sólo estructura \$1.150.000

### **Trepadora.**

Irá escalando al edificio según este vaya aumentando en pisos. El costo dependerá de el número de veces que se trepe la grúa: 15 UF por tramo, 3 tramos por vez aprox. \$850000. (45-50 UF).

Se entiende que en este caso la generalidad del montaje inicial cuando es empotrada, es utilizada la fundación de la obra.

---

<sup>47</sup> Fuente: Pablo Contreras Seguel , JCE S.A.

**Arriostramiento:**

Para los variados casos del montaje basal del emplazamiento de la GT en obra, si la edificación lo requiere y si esta debe superar la autonomía, indicada por el fabricante, será necesario definir un arriostramiento al edificio y/o contraventar cuando sea el caso, estas condiciones siempre deben ser definidas antes del montaje; con el fin de precisar las mejores condiciones que resuelvan todos los detalles.

Valor estimado (promedio) para esta faena por unidad será:

Insertos en losa 35 uf.

Instalación de equipo telescopaje 20 uf (si es el caso).

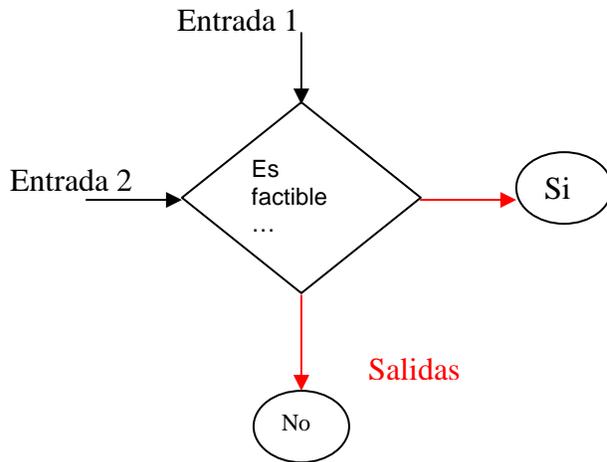
Valor por faena o por instalación de cada anillo 20 uf.

Telescopaje por cada tramo sobre autonomía 5 uf (mes).

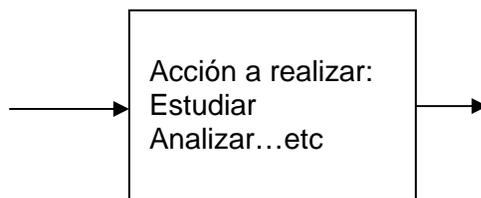
Arriendo de cada tramo sobre autonomía 3 uf (mes).

### 12.7.- Diagrama o árbol de decisión.

Rombo: indicará una pregunta que será del orden, si es factible o no, obviamente, tendrá dos posibles secuencias según sea la respuesta si o no y podrá conectarse con una acción, respuesta u otra pregunta. Podrá tener una o dos entradas, pero deberá tener siempre las dos salidas.



Rectángulo: indicará una o más acciones a realizar y tendrá una secuencia ordenada con una entrada y una salida, en caso que no tenga una salida y este posterior a una pregunta (rombo). Representará una respuesta.



**12.8 Análisis de tiempos de ciclo para cada grúa seleccionada, a ingresar al modelo.**

A continuación se calculará la productividad de las 3 grúas seleccionadas, dado el escenario, tiempo de ciclo y capacidad de carga ver tablas N° 25, 26 y 27.

Tabla N° 12.2.  
Análisis de los tiempos de ciclo (dado escenario) Grúa Torre 70 NC.

<b>70 NC</b>		<b>Hormigonado 500 litros</b>	<b>Fierro 400 kg.</b>	<b>Moldaje 10 m2</b>
<b>Acción</b>	<b>velocidades</b>	<b>tiempo seg.</b>	<b>tiempo seg.</b>	<b>tiempo seg.</b>
carga seg		10,00	70,00	70,00
elevación (m/min)	30	40,00	40,00	40,00
Carro (m/min)	35	34,29	34,29	34,29
Giro 1 (RPM)	0,8	37,50	37,50	37,50
Descenso (m/min)	30	40,00	40,00	40,00
descarga segundo		50,00	110,00	110,00
elevación (m/min)	60	20,00	20,00	20,00
Giro 2 (RPM)	0,8	37,5	37,5	37,5
Carro (m/min)	56	21,43	21,43	21,43
Descenso (m/min)	60	20,00	20,00	20,00
traslación (m/min)	20	0,00	0,00	0,00
	Total segundos	235,00	355,00	355,00
	tiempo min	3,92	5,92	5,92
	tpo ciclo hrs	0,07	0,10	0,10
	cargas. Mens.	3064	2028	2028
<b>Productividad</b>		<b>7,66 m<sup>3</sup>/hr.</b>	<b>4056,3 kg/hr.</b>	<b>101,4 m<sup>2</sup>/hr.</b>

Tabla N° 12.2 Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12.3  
Análisis de los tiempos de ciclo (dado escenario) Grúa Torre 98.3 HC.

