

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**MONTAJE DE UNA COLUMNA DE VACIO DE 150 TON
PARA UNA REFINERIA DE PETROLEO**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

JAVIER ALBERTO ALVA CHINCHA

PROMOCIÓN 1986-I

LIMA - PERÚ

2015

DEDICATORIA

Los recuerdos vividos de mi época de estudiante y las enseñanzas adquiridas en mi alma mater permanecen en mis recuerdos, como una antorcha que ilumina mi camino durante mi existencia. Gracias por haberme forjado en la búsqueda del conocimiento y la superación personal.

Mi eterno agradecimiento a mi madre Domitila Chinchá por haberme proyectado el futuro de mi existencia. Mis agradecimientos a mis tíos Juana Alva de Espejo, Octavio Espejo Hilaquita y mis primos Angélica, Consuelo y Leopoldo por haberme acogido al seno de la familia y permitir se cumpla el sueño de mi madre.

Agradezco a Dios y mi familia, en especial a mi esposa Rosa por el apoyo y comprensión para concluir con éxito mi meta y a mis hijos Javier y Rosmeliz por el apoyo y compartir sus enseñanzas para culminar el presente trabajo.

Agradezco a todas las personas que han contribuido en mi formación desde mi infancia en la ciudad de Huaylas. Mi padre, hermana, primos, y tíos que con su sabiduría de anciano me transmitieron las costumbres de nuestra cultura.

INDICE

PROLOGO	1
----------------------	---

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Objetivos.....	5
1.1.1 Proyecto RLP – 06 Nuevas unidades de vacío II, visbreaking	7
1.1.2 Proyecto RLP – 10.2 Ampliación capacidad de refino UDP II	7
1.2 Consideraciones y limitaciones.....	7

CAPITULO II

DEFINICIONES TECNICAS

2.1 Refinación de petróleo.....	9
2.1.1 Destilación atmosférica	12
2.1.2 Destilación al vacío	16
2.1.3 Craqueo catalítico.....	18
2.1.4 Ruptura de viscosidad (Visbreaking).....	21
2.1.5 Proceso de alquilación	21
2.1.6 Hornos de refinería.....	22
2.2 Montaje de equipos en refinería.....	23
2.2.1 Montajes con grúa	24

2.2.2 Montaje con torre de izaje.....	27
2.2.3 Gatos hidráulicos.....	27
2.2.4 Accesorios de montaje.....	27

CAPITULO III

FUNDAMENTO TEORICO

3.1 Introducción.....	32
3.1.1 Centro de gravedad	32
3.1.2 Comportamiento de cargas en cables.....	34
3.1.2.1 Columna de vacío con C.G. desconocido	34
3.1.2.1.1 Consideraciones.....	35
3.1.2.1.2 Diagrama de cuerpo libre horizontal.....	35
3.1.2.1.3 Diagrama de cuerpo libre vertical.....	36
3.1.3 Tabulación de cargas Vs ángulo de inclinación.....	40
3.1.3.1 Columna con C.G. en punto medio del equipo.....	40
3.1.3.2 Columna con C.G. a un tercio de anillo base.....	42
3.1.3.3 Columna con C.G. conocido.....	45
3.1.4 Calculo de fuerzas en X por desviación de cables.....	47
3.1.4.1 Calculo de reacciones sobre cables.....	47
3.1.4.2 Tabulación de componentes de G1 en "X".....	49
3.1.5 Montaje con grúas	51

3.1.5.1 Grúas móviles.....	51
3.1.5.2 Cargas en una grúa móvil.....	54
3.1.5.3 Grúas móviles para el proyecto.....	62
3.1.6 Montaje con torres de izaje	68
3.1.6.1 Consideraciones para el diseño de una torre de izaje	68
3.1.6.2 Cargas de diseño	69
3.1.6.3 Calculo de los templadores.....	70
3.1.6.3.1 Ecuación de la catenaria.....	71
3.1.6.3.2 Calculo de fuerzas en los templadores.....	74

CAPITULO IV

UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA

4.1 Introducción.....	80
4.1.1 Descripción del equipo a utilizar.....	82
4.1.2 Documentos de referencia.....	82
4.1.3 Definiciones y abreviaturas.....	82
4.1.4 Descripción del sistema.....	84
4.1.4.1 Descripción general del sistema de izaje	84
4.1.4.2 Partes de la unidad hidráulica	86
4.1.4.3 Calculo de la velocidad de izaje.....	89
4.2 Equipos y accesorios de apoyo	89

4.3 Fabricantes de gatos hidráulicos	90
--	----

CAPITULO V

TORRE DE IZAJE

5.1 Introducción.....	91
5.1.1 Sistemas de izaje.....	91
5.1.2 Fabricación Torre de izaje	92
5.1.3 Consideraciones para el diseño de la torre.....	93
5.1.3.1 Configuración de la torre	94
5.1.3.2 Diseño de elementos	94
5.1.3.3 Fundaciones.....	95
5.1.3.4 Esquema de torre de izaje	95
5.1.3.5 Bases de cálculo	95
5.1.3.6 Cargas de diseño	96

CAPITULO VI

PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE

6.1 Introducción.....	104
6.1.1 Elementos y equipos.....	105
6.1.2 Descripción de la maniobra.....	106
6.2 Procedimientos de Montaje.....	109
6.2.1 Montaje de la columna de vacío.....	109
6.2.2 Montaje de la columna de visbreaking.....	124

6.2.3 Desmontaje y montaje módulos horno.....132

CAPITULO VII

CRITERIOS DE COSTOS PARA IZAJE PESADO

7.1 Introducción.....149

7.1.1 Montaje con grúas 151

7.1.2 Montaje con torre de izaje y gatos hidráulicos.....153

7.1.3 Resumen de costos 154

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO DE TERMINOS

ANEXOS

PLANOS

PROLOGO

La capacitación recibida durante la formación profesional en mi alma mater, sirvió para desempeñarme en varios proyectos a nivel nacional e internacional, tanto en el sector industrial, petrolero, minero y naval. En el presente informe por experiencia profesional, tratare el tema de Montaje Mecánico en una Refinería de Petróleo en la ciudad de Lima. Limitándome al montaje conocido como "izaje pesado" (heavy lift) en el mundo de la construcción, trabajo realizado en el proyecto de ampliación de la refinería la pampilla en el Perú. Entre los años 2003 y 2004.

Los izajes pesados se realizan en diversos equipos mecánicos, columnas de destilación, reactores, módulos de planta, turbinas, puentes, rescates marinos, etc. Que por la magnitud de sus dimensiones y pesos, requieren de sistemas de izaje con equipos de gran capacidad de carga ya sea con grúas, o sistemas utilizando torres modulares de levantamiento (llamado también como estructura temporal o Torre de izaje). El sistema de izaje utilizado en el proyecto de ampliación de la refinería, fue el sistema con "torre de izaje" y con los gatos hidráulicos (Climbers), con los que se realizó el levantamiento del equipo. En el proyecto se realizaron ocho izajes utilizando el mismo método (Dos izajes en columnas de destilación y seis izajes en módulos de convección de un horno). El equipo más pesado fue la columna de vacío con 150 toneladas de peso y una longitud de 42 metros y diámetro a nivel del faldón de 8.50 metros. Para el diseño del sistema de izaje se tomó como referencia los datos de la columna de vacío, para los otros izajes se adaptaron las configuraciones a las condiciones de cada maniobra. En el presente

informe nos limitaremos al tema de los montajes pesados. Por la magnitud del alcance del proyecto no se tratara el montaje de los otros equipos mecánicos tanto estáticos como rotativos, estructuras y tuberías, disciplinas que también estuvieron bajo mi responsabilidad.

En el informe trataremos de enfocar las actividades más resaltantes, que hicieron posible realizar los trabajos, con seguridad y en los tiempos previstos, optimizando los recursos asignados sin interferir con las actividades de las otras disciplinas como la civil, electricidad & instrumentación, y otros contratistas.

Primer capítulo: Se hace una referencia a los objetivos y al alcance de los procedimientos de montaje de los equipos, mencionaremos los proyectos involucrados y los datos de los equipos a instalar.

Segundo capítulo: Se presenta una breve introducción a los términos y procesos de refinación del petróleo, por tratarse de equipos que operaran en una refinería, tales como la columna de vacío, columna de visbreaking, y hornos de refinería. Estos conceptos nos permitirán ampliar nuestra noción de la función que realiza cada equipo y los productos que se obtienen del proceso tales como la gasolina. Mencionaremos también los equipos de montaje que se utilizan en los “**izajes pesados**”.

Tercer capítulo: Se hace una referencia a algunos conceptos teóricos que utilizaremos en el desarrollo del trabajo, haremos referencia al comportamiento de la carga con relación al centro de gravedad del equipo, describiremos los equipos que se utilizaran en el montaje, como las grúas, las torres de izaje y los gatos hidráulicos. Conceptos que nos permitirán tener un dominio del trabajo a ejecutar en obra. Cabe mencionar que con el

apoyo de los fundamentos teóricos conocidos, fue posible ejecutar los trabajos en obra con seguridad. También cabe mencionar la importancia de la ingeniería de campo desarrollada por parte del personal de obra, labores con lo cual se obtuvo los resultados esperados. Con los fundamentos teóricos se trata de dar un soporte matemático a los trabajos ejecutados. Pues en los trabajos de montaje en su mayoría las previsiones son aproximadas. Con los resultados obtenidos hacen posible corroborar que las previsiones y cálculos asumidos, cumple su objetivo y nos sirven de datos para seguir optimizando el método para otros trabajos similares.

Cuarto capítulo: Se hace una descripción en detalle de los gatos hidráulicos (climbers), equipos de accionamiento hidráulico, se instalan en la torres de izaje y son los que realizan el levantamiento y descenso de la carga.

Quinto capítulo: Se Hace una referencia al diseño, construcción y montaje de las torres de izaje. En un anexo ampliaremos como una referencia algunos tópicos utilizados en el diseño de la torre de izaje. Estaremos limitados en algunos datos utilizados, por la confidencialidad del procedimiento utilizado por parte de la constructora. Existen en el mercado varias empresas dedicadas especialmente al izaje pesado a nivel mundial que han desarrollado su propia tecnología utilizando la ventajas de la informática actual, basados también en sus experiencias. El método de cálculo al que haremos referencia no es el único. En un apéndice haremos referencia a algunas empresas especializadas y sus montajes realizados.

Sexto capítulo: Describiremos los procedimientos de montaje para cada equipo en detalle, en cada procedimiento mencionaremos los preparativos antes, durante y después del montaje.

Séptimo capítulo: Se exponen algunos criterios técnicos que nos permitirán tener una idea de los costos. No daremos cifras, porque cada proyecto tiene sus características particulares y también está relacionado con el manejo comercial que se realice, y aportes con suministros de equipos que pueda realizar el cliente.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Anexos: En los anexos ampliaremos más detalles de los capítulos que requieran mayor información, tales como cálculos y planos de referencia, relacionados con el tema del informe y las experiencias en otros proyectos. Por considerarlo de importancia para los estudiantes, se incluyen en los anexos con fines educativos.

Considero oportuno hacer presente mis agradecimientos a las empresas que hago alusión en el presente informe por haberme permitido participar en la ejecución del proyecto.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 OBJETIVOS

El presente informe tiene por objetivo describir los procedimientos de montaje, mediante “Izajes pesados”; de los equipos: Columna de vacío II 04-C-1. Columna de visbreaking 24- C-2. Desmontaje y montaje de los módulos de convección del horno 02-H-1. Montajes realizados en el Proyecto Ampliación Refinería la Pampilla, asignado a la empresa de construcción ICTESA durante los años 2003 y 2004.

En el trabajo se incluyen los siguientes proyectos:

RLP-08.01 Interconexiones.

RLP-06 Nuevas unidades de Vacío II, Visbreaking y Merox. (ver figura 1.1)

RLP-10.02 Ampliación de capacidad de refino UDP-II.

RLP- 014 Nuevas unidades de Stripper de aguas acidas.

Dentro del alcance de los trabajos asignados en los proyectos en mención, en la etapa de construcción se incluyeron las disciplinas de trabajos civiles, estructuras metálicas, Trabajos mecánicos de equipos estáticos y rotativos, tuberías, electricidad e instrumentación y Pintura. Al término de la construcción las áreas de pre comisionado y comisionado continuaron con las labores propias de su alcance hasta la puesta en marcha

de la nueva planta. En nuestro informe solo trataremos de tres trabajos de montaje, donde mi participación fue de carácter relevante en la planificación y ejecución relacionadas con el área de construcción en la disciplina mecánica. Como Jefe de área de mecánica y estructuras del proyecto, mi participación en la organización y ejecución de los trabajos estuvieron dentro del alcance de mi responsabilidad. Sin embargo en el presente informe haremos énfasis solo en los siguientes proyectos donde están involucrados lo equipos materia de nuestro informe.

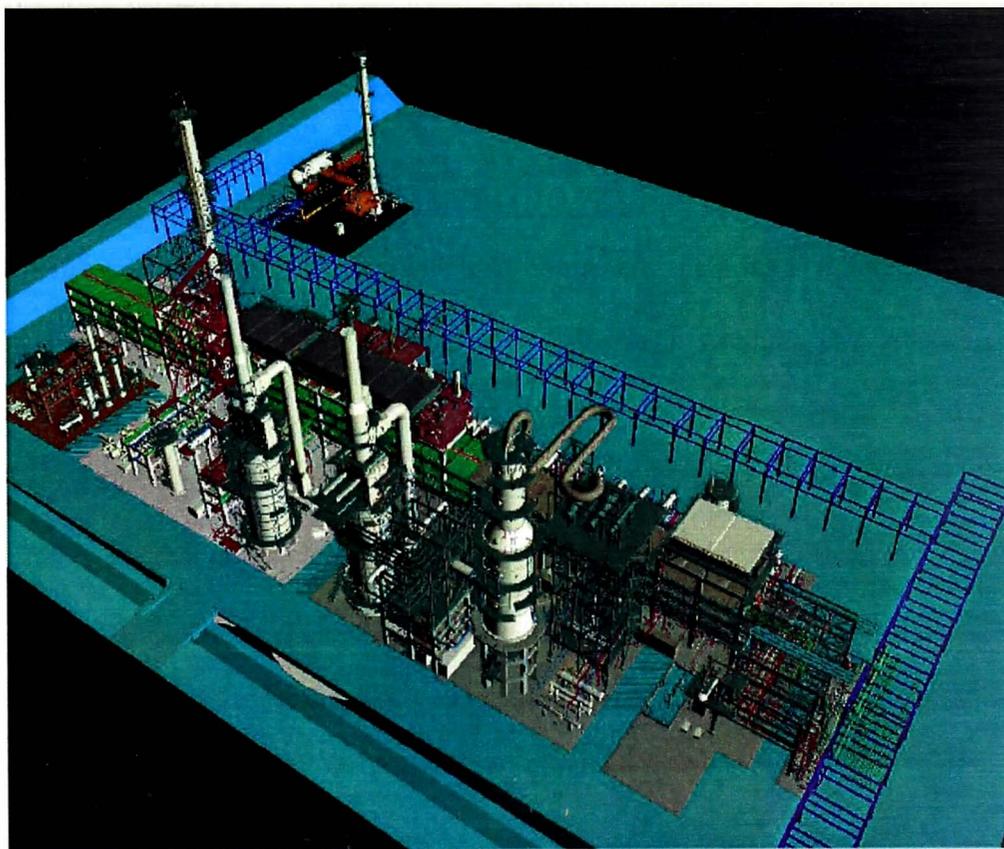


Figura 1.1: Nueva unidad de destilación al vacío a construir

Fuente: Maqueta electrónica ampliación / Informes lctesa

1.1.1 Proyecto: RLP-06 Nuevas unidades de Vacío y Visbreaking.

Tabla 1.1: Datos de columnas de destilación

Columna destilación	Dimensiones (m)			Peso (Ton)
	Ancho	Alto	Largo	
Visbreaking	7.70	7.70	47.20	90.00
Vacío	8.17	8.17	41.93	134.26

1.1.2 Proyecto: RLP-10.02 Ampliación capacidad de refino UDP-II.

Tabla 1.2: Dimensiones módulos horno

Modulo	Dimensiones (m)			Peso (Ton)
	Ancho	Alto	Largo	
Inferior	3.394	1.530	17.820	60.000
Intermedio	3.394	2.640	17.820	123.000
Superior	3.394	2.161	17.820	72.000

1.2 CONSIDERACIONES Y LIMITACIONES

Para realizar los trabajos partimos tomando como referencia las condiciones indicadas en las bases de licitación solicitadas por la refinería la pampilla y aceptadas por la contratista. Ya en la etapa de construcción se vio la necesidad de hacer los replanteos finales y revisión de los procedimientos de montaje ofrecidos. Para lo cual fue necesario elaborar y analizar todos los izados de los equipos mecánicos estáticos y rotativos, estructuras metálicas y los hornos de refinería en detalle. Para los "izajes pesados" se tuvo que diseñar y fabricar una Torre de izaje, de uso temporal. Para la labor de izaje y descenso en la maniobra se utilizó los climbers hidráulicos (Gatos hidráulicos) disponibles por la empresa contratista.

En el presente informe nos abocaremos a la descripción de los montajes especiales de los equipos que hemos mencionado, por tratarse de maniobras poco frecuentes en el Perú. Se tuvo que realizar una coordinación multidisciplinaria muy estrecha, con las otras empresas contratistas de la refinería, y con el personal de operaciones de la refinería. Por tratarse de un proyecto multidisciplinario la coordinación en temas de seguridad fue muy estricta atendiendo a las normas y procedimientos de seguridad establecidos.

Para el desarrollo del presente informe también se han considerado las bases técnicas de diseño: INTECSA / UHDE / Cliente: REPSOL YPF Planta refinería la Pampilla ubicada en la ciudad de Lima Perú.

En el anexo 1.1 se hace una referencia de algunos proyectos relevantes donde he tenido la oportunidad de participar.

ICTESA es una empresa transnacional, ganadora del proceso de licitación encargada de ejecutar el proyecto, con amplia experiencia en montaje de plantas industriales, mineras y petroleras, pertenece a la empresa montajes TECSA de Chile.

CAPITULO II

DEFINICIONES TECNICAS

En este capítulo haremos una referencia a algunos conceptos que nos permitirán tener una idea más clara de los trabajos que desarrollaremos durante la etapa de construcción, conceptos que nos permitirán comprender los términos y procesos que se utilizan en una refinería de petróleo.

2.1 REFINACION DE PETROLEO

El proceso de fraccionamiento de un hidrocarburo, conocido también como petróleo crudo en una refinería de petróleo, se inicia con el suministro, que provienen de diferentes campos de extracción. El crudo suministrado pueden ser del tipo Parafínico, Nafténico o Mixtos dependiendo de su origen. El crudo y los productos obtenidos del proceso de refinación son almacenados en tanques construidos según el tipo de productos que almacenan y con capacidades de almacenamiento de acuerdo al volumen de producción de la refinería.

El refino de petróleo consiste en el empleo de sustancias químicas, catalizadores, calor y presión para separar y combinar los tipos básicos de moléculas e hidrocarburos que se hallan de forma natural en el petróleo crudo, transformándolos en grupos de

moléculas similares. Es decir: se reorganizan las estructuras y los modelos de enlaces de las moléculas básicas y se convierten en moléculas y compuestos de hidrocarburos con más valor. El factor más significativo del proceso de refinado no son los componentes químicos que intervienen, sino el tipo de hidrocarburo ya sea del tipo parafínico, nafténico o mixto.

Es necesario utilizar en toda la refinería procedimientos operativos, métodos de trabajo seguro, prendas y equipos de protección personal, entre ellos: protección respiratoria homologada, contra la exposición al fuego, las sustancias químicas, las partículas, el calor y el ruido, así como durante las operaciones de proceso y las actividades de toma de muestras, inspección, revisión general y mantenimiento.

El crudo previamente tratado donde se ha extraído el agua, sales inorgánicas, sólidos en suspensión y compuestos volátiles es conducido a los hornos de refinería (Heaters), donde el petróleo es sometido a un proceso de calentamiento: El petróleo calentado es conducido a las torres de destilación.

El petróleo calentado, en las torres de destilación atmosférica y al vacío, se separan físicamente en distintas fracciones de destilación directa, diferenciadas por puntos de ebullición específicos y clasificados, por orden de decrecimiento de volatilidad, en gases, destilados ligeros, destilados intermedios, gasóleos y residuo. El fraccionamiento funciona porque la gradación de temperatura desde el fondo al extremo superior de la torre de destilación hace que los componentes con punto de ebullición más altos se condensen, en tanto que las fracciones con punto de ebullición más bajo alcanzan mayor altura en la torre antes de condensarse. En el interior de la torre los

vapores ascendentes y los líquidos descendentes (reflujo) se mezclan a niveles en los que sus composiciones respectivas están equilibradas entre sí. En dichos niveles (o fases) están dispuestos unos platos especiales que extraen una fracción del líquido que se condensa en cada nivel.

En una unidad de destilación de petróleo, como la torre atmosférica, que produce fracciones y destilado ligeros, va seguida inmediatamente de una torre de destilación al vacío que procesa los productos residuales atmosféricos. Después de la destilación (atmosférica), solo unos pocos hidrocarburos son adecuados para utilizarlo como productos acabados sin necesidad de un proceso ulterior.

Con el adelanto de la tecnología de nuestros tiempos existen varios tipos de torres de fraccionamiento en el proceso de refinación. Mencionaremos el proceso de destilación atmosférica, destilación en vacío, destilación de craqueo catalítico (FCC). Proceso de visco reducción (Visbreaking). Proceso de alquilación. Entre los procesos más conocidos.

En nuestro informe haremos una breve referencia a la destilación atmosférica, en vacío, visco reducción (visbreaking), craqueo catalítico, alquilación. Por qué en el proceso se utilizan las torres de fraccionamiento, que son equipos pesados del orden de 50 hasta 1000 Toneladas y con longitudes que varían entre los 30 hasta 100 metros, estas referencias no son definitivas en cada proyecto varían, pueden superar nuestros datos. El montaje de estos equipos en la industria petrolera y petroquímica es conocido como **“Izajes pesados”**. En el anexo 2.2 hacemos referencia a proyectos de izajes.

Como parte de izaje pesado hemos incluido el montaje de los módulos de convección de un horno de refinería, donde se utilizó la misma tecnología de izaje de la columna de destilación. No trataremos el tema de montaje de hornos, ya que merece ser tratado como un tema aparte.

La refinería también dispone de tanques de almacenamiento, según el producto que almacenarán, así tenemos tanques con techo cónico, con techo flotante y tanques esféricos. El tema de tanques no lo desarrollaremos.

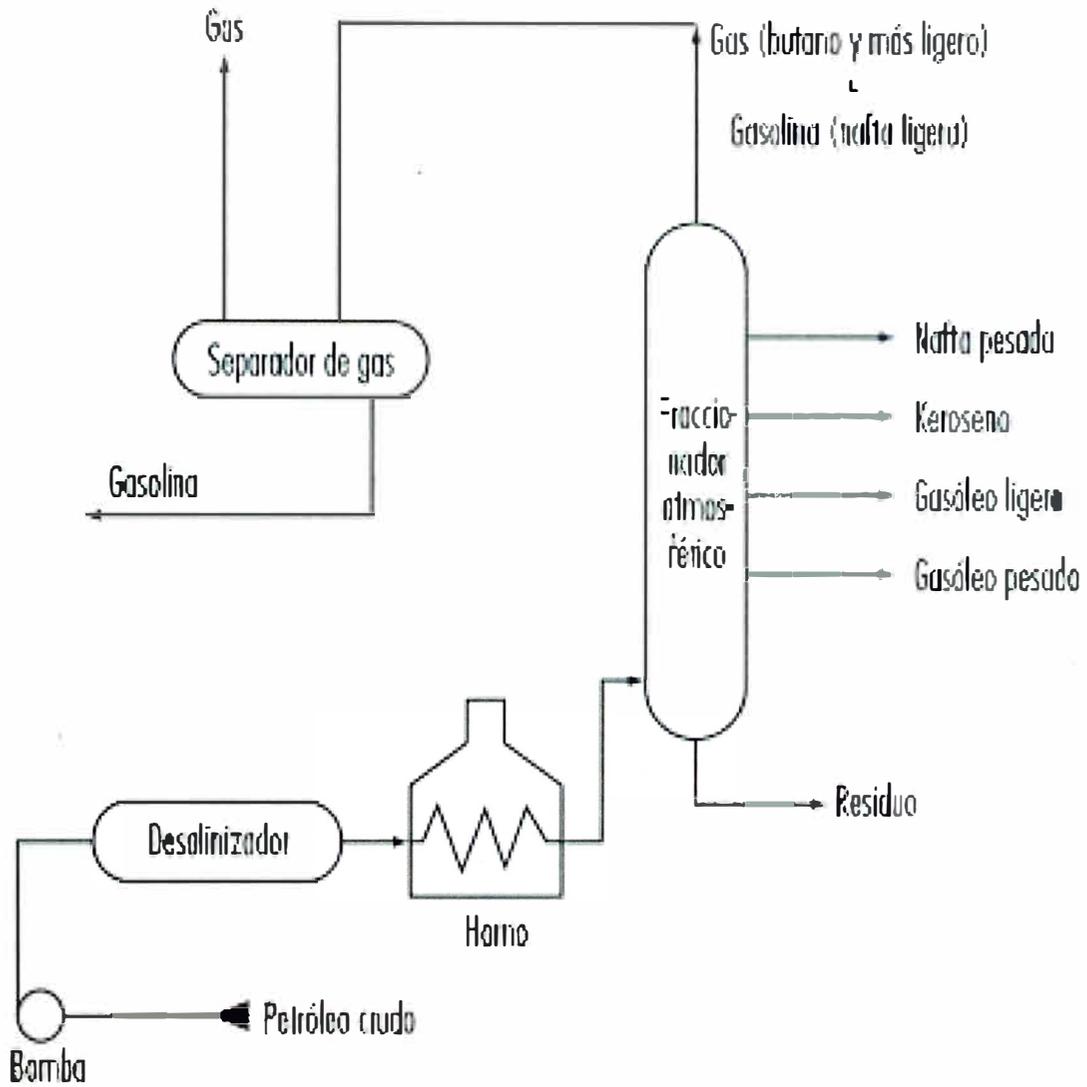
En el proceso de refinación también se cuenta con otros equipos estáticos tales como recipientes horizontales, recipientes verticales, intercambiadores; Equipos rotativos como bombas, compresores, turbinas, sopladores, eyectores, quemadores, Aero ventiladores. Todos los equipos antes mencionados están interconectados mediante tuberías de diferentes diámetros, espesores y calidad de material.

Haremos una descripción breve de los procesos de refinación donde los equipos que vamos montar columnas de destilación y hornos están involucrados en el fraccionamiento de los hidrocarburos. No mencionaremos a todas las unidades existentes en la refinería.

2.1.1 Destilación atmosférica

Incluimos una breve descripción de los procesos de destilación, iniciando con la destilación atmosférica, el crudo desalinizado se precalienta utilizando calor recuperado del proceso. Después pasa a un calentador de carga de crudo de calor directo (Hornos), y desde allí a la columna (Torre) de destilación vertical. La torre atmosférica es un equipo donde se realiza un proceso de separación, que tiene como

fin el fraccionamiento de los distintos constituyentes del petróleo, gracias a los efectos de la temperatura, sin el surgimientos de nuevos productos. En primera instancia el crudo proveniente del horno ingresa en la parte inferior de la columna fraccionadora, la cual se caracteriza por ser una torre que generalmente supera los 50 metros de altura y en su interior presenta a diferentes alturas bandejas o platos que promueven la separación dependiendo de los diferentes puntos de ebullición de los componentes del crudo, de tal manera que provocan la condensación de los vapores más pesados y la evaporación de los líquidos más livianos



Fuente: OSHA 1996.