<b>98.3 HC</b>		Hormigonado 500 litros	Fierro 400 kg.	Moldaje 10 m <sup>2</sup>
Acción	velocidades	tiempo seg.	tiempo seg.	tiempo seg.
carga seg		10,00	70,00	70,00
elevación (m/min)	43	27,91	27,91	27,91
Carro (m/min)	39	30,77	30,77	30,77
Giro 1 (RPM)	0,9	33,33	33,33	33,33
Descenso (m/min)	43	27,91	27,91	27,91
descarga segundo		50,00	110,00	110,00
elevación (m/min)	82	14,63	14,63	14,63
Giro 2 (RPM)	0,9	33,33	33,33	33,33
Carro (m/min)	73	16,44	16,44	16,44
Descenso (m/min)	82	14,63	14,63	14,63
traslación (m/min)	25	0,00	0,00	0,00
	Total segundos	197,11	317,11	317,11
	tiempo min	3,29	5,29	5,29
	tpo ciclo hrs	0,05	0,09	0,09
	cargas. Mens.	3653	2270	2270
<b>Productividad</b>		9,13 m <sup>3</sup> /hr.	4540,9 kg/hr.	113,5 m <sup>2</sup> /hr.

Tabla N° 12.3 Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12.4  
Análisis de los tiempos de ciclo (dado escenario) Grúa Torre 42 NC.

<b>42 NC</b>		Hormigonado 350 litros	Fierro 400 kg.	Moldaje 10 m <sup>2</sup>
Acción	velocidades	tiempo seg.	tiempo seg.	tiempo seg.
carga seg		10	70	70
elevación (m/min)	28	42,86	42,86	42,86
Carro (m/min)	35	34,29	34,29	34,29
Giro 1 (RPM)	0,8	37,5	37,5	37,5
Descenso (m/min)	28	42,86	42,86	42,86
descarga segundo		40	110	110
elevación (m/min)	56	21,43	21,43	21,43
Giro 2 (RPM)	0,8	37,5	37,5	37,5
Carro (m/min)	56	21,43	21,43	21,43
Descenso (m/min)	56	21,43	21,43	21,43
traslación (m/min)	20	0	0	0
	Total segundos	232,14	362,14	362,14
	tiempo min	3,87	6,04	6,04
	tpo ciclo hrs	0,06	0,1	0,1
	cargas. Mens.	3102	1988	1988
<b>Productividad</b>		5,43 m <sup>3</sup> /hr.	3976,3 kg/hr.	99,4 m <sup>2</sup> /hr.

Tabla N° 12.4 Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12.5  
Tiempos de ciclo para 2 grúas Liebherr 42 NC

GRUAS TRASLAPADAS		menor altura			mayor altura		
2 GRÚAS 42 NC		Horgón.	Fierro	Moldaje	Horgón.	Fierro	Moldaje
Acción	velocidades	tiempo seg.	tiempo seg.	tiempo seg.	tiempo seg.	tiempo seg.	tiempo seg.
carga seg		10	70	70	10	70	70
elevación (m/min)	28	42,86	42,86	42,86	42,86	42,86	42,86
Carro (m/min)	35	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29
Giro 1 (RPM)	0,8	46,88	46,88	46,88	37,5	37,5	37,5
Descenso (m/min)	28	42,86	42,86	42,86	42,86	42,86	42,86
descarga segundo		40	110	110	40	110	110
elevación (m/min)	56	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43
Giro 2 (RPM)	0,8	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
Carro (m/min)	56	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43
Descenso (m/min)	56	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43	21,43
traslación (m/min)	20	0	0	0	0	0	0
	Total segundos	241,52	371,52	371,52	266,43	396,43	396,43
	tiempo min	4,03	6,19	6,19	4,44	6,61	6,61
	tpo ciclo hrs	0,07	0,1	0,1	0,07	0,11	0,11
	cargas. Mens.	2981	1938	1938	2702	1816	1816
<b>Productividad</b>		5,22 m³/hr.	3876,0 kg/hr.	96,9 m²/hr.	4,73 m³/hr.	3632,4 kg/hr.	90,8 m²/hr.

Tabla N° 12.5. Fuente: Elaboración propia.

**12.9.- Costos para las grúas seleccionadas.** Ver tablas N° 28, 29 y 30.

Tabla N° 12.6  
Costo arriendo grúa 70 NC.

Item	Descripción	Unidad	LIEBHERR
			Tarifas Unitarias (U.F.)
1	Arriendo básico mensual del equipo hasta 200 horas	mes	170,00
2	Operador mensual hasta 187 horas	mes	42,00
3	Montaje hasta 37 Mts.	gl	75,00
4	Desmontaje desde altura final requerida	gl	75,00
5	Arriendo mensual de 2 capachos concreteros a 5 UF c/u	mes	10,00
6	Transporte a obra, grúa auxiliar carga en patios MCS	gl	143,00
7	Transporte desde obra, grúa aux. de descarga en patios MCS	gl	143,00
8	Mantenciones días sábados, domingos y festivos	c/u	12,00
9	Grúa auxiliar montaje en obra	gl	Cargo Cliente
10	Grúa auxiliar desmontaje en obra	gl	Cargo Cliente

Tabla N° 12.6. Fuente MCS S.A.

Tabla N° 12.7  
Costo arriendo Grúa 98.3 HC.

Item	Descripción	Unidad	LIEBHERR 98.3 HC
			Tarifas Unitarias ( U.F.)
1	Arriendo básico mensual del equipo hasta 200 horas	mes	187,00
2	Operador mensual hasta 187 horas	mes	42,00
3	Montaje hasta 38 Mts.	gl	75,00
4	Desmontaje desde altura final requerida	gl	75,00
5	Arriendo mensual de 2 capachos concreteros a 5 UF c/u	mes	10,00
6	Transporte a obra, grúa auxiliar carga en patios MCS	gl	218,00
7	Transporte desde obra, grúa aux. de descarga en patios MCS	gl	218,00
8	Mantenciones días sábados, domingos y festivos	c/u	15,00
9	Grúa auxiliar montaje en obra	gl	Cargo Cliente
10	Grúa auxiliar desmontaje en obra	gl	Cargo Cliente

Tabla N° 12.7 Fuente MCS S.A.

Tabla N° 12.8  
Costo arriendo Grúa 42 NC

Item	Descripción	Unidad	LIEBHERR 42 NC
			Tarifas Unitarias ( U.F.)
1	Arriendo básico mensual del equipo hasta 200 horas	mes	160,00
2	Operador mensual hasta 187 horas	mes	42,00
3	Montaje hasta 37 Mts.	gl	75,00
4	Desmontaje desde altura final requerida, 43 Mts.	gl	90,00
5	Arriendo mensual de 2 capachos concreteros a 5 UF c/u	mes	10,00
6	Telescopaje de 3 mts. c/u después de autonomía (son dos)	c/u	6,00
7	Colocación de arriostamiento c/u (es uno)	c/u	8,00
8	Arriendo mensual tramo de torre después de autonomía (son dos)	c/u	6,00
9	Arriendo mensual de marco y puntal de arriostamiento (es un set)	c/u	6,00
10	Inserto en losas para arriostamiento (son tres)	c/u	4,50
11	Transporte a obra, grúa auxiliar carga en patios MCS	gl	118,00
12	Transporte desde obra, grúa aux. de descarga en patios MCS	gl	118,00
13	Mantenciones días sábados, domingos y festivos	c/u	12,00
14	Grúa auxiliar montaje en obra	gl	Cargo Cliente
15	Grúa auxiliar desmontaje en obra	gl	Cargo Cliente

Tabla N° 12.8. Fuente MCS S.A.

Observación: Estos costos de arriendo no tienen validez más que para el escenario consultado, para efectos de evaluar el modelo de esta tesis.

### 12.10. Introducción del modelo a Solver de Excel

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<b>SOLUCIÓN</b>									
	B	Y <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>			
							0	<=	5000,0
							0,0	<=	5,0
							0,0	=	1,0
							0,0	<=	298,5
							<b>H</b>	<b>Mi</b>	<b>Si</b>
							15	70	100%
									<b>S3</b>
									93%
								<b>Ph</b>	<b>2,25</b>
							<b>E) Ph + Cb 'Bi 'H)</b>		

#### Parámetros de Solver

Celda objetivo:

Valor de la celda objetivo:  
 Máximo  Mínimo  Valores de:

Cambiando las celdas

Sujetas a las siguientes restricciones:

- 
- 
- 
- 
-

#### Opciones de Solver

Tiempo:  segundos

Iteraciones:

Precisión:

Tolerancia:  %

Convergencia:

Adoptar modelo lineal  Usar escala automática

Asumir no negativos  Mostrar resultado de iteraciones

Estimación:  Lineal  Cuadrática

Derivadas:  Progresivas  Centrales

Hallar por:  Newton  Gradiente conjugado

### 12.11 Opciones de Solver (cuadro de diálogo)

Pueden controlarse las características avanzadas del proceso de solución, cargarse o guardarse definiciones de problemas y definirse parámetros para los problemas lineales y no lineales. Cada opción tiene una configuración predeterminada y adecuada a la mayoría de los problemas.