Figura 2.1 Destilación atmosférica (Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo / Petróleo y gas natural (78). Richard S. Kraus / OSHA 1996).

La destilación atmosférica, también conocida como destilación primaria o topping se realiza a presión atmosférica y a no más de 450°C. En la parte superior de la torre se obtienen gases de etano, propano y butano, mientras que debajo se logran fracciones con punto de ebullición más elevado, como nafta, Querosene, gas oil liviano y gas oil pesado. En el fondo queda una fracción más pesada, llamada crudo reducido, a la que se pretende extraer aún más destilados, hay que someterla a presión reducida, ya que si se aumenta la temperatura del proceso, generaría craqueo térmico o ruptura de moléculas (Fuente: Instituto Argentino de energía, 2008).

Algunos de los combustibles de las unidades de destilación atmosféricas se comercializan directamente ya que se obtienen la calidad de combustible para despacho, siendo de gran contribución económica, pero la ventaja económica más importante, es que se obtienen cortes de hidrocarburos que son carga de unidades de conversión, que las transforman en productos valiosos y de fácil comercialización. En la destilación atmosférica se obtienen los siguientes productos finales y cargas de otros procesos.

- Nafta liviana, se envía como carga a isomerización donde se mejora el R.O.N. (Research Octane Number) y el MON (Motor Octane Number) ambos parámetros relacionados con el número de octano.
- Nafta pesada, se envía como carga hidrot ratamiento de naftas y reforming, donde se mejora el número de Octano.
- Querosene, se envía al tanque de despacho
- Gas oil liviano, se envía al tanque de despacho

- Gas oil pesado, se envía como carga a hydrocracking, convirtiéndolo en Gas Oil. o a las unidades de cracking catalítico fluido (FCC).

Fuente: Destilación atmosférica y al vacío en la industria del petróleo / Ricardo P. Rodrigo / Alexis Velásquez Barrios / Ingeniator : Revista virtual de los programas de ingeniería – Universidad de San Buenaventura, seccional Cartagena, Colombia .

2.1.2 Destilación al vacío.

Con el fin de seguir separando los productos de petróleo, el crudo reducido proveniente de la columna de destilación atmosférica, ingresa a una torre de vacío.

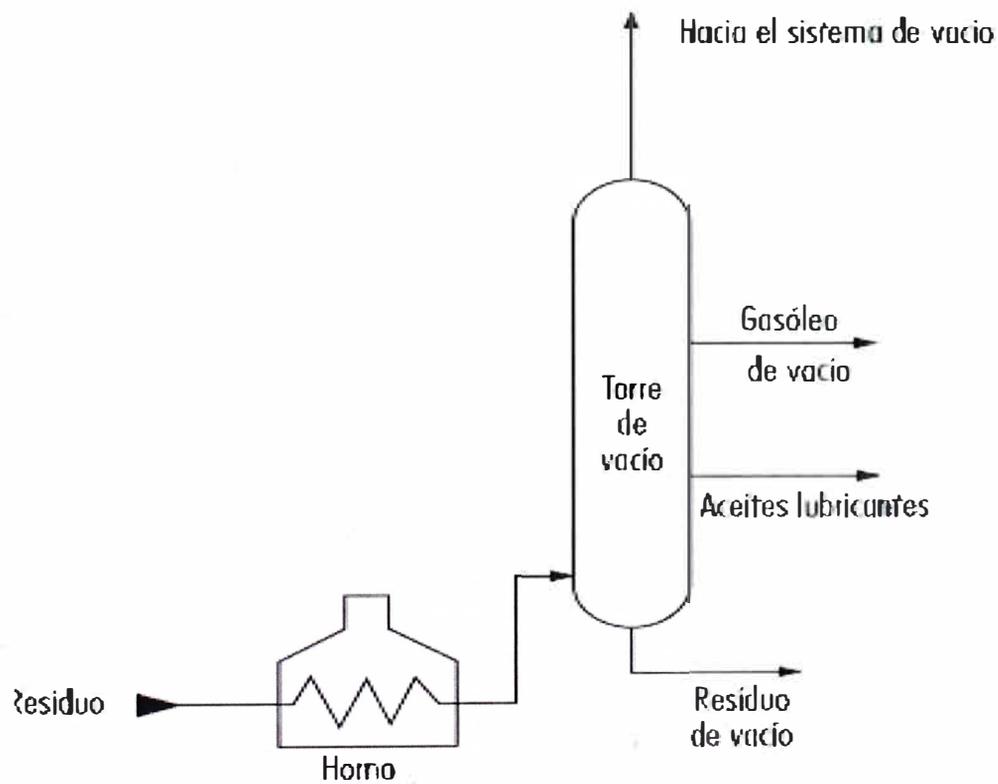


Figura 2.2 Destilación al vacío (Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo / Petróleo y gas natural (78). Richard S. Kraus / OSHA 1996).

La cual a partir de la baja presión se evita que por efectos de las altas temperaturas se produzca un craqueo térmico, el cual no es deseado. En estas condiciones se pueden obtener volúmenes adicionales de destilados, diésel liviano y pesado de vacío, a temperaturas semejantes a las del proceso anterior. El residuo o "fondo de vacío" puede destinarse a combustible de la refinería, o como componente de fuel oil, de asfalto o como carga en la unidad de craqueo retardado. Por lo general estas columnas son de lechos empacados con una presión de aproximadamente de 20 mm Hg y una temperatura máxima de 390°C. (Fuente: REPSOL 2009).

En esta unidad, la energía necesaria para vaporizar el crudo reducido es suministrada totalmente en hornos, diseñados para minimizar pérdidas de presión. La carga parcialmente vaporizada es enviada a la zona de flash de la columna de destilación, donde se produce una corriente ascendente de vapores y otra descendente de líquidos. La torre tiene características particulares que la diferencian de las atmosféricas. Los dispositivos para producir el contacto líquido vapor, son rellenos especiales (Flexi-Rings) ubicados en lechos ordenados que permiten incrementar la superficie de interface, favoreciendo la transferencia de masa. El diámetro de la columna es diferente en zona de condensación, respecto a la zona superior o inferior, ya que las pérdidas de carga deben ser despreciables para mantener el vacío homogéneo en la totalidad de la torre (Universidad de Buenos aires 2007).

En estas unidades solo se obtienen cargas para unidades de conversión.

- Gas oil liviano de vacío, se envía a otros procesos donde se obtiene gas oil, naftas carga de hidrotratamiento de naftas e isomerización y propano- butano.

- Gas oil pesado de vacío, se envía a las unidades de cracking catalítico fluido (FCC), donde se obtienen nafta de alto R.O.N (Octanaje), propano carga petroquímica o despacho, butano carga a petroquímica, gases combustibles, diésel oil carga de hidrotratamiento de diésel que lo convierte en gas oil.

- Asfalto, se envía a las unidades de craqueo térmico, donde se convierte en naftas carga de hidrotratamiento de naftas, diésel oil carga de hidrotratamiento de diésel, gas oil pesado de coque que es carga de las unidades de cracking catalítico fluido, carbón propano-butano y gases combustibles (la comunidad petrolera.com, 2009).

En la destilación al vacío se instalan un sistema de generación de vacío los cuales pueden ser de los siguientes tipos: Eyectores de vapor con condensador barométrico, eyectores de vapor con condensadores de superficie y bombas mecánicas de vacío.

2.1.3 Craqueo catalítico.

El craqueo catalítico descompone los hidrocarburos complejos en moléculas más simples para aumentar la calidad y cantidad de otros productos más ligeros y valiosos para este fin y reducir la cantidad de residuos. Los hidrocarburos pesados se exponen, a alta temperatura y baja presión, a catalizadores que favorecen las reacciones químicas. Este proceso reorganiza la estructura molecular, convirtiendo las cargas de hidrocarburos pesados en fracciones más ligeras, como querosene, gasolina, GLP, gasóleo para calefacción y cargas petroquímicas

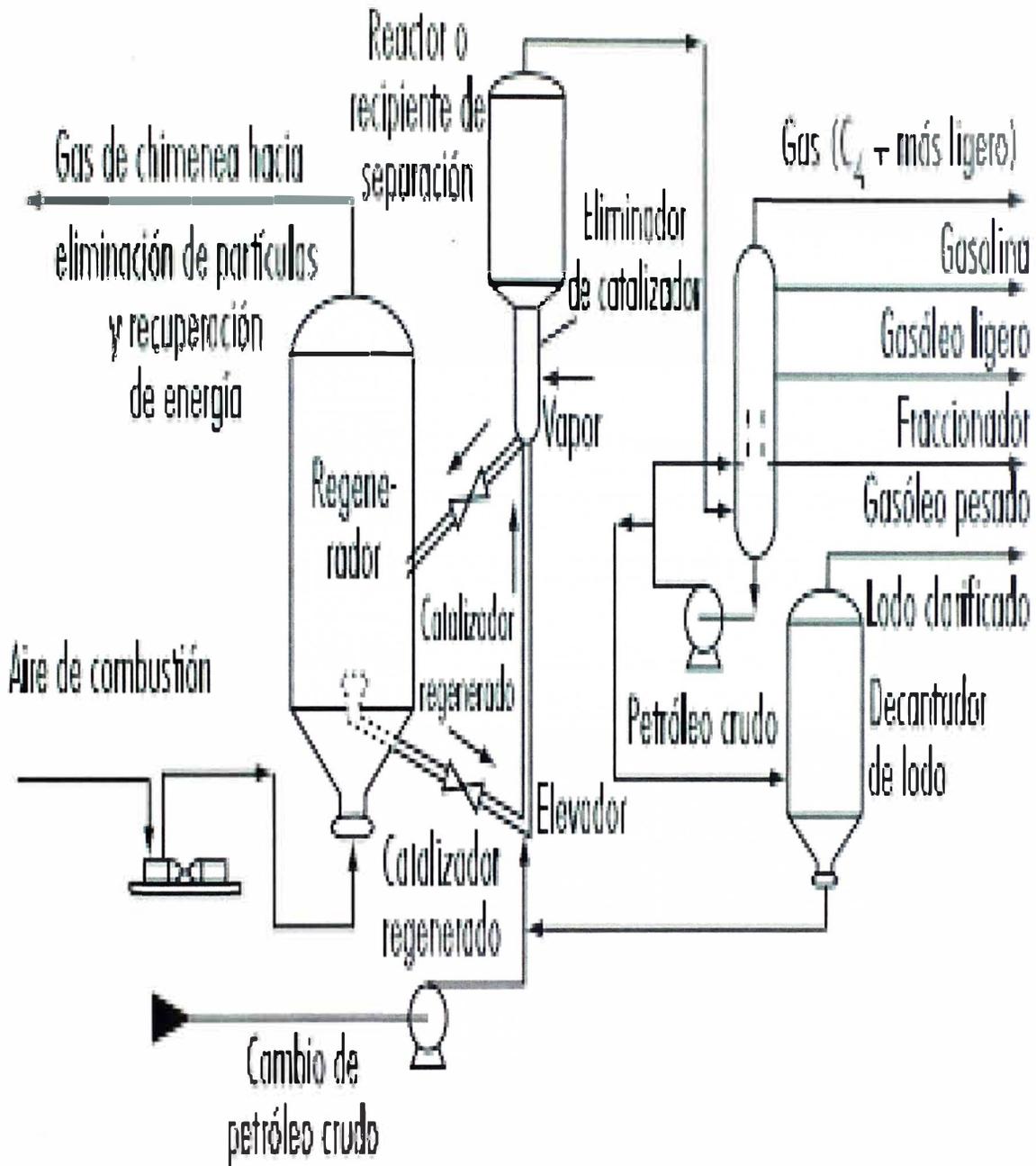


Figura 2.3 Destilación craqueo catalítico

Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo / Petróleo y gas natural (78). Richard S. Kraus / OSHA 1996.

La selección de un catalizador depende de una combinación de la mayor reactividad posible con la misma resistencia al desgaste. Los catalizadores utilizados en las unidades de craqueo de las refinerías son normalmente materiales sólidos (Zeolitas, hidrosilicato de aluminio, arcilla bentonítica tratada, bauxita y alumina-silice) en forma de polvos, gránulos o materiales perfilados denominados pastillas extruidas.

En todo proceso de craqueo catalítico hay tres funciones básicas:

- Reacción: La carga reacciona con el catalizador y se descompone en diferentes hidrocarburos.
- Regeneración: El catalizador se reactiva quemando el coque.
- Fraccionamiento: La corriente de hidrocarburos craqueados se separa en diversos productos.

Los procesos de craqueo catalítico son muy flexibles, por lo que los parámetros de operación se ajustan según la demanda de productos. Los tres tipos básicos de proceso de craqueo catalítico son los siguientes:

- Craqueo catalítico de líquidos (FCC)
- Craqueo catalítico de lecho móvil.
- Craqueo catalítico Termofor (CCT).

Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo / Petróleo y gas natural (78). Richard S. Kraus / OSHA 1996).

2.1.4 Ruptura de viscosidad (Visbreaking)

La ruptura de viscosidad es una forma suave de craqueo térmico que rebaja el punto de goteo de los residuos parafinados y reduce bastante la viscosidad de la carga sin afectar a su límite de ebullición. El residuo de la torre de destilación atmosférica se descompone suavemente en un calentador a la presión atmosférica. Después se enfría con gasóleo refrigerante para controlar el exceso de craqueo y se destila por expansión instantánea en una torre de destilación. El alquitrán residual del craqueo térmico, que se acumula en el fondo de la torre de fraccionamiento, se somete a expansión instantánea al vacío en una torre rectificadora, y el destilado se recicla.

Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo / Petróleo y gas natural (78). Richard S. Kraus / OSHA 1996).

2.1.5 Proceso de Alquilación

La alquilación combina las moléculas de las olefinas producidas en el craqueo catalítico con las de isoparafinas para aumentar el volumen y octanaje de la mezclas de gasolina. Las olefinas reaccionan con las isoparafinas en presencia de un catalizador muy activo, por lo general ácido sulfúrico o ácido fluorhídrico (o cloruro de aluminio) para crear una molécula parafínica de cadena ramificada larga denominada **alquilato** (isooctano), con excepcionales cualidades antidetonantes. A continuación, el alquilato se separa y se fracciona. Las temperaturas de reacción, relativamente bajas, de 10°C a 16°C para el ácido sulfúrico, 27°C a 0°C para el ácido fluorhídrico y 0°C para el cloruro de aluminio, se controlan y mantienen mediante refrigeración.

2.1.6 Hornos de refinería

En la mayor parte de las instalaciones petroquímicas, o de refinería, la aportación de calor necesario para el proceso se consigue mediante un horno de calentamiento directo, en el que las calorías producidas por la combustión se transmiten, por la radiación, conducción y convección, al fluido a calentar que circula por un serpentín tubular, o por un haz de tubos, de donde provienen el nombre de hornos tubulares que se da a este tipo de aparatos.

El uso de estos hornos es múltiple, pero cada caso precisa un estudio particular con el fin de obtener el horno más económico y mejor adaptado a las condiciones impuestas.

Se pueden citar algunos ejemplos sobre el comportamiento de los hornos:

- Calentamiento de un fluido sin cambio de fases

Este es el caso, por ejemplo, los hornos de aceite caliente colocados en un circuito que alimenta varios intercambiadores, donde se realiza la transferencia de calor al proceso; también, es el caso de los hornos de carga de las instalaciones, donde se lleva al fluido a una temperatura necesaria para obtener una reacción química, que se produce en un recipiente exterior al horno (reactor), en presencia de un catalizador. También se utiliza este procedimiento en el calentamiento intermedio de un fluido, para devolver la temperatura del producto a un nivel conveniente, cuando la reacción es fuertemente endotérmica.

- Calentamiento de un fluido con vaporización parcial

En estas condiciones opera la mayoría de las instalaciones de destilación (horno de carga u horno re boiler del fondo de una columna). Los hornos de este tipo son los más numerosos y los que, en general, tienen una capacidad térmica más elevada.

- Calentamiento de un fluido con reacción química

Este es el caso de los hornos de carga de la unidades de cracking o de reformado térmico. El producto se calienta hasta la temperatura de reacción, luego, se mantiene a esta temperatura durante un cierto tiempo, en una sección especial del haz llamada zona de maduración, donde las calorías aportadas compensan las absorbidas en la reacción. En ciertos casos, cuando la reacción se realiza en presencia de un catalizador, este se puede colocar en los mismos tubos del horno, se trata de hornos un poco particulares que se salen del marco de nuestro estudio. Estos hornos son conocidos también como **reformadores**.

(Fuente: El petróleo. Refino y tratamiento químico / Ives Simonot)

2.2 MONTAJE DE EQUIPOS EN REFINERIA

En una refinería existen una gran variedad y cantidad de equipos a instalarse dependiendo de las características de la unidad de refinación. En nuestro informe lo haremos tan solo para el montaje de las columnas de destilación y los módulos de convección de un horno, que en adelante los catalogaremos como: "Izaje Pesado" dado sus características por peso, volumen, y dimensiones. Estos montajes se realizan utilizando grúas de gran capacidad y sistemas de izajes especiales con ayuda de torres

modulares de levantamiento (MLT modular lift tower, conocido también como estructura temporal o torre de izaje) donde se instalan los Gatos Hidráulicos (Climbers).

2.2.1 Montajes con grúa

Existen en el mercado una variedad de tipos de grúas de diversos fabricantes y modelos a elegir según nuestra necesidad. Mencionaremos algunos tipos de grúas, entre los más comunes en la industria de la construcción, clasificados por el tipo de pluma tendremos: grúas hidráulicas (ver Fig. 2.4) y grúas de celosía (Fig. 2.5). En el capítulo III ampliaremos algunos conceptos de grúas.

Fabricantes de grúas:

Los siguientes fabricantes suministran al mercado grúas hidráulicas y de celosía, de diferentes modelos y capacidades, las hidráulicas (Grúa Liebherr LTM-11200 de 1200 toneladas métricas de capacidad y Grúa Ale AL- SK- 350 hasta 5000 toneladas métricas). Mencionamos algunos fabricantes:

- Demag
- Grove
- Manitowoc
- Liebherr
- Tadano
- Terex
- P&H
- American
- Link Belt
- Lampson

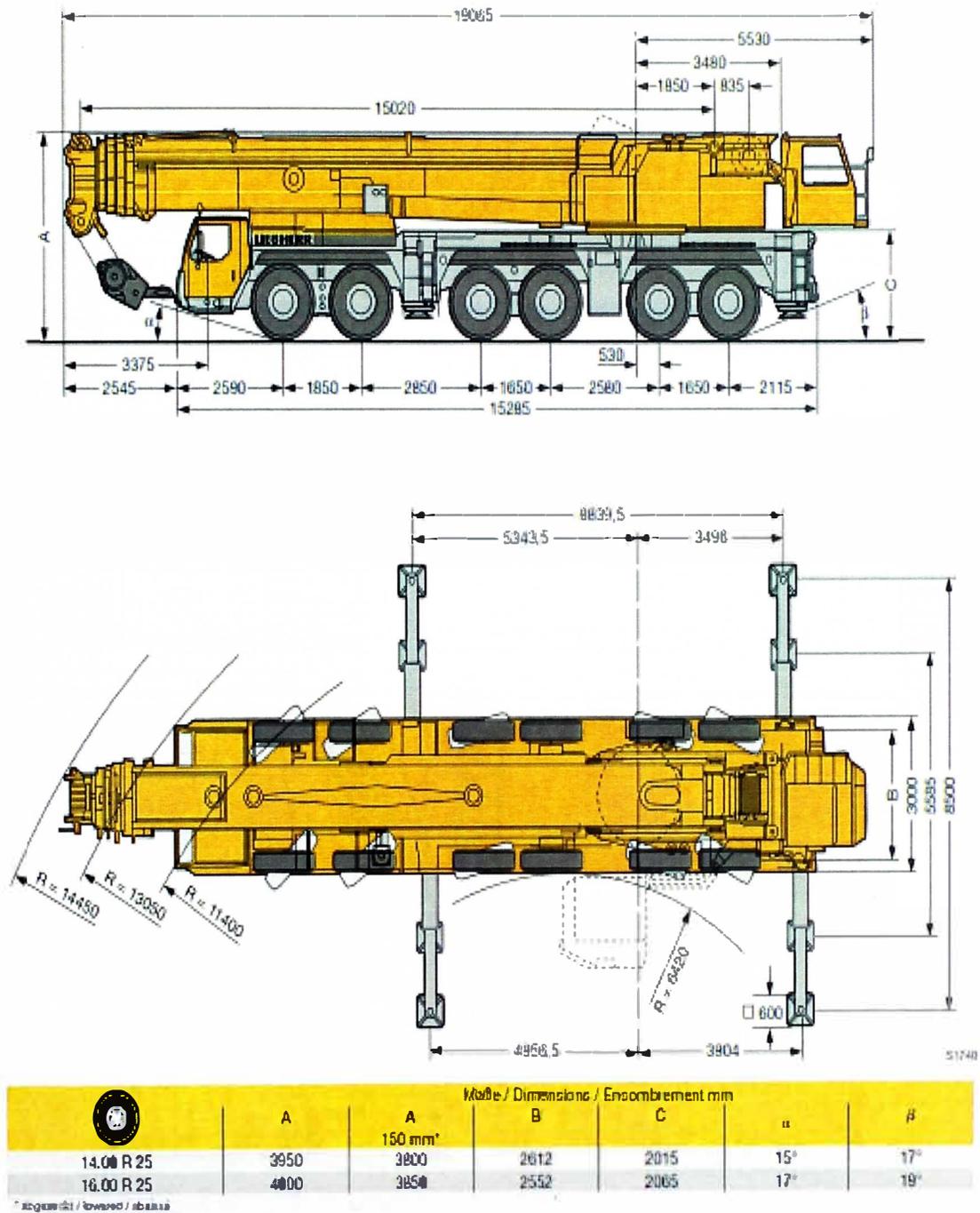


Figura 2.4: Grúa telescópica Liebherr LTM-1300-6.1 (300 ton capacidad)
 (Fuente: Mobile crane LTM 1300-6.1 /Technical date Liebherr/ Pagina 33)

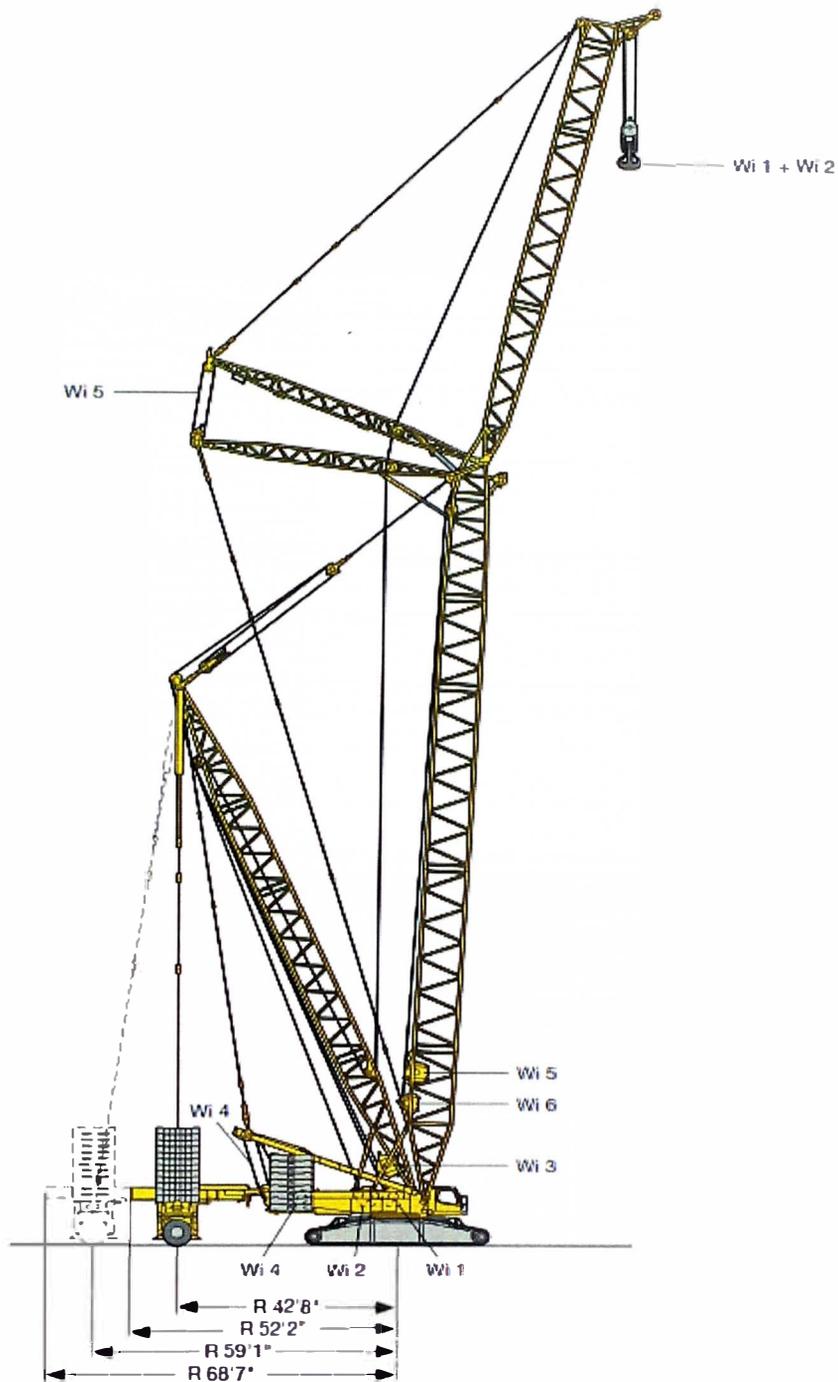


Figura 2.5: Grúa de celosía Liebherr LR-1600 / 2 (600 ton capacidad)
 (Fuente: Liebherr crawler crane LR-1600/2 / Technical data /Pagina 9)

2.2.2 Montajes con Torres de izaje

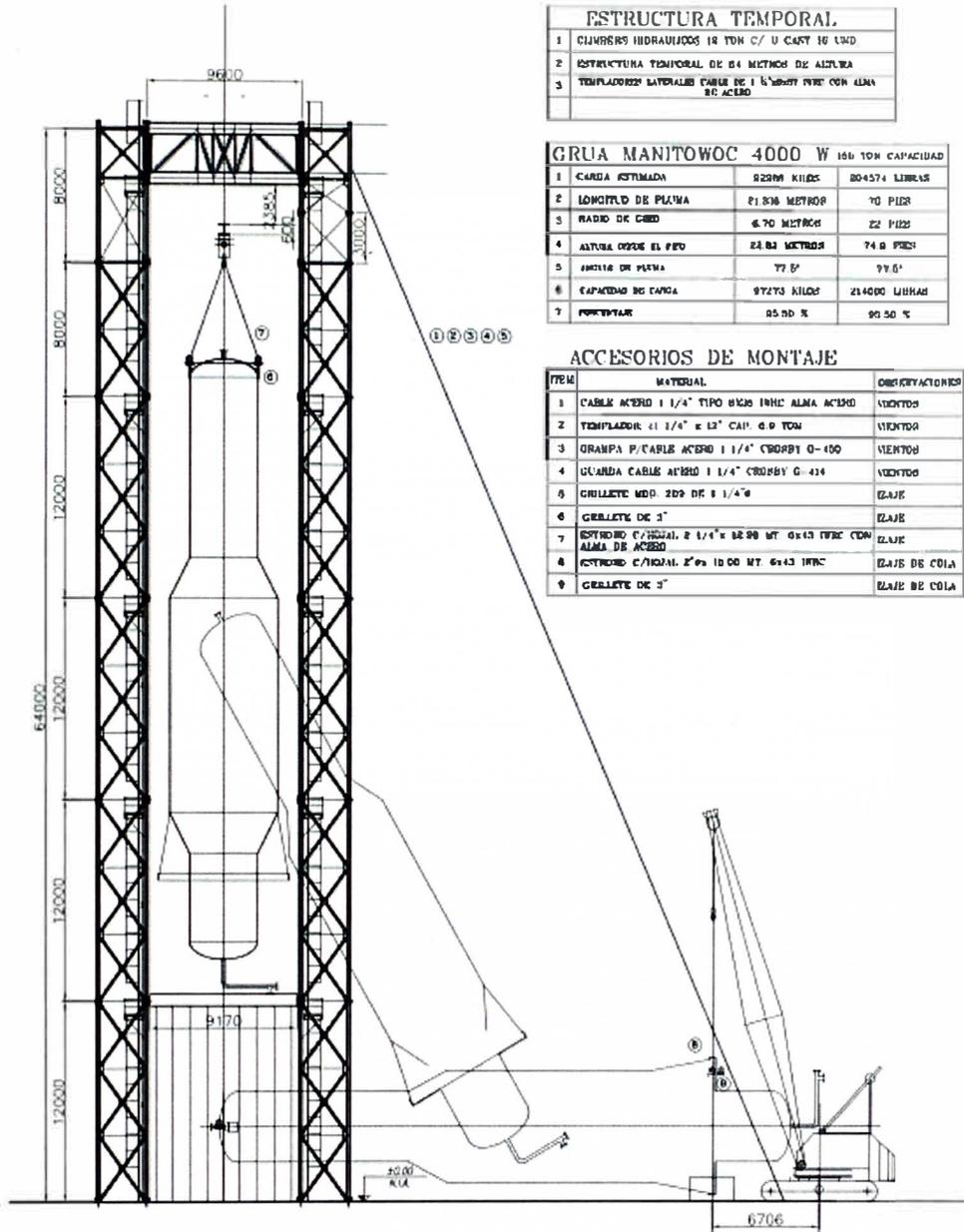
Este sistema de montaje consiste en el empleo de una torre de izaje, diseñado y fabricados según características del proyecto, tomando en consideración las características de la zona de trabajo. Sobre esta torre se instalara los gatos hidráulicos, que realizaran el levantamiento de lá carga. Ver figuras 2.6 / 2.7 / 2.8. Dibujos utilizados en el izaje del proyecto. Existen empresas especializadas a nivel mundial dedicadas a izajes pesados, estas empresas han desarrollado sus procedimientos de montaje con cierta similitud, basadas en sus experiencias. En el anexo 2.1, haremos una breve referencia de algunas empresas del rubro y los izajes similares más relevantes.