#### Tiempo máximo

Limita el tiempo que tarda el proceso de solución. Puede introducirse un valor tan grande como 32.367, pero el valor predeterminado 100 (segundos) es adecuado para la mayor parte de los problemas.

#### Iteraciones

Limita el tiempo que tarda el proceso de solución, limitando el número de cálculos provisionales. Aunque puede introducirse un valor tan grande como 32.767, el valor predeterminado 100 es adecuado para la mayor parte de los problemas pequeños.

#### Precisión

Controla la precisión de las soluciones utilizando el número que se introduce para averiguar si el valor de una restricción cumple un objetivo o satisface un límite inferior o superior. Debe indicarse la precisión mediante una fracción entre 0 (cero) y 1. Cuantas más posiciones decimales tenga el número que se escriba, mayor será la precisión; por ejemplo, 0,0001 indica una precisión mayor que 0,01.

#### Tolerancia

El porcentaje mediante el cual la celda objetivo de una solución satisface las restricciones externas puede diferir del valor óptimo verdadero y todavía considerarse aceptable. Esta opción sólo se aplica a los problemas que tengan restricciones enteras. Una tolerancia mayor tiende a acelerar el proceso de solución.

### Convergencia

Si el valor del cambio relativo en la celda objetivo es menor que el número introducido en el cuadro Convergencia para las últimas cinco iteraciones, Solver se detendrá. La convergencia se aplica únicamente a los problemas no lineales y debe indicarse mediante una fracción entre 0 (cero) y 1. Cuantas más posiciones decimales tenga el número que se escriba, menor será la convergencia; por ejemplo, 0,0001 indica un cambio relativo menor que 0,01. Cuanto menor sea el valor de convergencia, más tiempo se tardará en encontrar una solución.

### Adoptar modelo lineal

Se selecciona para acelerar el proceso de solución cuando todas las relaciones en el modelo sean lineales y desee resolver un problema de optimización lineal.

### Mostrar resultado de iteraciones

Se selecciona para que Solver deje de mostrar temporalmente los resultados de cada iteración.

### Usar escala automática

Se selecciona para utilizar la escala automática cuando haya grandes diferencias de magnitud entre las entradas y los resultados; por ejemplo, cuando se maximiza el porcentaje de beneficios basándose en inversiones de millones de dólares.

### Adoptar no-negativo

Hace que Solver suponga un límite de 0 (cero) para todas las celdas ajustables en las que no se haya definido un límite inferior en el cuadro Restricción del cuadro de diálogo, Agregar restricción.

### Estimación

Especifica el enfoque que se utiliza para obtener las estimaciones iniciales de las variables básicas en cada una de las búsquedas dimensionales.

### Tangente

Utiliza la extrapolación lineal de un vector tangente.

### Cuadrática

Utiliza la extrapolación cuadrática, que puede mejorar los resultados de problemas **no lineales** en gran medida.

### Derivadas

Especifica la diferencia que se utiliza para estimar las derivadas parciales del objetivo y las funciones de la restricción.

### Progresiva

Se utiliza para la mayor parte de los problemas, en que los valores de restricción cambien relativamente poco.

### Central

Se utiliza en los problemas en que las restricciones cambian rápidamente, especialmente cerca de los límites. Aunque esta opción necesita más cálculos, puede ser útil cuando Solver devuelve un mensaje que indica que no puede mejorarse la solución.

### Buscar

Especifica el algoritmo que se utiliza en cada iteración para determinar la dirección en que se hace la búsqueda.

### Newton

Utiliza un método quasi-Newton que normalmente necesita más memoria pero menos iteraciones que el método de gradiente conjugada.

### Conjugado

Necesita menos memoria que el método Newton, pero normalmente necesita más iteraciones para alcanzar un determinado nivel de precisión. Se usa esta opción cuando se trate de un problema grande y la utilización de memoria deba tenerse en cuenta o cuando al hacer un recorrido a través de iteraciones se descubra un progreso lento.

### Cargar modelo

Muestra el cuadro de diálogo Cargar modelo, donde puede especificarse la referencia del modelo que desee cargar.

### Guardar modelo

Muestra el cuadro de diálogo Guardar modelo, donde puede especificar la ubicación en que desee guardar el modelo. Haga clic únicamente cuando desee guardar más de un modelo con una hoja de cálculo; el primer modelo se guardará de forma automática.

## 12.12- Centroide

En física, el centroide puede, bajo ciertas circunstancias, coincidir con el centro de masa del objeto y además con el centro de gravedad. En algunos casos, esto hace utilizar estos términos de manera intercambiable. Para que el centroide coincida con el centro de masa, el objeto tiene que tener densidad uniforme, o la distribución de materia a través del objeto debe tener ciertas propiedades, tales como simetría. Para que un centroide coincida con el centro de gravedad, el centroide debe coincidir con el centro de masa y el objeto debe estar bajo la influencia de un campo gravitatorio uniforme.