2.2.3 Gatos Hidráulicos

Los gatos hidráulicos (climbers) son unos equipos similares a los gatos que se utilizan para el pre y pos tensado del acero en el concreto. Existen varios fabricantes de gatos hidráulicos. Haremos una descripción en detalle del principio de funcionamiento de los gatos Bugging & Uddemann – AB T15-S18, utilizados en el proyecto. (Ver figura 2.9)

2.2.4 Accesorios de montaje

Los accesorios de montaje son todos los elementos auxiliares que son utilizados para realizar la maniobra, mencionaremos algunos: Strand (cables de acero trenzados), ganchos de izaje, grilletes, estrobos, eslingas, cadenas, grampas, templadores (Cables de acero).



ESTRUCTURA TEMPORAL	
1	CILINDROS HIDRAULICOS 18 TON C/ U CART 10 LIND
2	ESTRUCTURA TEMPORAL DE 64 METROS DE ALTURA
3	TEMPERADORES LATERALES CABLE DE 1 1/4" 6085V TIRC CON ALMA DE ACERO

GRUA MANITOWOC 4000 W 166 TON CAPACIDAD		
1	CARGA ESTIMADA	92209 KILOGS 204574 LIBRAS
2	LONGITUD DE PLUMA	21.836 METROS 70 PIES
3	RADIO DE CARGO	6.70 METROS 22 PIES
4	ALTURA SOBRE EL PISO	24.83 METROS 79.8 PIES
5	ANCHO DE PLUMA	77 P 77 P
6	CAPACIDAD DE CARGA	97273 KILOGS 214000 LIBRAS
7	PORCENTAJE	85.50 % 90.50 %

ACCESORIOS DE MONTAJE		
ITEM	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	CABLE ACERO 1 1/4" TIPO 6085 INHC ALMA ACERO	VENTOS
2	TEMPERADOR 1 1/4" x 12" CAI 60 TON	VENTOS
3	GRANPA P/ CABLE ACERO 1 1/4" C6085V G-100	VENTOS
4	GUARDA CABLE ALERIO 1 1/4" C6085V G-114	VENTOS
5	GRULETE MED. 209 DE 1 1/4"	ELAJE
6	GRULETE DE 3"	ELAJE
7	ESTRUCO C/HOJAL 2 1/4" x 62.90 MT 6x13 TIRC CON ALMA DE ACERO	ELAJE
8	ESTRUCO C/HOJAL 2 1/4" x 10.00 MT 6x13 INHC	ELAJE DE COLA
9	GRULETE DE 3"	ELAJE DE COLA

Figura 2.6: Montaje de columna de vacío

Fuente: Procedimiento Montaje Ictesa columna vacío / Javier Alva Ch.

ESTRUCTURA TEMPORAL	
1	CILINDROS HIDRÁULICOS 12 TON C/ U CAPY 10 LTR
2	ESTRUCTURA TEMPORAL DE 64 METROS DE ALTURA
3	TEMPERADORA LATERAL CABLE DE 1 N° 10000 TONC CON ALMA DE ACERO

GRUA MANITOWOC 4000 W 120 TON CAPACIDAD		
1	CARGA ESTIMADA	82000 KILOS 204574 LIBRAS
2	LONGITUD DE PLUMA	21.300 METROS 70 PIES
3	RADIO DE GIRO	8.70 METROS 22 PIES
4	ALURA GIRAR EN PISO	22.30 METROS 74.8 PIES
5	ÁNGULO DE PLUMA	77.6° 77.6°
6	CAPACIDAD DE CABLE	87779 KILOS 214000 LIBRAS
7	PUNDETIAS	02 50 X 02 50 X

ACCESORIOS DE MONTAJE

ITEM	MATERIAL	DESENVACIONES
1	CABLE ACERO 1 1/4" TIPO BEND IVHC ALMA ACERO	VENTOS
2	TEMPERADOR 1 1/4" x 22" CAP. 6.0 TON	VENTOS
3	GRANPA P/CABLE ACERO 1 1/4" CROSBY G-450	VENTOS
4	GUARDA CABLE ACERO 1 1/4" CROSBY G-414	VENTOS
5	GRILLETE MOD. 209 DE 1"ø	TRAJE
6	GRILLETE G-210 DE 5"	TRAJE
7	RETRINCO C/NEJAL 1 3/4" x 3.00 MT. 8x43 IVHC CON ALMA DE ACERO	TRAJE
8	RETRINCO DE ACERO 2" ø	TRAJE
9	RETRINCO C/NEJAL 2 1/2" x 3.00 MT. 8x43 IVHC	TRAJE DE COLA
10	GRILLETE CROSBY G-210 DE 5"	TRAJE DE COLA

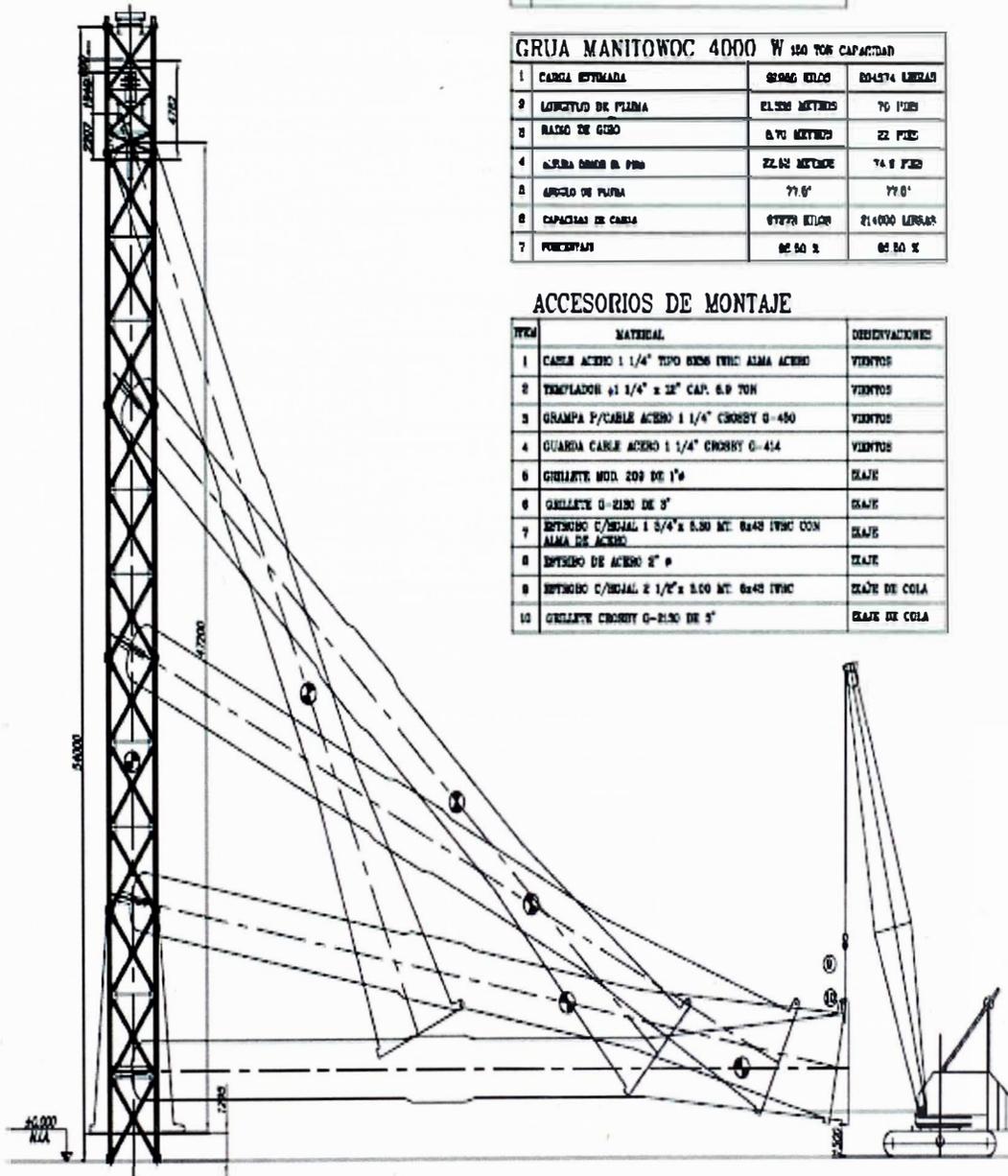
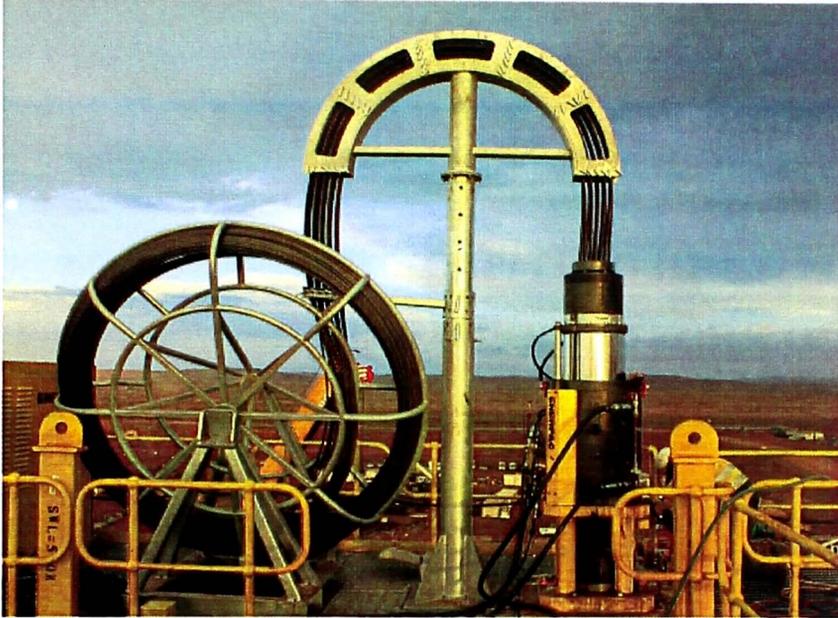


Figura 2.7: Montaje de columna de visbreaking

Fuente: Procedimiento Montaje Ictesa columna visbreaking / Javier Alva Ch.



Top anchor grip open / closed sensors. 2 No sensors for open and 2 No sensors for closed, positioned on either side of the anchor.

Retract port pressure sensor. Accurate to $\pm 0.25\%$

Stroke sensor. Sensor accurate to 0.015%.

Strand jack electrical dressing set. Common to both DL-P40 and DL-M control systems

DL-P40 strand jack CAN node within a protective enclosure box.

Extend port pressure sensor. Accurate to $\pm 0.25\%$

Extend port bleed valve. Operated by the CAN node for extremely accurate alignment of the load and for smooth load transfer to other support

Bottom anchor grip open / closed sensors. 2 No sensors for open and 2 No sensors for closed, positioned on either side of the anchor.

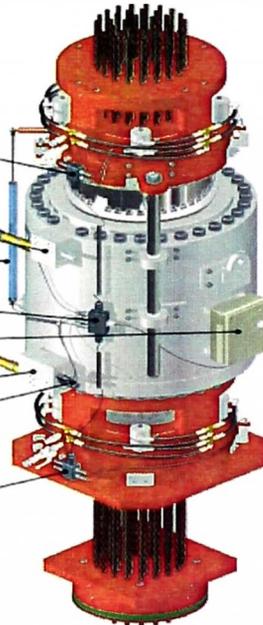


Figura 2.9: Gato hidráulico (Climber) con rieles guía cable

Fuente: The schematic layout of the DL-P40 System / Dorman Long Technology

CAPITULO III

FUNDAMENTO TEORICO

3.1 INTRODUCCION

En este capítulo haremos referencia a algunos conceptos teóricos que nos servirán de apoyo para desarrollar los montajes de los equipos, es importante conocer el centro de gravedad del equipo a montar, el comportamiento de la grúa de acuerdo al peso del equipo y las consideraciones a tener en cuenta para un izaje utilizando la torre de izado con el empleo de los gatos hidráulicos.

3.1.1 Centro de gravedad.

El origen de los accidentes en el sitio de trabajo, son causados casi siempre por la falta de conocimiento de la carga que se levanta. El centro de gravedad (C.G.) de la carga, independientemente de la disposición de las eslingas, vigas de elevación y otros accesorios, la carga debe estar en la misma vertical del gancho. La razón se basa en el hecho de que las fuerzas y la suma de momentos tiene que ser cero para que cuerpo este en equilibrio.

El centro de gravedad (C.G.) de un equipo es el punto atravez del cual se concentran todas las orientaciones de los pesos de sus componentes. Para un equipo cuyo peso y

volumen es uniforme, el C.G. se encuentra en el centroide. El centro de gravedad es la localización de todos los centros del objeto donde teóricamente se concentran los pesos y donde el objeto estará balanceado cuando se eleve la carga. Para un izaje balanceado. El C.G. del equipo está siempre en la parte inferior del gancho. La localización del C.G. de los equipos, reactores, intercambiadores de calor, columnas de destilación son normalmente proporcionados por el fabricante.

El tema fundamental de nuestro informe, trata del izaje de la columna de destilación, estos son equipos de grandes dimensiones y pesos que en la actualidad superan las 1000 toneladas, el montaje de estos equipos sobre sus fundaciones se pueden realizar utilizando grúas de gran capacidad o emplear la alternativa del método de izaje con gatos hidráulicos (climbers). Cualquiera sea el método a seleccionar es importante conocer el comportamiento de las cargas durante el izaje. En nuestro caso el cálculo lo haremos para el equipo de mayor Tonelaje del proyecto la columna de vacío.

Para realizar la propuesta en la etapa de licitación para el izaje del equipo, no se disponía de una información precisa del centro de gravedad (C.G.), se realizaron los cálculos suponiendo la posición del centro de gravedad. Con los datos obtenidos fue posible cuantificar la grúa de cola requerida. Se procedió con los siguientes análisis preliminares del comportamiento de la carga en los cables de izado:

- . Columna con centro de gravedad desconocido
- . Columna con centro de gravedad a $\frac{1}{2}$ de su longitud
- . Columna con centro de gravedad a $\frac{1}{3}$ de su anillo base

Con la llegada del equipo a obra se obtuvo el C.G. real suministrado por el fabricante, dato que nos permitió hacer un cálculo final con datos reales.

. Columna con centro de gravedad conocido

Fuente: Cranes and derricks / Lawrence K. Shapiro – Jay P. Shapiro / Fourth Edition

Bechtel Rigging Hand book / The Bechtel Rigging Department / Ali Mirage Norman S. Hoffman – H.E. “Skip” Livermore / Second Edition

3.1.2 Comportamiento de cargas en cables

3.1.2.1 Columna de vacío con C.G. desconocido

Peso total $WT = 133.77 \text{ Ton}$

Longitud total $L_t = 38.35 \text{ m}$

Distancia entre puntos de izaje $L = 30.75 \text{ m}$

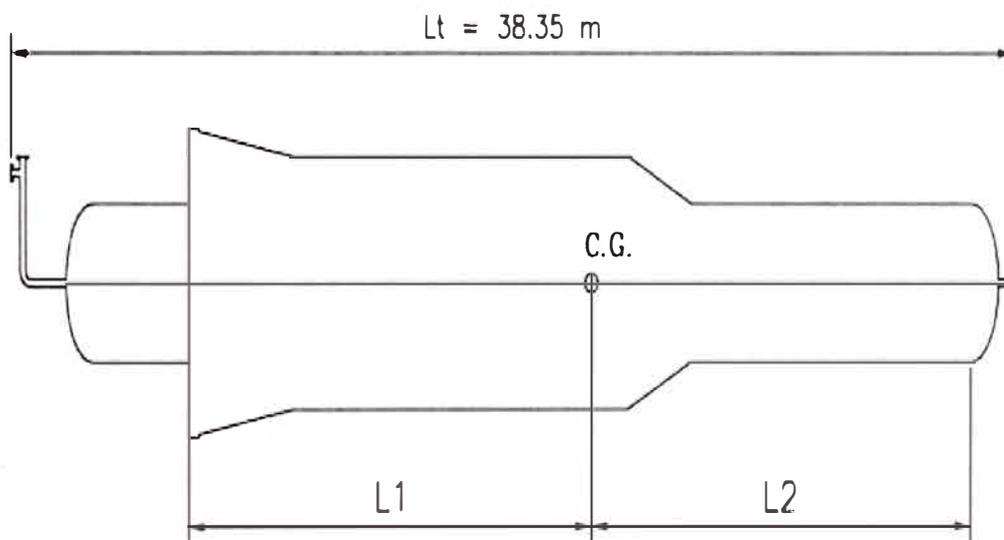


Figura 3.1 Esquema dimensional de la columna

Fuente: Procedimiento Montaje Ictesa columna vacío / Javier Alva Ch.

3.1.2.1.1 Consideraciones:

Cables siempre en posición vertical

Caso general para cualquier ubicación del centro de gravedad

Datos Físicos:

G1: Carga en el cable de cola.

G2: Carga en el cable de cabeza.

WT: Peso total del equipo

L1: Distancia de G1 con respecto al C.G.

L2: Distancia de G2 con respecto al C.G.

R: Radio del anillo de cola

(α): Angulo de inclinación de la columna respecto a la vertical

3.1.2.1.2 Diagrama de cuerpo libre horizontal:

Posición de equipo horizontal.

Durante descarga de transporte.

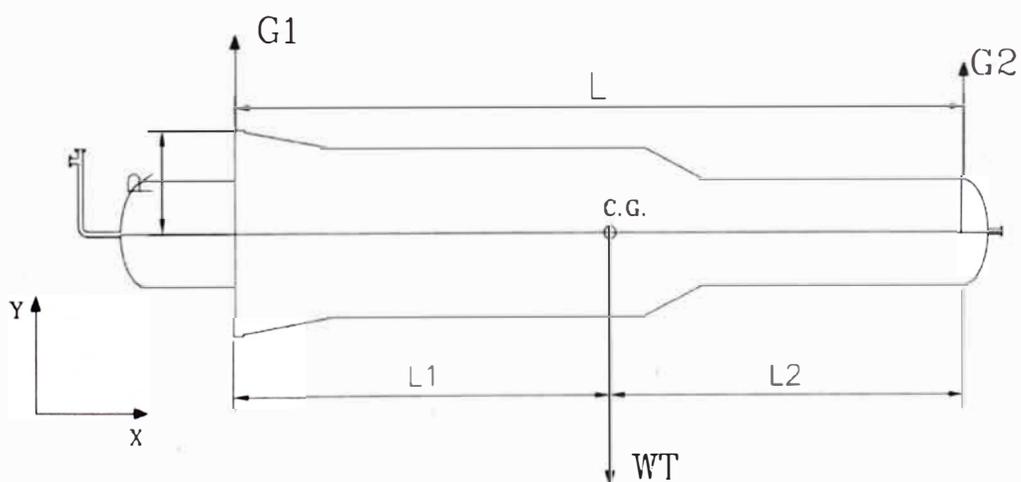


Figura 3.2 diagrama de cuerpo libre columna en posición horizontal

Por cuerpo en equilibrio estático:

Sumatoria de fuerzas en eje "y" de la Figura 3.2

$$\Sigma F_y = 0$$

$$G1 + G2 - WT = 0$$

$$\mathbf{G1 + G2 = WT} \quad (I)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad (\text{en el instante no existe fuerzas en "x"})$$

Momento con respecto al cable de cabeza 2

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$WT \times L_2 - G1 \times (L_1 + L_2) = 0$$

Despejando "G1":

$$G1 \times (L_1 + L_2) = WT \times L_2$$

$$\mathbf{G1 = WT \times L_2 / (L_1 + L_2)} \quad (II)$$

3.1.2.1.3 Diagrama de cuerpo libre inclinado:

Posición de equipo inclinada.

- Angulo de inclinación (α) con respecto a la vertical.
- Durante el posicionamiento del equipo.

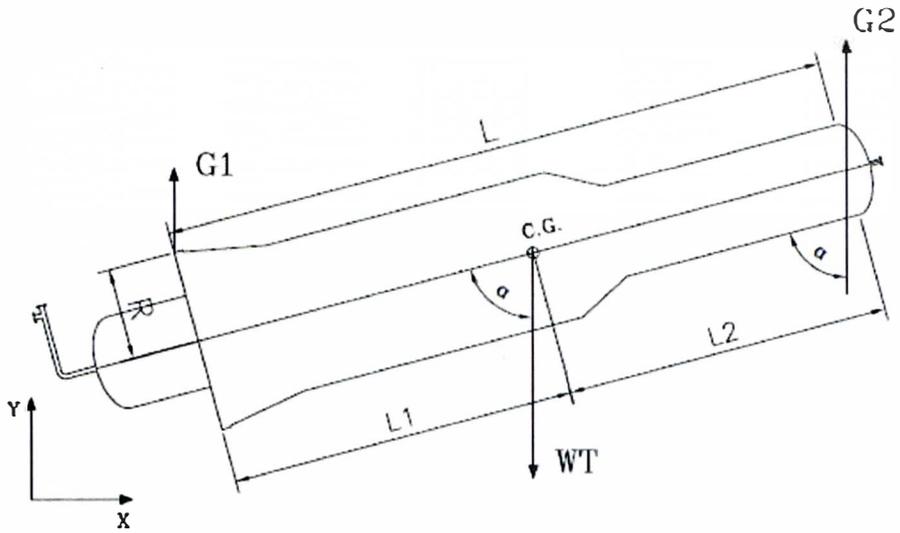


Figura 3.3 Diagrama de cuerpo libre de la columna en posición inclinada

Fuente: Procedimiento Montaje Ictesa columna vacío / Javier Alva Ch.

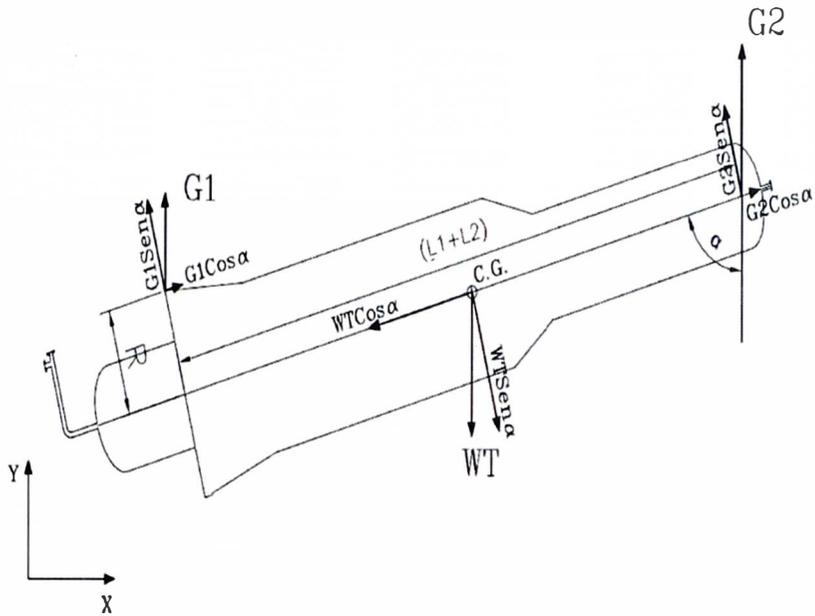


Figura 3.4 Componentes de fuerzas en eje del equipo

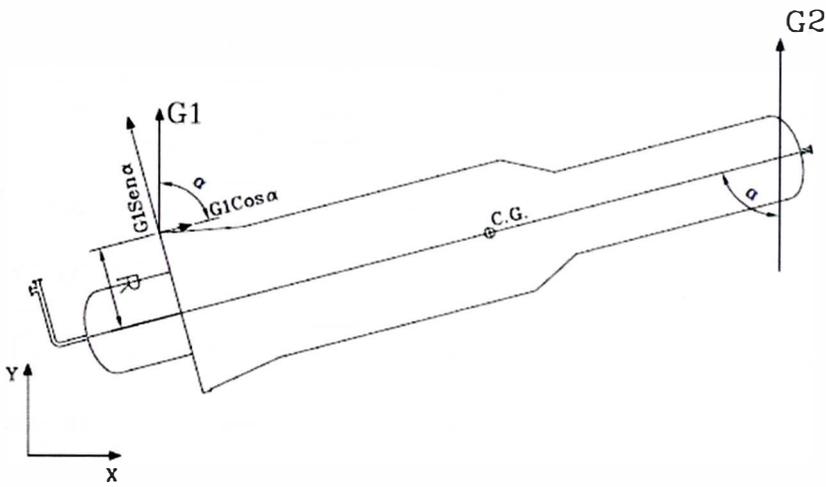


Figura 3.5 Detalle de componentes en G1

Fuente: Procedimiento Montaje Ictesa columna vacío / Javier Alva Ch.