El Centroide de un área es uno sólo, y no necesariamente está ubicado dentro del perímetro de la figura.

Si la figura tiene ejes de simetría, el Centroide estará en esos ejes, por lo tanto, con al menos dos de ellos se le ubica automáticamente.

No se requiere dividir el área en secciones pequeñas tipo diferencial con las que se debe trabajar con herramientas de integración, lo más frecuente para este análisis será dividir en secciones de área y Centroides conocidos que facilita el trabajo.

- El primer paso es establecer los ejes de referencia para ubicar respecto a ellos el centroide.
- El segundo paso, dividir la figura en áreas simples de centroide conocido y se trabajará con la más sencilla.
- Encontramos el eje y centroidal, es decir, el eje paralelo al eje y de referencia, lo mismo para x.

### 12.13- Sistemas o mecanismos de seguridad de la Grúa Torre.

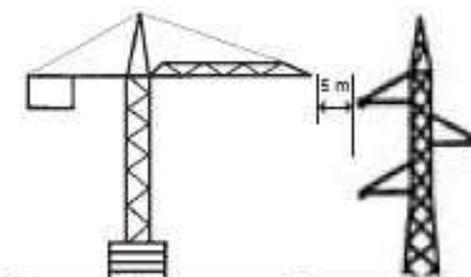
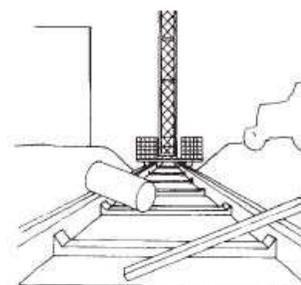
- *Limitador de par máximo o de momento máximo.* Este mecanismo se ubica, generalmente, en el ángulo recto de la torreta, en el caso de muchas grúas torre; en el caso de la grúa torre fija se encuentra en el tensor de la pluma y en otros tipos de grúas se instala en el cable de suspensión.
- *Limitador de carga máxima.* La estructura de una grúa y su mecanismo de elevación han sido calculados y fabricados para soportar una carga máxima determinada. El objetivo de este limitador es impedir que éste sea sobrepasado. Normalmente está ubicado en la torreta o en la pluma, limita la carga elevada en función de la distancia, y la traslación del carro en función de la carga. Por lo tanto, al actuar por exceso *bloquea automáticamente la elevación* y el traslado hacia adelante de la carga, dejando operables, naturalmente, los movimientos contrarios, vale decir, carro hacia atrás y bajada del gancho.
- *Limitador de fin de carrera superior e inferior del gancho.* Su función es evitar que por error de operación, el gancho golpee las catalinas del carro, provocando que el cable de elevación se corte, o que golpee el gancho en el suelo desenrollándose el cable del tambor o descarrilándose este cable de elevación de las catalinas guías, con el peligro de cortarse por roce o estrangulación. Es decir, controla el número de vueltas efectuadas por el tambor de enrollamiento del huiñche de elevación, evitando de esta forma un accidente. Este limitador se encuentra ubicado normalmente en el tambor de enrollamiento del huiñche de elevación.
- *Limitador de recorrido del carro distribuidor.* Actúa sobre el tambor de enrollamiento del huiñche del carro y limita el recorrido atrás y adelante de éste. Los que evitan mecánicamente que el carro salga de su pista de traslación.
- *Limitador de giro de la pluma.* Evita que la pluma choque con obstáculos vecinos, por ejemplo edificios.

- *Limitador de carrera de telescopaje.* Es un limitador que evita que el tramo se salga de sus correderas.
- *Limitador de velocidad.* Es un mecanismo que detiene el movimiento. Tiene como función evitar que la grúa levante una carga mayor que la determinada para una cierta velocidad de elevación.
- *Limitador de traslación de la grúa.* Este limitador sólo es aplicable a grúas rodantes y evita que ésta se salga de la vía por error de operación o accidente. Detiene el movimiento de la grúa cuando esta llega a los extremos de la vía.
- *Bocina de alarma.* La bocina la comanda directamente el operador de la grúa, a través del respectivo comando, especialmente, para avisar al personal la aproximación de la carga al lugar de trabajo
- *Sistema de puesta en bandera o veleta.* Su función es que la pluma se oriente con el viento cuando está fuera de servicio, a fin de oponerle la menor resistencia posible al viento. Es decir, permite que la pluma se oriente a la posición del viento. Hoy en día las grúas modernas se orientan automáticamente con vientos superiores a los 64 Km./hra.(éste valor puede variar según el modelo de la grúa).
- *Sistema de enclavijamiento automático del carro.* Actúa en el carro distribuidor de cargas, y su función es trabar a éste, ante la eventualidad de que se corte el cable de tracción. Este sistema evita que cualquier carga se deslice hacia la pluma o hacia el tronco de la grúa.
- *Sistema de hombre muerto.* En la eventualidad de un percance sufrido por el operador de la grúa, que no le permite comandarla, entra a funcionar este sistema que posibilita la detención inmediata de todos los movimientos, pues los comandos vuelven automáticamente a posición cero.