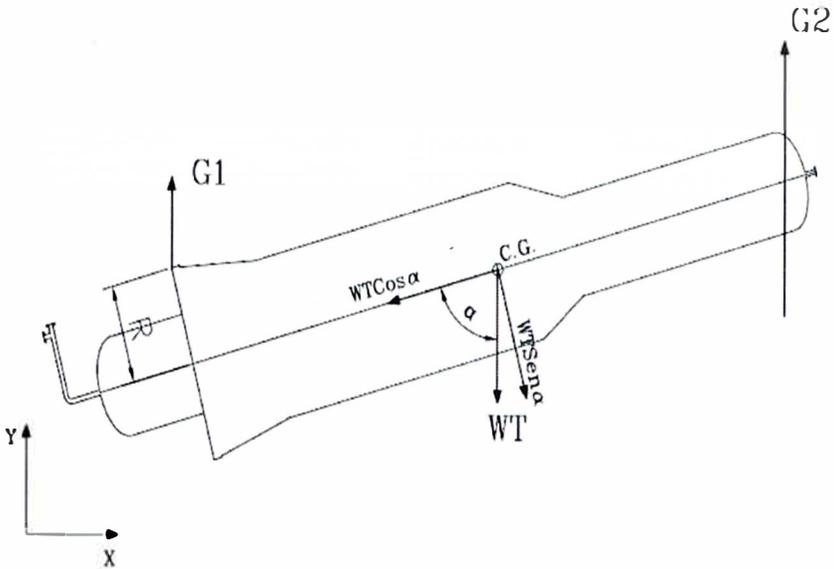


Figura 3.6 Detalle de componentes en WT

Por cuerpo en equilibrio estático:

Sumatoria de fuerzas en eje "y" de la Figura 3.4

$$\Sigma F_y = 0$$

$$G1 + G2 - WT = 0$$

$$\mathbf{G1 + G2 = WT} \quad (\text{I}')$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad (\text{en el instante no existe fuerzas en "x"})$$

Momento con respecto al cable de cabeza 2:

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$G1 \times \text{Sen } \alpha \times (L1+L2) + G1 \times \text{Cos } \alpha \times R - WT \times \text{Sen } \alpha \times L2 = 0$$

Despejando "G1":

$$G1 \times [\text{Sen } \alpha \times (L1+L2) + \text{Cos } \alpha \times R] = WT \times \text{Sen } \alpha \times L2$$

$$\mathbf{G1 = WT \times \text{Sen } \alpha \times L2 / [\text{Sen } \alpha \times (L1+L2) + \text{Cos } \alpha \times R]} \quad (\text{III})$$

Resolviendo en (I')

$$G2 = WT - G1$$

$$G2 = WT - \frac{WT \times \text{Sen } \alpha \times L2}{[\text{Sen } \alpha \times (L1+L2) + \text{Cos } \alpha \times R]}$$

$$G2 = \frac{WT (L1 \times \text{Sen } \alpha + R \text{Cos } \alpha)}{\text{Sen } \alpha \times (L1+L2) + \text{Cos } \alpha \times R} \quad (IV)$$

Resolviendo las ecuaciones (III) y (IV) analizaremos el comportamiento de las cargas para las diferentes posiciones del centro de gravedad.

3.1.3 Tabulación de cargas vs Angulo de inclinación

Los cálculos lo realizaremos reemplazando datos conocidos en las ecuaciones.

3.1.3.1 Columna de vacío con C.G. en el punto medio del equipo

$$L1 = 13.00 \text{ M} \quad L2 = 17.65 \text{ M}$$

Datos Constantes:

$$WT = 130.00 \text{ Ton} \quad R = 4.00 \text{ M}$$

(α) = Angulo de inclinación con un rango $\Rightarrow [90^\circ - 0^\circ]$

Ver Figura 3.3 Diagrama de cuerpo libre de la columna en posición inclinada

De acuerdo a la ecuación (III) tendremos:

$$G1 = WT \cdot L2 \cdot \frac{\text{Sen } \alpha}{(L1 + L2) \cdot \text{Sen } \alpha + R \cdot \text{Cos } \alpha}$$

$$G1 = 130.00 \times 17.65 \times \frac{\text{Sen } \alpha}{(13.00 + 17.65) \times \text{Sen } \alpha + 4.00 \times \text{Cos } \alpha}$$

$$G1 = \frac{2.294.50 \times \text{Sen } \alpha}{30.65 \times \text{Sen } \alpha + 4.00 \times \text{Cos } \alpha}$$

Conforme a la ecuación (1):

$$G2 = WT - G1$$

$$G2 = 130.00 - G1$$

Reemplazando valores obtenemos la tabla 3.1 siguiente:

Tabla 3.1: Centro de gravedad en punto medio de su longitud

Posición de la Columna	Alfa (a)	3.1415927	G1	G2
	°	rad	Ton	Ton
Horizontal	90	1.5708	74.9	55.1
Inclinada	85	1.4835	74.0	56.0
Inclinada	80	1.3963	73.2	56.8
Inclinada	75	1.3090	72.3	57.7
Inclinada	70	1.2217	71.5	58.5
Inclinada	65	1.1345	70.6	59.4
Inclinada	60	1.0472	69.6	60.4
Inclinada	55	0.9599	68.6	61.4
Inclinada	50	0.8727	67.5	62.5
Inclinada	45	0.7854	66.2	63.8
Inclinada	40	0.6981	64.8	65.2
Inclinada	35	0.6109	63.1	66.9
Inclinada	30	0.5236	61.1	68.9
Inclinada	28	0.4887	60.1	69.9
Inclinada	26	0.4538	59.1	70.9
Inclinada	24	0.4189	57.9	72.1
Inclinada	22	0.3840	56.6	73.4
Inclinada	20	0.3491	55.1	74.9
Inclinada	18	0.3142	53.4	76.6
Inclinada	16	0.2793	51.4	78.6
Inclinada	14	0.2443	49.1	80.9
Inclinada	12	0.2094	46.4	83.6
Inclinada	10	0.1745	43.0	87.0
Inclinada	8	0.1396	38.8	91.2
Inclinada	6	0.1047	33.4	96.6
Inclinada	4	0.0698	26.1	103.9
Inclinada	2	0.0349	15.8	114.2
Vertical	0	0.0000	0.0	130.0

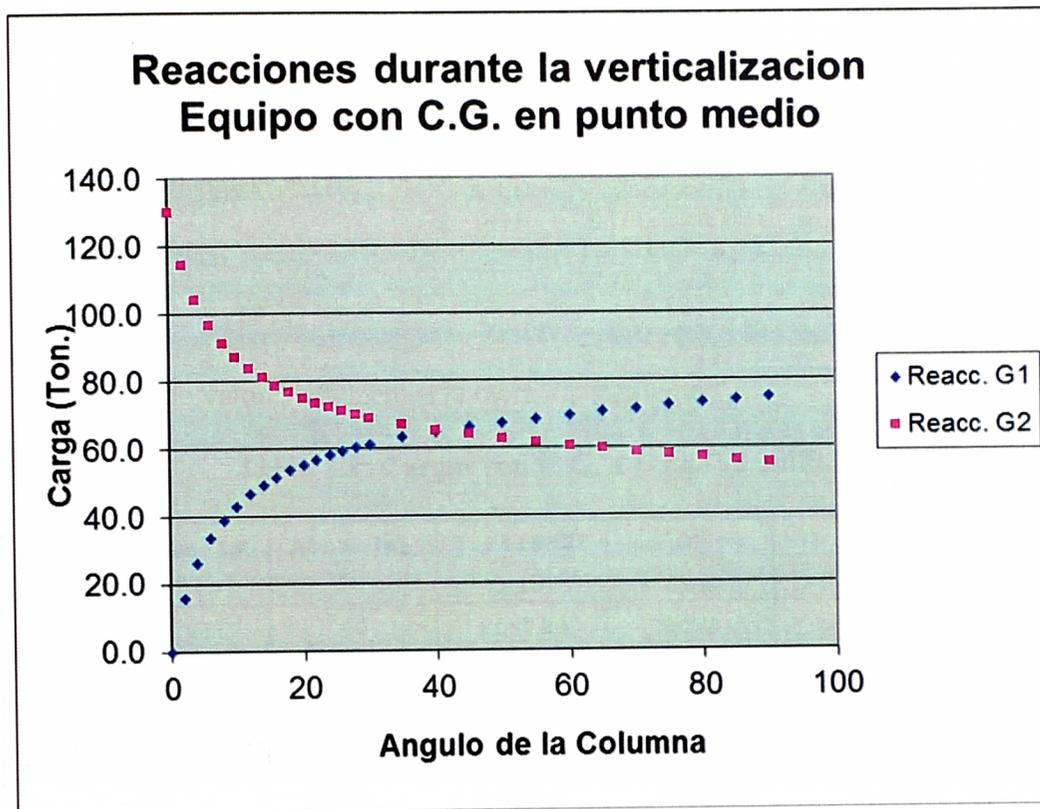


Grafico 3.1 Carga con C.G. en punto medio

3.1.3.2 Columna con C. G. a 1/3 desde el anillo de cola del equipo

$$L1 = 9.38 \text{ M} \quad L2 = 21.27 \text{ M}$$

Datos Constantes:

$$WT = 130.00 \text{ Ton} \quad R = 4.00 \text{ M}$$

(α) = Angulo de inclinación s / Fig. (3.4) con un rango $\Rightarrow [90^\circ - 0^\circ]$

De acuerdo a la ecuación (III) tendremos:

$$G1 = WT \cdot L2 \cdot \frac{\text{Sen} \alpha}{(L1 + L2) \cdot \text{sen} \alpha + R \cdot \text{Cosa}}$$

$$G1 = \frac{130.00 \times 21.27 \times \text{Sen} \alpha}{(9.38 + 21.27) \times \text{Sen} \alpha + 4.00 \times \text{Cos} \alpha}$$

$$G1 = \frac{2.765.50 \times \text{sen} \alpha}{30.65 \times \text{sen} \alpha + 4.00 \times \text{Cosa}}$$

Conforme a la ecuación (I):

$$G2 = WT - G1$$

$$G2 = 130.00 - G1$$

Reemplazando valores obtenemos la tabla 3.2 siguiente:

Tabla 3.2: Cargas con C.G. a 1/3 de su anillo base

Posición de la Columna	Alfa (a) °	3.1415927 rad	G1 Ton	G2 Ton
Horizontal	90	1.5708	90.2	39.8
Inclinada	85	1.4835	89.2	40.8
Inclinada	80	1.3963	88.2	41.8
Inclinada	75	1.3090	87.2	42.8
Inclinada	70	1.2217	86.1	43.9
Inclinada	65	1.1345	85.0	45.0
Inclinada	60	1.0472	83.9	46.1
Inclinada	55	0.9599	82.7	47.3
Inclinada	50	0.8727	81.3	48.7
Inclinada	45	0.7854	79.8	50.2
Inclinada	40	0.6981	78.1	51.9
Inclinada	35	0.6109	76.0	54.0
Inclinada	30	0.5236	73.6	56.4
Inclinada	28	0.4887	72.4	57.6
Inclinada	26	0.4538	71.2	58.8
Inclinada	24	0.4189	69.8	60.2
Inclinada	22	0.3840	68.2	61.8
Inclinada	20	0.3491	66.4	63.6
Inclinada	18	0.3142	64.4	65.6
Inclinada	16	0.2793	62.0	68.0
Inclinada	14	0.2443	59.2	70.8
Inclinada	12	0.2094	55.9	74.1
Inclinada	10	0.1745	51.8	78.2

Inclinada	8	0.1396	46.8	83.2
Inclinada	6	0.1047	40.2	89.8
Inclinada	4	0.0698	31.5	98.5
Inclinada	2	0.0349	19.0	111.0
Vertical	0	0.0000	0.0	130.0

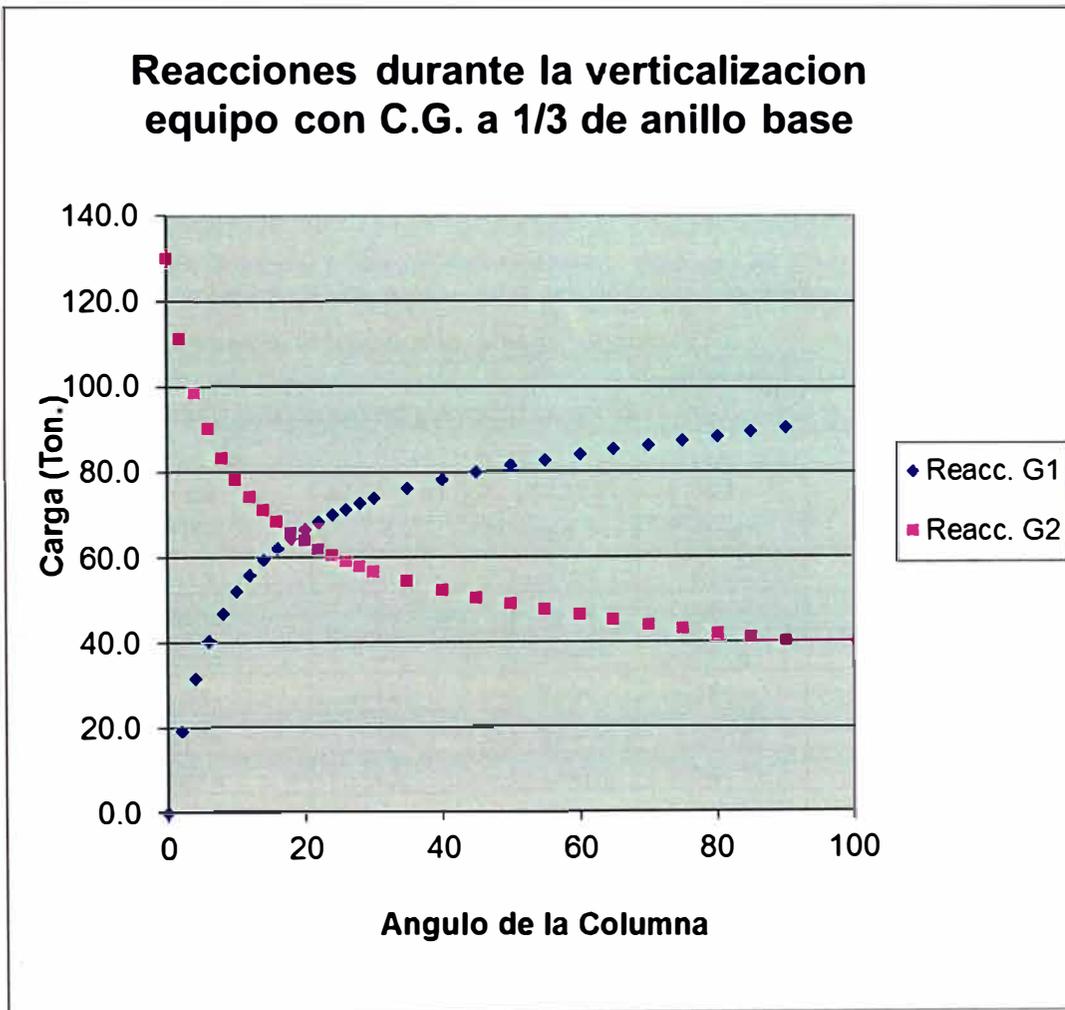


Grafico 3.2 Carga con CG a 1/3 de anillo base

3.1.3.3 Columna con centro de gravedad conocido

Conocido la ubicación del C.G., tendremos:

$$L1 = 12.195 \text{ M} \quad L2 = 18.555 \text{ M}$$

Datos Constantes:

$$WT = 133.77 \text{ Ton} \quad R = 4.085 \text{ M}$$

(α) = Angulo de inclinación s / Fig. (3.4) con un rango $\Rightarrow [90^\circ - 0^\circ]$

Conforme a la ecuación (1):

$$G2 = WT - G1$$

$$G2 = 130.00 - G1$$

Reemplazando valores obtenemos la tabla 3.3 siguiente:

Tabla 3.3: Equipo con centro de gravedad conocido

Posición de la Columna	Alfa (a) °	3.1415927 rad	G1 Ton	G2 Ton
Horizontal	90	1.5708	81.2	52.6
Inclinada	85	1.4835	80.3	53.5
Inclinada	80	1.3963	79.4	54.4
Inclinada	75	1.3090	78.4	55.3
Inclinada	70	1.2217	77.5	56.3
Inclinada	65	1.1345	76.5	57.3
Inclinada	60	1.0472	75.5	58.3
Inclinada	55	0.9599	74.3	59.4
Inclinada	50	0.8727	73.1	60.7
Inclinada	45	0.7854	71.7	62.0
Inclinada	40	0.6981	70.2	63.6
Inclinada	35	0.6109	68.3	65.4
Inclinada	30	0.5236	66.1	67.7
Inclinada	28	0.4887	65.1	68.7
Inclinada	26	0.4538	63.9	69.8
Inclinada	24	0.4189	62.7	71.1
Inclinada	22	0.3840	61.2	72.5

Inclinada	20	0.3491	59.6	74.2
Inclinada	18	0.3142	57.8	76.0
Inclinada	16	0.2793	55.6	78.1
Inclinada	14	0.2443	53.1	80.7
Inclinada	12	0.2094	50.1	83.7
Inclinada	10	0.1745	46.5	87.3
Inclinada	8	0.1396	41.9	91.9
Inclinada	6	0.1047	36.0	97.7
Inclinada	4	0.0698	28.1	105.6
Inclinada	2	0.0349	17.0	116.8
Vertical	0	0.0000	0.0	133.8

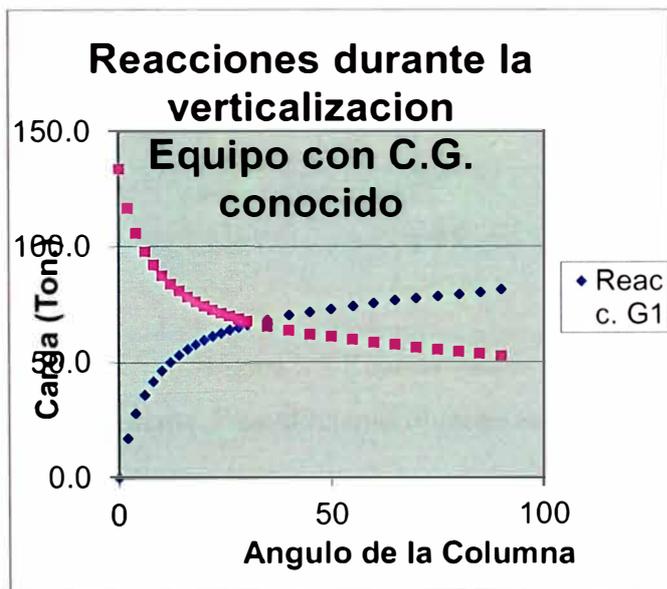


Grafico 3.3 Carga con C.G. conocido

Con los cálculos realizados ya podemos seleccionar las grúas para el izaje del equipo y la grúa de cola, y seleccionar el método de izaje a utilizar.

3.1.4 Cálculo de fuerzas en "X" por desviación de los cables

Equipo de referencia: Columna de vacío

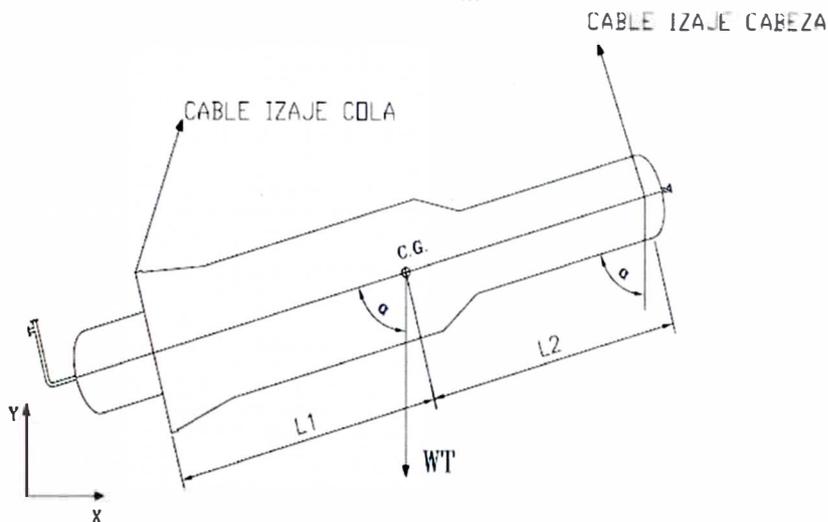


Figura 3.7 Representación de la desviación de los cables

Fuente: Procedimiento Montaje Ictesa columna vacío / Javier Alva Ch.

3.1.4.1 Cálculo de reacciones sobre cables de izaje

G1 : Carga en el cable de cola

G2 : Carga en el cable de cabeza

WT : Peso total del equipo

L1 : Distancia de cola al C.G.

L2 : Distancia de cabeza al C.G.

R : Radio del anillo base

α : Ángulo de inclinación de la columna

μ_1 : Angulo de desviación del cable respecto a la vertical

μ_2 : Angulo de inclinación del cable de izaje de cabeza

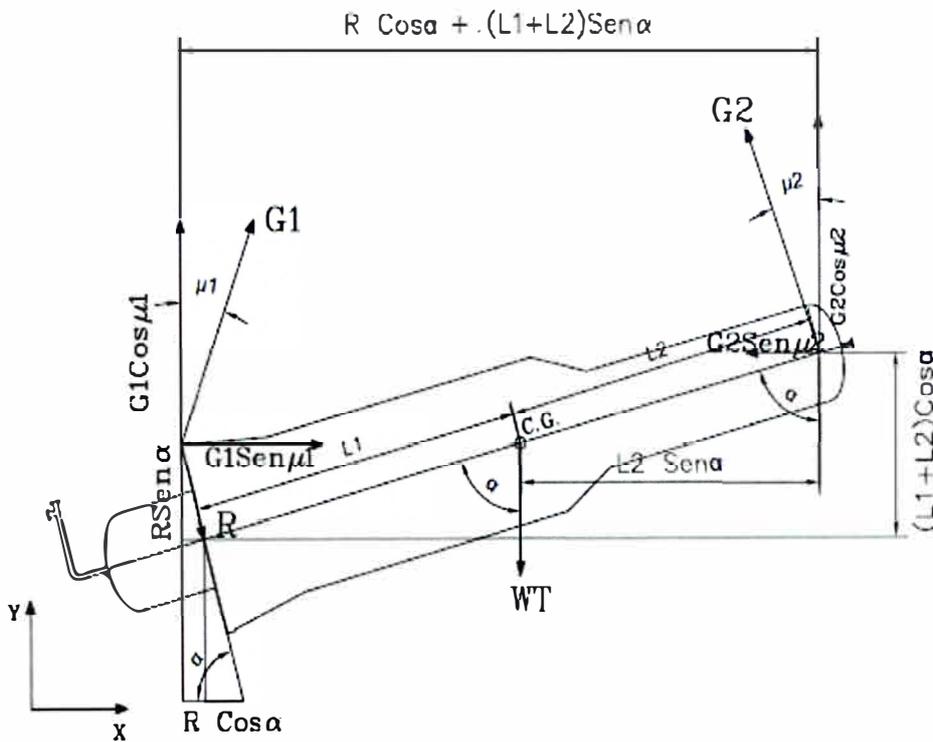


Figura 3.8 Componentes de fuerza en ejes "X" e "Y"

Por cuerpo de equilibrio estático:

Sumatoria de fuerzas en el eje "Y":

$$\Sigma F_y = 0$$

$$G_1 \cos \mu_1 + G_2 \cos \mu_2 - WT = 0$$

$$G_1 \cos \mu_1 + G_2 \cos \mu_2 = WT \quad (V)$$

Sumatoria de fuerzas en el eje "X"

$$\Sigma F_x = 0$$

$$G1 \text{ Sen}\mu1 - G2 \text{ Sen}\mu2 = 0$$

$$\mathbf{G1 \text{ Sen}\mu1 = G2 \text{ Sen}\mu2} \quad \text{(VI)}$$

Tomando momento en punto de izaje de cabeza "2":

$$\Sigma M2 = 0 \text{ (Fuerzas actuantes en ejes de las ordenadas y abscisas)}$$

Momento WT + Momento componente G1 en "X" – momento componente G1 en "Y" = 0

$$WT L2 \text{ Sen } \alpha + G1 \text{ Sen}\mu1 [(L1+L2) \text{ Cos } \alpha - R \text{ Sen } \alpha] - G1 \text{ Cos}\mu1 [R \text{ Cos } \alpha + (L1+L2) \text{ Sen } \alpha] = 0$$

Desarrollando la ecuación y despejando (G1)

$$G1 = WT L2 \text{ Sen } \alpha / \text{Cos}\mu1 [R \text{ Cos } \alpha + (L1+L2) \text{ Sen } \alpha] - \text{Sen}\mu1 [(L1+L2) \text{ Cos } \alpha - R \text{ Sen } \alpha]$$

Ordenando el denominador de la ecuación:

$$\mathbf{G1 = WT L2 \text{ Sen } \alpha / \text{Cos}\mu1 [R \text{ Cos } \alpha + (L1+L2) \text{ Sen } \alpha] + \text{Sen}\mu1 [R \text{ Sen } \alpha - (L1+L2) \text{ Cos } \alpha]} \quad \text{(VII)}$$

3.1.4.2 Tabulación de componentes de G1 en "X"

Caso: Considerando la ubicación del C.G. a 1/3 desde el anillo de cola del equipo

$$\text{Entonces: } L1 = 9.38 \text{ m} \quad L2 = 21.27 \text{ M}$$

Dimensiones constantes del equipo:

$$WT = 130.00 \text{ Ton}$$

$$R = 4.00 \text{ m}$$

(α) = Angulo de inclinación de la columna

Con rango: (α) \geq [90⁰ - 0⁰]

Dato variable:

$\mu1$: Angulo de desviación con la vertical del cable de cola

Rango estimado: $(\mu l) \geq [0^\circ - 15^\circ]$

Conforme a la ecuación (VII)

$$G1 = WT L2 \text{ Sen } \alpha / \text{Cos} \mu l | R \text{ Cos } \alpha + (L1+L2) \text{ Sen } \alpha | + \text{Sen} \mu l | R \text{ Sen } \alpha - (L1+L2) \text{ Cos } \alpha |$$

Remplazando valores:

$$G1 = 2765.10 \text{ Sen } \alpha / \text{Cos } \mu l [4 \text{ Cos } \alpha + (30.65) \text{ Sen } \alpha] + \text{Sen} \mu l [4 \text{ Sen } \alpha - (30.65) \text{ Cos } \alpha]$$

Tabulando obtenemos las siguiente Tabla 3.4 siguiente:

Tabla 3.4: Tabulación de componentes de G1 en eje "X"

Ítem	Angulo inclinación (α) ⁰	Rango de Angulo de desviación (asumidos)			
		$\mu l = 3^0$	$\mu l = 5^0$	$\mu l = 10^0$	$\mu l = 15^0$
		Ton	Ton	Ton	Ton
1	90	4.70	7.80	15.55	23.36
2	60	4.49	7.62	15.96	25.30
3	45	4.36	7.49	16.28	26.93
4	30	4.14	7.27	16.86	30.33
5	10	3.26	6.29		
6	5	2.49	5.25		

Fuente: Cranes and derricks / Lawrence K. Shapiro – Jay P. Shapiro / Fourth Edition

3.1.5 Montajes con grúa

En esta sección ampliamos los conceptos y descripción de las grúas. Estos equipos se distinguen de los gatos y montacargas simples porque tienen la capacidad de levantar una carga, pueden mover una carga horizontalmente y colocarlo en otro lugar. La operación es generalmente realizada con un gancho y un cable instalado en el objeto que es movido. Las grúas se pueden clasificar en una amplia variedad de categorías como: grúas móviles, grúas torre, grúas celosía, grúas puente, grúa gantry, grúas de contenedores, grúas de barcos, etc. En nuestro informe hacemos referencia a las grúas de uso más común en la industria de la construcción, como son las grúas móviles (de celosía o hidráulicas), No trataremos el caso de los otros tipos de grúas.

3.1.5.1 Grúas móviles.

Las grúas móviles se caracterizan por el hecho que están diseñados para moverse, o desplazarse, alrededor de un trabajo relativamente fácil. Ellos son montados sobre ruedas u orugas, y generalmente no requieren una fundación especial permanente donde se realiza el izado. Las grúas móviles permiten una mínima cantidad de tiempo para el transporte, armado y desmontaje. Las grúas móviles fabricados tienen incorporado características que permiten el rápido armado en obra. Como un auto armado de tornamesa y las partes superiores de la grúa. Las grúas montadas sobre ruedas son también capaces de auto desplazarse al sitio de trabajo. Las grúas móviles tienen la ventaja de iniciar sus actividades cuando se les requiera rápidamente. La diferencia está en el tamaño entre las grandes y medianas grúas. Así por ejemplo una grúa de 500 Ton de capacidad puede tomar varios días para montarlo y ponerlo en operación en el lugar

de trabajo, sin embargo una grúa de 45 Ton de capacidad montado sobre camión con pluma telescópica esta lista cuando arribe en el sitio de trabajo y realizar varios izados el mismo día.

Las grúas móviles pueden ser adicionalmente clasificadas por el tipo de pluma y tipo de tornamesa (Chasis). Las plumas son cualquier enrejado de estructura convencional (cercha de celosía). O las telescópicas. Prácticamente todas las plumas telescópicas de la actualidad usan cilindros hidráulicos para extender y contraer la pluma. Por tanto, ellos son conocidos como grúas hidráulicas. Cada uno de estos tipos de plumas lleva el peso de la carga en forma diferente. La pluma de celosía y los colgantes o templadores, forman un triángulo. La pluma es un miembro en compresión y los colgantes son un miembro en tensión, El sistema estructural así construido es bien resistente. Rígido y relativamente liviano en peso, la longitud de pluma puede ser incrementado significativamente con facilidad para aumentar el contrapeso. Las plumas de celosía son modulares y la longitud entre secciones y tipo de sección se incrementan manualmente insertando pequeños segmentos de pluma conocidos como insertos. El rango de longitud de los insertos varía desde los 10 pies a 40 pies (3.00 a 12.00 m). Y se instalan rápidamente con pines. Este procedimiento, sin embargo requiere que la pluma este en posición horizontal y sobre terreno y la toma uno o dos montadores y una pequeña asistencia de otra grúa de menor capacidad.

Las plumas telescópicas, por otra parte, llevan sus cargas livianas, una caja de viga cantiléver. Como tal, ellos son extremadamente resistentes y tienen una alta capacidad de izado, estando casi vertical (para ángulos de pluma altos, la carga interna en su

mayoría es a compresión). Sin embargo, para ángulos de pluma menor, la capacidad de la pluma telescópica decrece rápidamente por que está limitado por la capacidad de flexión. Adicionalmente, para ángulos de pluma bajo, el peso muerto de las plumas contribuye significativamente para el vuelco. Al igual que como una caña de pescar, la deflexión de una pluma telescópica es significativa incluso con cargas bajas. La primera ventaja de las grúas con pluma telescópica son la maniobrabilidad y rápido tiempo de instalación. Las grúas telescópicas son casi en su mayoría montados en chasis con ruedas. Los segmentos de pluma están dentro del nido uno y otro son fácilmente retraídos en longitudes transportables. Una vez en sitio, la pluma puede ser extendido en toda su longitud en pocos minutos.

Para extender más el alcance de la altura. Con frecuencia se agrega una pluma de celosía manualmente en la punta de la pluma telescópica. Llamado también plumín. Que convierte a la grúa en una grúa torre.

El efecto de los tamaños juega un rol importante al momento de decidir una grúa telescópica. La grúa grande, requiere más tiempo de preparación y menos movimiento en obra. Dependiendo también de las leyes locales de las vías de transporte, cuando las grúas telescópicas son del rango mayores a 180 toneladas de capacidad, pueden necesitar camiones adicionales para el transporte de contra pesos. El tiempo de preparación es todavía significativa menor, comparado con las grúas de celosía. Las grúas telescópicas de 800 Ton y mayores requieren camiones adicionales para transportar la pluma, estabilizadores y contrapesos.

Fuente: Bechtel Rigging Hand book /Second edition / Ali Mirage / Norman S. Hoffman / H.E. "Skip" Livermore

3.1.5.2 Cargas en una grúa móvil

Para realizar una correcta selección de la grúa de acuerdo a las necesidades del proyecto es de gran ayuda tener los conocimientos de algunos fundamentos teóricos. En el presente informe no desarrollaremos el tema como un alcance para diseñar la grúa, pero si tener las nociones fundamentales para saber seleccionar la maniobra correcta de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes, indicados en las tablas de carga de la grúa a utilizar. Y las normas de izaje.

Uno de estos conceptos es comprobar la estabilidad de la maniobra, puesto que tenemos cuatro puntos de apoyo pero con la posibilidad que dichos puntos lleguen a levantarse con lo que puede dar lugar al vuelco de la misma. Al variar el alcance da lugar a numerosas posibilidades las cuales tienen que ser analizadas.

Una primera aproximación muy simplificada se puede deducir de la Figura 3.9 donde aparece una grúa móvil apoyado en los estabilizadores y levantando carga a un alcance determinado. Sea S_p el peso de la pluma, S_G el peso de la estructura portante y superior, a sea S_L la carga de servicio. Tomando como b , a y d las distancias de los correspondientes centros de gravedad de los pesos anteriores al eje de basculamiento de la grúa, se puede establecer la ecuación de estabilidad. Para el caso que los estabilizadores estén completamente extendidos, la relación de estabilidad de esta grúa se puede expresar como:

$$S_G \cdot a = S_p \cdot b + S_L \cdot d \quad (1)$$

Con lo que obtenemos la mínima distancia que puede utilizarse con esa carga para que la grúa no vuelque:

$$d = S_G \cdot a - S_P \cdot b / (S_L \cdot \psi) \quad (2)$$

$\psi = 0.3$ coeficiente dinámico para grúas

Si realizamos un análisis más detallado, considerando cada una de las partes de la grúa se obtienen resultados más aproximadas a la realidad. Es bastante elevado el número de datos requeridos para determinar la condición de estabilidad de una grúa móvil. Es por ello, para poder determinar correctamente el comportamiento de la grúa frente a las cargas debe hacerse de análisis exhaustivo.

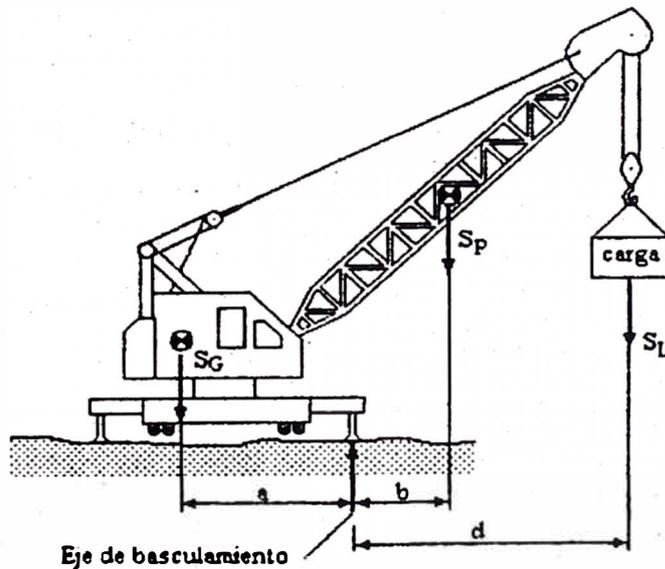


Figura 3.9 Cargas en una grúa

Fuente: Grúas / Emilio Larrodé- Antonio Miravete / Centro politécnico superior de ingenieros / Universidad de Zaragoza

Asumiendo que conocemos los siguientes datos, vamos a analizar su estabilidad:

- Se conoce el peso del vehículo portante (S_{cc}) y la distancia horizontal de su centro de gravedad al eje de rotación (d_{cc}).
- Estructura superior. Se conoce el peso de esta, incluyendo contrapesos y la distancia horizontal de su centro de gravedad al eje de rotación.
- Pluma. Se conoce el peso de cada tramo de la pluma (telescópica o en celosía) y las coordenadas de sus centros de gravedad, incluyendo los efectos de los tirantes si hay.
- Para el caso de la pluma y el plumín, la posición de los centros de gravedad se toma en términos de una distancia a lo largo de su eje longitudinal, medidos desde su base y desplazados una distancia perpendicular a dicho eje (Figura 3.10)

Normalmente es conveniente transformar las posiciones de los centros de gravedad de plumas, plumines y tramos de plumas, de coordenadas cartesianas a polares:

$$\Theta_p = \tan^{-1}(Y_p/X_p) \qquad L_p = (Y_p^2 + X_p^2)^{1/2} \qquad (3)$$

$$\mu_m = \tan^{-1}(Y_m/X_m) \qquad L_m = (Y_m^2 + X_m^2)^{1/2} \qquad (4)$$

Donde Θ_p , L_p , μ_m y L_m definen la posición del centro de gravedad de la pluma y del plumín respectivamente.

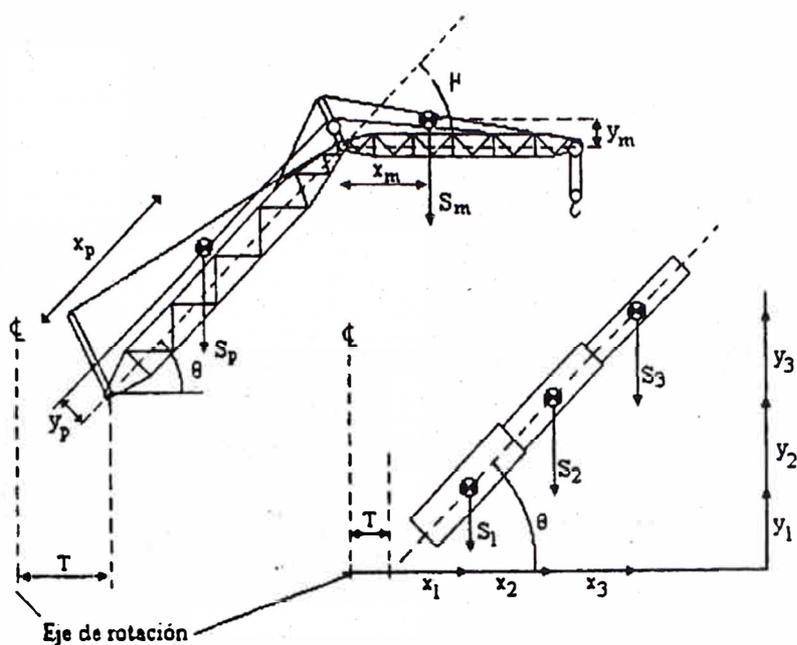


Figura 3.10 Posición de centros de gravedad

Fuente: Grúas / Emilio Larrodé- Antonio Miravete / Centro politécnico superior de ingenieros / Universidad de Zaragoza

Y en caso de la pluma telescópica:

$$\Theta_{TRI} = \tan^{-1}(Y_i/X_i) \quad L_{TRI} = (Y_i^2 + X_i^2)^{1/2} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (5)$$

Si los datos ya están en forma polar, el paso previo de conversión se omite, de esta forma podremos expresar el momento que genera la pluma alrededor del eje de rotación como:

$$M_p = S_p [T + L_p \cos(\Theta + \Theta_p)] \quad (6)$$

Y suponiendo que se monta el plumín, se obtiene un momento total de:

$$M_{pm} = M_p + S_m [T + L_p \cos\Theta + L_m \cos(\Theta - \mu + \mu_m)] \quad (7)$$

Que en caso de una pluma telescópica se simplifica a:

$$M_{TRI} = \sum_{i=1}^3 S_i [T - L_{TRI} \cos(\Theta + \Theta_{TRIP})] \quad (8)$$

La parte de la estructura de la grúa que está por encima de la giratoria se puede reemplazar matemáticamente por un momento y una carga vertical. Si llamamos S_u al peso de la estructura superior menos los pesos de las plumas y plumines (S_p , S_m , S_i), y si su centro de gravedad está localizado horizontalmente a una distancia du desde el eje de rotación, entonces el momento de esta estructura superior para el radio de operación R , incluyendo la carga que se está elevando (S_L), así como el peso de los cables suspendidos S_R , es:

$$M_u = M_p + (S_L + S_R).R.S_u.du \quad (9)$$

O en caso de estar utilizando un plumín:

$$M_u = M_{pm} + (S_L + S_{Rm}).R.S_u.du \quad (10)$$

O en caso de pluma telescópica:

$$M_u = \sum_{i=1}^3 M_{TRI} + S_L.R - S_u.du \quad (11)$$

Las cargas verticales serán para cada situación:

$$V_u = S_p + S_L + S_R + S_u \quad (12)$$

O cuando se utilice plumín:

$$V_u = S_p + S_m + S_L + S_{Rc} + S_u \quad (13)$$

O en caso de pluma telescópica:

$$V_u = \sum_{i=1} S_i + S_L + S_u \quad (14)$$

Tanto la carga vertical como el momento se suponen aplicado en el eje de rotación. En algunas ocasiones se prefiere desligar el peso del contrapeso del peso de la estructura superior, por lo que es este caso el termino $S_{u,du}$ y el termino S_u se reemplaza cada uno por dos términos.

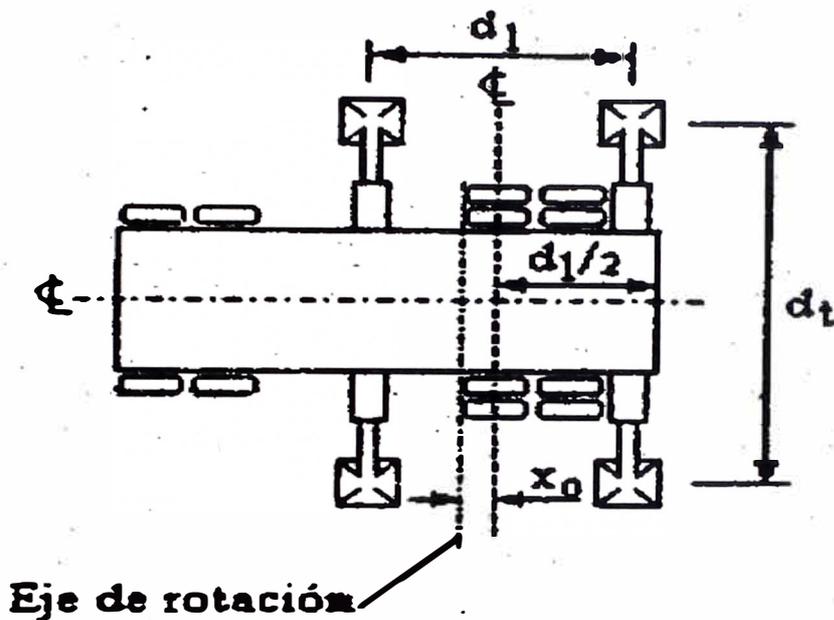


Figura 3.11 Posición de estabilizadores

Fuente: Grúas / Emilio Larrodé- Antonio Miravete / Centro politécnico superior de ingenieros / Universidad de Zaragoza

El estado normal de utilización de una grúa móvil es con los estabilizadores totalmente desplazados. Vamos a analizar el caso de una grúa móvil con solo cuatro estabilizadores. No hay razón para asumir que el centroide de los estabilizadores coincida con la proyección del eje de rotación sobre el suelo, aunque algunas grúas se fabriquen de esta manera. Para el caso que vamos a analizar supondremos que dicho eje de rotación está a

una distancia X_o del centroide de estabilizadores hacia la parte delantera, a lo largo del eje longitudinal como se puede apreciar en la figura 3.11.

Denominaremos S_{cc} al peso de la grúa móvil y estando localizado su centro de gravedad a una distancia d_{cc} más allá del centroide de los estabilizadores sobre el eje longitudinal.

El momento neto de todas las fuerzas alrededor del centroide de estabilizadores para operaciones que se realicen sobre la parte trasera de la grúa es:

$$M_{nt} = M_u + V_u \cdot X_o - S_{cc} \cdot d_{cc} \quad (15)$$

Y para operaciones que se realicen a un lado de la grúa es:

$$M_{nt} = M_u \quad (16)$$

Además de los momentos, los estabilizadores deben soportar la carga vertical.

$$V = V_u + S_{cc}$$

Tomando como d_l la distancia longitudinal entre los estabilizadores y d_t la distancia transversal entre estabilizadores, como se ve en la figura (10.11), para operaciones sobre la parte trasera de la grúa, cada estabilizador soportara:

$$P = V/4 \pm M_{nt} / 2 \cdot d_l \quad (17)$$

Donde el segundo término de la ecuación anterior se suma para las reacciones de los estabilizadores traseros y se resta para las reacciones de los estabilizadores delanteros.

En caso de estar realizando operaciones en un lado de la grúa, la distribución no es uniforme, debido a la excentricidad tanto del peso de la grúa móvil como de los pesos que están elevados. Llamaremos P_{dp} a la reacción del estabilizador delantero en el lado de la pluma, y P_{dc} a la reacción del estabilizador delantero en el lado del contrapeso. De

la misma manera las reacciones de los estabilizadores traseros en el lado de la pluma y del contrapeso los denominaremos **Ptp** y **Ptc** respectivamente. En este caso tendremos:

$$Pdp = V/4 + Mnl/2dt + (Sgc.dgc + Vu.Xo)/ 2dl \quad (18)$$

$$Pdc = V/4 - Mnl/2dt + (Sgc.dgc + Vu.Xo)/ 2dl \quad (19)$$

$$Ptp = V/4 + Mnl/2dt + (Sgc.dgc + Vu.Xo)/ 2dl \quad (20)$$

$$Ptc = V/4 - Mnl/2dt + (Sgc.dgc + Vu.Xo)/ 2dl \quad (21)$$

El modelo por lo tanto expresa que cada estabilizador soporta un reparto equitativo de la carga vertical, una contribución del momento transversal y una contribución del momento longitudinal. Los valores numéricos de la contribución de cada momento permanece constante (para un caso particular de carga, radio de operación y posición de la pluma relativa al eje longitudinal), solo si cambian los signos. El mismo tipo de distribución sucede durante el más complejo de los casos de operación, que ocurre cuando la pluma está a un cierto ángulo del eje longitudinal de la grúa. Sea α el ángulo horizontal entre la pluma y el eje longitudinal de la grúa medido desde la parte trasera.

En este caso:

$$Mnt = Mu \cos \alpha - Vu.Xo - Sgc.dgc \quad (22)$$

$$Mnl = Mu \sin \alpha \quad (23)$$

Donde Mnt es la porción del momento neto actuando sobre la parte trasera y Mnl es la porción del momento neto actuando sobre el lateral. Cuando estos momentos se distribuyen individualmente los estabilizadores junto con la carga vertical, las reacciones de los estabilizadores llegaran a ser:

$$Pdp = V/4 + (Mnl/dt - Mnt/dl)/2 \quad (24)$$

$$P_{dc} = V/4 - (M_{nl}/dt + M_{nt}/dl)/2 \quad (25)$$

$$P_{tp} = V/4 + (M_{nl}/dt - M_{nt}/dl)/2 \quad (26)$$

$$P_{tc} = V/4 - (M_{nl}/dt + M_{nt}/dl)/2 \quad (27)$$

Las ecuaciones anteriores dan las cargas sobre los estabilizadores para cualquier orientación de la pluma. Al manejar cargas con grandes radios, es usual que el valor que se obtiene al calcular, de una de las reacciones de los estabilizadores sea negativa, esto significa que la grúa se levanta libremente en uno de los estabilizadores, es decir pierde el contacto con el suelo (cuando el número de reacciones negativas en los estabilizadores es dos, significa que la grúa está en proceso de basculamiento, o lo que es lo mismo que puede pivotar y volcar).

Fuente: Grúas / Emilio Larrodé- Antonio Miravete / Centro politécnico superior de ingenieros / Universidad de Zaragoza.

3.1.5.3 Grúas móviles para el proyecto

Los conceptos anteriormente descritos nos permiten seleccionar las grúas y equipos más adecuados para el proyecto en función de la magnitud de las cargas a izar.

En la industria de la construcción en la actualidad los equipos estáticos y rotativos que se instalan en las plantas petroleras, petroquímicas, industriales, mineras y marinas, son de grandes dimensiones y peso, hay equipos que superan los 100 metros de altura y pesos mayor a 1000 toneladas. Estas necesidades han hecho que los equipos requeridos para los izajes y de transportes sean de grandes dimensiones, realizándose izajes con grúas y las torres modulares de levantamiento. La selección del equipo ideal para realizar el trabajo requiere de un análisis de costos y alternativas, tomando en cuenta las

características del equipo, área de montaje, disponibilidad de equipos de la empresa contratista, y la disponibilidad de equipos en el mercado, todo estos factores hay que relacionarlo con el tiempo de ejecución del montaje que solicita el cliente. Generalmente los equipos pesados son los primeros equipos que se montan, después de instalado el equipo, la otras disciplinas inician sus actividades o las que se paralizaron por razones del montaje también continúan.

Para el montaje de la columna se utilizaron las grúas disponibles en el mercado.

- Grúa sobre camión P&H modelo 9125 de 140 ton de capacidad.
- Grúa sobre camión Terex modelo RT - 190 de 90 ton de capacidad
- Grúa sobre Telescópica Bandam T-788 de 30 ton de capacidad
- Grúa sobre orugas Manitowoc 4000W de 150 ton de capacidad.
- Torre de izaje
- Climber hidráulico Bygging – Uddemann T15 – S - 18.