- *Selección automática de velocidad.* Es un sistema automático de control de velocidad que permite el cambio secuencial de las velocidades, de la más baja a la mayor velocidad, tanto de subida como de bajada.
- *Topes de traslación.* Es un sistema mecánico que se debe ubicar en ambos extremos de la vía, y su función es evitar que la grúa se salga de ésta, por acción del viento o accidente.

### Normas Generales de operación de la grúa.

- Todos los días, se deberá pedir el plan de trabajo y el orden de los movimientos a realizar con la grúa con un horario estimado de trabajo.
- Al conectar la energía de la grúa, debe asegurarse el buen estado de las instalaciones.
- Se debe revisar visualmente el nivel de la grúa en su chasis y su verticalidad o plomo en sus paños.
- Se debe asegurar que en el caso de las grúas móviles, la vía este libre de obstáculos.
- Se debe comprobar que todos los comandos y mecanismos funcionen correctamente. Ante una falla, se debe avisar de inmediato y detener el funcionamiento de la grúa, hasta que sea reparada.
- Verificar si existe alguna limitación aérea. En el caso de cables de alta tensión, estos deben ser protegidos y señalados con pantallas o tuberías de p.v.c. de colores visibles a distancia.
- Verificar periódicamente que todos los limitadores de cargas funcionen correctamente.
- Recordar que ante cables de alta tensión, se debe trabajar siempre a una distancia de 5 metros para evitar la inducción eléctrica.



- Visualizar siempre la carga y los posibles obstáculos que puedan encontrarse en su recorrido. La carga si no puede ser vista por el operador, debe hacerse acompañar por un señalero el cual debe tener perfecta visibilidad de la carga en suspensión.
- No levantar cargas que a simple vista sobrepasen la capacidad de la grúa.
- Si la pluma de la grúa no puede girar en 360° por encontrarse con un obstáculo en su recorrido deben tomarse las medidas de control pertinente. (Limitar área de barrido de la pluma, cambiar la altura de la Grúa Torre o cambiar su ubicación).
- Todas las grúas tienen un dispositivo de tiempo, que evita que las velocidades cambien violentamente, el operador deberá revisar que los comandos cambien las velocidades suavemente.
- No levantar cargas mal estrobadas y/o mal estibadas.
- Utilizar la bocina de advertencia, avisando a los trabajadores la presencia de una carga aérea.
- Nunca dejar una carga suspendida al colocar la grúa fuera de servicio.
- Obedecer cualquier orden de detención, provenga de donde provenga, debido a que puede ser una señal de advertencia de peligro.
- Antes de finalizar la jornada diaria, si no hay obstáculos, se debe orientar la pluma en el sentido del viento dominante, de modo que ponga la menor resistencia, y poner la grúa en bandera o veleta.
- Al término de la jornada diaria, o cuando la grúa queda fuera de servicio por el viento excesivo, el operador debe desconectar la alimentación eléctrica.
- Si la velocidad del viento supera los 64 Km./hra., suspender toda actividad.
- Cuando la grúa se deja fuera de servicio, el carro se debe retroceder al pie, y levantar el gancho hasta una altura mínima razonable.
- Si es grúa rodante vía riel, se deben colocar cuñas en la vía, para evitar que pueda ponerse en movimiento debido a la acción del viento y salirse de la vía.
- Mantener ordenada y aseada la cabina de guaipe, grasa, repuestos, etc.
- Nunca subir por la estructura soportante, menos en una grúa por el exterior; usar siempre las escalas con sus anillos (zunchos) de seguridad.
- Mantener siempre limpia de grasa y aceite la escala.

#### **12.14.- Selección de maquinaria como inversión.**

Gran parte del capital de trabajo de una empresa corresponde a inversiones en equipo de construcción. La selección del equipo más adecuado a usar en la faena debe ser, por lo tanto, motivo de un cuidadoso estudio económico comparativo entre los diversos equipos con que se puede realizar un trabajo.

La adquisición de un equipo debe considerarse como una inversión que se recuperará con una cierta utilidad, durante su vida útil. Toda adquisición de equipo debe estar justificada por un estudio que demuestre que la suma de los costos de operación, mantención, reparación y depreciación del equipo elegido es “menor” que la de otros equipos o que los costos que se obtendrían por métodos manuales, siempre que ellos permitan realizar la obra en los plazos fijados.

El tamaño o capacidad de producción del equipo debe corresponder a la establecida en el programa de trabajo a fin de que las máquinas trabajen con su mejor rendimiento.