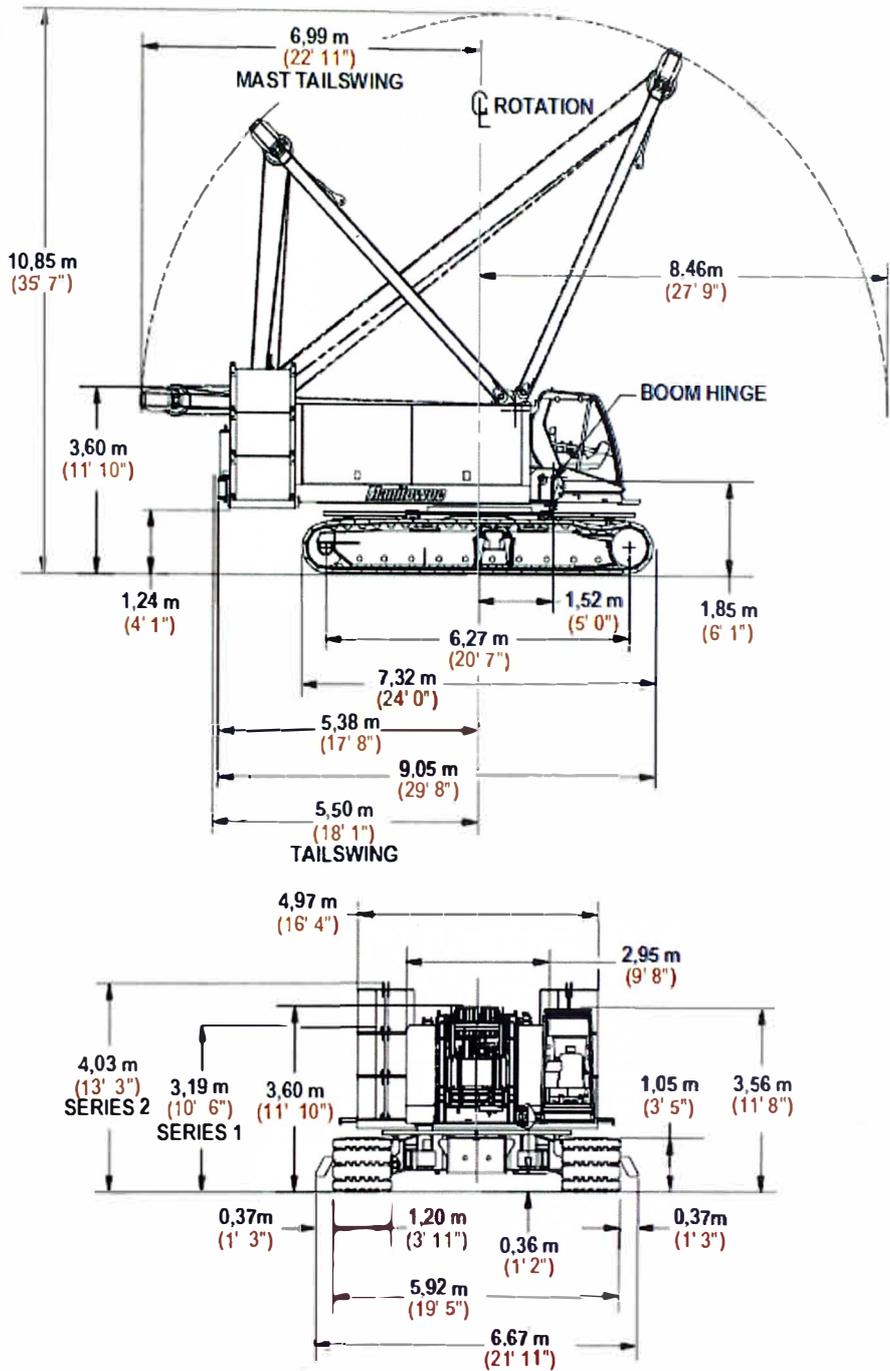


Figura 3.12 Grúa Manitowoc 150 ton de capacidad

Fuente: Product guide crane Manitowoc model 555 / Pagina 6

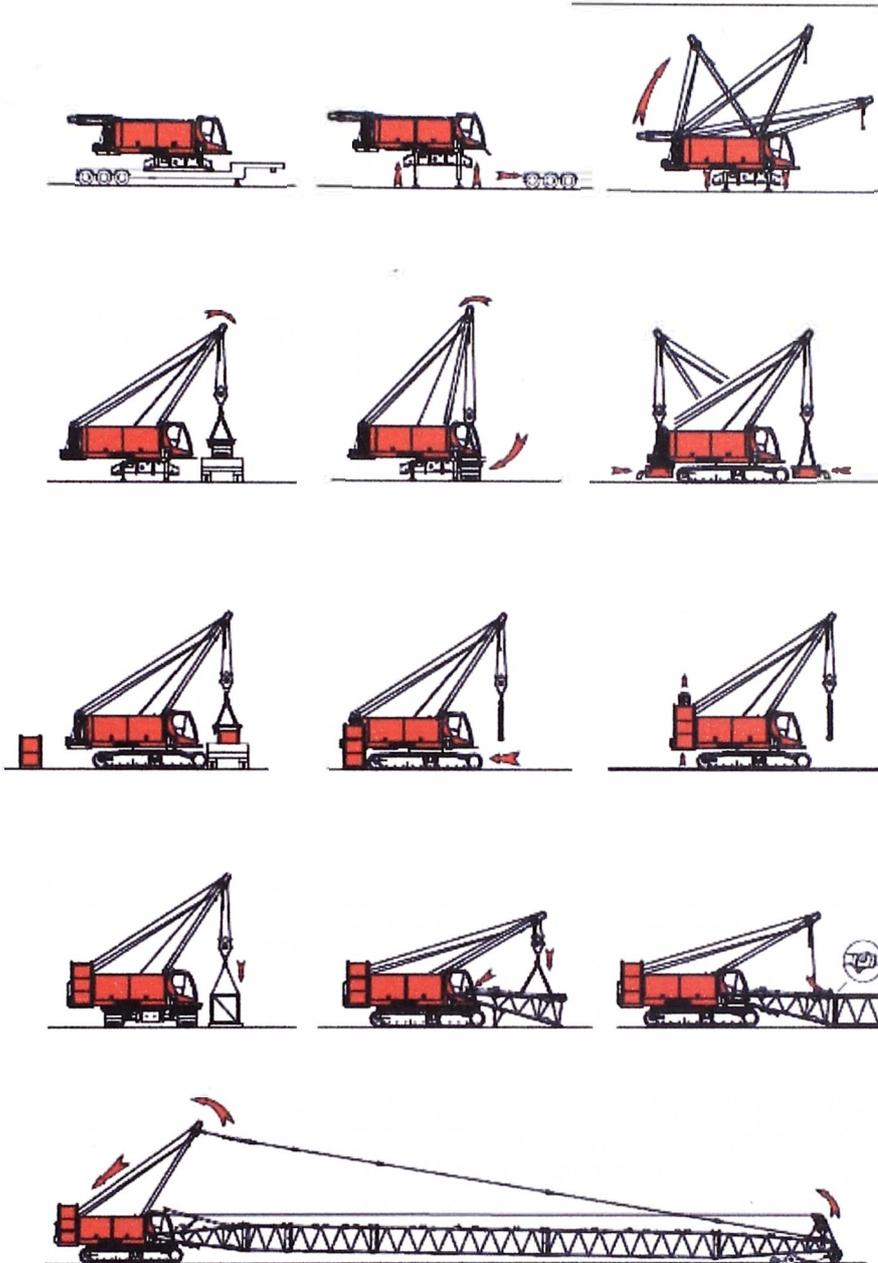


Figura 3.13

Ensamble grúa Manitowoc de 150 ton de capacidad

Fuente: Product guide crane Manitowoc model 555 / Pagina 13

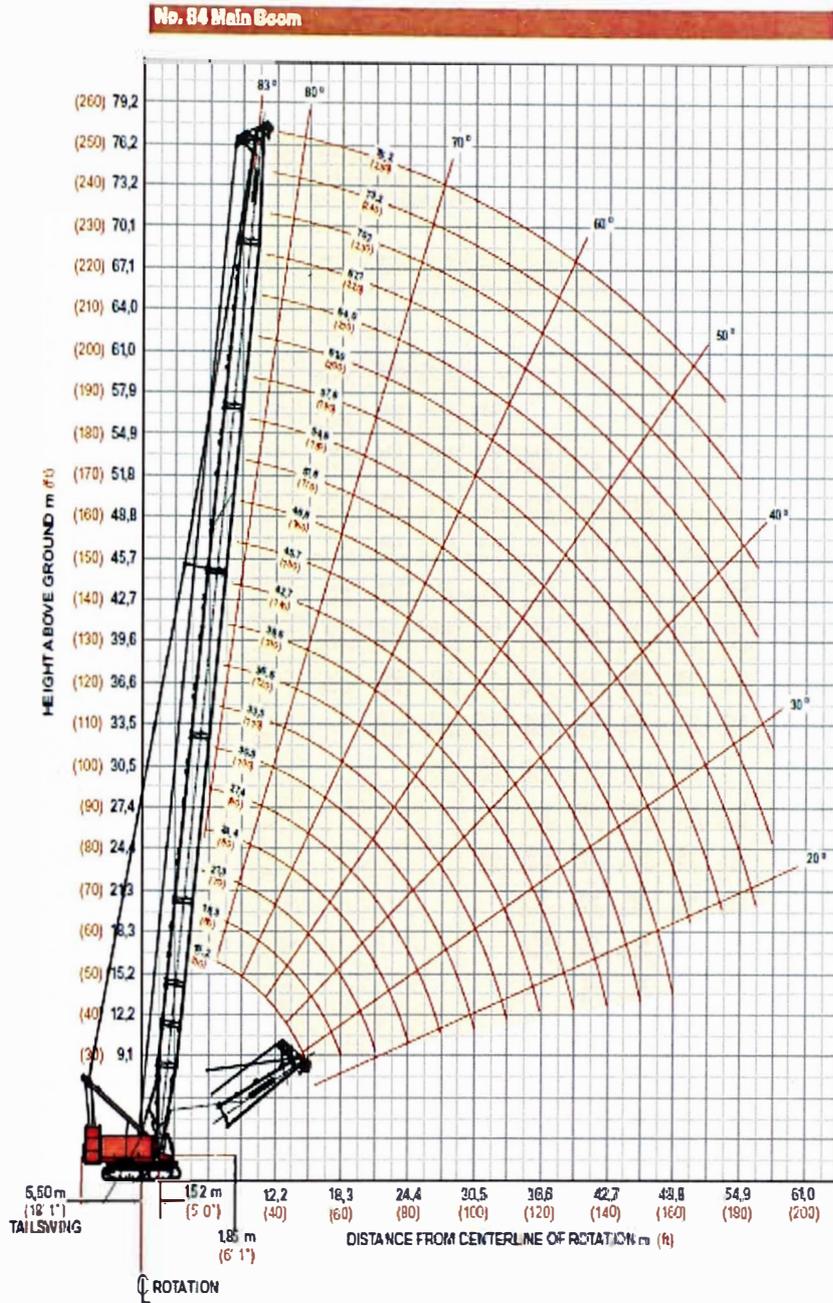


Figura 3.14 Rangos de altura pluma principal

Fuente: Product guide crane Manitowoc model 555 / Pagina 14

heavy-lift load charts

24

Fixed Jib No. 134 on Heavy-Lift Boom No. 84

Jib Length in (ft)	Deduct from Capacity when fixed jib is attached kg (lb)
0,1 (30)	1 170 (3,900)
12,2 (40)	2 130 (4,700)
15,3 (50)	2 540 (5,600)
18,3 (60)	2 090 (5,600)
21,3 (70)	3 450 (7,600)
24,4 (80)	3 050 (8,700)

Deduct 590 kg (1,300 lb) from capacities when upper boom point is attached.

el 555

Liftcrane Boom Capacities - Series 2												
Boom No. 84												
44 678 kg (98,500 lb) Upperworks Counterweight 19 958 kg (44,000 lb) Carbody Counterweight												
360° Rating kg (lb) x 1 000												
Boom m (ft)	15,2 (50.0)	18,3 (60)	21,3 (70)	27,4 (90)	33,5 (110)	39,6 (130)	45,7 (150)	51,8 (170)	57,9 (190)	64,0 (210)	70,1 (230)	76,2 (250)
Radius												
4,6 (15)	136,0 (300,0)	135,6 (299,0)										
5,0 (17)	125,0 (266,5)	125,0 (266,4)	123,7 (266,2)									
6,0 (20)	104,9 (228,0)	104,0 (227,0)	104,0 (227,7)	100,3 (220,4)								
7,0 (24)	88,3 (170,9)	88,7 (180,6)	88,6 (180,9)	88,9 (181,1)	84,0 (181,3)							
8,0 (28)	70,9 (141,9)	71,2 (142,5)	71,3 (142,8)	71,4 (142,9)	71,5 (143,0)	68,6 (142,8)	61,8 (133,6)					
9,0 (32)	59,4 (116,6)	59,7 (117,1)	59,8 (117,4)	59,8 (117,4)	59,8 (117,5)	58,0 (117,3)	51,5 (116,0)			51,5 (116,3)		
11,0 (36)	44,5 (98,5)	44,7 (99,0)	44,8 (99,2)	44,8 (99,3)	44,8 (99,3)	44,7 (99,0)	44,6 (98,7)	44,4 (98,3)	40,8 (90,2)	36,0 (79,5)		
12,0 (40)	30,3 (84,9)	30,6 (85,4)	30,7 (85,6)	30,7 (85,7)	30,6 (85,6)	30,5 (85,3)	30,4 (85,0)	30,2 (84,6)	30,7 (84,2)	34,5 (75,6)	30,3 (66,3)	
15,0 (50)	28,7 (62,0)	29,0 (62,9)	29,1 (63,0)	29,1 (63,0)	29,0 (62,9)	28,8 (62,6)	28,8 (62,2)	28,6 (61,7)	28,4 (61,3)	28,4 (60,7)	26,6 (58,1)	21,9 (47,9)
18,0 (60)		22,4 (48,5)	22,6 (48,9)	22,7 (49,0)	22,6 (48,8)	22,5 (48,6)	22,3 (48,2)	22,1 (47,7)	21,8 (47,2)	21,6 (46,6)	21,4 (46,1)	18,0 (41,4)
20,0 (70)			19,5 (39,2)	19,6 (39,5)	19,6 (39,4)	19,4 (39,0)	19,2 (38,7)	19,0 (38,1)	18,7 (37,7)	18,5 (37,1)	18,2 (36,5)	17,2 (35,4)
24,0 (80)				15,0 (32,5)	15,0 (32,5)	14,8 (32,2)	14,7 (31,8)	14,4 (31,2)	14,3 (30,8)	14,0 (30,2)	13,7 (29,6)	13,4 (28,9)
26,0 (90)					13,3 (27,2)	13,4 (27,3)	13,2 (27,0)	13,0 (26,6)	12,8 (26,0)	12,6 (25,5)	12,3 (24,0)	11,8 (23,7)
30,0 (100)						10,7 (23,2)	10,6 (22,9)	10,4 (22,5)	10,2 (21,9)	10,0 (21,5)	9,7 (20,8)	9,4 (20,2)
32,0 (110)							9,7 (19,8)	9,5 (19,5)	9,4 (19,2)	9,1 (18,7)	8,9 (18,2)	8,6 (17,5)
36,0 (120)								7,8 (16,8)	7,7 (16,5)	7,4 (15,9)	7,2 (15,5)	6,9 (14,8)
38,0 (130)									7,1 (14,4)	6,9 (13,7)	6,5 (13,2)	6,2 (12,6)
42,0 (140)										5,7 (12,2)	5,5 (11,7)	5,0 (10,6)
44,0 (150)											5,3 (10,5)	4,9 (9,6)
48,0 (160)												4,0 (8,6)
50,0 (170)												
54,0 (180)												
56,0 (185)												

Figura 3.15 Tabla de cargas grúa Manitowoc 150 ton capacidad

Fuente: Product guide crane Manitowoc model 555 / Pagina 24

3.1.6 Montajes con Torres de izaje

El montaje con las torres modulares de levantamiento (Torre auxiliar de izaje o **torre de izaje**), se realizan para montar equipos de grandes dimensiones, donde el área de montaje son restringidos, y de acuerdo al análisis técnico que se realice del entorno del proyecto, en algunos casos el empleo de una grúa de gran tonelaje es conveniente para el proyecto, si se realizarán varios montajes con la grúa, y así justificar el costo del transporte. En otros casos se decide utilizar una grúa de menor capacidad y utilizar el izaje con la torre de izaje. En nuestro proyecto se decide por el empleo de la torre de izaje, por la disponibilidad de los equipos de parte de la contratista y por qué existían varios izajes similares, dos montajes continuos y un tercer montaje para una fecha programada durante una parada de planta. Para nuestro caso se utiliza una grúa de oruga de 150 Toneladas de capacidad que será la grúa de cola, para el montaje de la torre de izaje se utilizara una grúa de 140 toneladas.

3.1.6.1 Consideraciones para el diseño de una torre de izaje

En el presente informe haremos una referencia a la consideraciones para el diseño de la torre, no desarrollaremos el tema del diseño por considerarlo que por la extensión del tema ya requiere ser tratado en otro informe, haremos nuestra descripción desde el punto de vista del montaje de la columna de vacío. Una torre de izaje es una estructura diseñada según las condiciones y dimensiones del equipo a instalar, En nuestro caso servirá para verticalizar, izar la columna de vacío y llevarla a su posición sobre la fundación. La torre será diseñada considerando que será empleado para el montaje de

la columna de Visbreaking y el desmontaje y montaje de los módulos de convección del horno (Unidad de destilación Primaria).

El diseño de la estructura de acero se basa en las disposiciones de la norma AISC-ASD-1989: "Diseño por tensiones admisibles" del American Institute of Steel Construction.

Se diseñara la estructura para soportar las cargas de izaje: Peso propio equipo, peso propio estructura, impactos de izaje y se verificara la estructura para soportar sobrecargas de viento antes y durante el montaje.

3.1.6.2 Cargas de diseño

El peso total del equipo a izar es de 125 Ton. La estructura se calculara para izar este peso aumentado en un 20% para tomar en cuenta el impacto vertical debido al izaje y se añadirá una fuerza lateral en dirección del movimiento del equipo de un 10% de la suma del peso del equipo + el impacto vertical para modelar el efecto longitudinal del movimiento del carro de traslación.

- Cargas en sentido longitudinal a la estructura

Debido al movimiento traslacional del carro se analizara la estructura con las cargas antes mencionadas colocadas en las posiciones que se indican más adelante.

- Cargas en sentido transversal de estructura

En el sentido transversal se verificara la estructura para una presión básica de viento de 12 Kg/m² (equivalente a una velocidad de 50 Km/h) en la base de la estructura, que se distribuirá en altura conforme disposiciones de la norma chilena de sobre cargas de viento sobre las construcciones para estructuras en campo abierto sin información estadística de velocidad máxima instantánea de viento.

Adicionalmente se chequeara la estructura sin la columna de vacío para una velocidad de viento de 70 Km/h (a nivel Basal).

- Materiales usados

Acero estructural ASTM A – 36 ($F_y = 2.53 \text{ Ton / m}^2$)

Soldadura Filete E70XX (AWS) ($F_v = 1.47 \text{ Ton / m}^2$)

Pernos ASTM A-325

Suelo con tensión admisible 60 Ton/m²

Hormigón H-30 para fundaciones

Pernos de anclaje A42-23 ($F_y = 2.3 \text{ Ton / m}^2$)

Cables tipo cascabel alma de acero (Tipo Prodinsa)

Tensor tipo crosby

- Normas usadas

AISC-ASD-1989 : “Diseño Acero por tensiones admisibles”

Nch 427.Of: : “Diseño de estructuras de acero”

Nch 432.Of.71 : “Calculo de la acción del viento sobre las construcciones”

3.1.6.3 Cálculos de los templadores

Los templadores son instalados para contrarrestar las fuerzas originadas por el viento, en la estructura de la torre y en el equipo a instalar. Se establece que los cables inicialmente están sometidos solamente a su peso propio. Por lo tanto la curva característica que adopta cada templador es un segmento de catenaria. Con las condiciones de borde del sistema se define la curva y los esfuerzos en los extremos de los templadores. Estos esfuerzos deben ser superpuestos a los obtenidos de las combinaciones de carga del

modelo estructural para poder dimensionar los muertos de hormigón de anclaje de los cables. Los cables se anclan a los muertos mediante un tensor, el que a su vez se conecta a una oreja. Esta oreja se suelda una placa base anclada al muerto de hormigón con dos pernos de anclaje. La línea central de cada oreja debe ser colineal con la orientación de cable correspondiente. En algunos proyectos a criterio del proyectista, no se utilizan los templadores. Está en función a la tecnología desarrollada por cada empresa especializada en izajes pesados utilizando los gatos hidráulicos y una torre de izaje. Ver figura 3.18 Ubicación de templadores.

3.1.6.3.1 Ecuación de la catenaria

Para el cálculo de los templadores haremos uso de la ecuación de la catenaria, adaptando los datos con las dimensiones de la torre y valores del peso del cable seleccionado.

Si un cable flexible homogéneo o una cadena están suspendido entre dos puntos fijos a la misma altura, forma una curva llamada catenaria (fig.a). Además, se puede colocar una catenaria en un sistema coordenado, de modo que la ecuación toma la forma:

$$y = a \cosh\left(\frac{x}{a}\right)$$

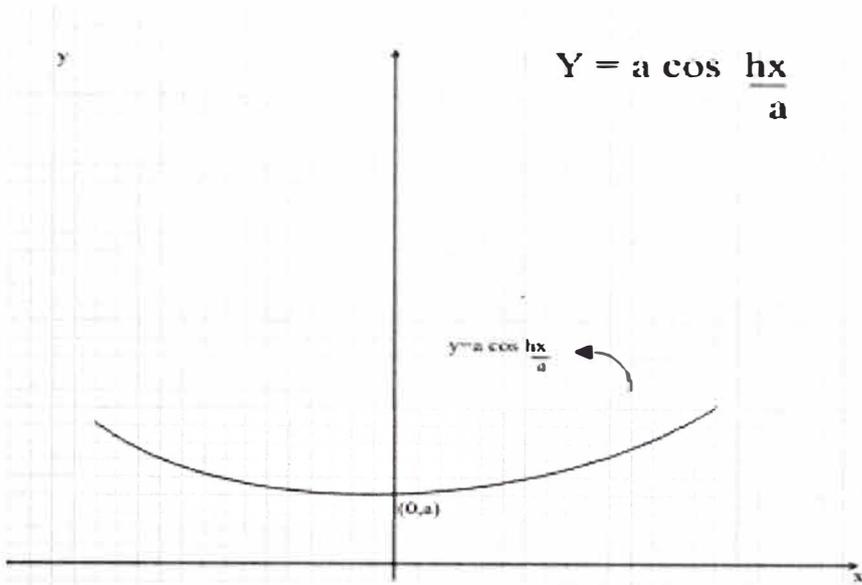


Figura a

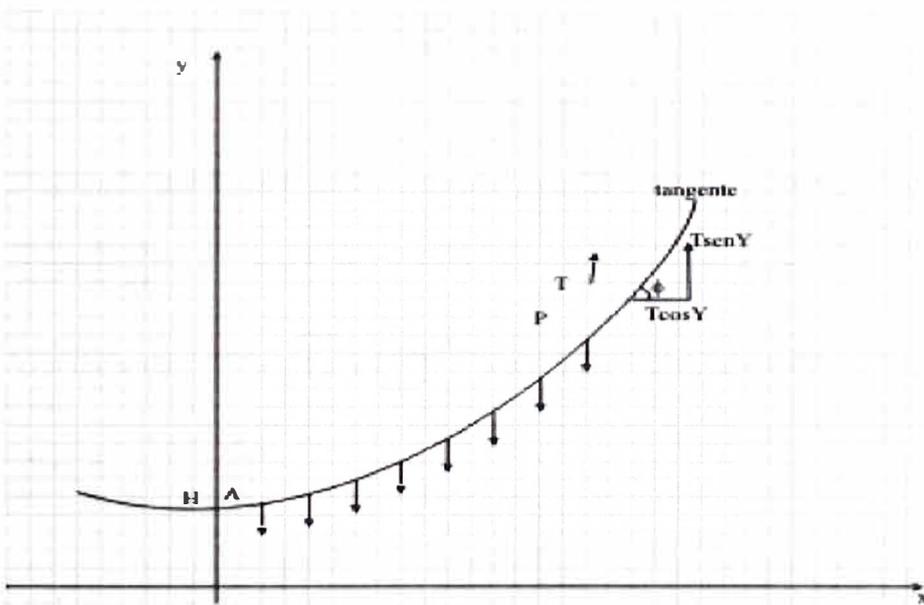


Figura (b)

Para deducir la ecuación de la catenaria se considera la sección AP del punto más bajo A al punto P(x,y) (fig. b), e imaginemos que ha sido retirada la parte restante del cable.

Las fuerzas que actúan sobre el cable son:

H: Tensión horizontal que tira de A.

T: Tensión tangencial que tira de P.

W: δS : peso del cable cuya densidad es δ libra/pie.

S = longitud del cable

Para que la porción de cable esté en equilibrio se debe cumplir que

$$T \cos \varphi = H \quad (1)$$

$$T \sin \varphi = W = \delta S \quad (2)$$

De (1) y (2) se deduce que:

$$\frac{T \sin \varphi}{T \cos \varphi} = \tan \varphi = \frac{\delta S}{H}$$

$$\text{Dado que } \tan \varphi = \frac{dy}{dx}, \text{ se obtiene } \frac{dy}{dx} = \frac{\delta}{H} S \quad (3)$$

S (es función de x)

Derivando nuevamente ambos miembros de (3) con respecto a X, se obtiene:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\delta}{H} \cdot \frac{dS}{dx}$$

Y como como $\frac{dS}{dx} = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}$, la última ecuación se puede escribir como

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\delta}{H} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \quad (4)$$

Demostraremos ahora que $y = a \cosh\left(\frac{x}{a}\right)$ satisface la ecuación diferencial (4) para

$$a = \frac{H}{\delta}$$

En efecto :

Si $y = a \cosh\left(\frac{x}{a}\right) = \frac{H}{\delta} \cosh\left(\frac{\delta}{H} \cdot x\right)$, entonces.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{H}{\delta} \cdot \text{Senh}\left(\frac{\delta}{H} \cdot x\right) \cdot \frac{\delta}{H} = \text{Senh}\left(\frac{\delta}{H} \cdot x\right)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d}{dx} \cdot \left(\frac{dy}{dx}\right) = \frac{d}{dx} \cdot \left(\text{Senh}\frac{\delta}{H} \cdot x\right) = \text{Cosh}\left(\frac{\delta}{H} \cdot x\right) \cdot \frac{\delta}{H}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\delta}{H} \cdot \text{Cosh}\left(\frac{\delta}{H} \cdot x\right)$$

Pero, de la identidad: $\text{Cosh}^2\left(\frac{\delta}{H} \cdot x\right) - \text{Senh}^2\left(\frac{\delta}{H} \cdot x\right) = 1$ y teniendo en cuenta que

Cosh es mayor o igual a 1. Se deduce que:

$$\text{Cosh}\left(\frac{\delta}{H} \cdot x\right) = \sqrt{1 + \text{Senh}^2\left(\frac{\delta}{H} \cdot x\right)}$$

Asi que:
$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\delta}{H} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}$$

3.1.6.3.2 Cálculo de fuerzas en los templadores

Asignando valores a la ecuación, según la geometría de la torre obtenemos el siguiente procedimiento de cálculo.

- Peso propio del cable Ø 1 1/4": $q = 4.32 \text{ Kg/m}$
Cable cascabel AA 6x36 (14/7+7/7/1) Prodinsa
- Fuerza horizontal H en punto 1: Ver Figura 3.16
 $H = q \cdot C = 1,000.00 \text{ Kg}$ (suponiendo una tensión inicial)
 $C = H/q = 231.5 \text{ m}$
- Ecuación de la catenaria a utilizar: $y = C \cdot \text{Cosh}\left(\frac{x}{C}\right)$
- Relacionando los puntos (1) y (2):

Ordenada en punto (2): $y(L) = 231.5 \operatorname{Cosh}\left(\frac{L}{231.5}\right)$

Ordenada en Punto (1): $y(L - 30) = 231.5 \operatorname{Cosh}\left(\frac{L-30}{231.5}\right)$

Por condición geométrica: $y(L) - y(l - 30) = 60$

- Reemplazando valores:

$$231.5 \operatorname{Cosh}\left(\frac{L}{231.5}\right) - 231.5 \operatorname{Cosh}\left(\frac{L-30}{231.5}\right) = 60$$

$$\operatorname{Cosh}\left(\frac{L}{231.5}\right) - \operatorname{Cosh}\left(\frac{L-30}{231.5}\right) = \frac{60}{231.5} = 0.2592$$

- Resolviendo asumiendo valores para $L = 349.0$ m

$$\operatorname{Cosh}\left(\frac{349.0}{231.5}\right) - \operatorname{Cosh}\left(\frac{349.0-30}{231.5}\right) = 0.2592 \quad \text{OK cumple}$$

Valor de L obtenido $L = 349.00$ m

- Coordenada para Punto (1):

$$x_1 = L - 30 = 349 - 30 = 319.00 \text{ m}$$

$$y_1 = y(L - 30) = 231.5 \operatorname{Cosh}\left(\frac{349.0-30}{231.5}\right) = 488.35 \text{ m}$$

- Coordenadas punto (2):

$$x_2 = x(L) = L = 349.0 \text{ m}$$

$$y_2 = y(L) = 488.50 + 60.00 = 548.35 \text{ m}$$

- Coordenada promedio:

$$x\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) = \left(\frac{319.00 + 349.00}{2}\right) = 334.00 \text{ m}$$

$$y(334) = 231.5 \operatorname{Cosh}\left(\frac{334.0}{231.5}\right) = 517.26 \text{ m}$$

- Esfuerzos en puntos extremos (1) y (2): Ver Figura 3.17

Punto 1:

Longitud del cable:

$$S1 = C \operatorname{Senh}\left(\frac{x}{c}\right) = 231.5 \operatorname{Senh}\left(\frac{319.0}{231.5}\right) = 430.0 \text{ m}$$

Carga vertical:

$$V1 = q \cdot S1 = 4.32 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right) \times 430.00 \text{ m} = 1,857.61 \text{ Kg}$$

$$T1 = q \cdot y1 = 4.32 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right) \times 488.35 \text{ m} = 2,109.67 \text{ Kg}$$

$$H^2 = T1^2 - V1^2$$

$$H = \sqrt{T1^2 - V1^2} = \sqrt{2,109.67^2 - 1,857.61^2} = 1,000.00 \text{ Kg} \quad \text{OK coincide H}$$

Punto 2:

$$S2 = 231.5 \operatorname{Senh}\left(\frac{349}{231.5}\right) = 497.09 \text{ m}$$

$$V2 = q \cdot S2 = 4.32 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right) \times 497.09 \text{ m} = 2,147.41 \text{ Kg}$$

$$T2 = q \cdot y2 = 4.32 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right) \times 548.35 \text{ m} = 2,368.83 \text{ Kg}$$

$$H^2 = T2^2 - V2^2$$

$$H = \sqrt{T2^2 - V2^2} = \sqrt{2,368.83^2 - 2,147.41^2} = 1,000.00 \text{ Kg} \quad \text{OK coincide H}$$

- Longitud total de los templadores: Ver figura 3.17

$$Lt = S2 - S1 = 497.09 - 430.00 = 67.09 \text{ m}$$

Las componentes de tensión inicial de 2,109 Kg obtenidas en el punto 1 se deben superponer en las cargas sobre los muertos de hormigón del modelo estructural.

Fuente: Procedimiento montaje columna vacío Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

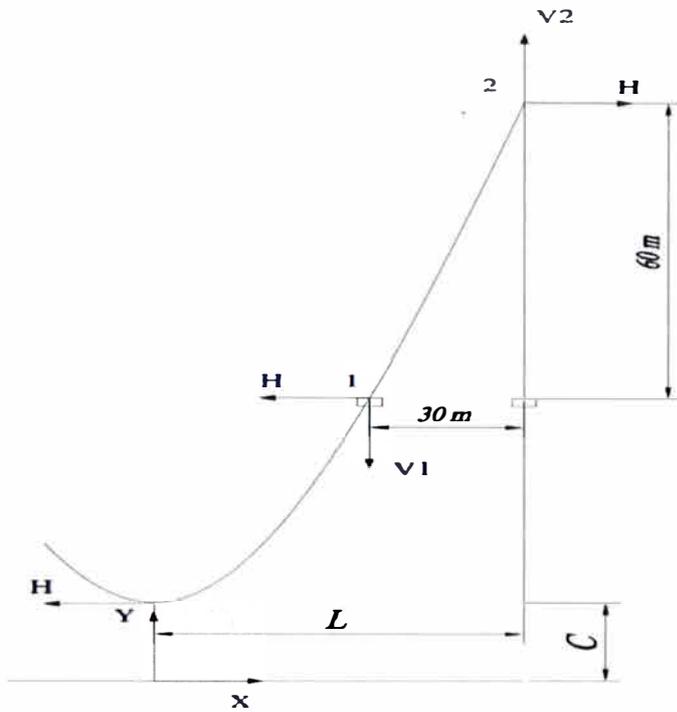


Figura 3.16 Curva típica cables

Fuente: Procedimiento montaje columna vacío Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

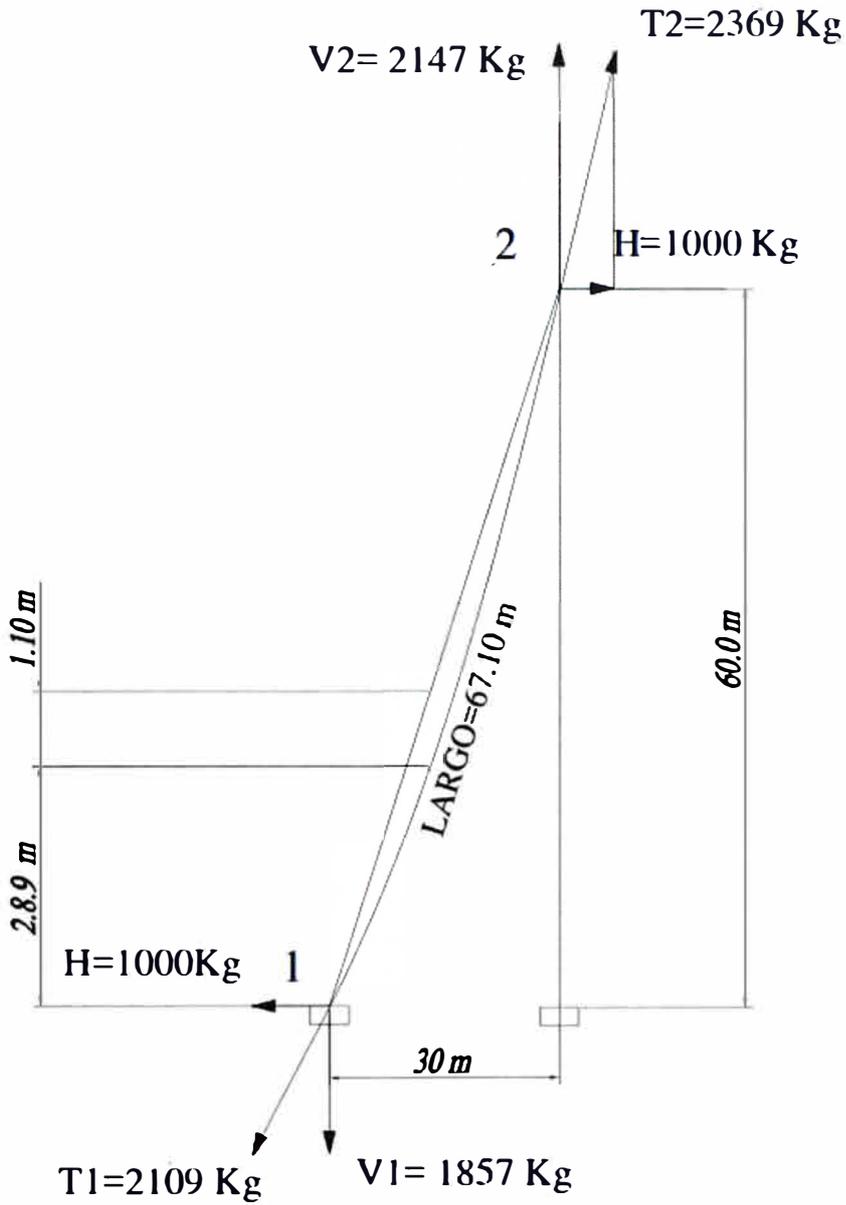


Figura 3.17 Componentes de fuerza

Fuente: Procedimiento montaje columna vacío Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva

Ch.

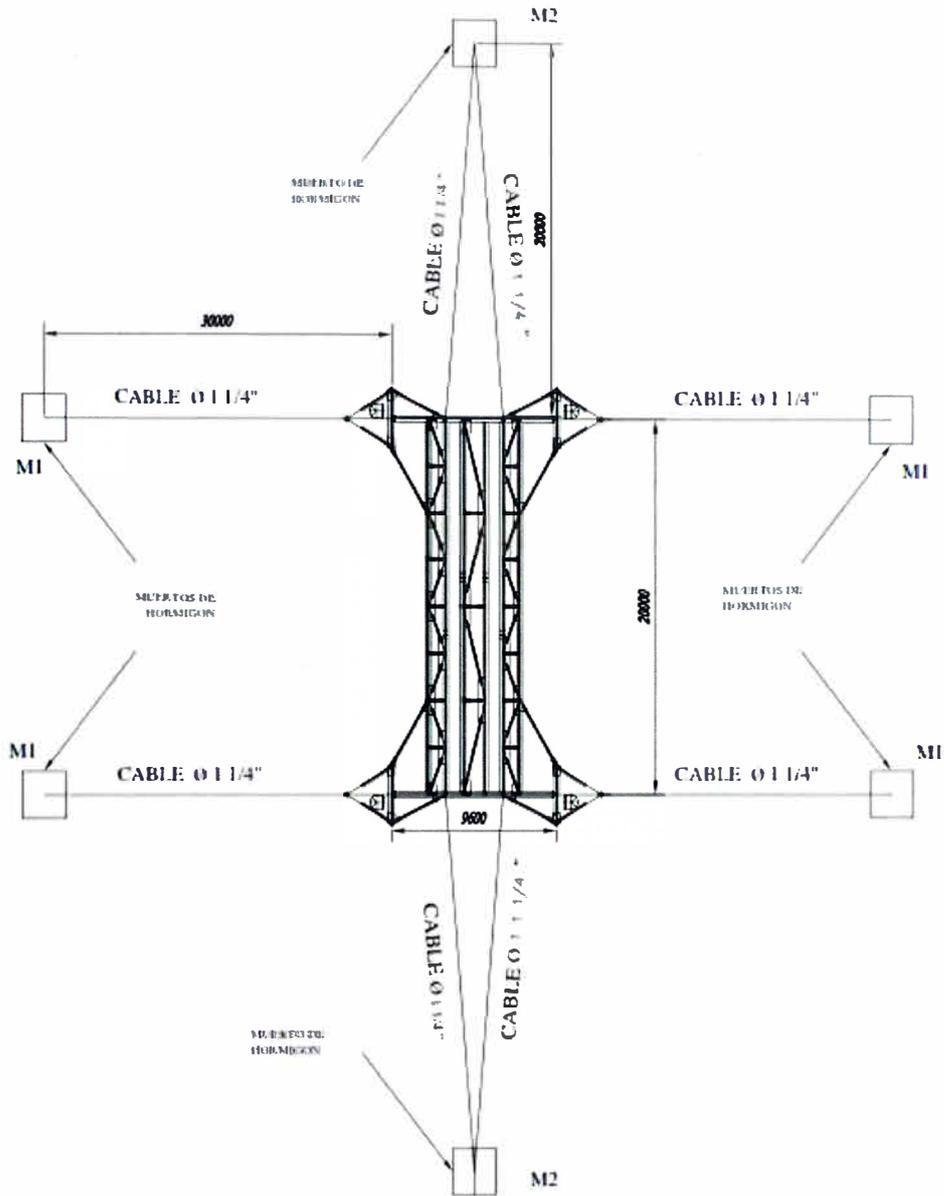


Figura 3.18 Ubicación de Templadores

Fuente: Procedimiento montaje columna vacío Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

CAPITULO IV

UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA

4.1 INTRODUCCION

Para realizar el izaje del equipo se utilizó el sistema de gatos hidráulicos (Climbers). El equipo utilizado en el proyecto es del fabricante Bygging &Uddemann AB, modelo ST15-S18-OLP89-UD, de propiedad de la contratista utilizados en montajes similares en otros proyectos. Este método de izaje ofrecido fue un factor determinante para conseguir la buena pro en el proceso de licitación. En la figura 4.1 Indicamos el principio de funcionamiento de los gatos hidráulicos.

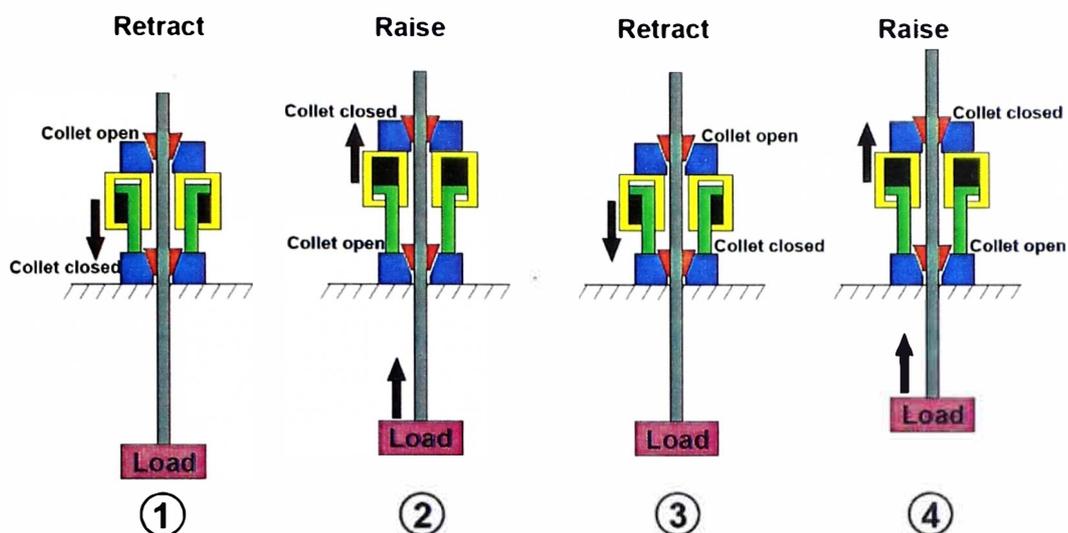


Figura 4.1: Principio de funcionamiento gatos hidráulicos Fuente: Strand Jacks in the construction industry / Colin Chapman / Integrated solutions manager / Enerpac Australia

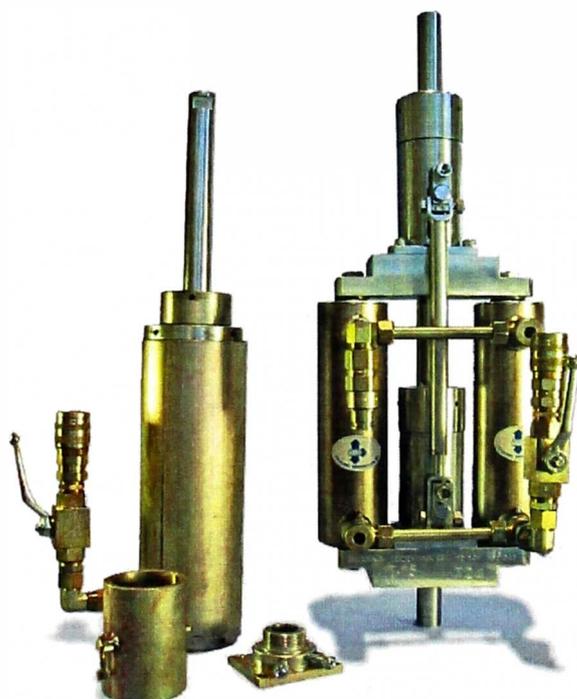


Figura 4.2 Climber hidráulico T 15 - S -18

Fuente: Manual hydraulic climbers T15-S-18 / Bygging – Uddemann

4.1.1 Descripción del equipo a utilizar

El alcance de este documento es que sirva como guía para emplear este sistema en maniobras normales de izaje de carga pesada.

4.1.2 Documentos de referencia (No incluidos)

Planos 1D-2552-1, 1D-2552-20 y 2d-2562-1

Gear pump Unit GP 7+2.20.160 Drawing P20066

Hydraulic Climbers T15-S Useris Handbook

4.1.3 Definiciones y abreviaturas

Hidraulic climbers: Sistema para izaje y descenso de carga, basado en un mecanismo de cilindros hidráulicos y cuñas que traban y sueltan alternadamente un strand (cable) fijado a la carga a izar.

Strand: Cables semirrígidos constituidos por hebras trenzadas que se emplean para izar la carga mediante los hidraulic climbers.

Gear Pump Unit GP 7: Central hidráulica compuesta por un sistema de almacenamiento de aceite hidráulico, dos bombas y un cuadro de válvulas de tres vías, las cuales sirven para suministrar el flujo hidráulico a cada una de las funciones de operación de los hidraulic climbers.

Overload Protector (OLP): Protector de sobre carga que consiste en un cilindro hidráulico adosado a la parte inferior de cada hidraulic climber. Este sistema permite la

ecualización o nivelación de cargas mediante la transferencia de fluido hidráulico entre tres grupos de cilindros.

OLP Pannel: Panel de regulación de los overload protector, compuesto por un cuadro de válvulas reguladoras de presión y manómetros para cada conjunto de cilindros.

UD-device: Dispositivo de actuación mecánica que sirve para invertir la operación de los hidraulic climber, lo que permite realizar descensos de carga.

Load anchor: Dispositivo de anclaje de carga, compuesto por cunas que se traban contra el strand.

Circuito A: Circuito de bombeo que permite extender los pistones del conjunto de climbers, produciendo el izaje de la carga.

Circuito B: Circuito de bombeo para la retracción de pistones del conjunto de climbers, el cual permite reiniciar una nueva carrera de izaje. En combinación con las bielas (UD-device) se produce un cambio en el ciclo de trabajo, consiguiéndose con esto un descenso controlado de la carga suspendida (ver figura circuito B).

Circuito de los OLP: Circuito expuesto a una presión preconcebida (de acuerdo al peso de la carga), el cual permite independizar los OLP en tres conjuntos, controlados desde un panel de control. Cada uno de estos conjuntos se gobierna desde una válvula reguladora de presión, logrando con esto un balanceo de la carga al momento del izaje. Al ser mayor la carga en alguno de los puntos de izaje, traspasa el excedente hidráulico a los otros cilindros, produciendo con esto el efecto ecualizador.

Soportes de detención: cuando el equipo de izaje va estar detenido por un periodo, durante hora de almuerzo, descanso de un día para otro, etc.). Este debe dejarse sobre los soportes de detención. Estos consisten en unas medias cañas que se instalan entre los cilindros hidráulicos de los OLP y la estructura soportante. No se debe dejar la carga suspendida bajo el efecto de la presión hidráulica en los climbers.

4.1.4 Descripción del sistema

El sistema de izaje, está compuesto principalmente por:

Bomba hidráulica GP7+220.160 de 20 L/min de capacidad

Bomba hidráulica HP2.20 de 20/40 L/min de capacidad

16 gatos de izaje de 12 ton de capacidad cada uno, los que en total resultan 192 ton de capacidad.

Conjunto de rollos de cables (strand) de diámetro 18 mm

Conjunto de mangueras de alta presión (AP), conexiones rápidas, elementos de anclaje, repuestos, aceite hidráulico, lubricantes, etc.

4.1.4.1 Descripción general del sistema de izaje.

Equipo: T15-S18- OLP89-UD

La central hidráulica impulsa aceite hacia la válvula principal de tres vías y a través de mangueras flexibles. Este llega a los hidráulicos climbers, los que al extender sus pistones por la acción del aceite bombeado, generan un movimiento ascendente que eleva la carga, esta se encuentra fijada a los strands mediante el sistema de anclaje compuesto de cuñas.

El sistema hidráulico de los climbers opera con dos circuitos independientes: uno de izaje o extensión de pistones (Circuito A) y otro de bajada o retracción de pistones (circuito B), de tal forma que este vuelva a su posición original después de realizar una carrera de izaje. Mediante dos conjuntos de cuñas cónicas segmentadas que funcionan como mordazas, las que están alojadas en el cuerpo central de cada climber (un conjunto en la parte inferior y otro en la parte superior) y a través de las cuales pasa el cable de izaje, la carga es izada cuando las cuñas superiores se encuentran cerradas, trabando el cable, y las inferiores se encuentran abiertas, para permitir el deslizamiento del cable. Al llegar el pistón al tope de su carrera ascendente, se efectúa un pequeño descenso (1 cm) que hace que las cuñas inferiores se cierren y las superiores se abran, quedando la carga retenida y suspendida por las cuñas inferiores. Esto permite que el pistón retorne libremente a su posición inferior (impulsado por la presión de aceite en el circuito B), para luego iniciar otro ciclo de izaje. Este movimiento se asemeja al de una persona que está sacando agua desde un pozo; los cilindros hidráulicos del sistema de izaje representan los dos brazos de la persona y sus manos son las cuñas.

Existe además, un circuito de alimentación y retorno de los OLP, el cual funciona con la bomba 2. Este circuito tiene una válvula de tres posiciones y un regulador de presión para controlar la presión de aceite de alimentación de cada OLP.

Para el descenso de la carga se instalan los UD-devices, los cuales provocan mecánicamente el efecto inverso del izaje en las cuñas: obliga a las cuñas superiores a estar cerradas y a las inferiores abiertas cuando los pistones se retraen, es decir, se traba el strand en sentido descendente de la carga. Lo inverso ocurre cuando los pistones se

extienden: se libera el strand de las cuñas superiores y lo traba las cuñas inferiores, permitiendo la libre extensión de los pistones para un nuevo ciclo de bajada.

4.1.4.2 Partes de la unidad hidráulica (Ver figura 4.3)

- 1 Reservorio de aceite
- 2 Bomba de aceite
- 3 Motor eléctrico
- 4 Válvula de operación
- 5 Válvula de retorno
- 6 Manómetro
- 7 Válvula de bola 1 & 2
- 8 Filtro de retorno
- 10 Bomba manual
- 11 Switch de presión
- 12 Válvula reguladora de presión
- 13 Filtro de aire
- 14 Nivel de aceite

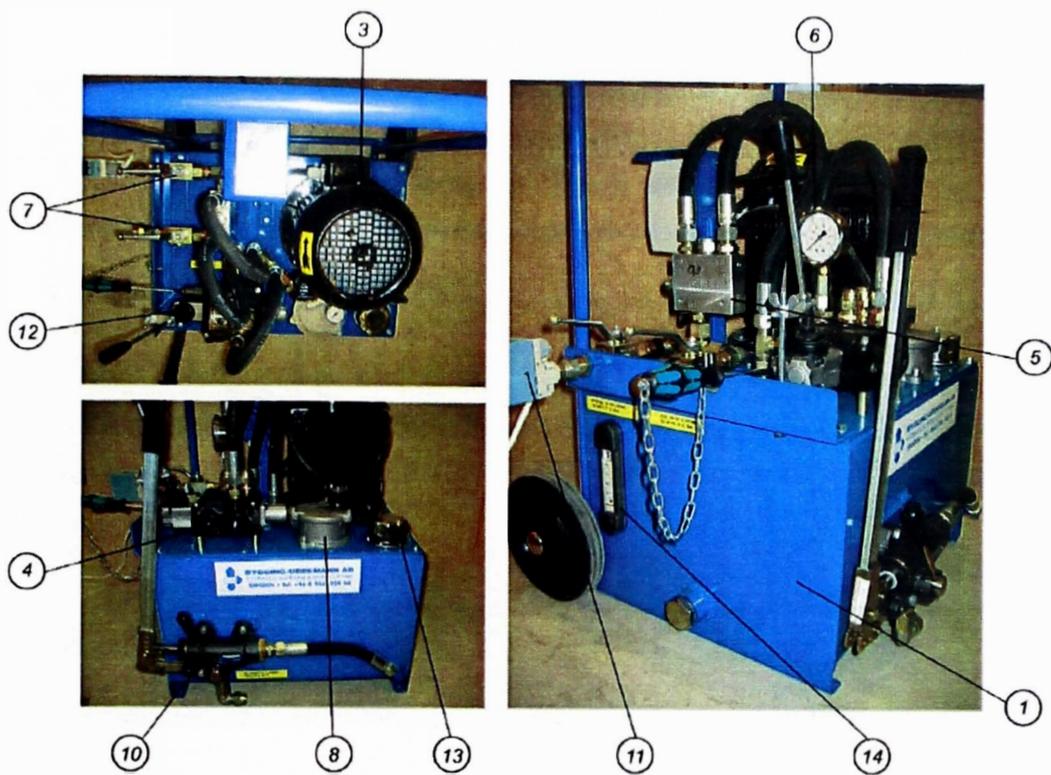


Figura 4.3 Unidad de bombeo hidráulico
Fuente: Manual hydraulic climbers T15-S-18 / Bygging – Uddemann



Figura 4.4 Montaje de gatos hidráulicos sobre torre de izaje
Fuente: Montaje Ictesa / Javier Alva Ch



Figura 4.5 Gatos hidráulicos en operación

Fuente: Montaje Ictesa / Javier Alva Ch.

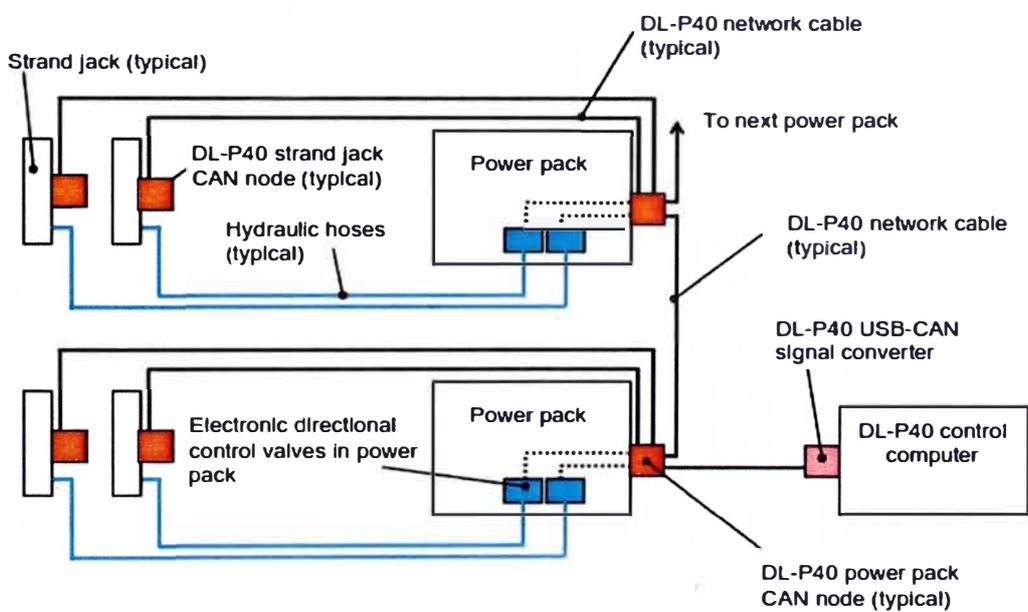


Figura 4.6 Circuito típico del sistema hidráulico

Fuente: The schematic layout of the DL-P40 System / Dorman Long Technology

4.1.4.3 Calculo de la velocidad de izaje

Base de cálculo: central hidráulica operando con una bomba de 20 L/min y 12 climbers (Gatos hidráulicos).

Subida:

Volumen para 12 climbers: $77.0 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 12 = 18.48 \text{ L}$ (Litros)

Tiempo de subida : $18.48 \text{ L} / 20 \text{ L/min} = 0.924 \text{ minutos}$

Bajada:

Volumen para 12 climbers: $52.0 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 12 = 12.48 \text{ L}$

Tiempo de bajada : $12.48 \text{ L} / 20 \text{ L/min} = 0.624 \text{ minutos}$

Tiempo de ciclo : $0.924 + 0.624 = 1.548 \text{ minutos}$

Espera y cambio modo subida/bajada: 50 % = 0.774 minutos

Tiempo efectivo de ciclo : = 2.322 minutos

Velocidad efectiva = $0.19 \text{ m} / 2.322 \text{ min} = 0.082 \text{ m} / \text{min}$

Velocidad efectiva para estimados = 4.91 m / hora

Para 16 climbers Velocidad efectiva = 3.68 m / hora

4.2 Equipos y accesorios de apoyo

Strand S18: Son cables semirrígidos de acero, de siete hebras trenzados y de sección rectangular. El acero tiene un módulo de elasticidad de 2.000.000 Kgf / cm². Para un diámetro de 18 mm tiene una sección de 2.23 cm², una carga de rotura de (mínima) de 36.000 kg y un punto de fluencia (mínimo) de 33.650 kg. La carga de diseño del cable es de 12 ton.

4.3 Fabricantes de gatos hidráulicos

Existen en el mercado varios fabricantes de equipos que suministran una variedad de modelos y capacidades según lo requerido en los proyectos. En la tabla 4.1 indicamos los gatos fabricados por la Dorman Long Technology.

Tabla 4.1 Datos técnicos modelos de gatos hidráulicos (Climbers)

	DL-S015	DL-S046	DL-S062	DL-S108	DL-S185	DL-S294	DL-S418	DL-S588	DL-S697	DL-S836	DL-S930
Safe working load, metric tonnes	15	46	62	108	185	294	418	588	697	836	930
Stroke, mm	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Overall closed height, mm	1850	1740	1740	1820	1900	1960	2110	2140	2130	2240	2250
Hydraulic pressure at safe working load, Bar	204	150	227	281	292	281	290	280	293	292	273
Weight of jack, kg	150	620	630	890	1445	2240	3330	4400	5180	6350	7300
Weight of fixed anchor, kg	3	25	25	42	80	114	212	230	260	348	412
Number of 18mm strands	1	3	4	7	12	19	27	38	45	54	60
Strand cable O.D. mm	18	74	88	114	166	210	258	322	354	402	434
Strand cable weight, kg/m	1.8	5.4	7.2	12.6	21.6	34.2	48.6	68.4	81.0	97.2	108.0

Fuente: www.dormanlongtechnology.com

CAPITULO V

TORRE DE IZAJE

5.1 INTRODUCCION

En este capítulo haremos referencia a las torres modulares de elevación (MLT), conocido también como estructura temporal o **Torre de izaje**. En el anexo 5.1 Tópicos memoria de cálculo, ampliamos algunos conceptos sobre el proceso de diseño de la torre concerniente a la parte mecánica. Con relación a las fundaciones estos pueden ser con bloques de concreto o bases de viga metálica. A criterio del método de montaje de la empresa contratista. Cabe mencionar que el proceso de diseño de las compañías especializados están integrados por un equipo de especialistas en cada materia, y la difusión de los procedimientos son restringidos.

5.1.1 Sistema de izaje

Los izajes pesados de equipos y estructuras se realizan con frecuencia utilizando grúas convencionales, estas se seleccionan según el peso de la carga, altura y disponibilidad del área de montaje. Existen en nuestro mercado una variedad de grúas ya sea del tipo de celosía y telescópicas (conocido también como grúa hidráulica) que nos permiten

diseñar fácilmente la maniobra. Para izajes pesados de alto tonelaje se utilizan un sistema de izaje especial utilizando los Gatos Hidráulicos (Climbers Hidráulicos). Estos equipos son muy utilizados en los proyectos petroleros, petroquímicos, mineros, navales, puentes, etc. La selección para utilizar un sistema de izaje ya sea con grúa o con Climbers hidráulicos, depende básicamente de la disponibilidad del equipo de la empresa constructora. Cuando se tenga que realizar izajes con Climber Hidráulicos, se necesita fabricar una torre de izaje, el diseño de esta estructura será en función al peso del equipo a izar, la altura, movimiento sísmico, velocidad del viento, y disponibilidad del área. Para el proyecto, el diseño de la torre de izaje lo realizó el área de ingeniería de la oficina matriz de la contratista en Santiago de Chile. El replanteo en obra de las dimensiones en función a las dimensiones del equipo y área disponible estuvo a cargo del área de construcción en Lima y la fabricación se realizó en Lima a cargo de una empresa local. Algunas empresas diseñan esta torre de izaje para varios montajes, con características especiales de material para poder trabajar en climas polares y tropicales. La fabricación está en función de la demanda de mercado. En nuestro caso al término de los montajes a no haber más montajes la estructura temporal se desmantelo.

5.1.2 Fabricación de la Torre de izaje

Al definirse las dimensiones finales de la torre el área de ingeniería realiza los cálculos finales y emite los planos de construcción. Al tener los cálculos y planos aprobados, se somete a concurso entre las empresas locales la mejor oferta de precios y tiempos de entrega. Paralelamente se inicia los trabajos de construcción de los pedestales de concreto, compra de cables para los templadores de la estructura, diseño de la maniobra

por personal de obra y compra de Estrobos, selección de grilletes, selección del gancho. Por tratarse de un izado especial los estrobos, grilletes, y el gancho se mandó comprar al extranjero, no se consiguió proveedor nacional.