El estudio de rentabilidad de un proyecto busca determinar, con la mayor precisión posible, la cuantía de las inversiones, costos y beneficios de un proyecto, para posteriormente compararlos y determinar la conveniencia de emprenderlo. La primera etapa se conoce como de formulación y preparación de proyectos, donde la formulación corresponde al proceso de definición o configuración del proyecto, mientras que la preparación es el proceso de cálculo y estructuración de los costos, inversiones y beneficios de la opción configurada. La segunda etapa corresponde a la evaluación del proyecto.

Los principales criterios de evaluación son:

Valor actual neto, la tasa interna de retorno, el periodo recuperación de la inversión.

El proyecto a evaluar será la compra de una grúa torre por parte de una constructora. Para ello se tendrán que investigar todos los factores económicos que implica operar con una grúa torre.

#### 12.14.1.- Análisis Compra de una Grúa torre.

Suponiendo la compra de una grúa torre nueva con precio de 160.000 Euros más costos de envíos hasta las dependencias de la constructora, impuesto al comercio exterior.

##### Impuesto al Comercio Exterior

El valor aduanero se determina a partir del precio de transacción; incluye todos los gastos originados en el traslado de las mercaderías hasta su lugar de entrada al territorio nacional, tales como carga y descarga, transporte, comisiones, seguros, corretajes, intereses y embalajes.

##### TRIBUTACIÓN DE LAS IMPORTACIONES

Por regla general, las importaciones están afectas al pago del derecho ad valorem (6%) sobre su valor CIF (costo de la mercancía + prima de el seguro + valor del flete de traslado) y pago del IVA (19%) sobre su valor CIF más el derecho ad valorem.

##### CÁLCULO:

- Valor CIF : € 160.000
- Derecho ad valorem:  $160.000 \times 6\% = € 9600$
- IVA (19%) :  $169.600 \times 19\% = € 201.824$

TOTAL TRIBUTOS ADUANEROS =  $€ 201.824 - € 160.000 = € 41.824$

Valor CIF: Cláusula de compraventa que incluye el valor de las mercancías en el país de origen, el flete y seguro hasta el punto de destino.

Costo grua CIF (Talcahuano)		160.000 €
Derecho ad valorem	6%	9.600 €
Costo IVA 19%	19%	32.224 €
Transporte Interno		2.500 €
<b>Costo total</b>		<b>204.324 €</b>

### 12.14.2- Ahorro que genera la grúa torre al proyecto.

Se evaluará un horizonte de 8 años el ahorro económico sólo por concepto de ahorro.

- **El ahorro en personal y tiempo de remuneración** se podrá estimar gracias a la experiencia de los expertos del rubro y estimaciones del modelo.
- El beneficio económico obtenido por terminar el proyecto en menor tiempo. Este beneficio se traduce en el costo de oportunidad, lo dejaremos fuera del análisis a pesar que puede ser el mayor beneficio por la participación en otros proyectos, así se obtendrá una estimación moderada inclusive pesimista. Dejando un proyecto (edificio) anual en donde ocupamos la grúa 12 meses del año para el trabajo de obra gruesa.

### 12.14.3- Ejemplo.

Imaginemos un escenario en el que trabajar con grúa torre (media) en una obra, permita ahorrarnos 2 meses de trabajo al año y 20 obreros mensuales, durante todo el año.

Valor Grúa torre \$120.000.000.

Costo Fijo= \$10.000.000 = \$500.000\*12 + \$3.000.000 + \$1.000.000 (operario 12 meses+montaje + otros).

Costo variable= \$ 2.500.000 =25%\*Costo Fijo (mantención, repuestos, etc.).

Costo arriendo anual (incluye todo: montaje traslados, operario, etc.): \$ 68.035.982

Evaluaremos esta condición por la “vida útil” de la grúa de 8 años.

El sueldo Bruto del obrero será de \$200.000

Con grúa torre 80 Obreros, sin grúa 100.

En este ejercicio no se consideró el ahorro de servicio bomba o elevador que podría optar sin grúa.

A continuación dado el escenario planteado se evaluará el VAN, que se obtendría por la utilización de la grúa torre, con compra a crédito, arriendo y capital propio respectivamente al cabo de 8 años de utilización.

Simularemos un Flujo de caja donde el ingreso será el ahorro, por lo que no estará afecto a impuesto.

A continuación se entrega el análisis para la depreciación de la grúa suponiendo un bajo valor de recuperación de un 30%.

<b>Total Grúa torre</b>	<b>\$ 120.000.000</b>
valor de recuperacion ( 30%)	\$ 36.000.000
Depreciacion a 8 años	<b>\$ 10.500.000</b>
valor libro	\$ 36.000.000

**caso prestamo 100%**

**interes 8%**

año	saldo deuda	cuota	intereses	amortización
1	\$ 120.000.000	\$ 20.881.771	\$ 9.600.000	\$ 11.281.771
2	\$ 108.718.229	\$ 20.881.771	\$ 8.697.458	\$ 12.184.313
3	\$ 96.533.916	\$ 20.881.771	\$ 7.722.713	\$ 13.159.058
4	\$ 83.374.858	\$ 20.881.771	\$ 6.669.989	\$ 14.211.783
5	\$ 69.163.075	\$ 20.881.771	\$ 5.533.046	\$ 15.348.725
6	\$ 53.814.350	\$ 20.881.771	\$ 4.305.148	\$ 16.576.623
7	\$ 37.237.727	\$ 20.881.771	\$ 2.979.018	\$ 17.902.753
8	\$ 19.334.973	\$ 20.881.771	\$ 1.546.798	\$ 19.334.973

total deuda (amortizada) **\$ 120.000.000**

$$\text{cuota} = P((1+i)^n \cdot i) / ((1+i)^n - 1) = \$20.881.771$$

Luego con un 8 % de interés y una tasa de descuento del 12% se tiene.

**12.14.4-Escenario I: Flujo de Caja, por compra de grúa torre.**

<b>BENEFICIOS CON GRUA</b>	<b>cantidad</b>								
<b>ahorro cantidad trabajadores</b>	<b>20</b>	\$ 48.000.000	\$ 48.000.000	\$ 48.000.000	\$ 48.000.000	\$ 48.000.000	\$ 48.000.000	\$ 48.000.000	\$ 48.000.000
<b>ahorro meses de salarios</b>	<b>2 meses</b>	\$ 40.000.000	\$ 40.000.000	\$ 40.000.000	\$ 40.000.000	\$ 40.000.000	\$ 40.000.000	\$ 40.000.000	\$ 40.000.000

Compra 100% credito.

8% de interes.	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>INGRESOS (AHORROS)</b>	<b>Inversión</b>	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000
COSTOS VARIABLES		\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
COSTOS FIJOS		\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
COSTO TOTAL		\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000
INTERES PRESTAMO		\$ 9.600.000	\$ 8.697.458	\$ 7.722.713	\$ 6.669.989	\$ 5.533.046	\$ 4.305.148	\$ 2.979.018	\$ 1.546.798
DEPRECIACION EQUIPOS		\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		\$ 55.400.000	\$ 56.302.542	\$ 57.277.287	\$ 58.330.011	\$ 59.466.954	\$ 60.694.852	\$ 62.020.982	\$ 63.453.202
IMPUESTO (10%)									
U.D.I		\$ 55.400.000	\$ 56.302.542	\$ 57.277.287	\$ 58.330.011	\$ 59.466.954	\$ 60.694.852	\$ 62.020.982	\$ 63.453.202
DEPRECIACION		\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000
AMORTIZACION		\$ 11.281.771	\$ 12.184.313	\$ 13.159.058	\$ 14.211.783	\$ 15.348.725	\$ 16.576.623	\$ 17.902.753	\$ 19.334.973
VALOR DE DESECHO									\$ 36.000.000
<b>FLUJO CAJA</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 54.618.229</b>	<b>\$ 90.618.229</b>						

**VAN**      \$ 255.235.251

**12.14.5- Escenario II: Flujo de caja por arriendo de grúa torre.**

	1	2	3	4	5	6	7	8
INGRESOS	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000
COSTOS ARRIENDO	\$ 68.035.982	\$ 68.035.982	\$ 68.035.982	\$ 68.035.982	\$ 68.035.982	\$ 68.035.982	\$ 68.035.982	\$ 68.035.982
FLUJO CAJA	\$ 19.964.018	\$ 19.964.018	\$ 19.964.018	\$ 19.964.018	\$ 19.964.018	\$ 19.964.018	\$ 19.964.018	\$ 19.964.018

**VAN** \$ 88.548.259

**12.14.6- Escenario III: Flujo de caja por compra de grúa torre. Capital propio.**

		1	2	3	4	5	6	7	8
INGRESOS	Inversion	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000	\$ 88.000.000
COSTOS VARIABLES		\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
COSTOS FIJOS		\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
COSTO TOTAL		\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000
DEPRECIACION EQUIPOS		\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000
IMPUESTO (10%)									
U.D.I		\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000
DEPRECIACION		\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000	\$ 10.500.000
VALOR DE DESECHO									\$ 36.000.000
FLUJO CAJA	-\$ 120.000.000	\$ 75.500.000	\$ 75.500.000	\$ 75.500.000	\$ 75.500.000	\$ 75.500.000	\$ 75.500.000	\$ 75.500.000	\$ 111.500.000

**VAN** \$ 240.711.249