Consideraciones que se tuvo que tomar en cuenta:

- Tiempo de izaje tres meses, durante este tiempo se tuvo que definir el diseño y fabricación de la estructura, Construcción de las fundaciones de concreto y tiempo de fraguado, Interferencias con otras actividades de construcción civil, tales como las excavaciones para la construcción de fundaciones de los hornos y bancadas eléctricas.
- Llegada de los equipos en simultaneo, columna de vacío, columna visbreaking, y módulos de convección.
- Se define el orden de montaje primero columna de visbreaking, segundo montaje columna de vacío. Para el segundo montaje se tuvo de desmontar la estructura de izaje y montarlo en la zona de izaje de la columna de vacío.
- Posterior a los montajes de las columnas, se realizan el montaje de los módulos de convección del horno. Se programa para una parada de planta. Se replantea el diseño de la estructura temporal, se modifica la estructura disponible. Se comprar estrobos nuevos para la nueva maniobra.
- También se define la llegada de los equipos hidráulicos, tomando como referencia el término de montaje de la torre de izaje y llegada de equipos.

5.1.3 Consideraciones para el diseño torre de la torre

En esta sección haremos referencia a las consideraciones asumidas para realizar los cálculos de la **torre de izaje**, esta torre es una herramienta que nos permitirá realizar el

montaje de la columna de vacío, columna de visbreaking y el desmontaje y montaje de los módulos de convección del horno. Las torres también se pueden utilizar en otros proyectos donde exista la necesidad de izajes similares. Para lo cual se definen en terreno las dimensiones finales de la torre y las cargas de referencia de los equipos a montar. La empresa dispone de los equipos hidráulicos de izaje, ha realizado varios montajes similares aplicando el mismo procedimiento de cálculo. Por la extensión del procedimiento del cálculo, y por estar también involucrado el área civil, el diseño merece ser analizado en otro informe, donde se pueda ampliar los procedimientos de cálculo utilizando programas afines. En nuestro informe mencionaremos las pautas de los alcances que servirán de base para el diseño.

5.1.3.1 Configuración de la torre

Esquema de ubicación de cargas en estructura (Figura 5.1)

Planta nivel 15 estructura (Figura 5.2)

Planta nivel 14 estructura (Figura 5.3)

Combinaciones de cargas (Tabla 5.1) (Sin datos)

Distribución de presiones de viento en altura

Presiones de viento sobre las torres triangulares en dirección X

Presiones de viento sobre torres triangulares en dirección Y

Cargas de viento sobre enrejado superior longitudinal

Cargas de viento sobre enrejado superior transversal

5.1.3.2 Diseño de elementos (ver anexo 5.1)

Columnas (Figura 5.4)

Viga porta riel

Viga borde (Tope riel)

Vigas inferiores de enrejado porta riel y de borde

5.1.3.3 Fundaciones.

Planta de ubicación sobre nudos de apoyo (Fig 3.19)

Cargas sobre las fundaciones

Fundación F1

Fundación F2

Pernos de anclaje

5.1.3.4 Esquema Torre de izaje

Planta general (Figura 5.4)

Viga porta riel (Figura 5.2)

Vigas de borde (Figura 5.3)

Planta nivel 15 (Figura 5.2)

Torre columna (Figura 5.4)

Elevación cara posterior Torre (Figura 5.4)

Elevación cara principal torre (Figura 5.4)

5.1.3.5 Bases de cálculo

El diseño de la estructura de acero se basa en las disposiciones de la norma AISC-ASD-1989: "Diseño por tensiones admisibles" del American Institute of Steel Construction.

Se diseñara la estructura para soportar las cargas de izaje: Peso propio equipo, peso

propio estructura, impactos de izaje y se verificara la estructura para soportar sobrecargas de viento antes y durante el montaje.

5.1.3.6 Cargas de diseño

El peso total del equipo a izar es de 125 Ton. La estructura se calculara para izar este peso aumentado en un 20% para tomar en cuenta el impacto vertical debido al izaje y se añadirá una fuerza lateral en dirección del movimiento del equipo de un 10% de la suma del peso del equipo + el impacto vertical para modelar el efecto longitudinal del movimiento del carro de traslación.

- Cargas en sentido longitudinal a la estructura. Debido al movimiento traslacional del carro se analizara la estructura con las cargas antes mencionadas colocadas en las posiciones que se indican más adelante.
- Cargas en sentido transversal de estructura. En el sentido transversal se verificara la estructura para una presión básica de viento de 12 Kg/m² (equivalente a una velocidad de 50 Km/h) en la base de la estructura, que se distribuirá en altura conforme disposiciones de la norma chilena de sobre cargas de viento sobre las construcciones para estructuras en campo abierto sin información estadística de velocidad máxima instantánea de viento.

Adicionalmente se chequeara la estructura sin la columna de vacío para una velocidad de viento de 70 Km/h (a nivel Basal).

- Materiales usados

Acero estructural ASTM A – 36

Soldadura Filete E70XX (AWS)

Pernos ASTM A-325

Suelo con tensión admisible 60 Ton/m²

Hormigón H-30 para fundaciones

Pernos de anclaje SAE-1045

- Normas usadas AISC-ASD-1989 : “Diseño Acero por tensiones admisibles”
- Nch 427.Of: : “Diseño de estructuras de acero”
- Nch 432.Of.71 : “Calculo de la acción del viento sobre las construcciones”

ESQUEMA DE UBICACIÓN DE CARGAS EN ESTRUCTURA

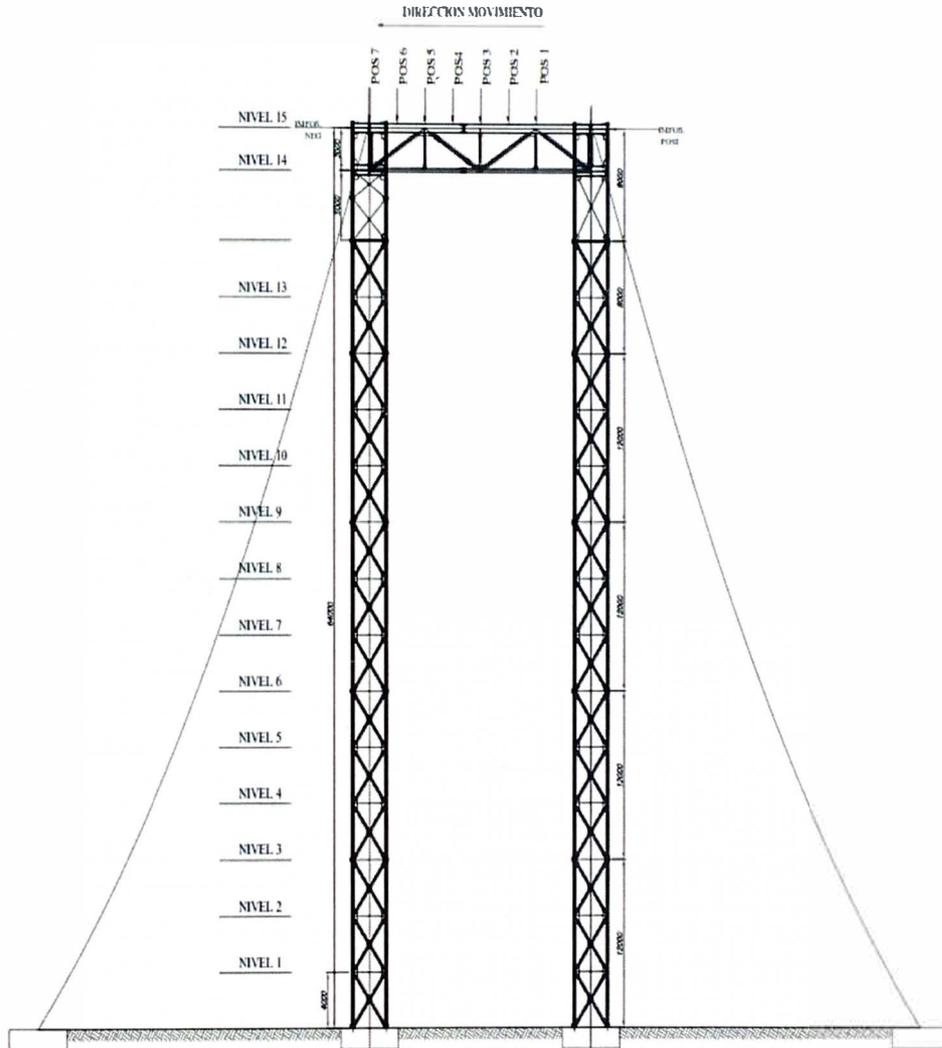
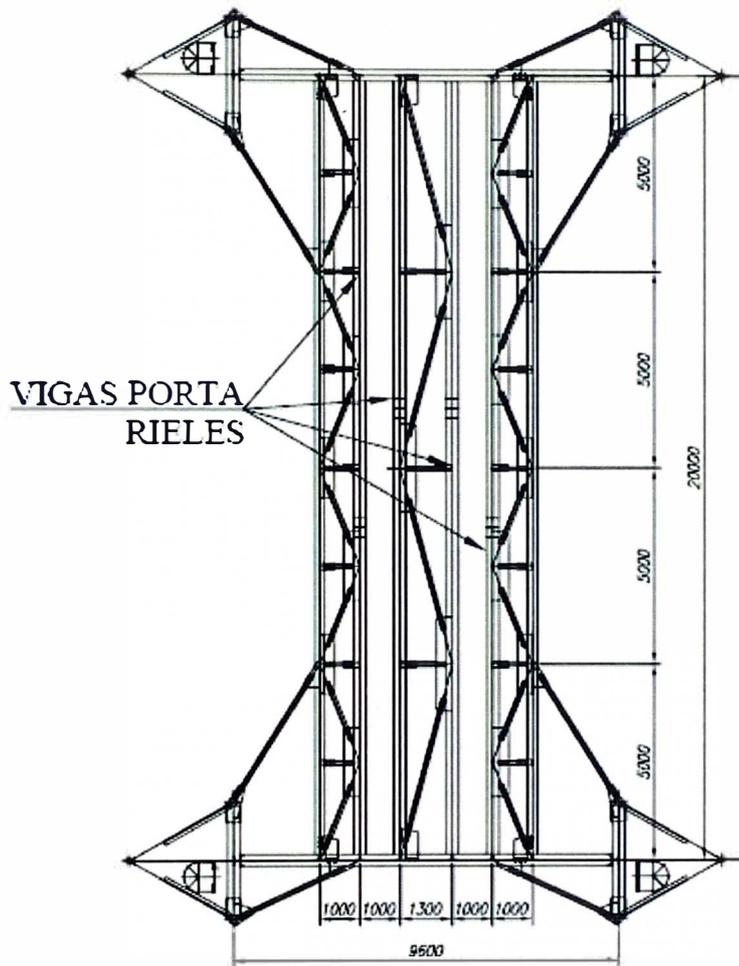


Figura 5.1 Esquema de ubicación de cargas en la estructura

Fuente: Procedimiento montaje columna vacío 04-C-1 Ictesa / Javier Alva Ch.

PLANTA NIVEL 15 ESTRUCTURA

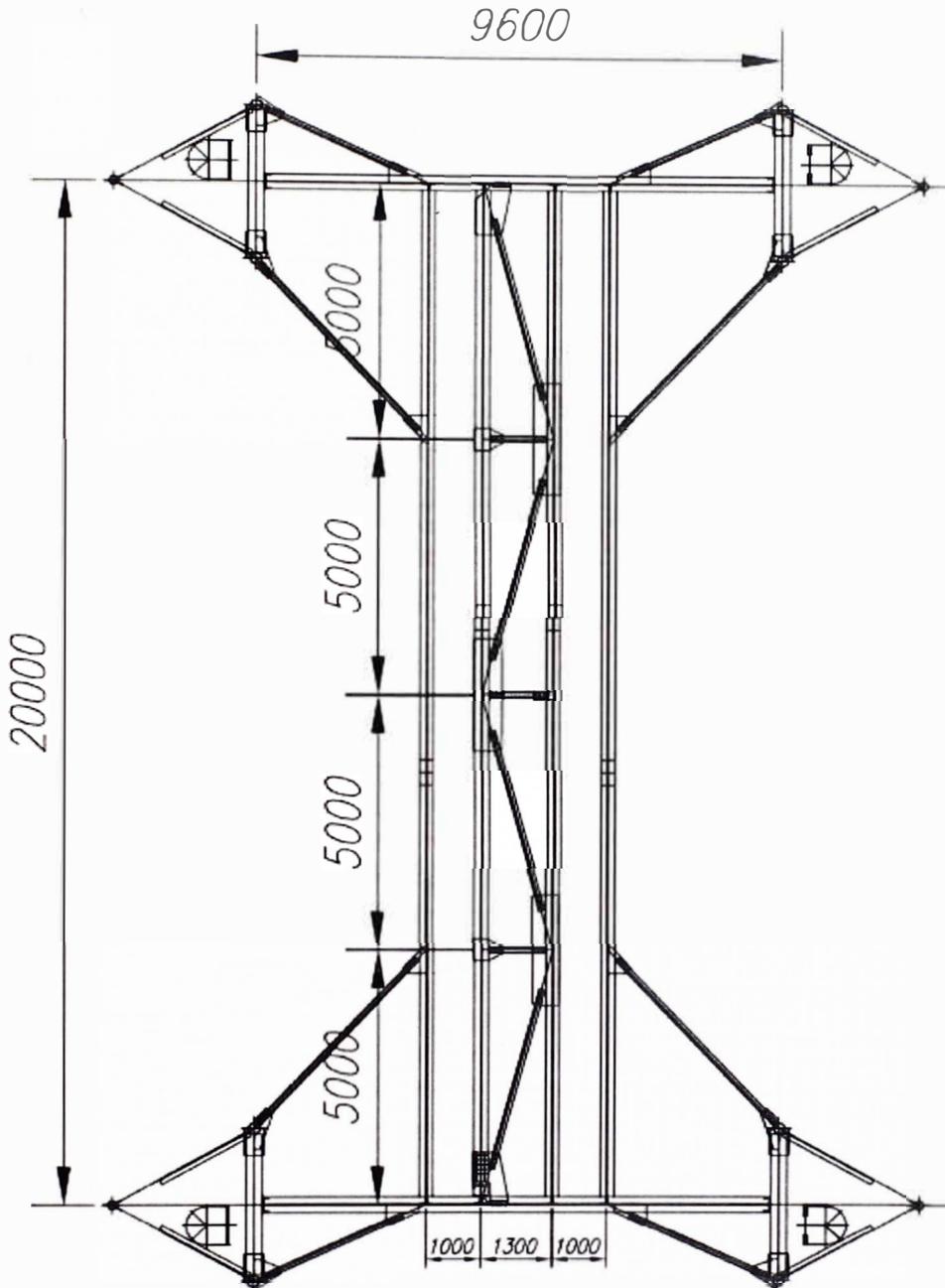


PLANTA NIVEL 15

Figura 5.2 Planta Nivel 15

Fuente: Procedimiento montaje columna de vacío Ictesa / Javier Alva Ch.

PLANTA NIVEL 14 ESTRUCTURA



PLANTA NIVEL 14

Figura 5.3 Planta Nivel 14

Fuente: Procedimiento montaje Ictesa / Javier Alva Ch.

COMBINACION DE CARGAS MONTAJE COLUMNA VACIO 04-C-1

Tabla 5.1 Combinación de cargas

C1	Columna de vacío en posición 1
C2	Columna de vacío en posición 2
C3	Columna de vacío en posición 3
C4	Columna de vacío en posición 4
C5	Columna de vacío en posición 5
C6	Columna de vacío en posición 6
C7	Columna de vacío en posición 7
Imp. pos	Impacto longitudinal en dirección de movimiento de columna de vacío
Imp. neg	Impacto longitudinal en dirección de movimiento de columna de vacío
DT	Aumento de temperatura de 40°C
Viento x (50)	Sobre carga de viento en dirección X equivalente a 50 Km/Hora a nivel basal de estructura
Viento x (70)	Sobre carga de viento en dirección X equivalente a 70 Km/Hora a nivel basal de estructura
Viento y (50)	Sobre carga de viento en dirección Y equivalente a 50 Km/Hora a nivel basal de estructura
Viento y (70)	Sobre carga de viento en dirección Y equivalente a 70 Km/Hora a nivel basal de estructura
PP	Peso propio estructura

COMBINACION DE CARGAS

Combinación 1	PP + C1 + Imp. pos +DT
Combinación 2	PP + C2 + Imp. pos +DT
Combinación 3	PP + C3 + Imp pos +DT
Combinación 4	PP + C4 + Imp pos +DT
Combinación 5	PP + C5 + Imp pos +DT
Combinación 6	PP + C6 + Imp pos +DT
Combinación 7	PP + C7 + Imp pos +DT
Combinación 8	PP + C1 + Imp neg +DT
Combinación 9	PP + C2 + Imp neg +DT
Combinación 10	PP + C3 + Imp neg +DT
Combinación 11	PP + C4 + Imp neg +DT
Combinación 12	PP + C5 + Imp neg +DT
Combinación 13	PP + C6 + Imp neg +DT
Combinación 14	PP + C7 + Imp neg +DT
Combinación 15	PP + Viento X(50)+ DT + C7
Combinación 16	PP + Viento X(70)+ DT
Combinación 17	PP + Viento Y(50)+ DT + C7
Combinación 18	PP + Viento Y(70)+ DT

Fuente: Procedimiento montaje columna vacío Ictesa / Roberto Cumicheo

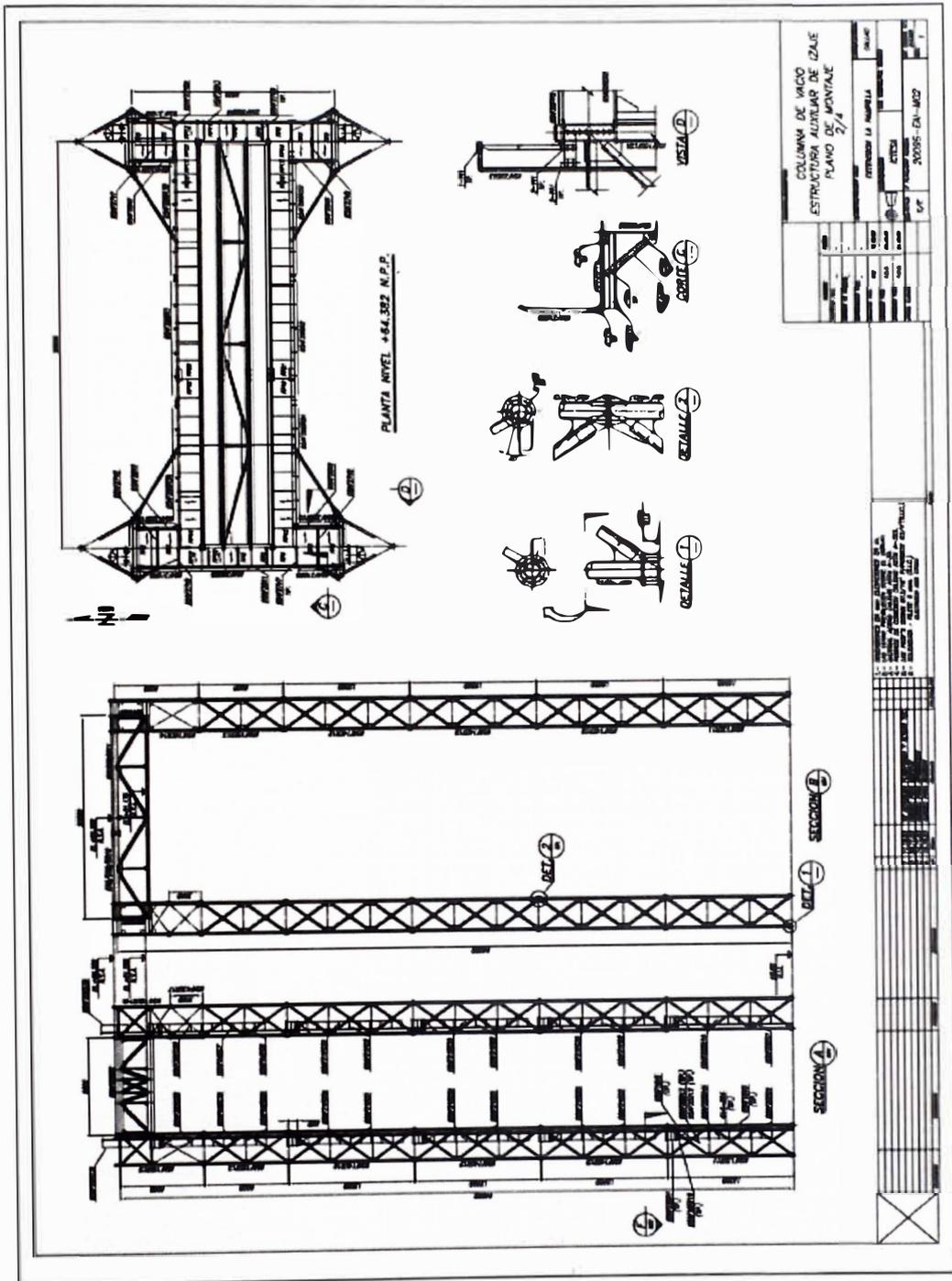


Figura 5.4 Estructura torre de izaje

Fuente: Procedimiento montaje Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch



Figura 5.5 Torre de izaje instalada
Fuente: Informe montaje columna vacío Ictesa / Javier Alva Ch.

CAPITULO VI

PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE

6.1 INTRODUCCION

En este capítulo se describe con mayor detalle el montaje de la Columna de Vacío, equipo con mayor tonelaje que nos servirá de referencia para los otros montajes similares. Para elaborar el procedimiento se han considerado las recomendaciones de la norma ASME B30.5, NORMAS COVENIN 3131. Para el cálculo y dimensionamiento definitivo de los elementos estructurales a emplear y las fundaciones, han pasado por varias etapas desde la información preliminar recibida en etapa de licitación hasta la revisiones finales con los planos de construcción recibidas en la etapa de construcción. Los cálculos definitivos se realizaron cuando se obtuvo las dimensiones y pesos definitivos de la Columna de Vacío.

El transporte de la columna estuvo a cargo del cliente y fue entregado a la contratista de montaje a pie de fundación de la columna. La contratista de montaje acondiciono la vía de acceso dentro de la refinería. La llegada y entrega se coordinada oportunamente entre

el cliente y los contratistas involucrados para definir el lugar exacto de descarga que permitirá ejecutar la maniobra de izaje de acuerdo a lo planificado. La maniobra de montaje de la Columna se describe en tres etapas:

1. Descarga desde el transporte
2. Verticalización del equipo
3. Montaje sobre fundación.

6.1.1 Elementos y Equipos

Para las tres etapas se utilizarán los siguientes equipos y estructuras:

1.- Estructura de acero Torre de izaje: montada sobre fundaciones de concreto. Esta estructura se montará como se indica en la Fig. 5.1. En su parte superior habrá cuatro vigas y sobre estas se tendrán cuatro rieles sobre las cuales se apoyarán dos carros unidos por una viga transversal con ruedas la que se montará sobre los rieles para el traslado horizontal de la columna. Tal como muestran detalles en la Fig. 5.2.

2.- Sistema de izaje “Hydraulic Climbers” o (gatos hidráulicos): Bygging – Uddemann AB T15-S18 (-OLP89-UD. Los climbers son cilindros hidráulicos con una perforación central a través de la cual pasa un cable o strand, que es arrastrado hacia arriba en cada carrera de subida del cilindro, si el objetivo de la maniobra es levantar; cuando el cilindro baja entre cada carrera de subida, el strand es retenido por medio de un sistema interno de retenida. El equipo consta de una unidad central hidráulica eléctrica con un sistema de ecualización y control, de manera que cada climber-strand tome la misma carga. En los carros montados sobre los rieles de la estructura auxiliar, se

instalarán 16 climbers de 12 ton de capacidad cada uno, haciendo una capacidad total de levante de 192 ton efectiva. Así se obtiene un margen de más de 28% de seguridad para levantar los 150 ton aproximadamente, incluyendo los elementos de la maniobra.

3.- Grúa Manitowoc de 150 Toneladas de capacidad: utilizada como grúa de cola, elevara el equipo desde el anillo de cola, donde están las orejas de izados. La grúa se desplazara horizontalmente con la carga izada en coordinación con el izado de los climbers.

6.1.2 Descripción de la maniobra

6.1.2.1.- Descarga desde el transporte: La maniobra de izaje prevista considera que la columna será entregada con dos orejas instaladas horizontalmente ambas al costado de la columna en su parte superior y una toma en la parte inferior, tal como se indica en plano: RLP06-I-40010-B-001-REV.2, Y Fig. 6.1 y 6.2. La Columna debe ser cargada sobre el transporte con la parte superior hacia adelante y la oreja inferior debe estar hacia arriba en la parte posterior. La posición de las orejas de izaje superiores y la oreja de retenida inferior, debe coordinarse con la contratista de transporte de tal manera que su posición permita una maniobra de descarga y montaje simple y segura. El transporte deberá entrar al área de montaje según se indica en el plano: RLP006-FSK-JACH-01-REV.1 y ubicar su extremo superior debajo de la torre de izaje. La grúa Manitowoc de 150 Ton será ubicado sobre la oreja inferior y en esa posición se colocaran los estrobos a la Columna. Desde las orejas superiores con el sistema de climbers y desde las orejas de retenida con la grúa, se izará horizontalmente con ambos equipos para que el transporte se retire, luego la Columna se bajará al piso.

6.1.2.2.- Verticalización: Una vez la Columna en el piso, se soltarán las estructuras de transporte y embalaje, y se procederá a la maniobra de verticalización de la Columna. Eso consistirá en levantar horizontalmente la columna y retirar las estructuras de transporte, luego los climbers comenzarán a izar sin que la grúa lo haga. Mientras los climbers levantan, La grúa avanza de manera que el estrobo que sostiene la orejeta de retenida, se mantenga siempre vertical. El avance de la grúa es siempre controlado con relación a los izados de los climbers. Una vez que la Columna alcance la posición vertical, la grúa es liberado y retirado.

6.1.2.3.- Montaje sobre fundación: El sistema de climbers elevará la Columna hasta sobrepasar la altura de la fundación y luego el carro móvil transversal se hará avanzar por medio de cilindros hidráulicos hasta ubicar la Columna sobre su posición definitiva. Una vez allí, se procederá a bajar y rotar la Columna hasta hacerla descansar en su posición definitiva sobre su fundación mediante el sistema de climbers. Antes de soltar la maniobra definitivamente, se nivelara el equipo sobre lanas metálicas y se instalaran los pernos de anclaje según el torque especificado. Finalmente se retirarán los climbers y la estructura auxiliar.



Figura 6.1 Llegada de equipo al área de montaje

Fuente: Informe montaje columna vacío Ictesa / Javier Alva Ch.



Figura 6.2 Descarga del equipo

Fuente: Informe montaje columna vacío Ictesa / Javier Alva Ch.

6.2 PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE

En esta sección mencionaremos los procedimientos de izaje en detalle de la:

Columna de vacío

Columna visbreaking

Módulos de convección horno

6.2.1 Montaje de la columna de vacío

6.2.1.1 Objetivo

El objetivo del presente procedimiento de montaje es describir y explicar en detalle la forma como se instalara la columna de vacío, desde la descarga del transporte en la zona de montaje en posición horizontal, luego la verticalización de la columna hasta su ubicación definitiva sobre su respectiva fundación.

6.2.1.2.- Alcance

Este procedimiento tiene por alcance la descripción de las maniobras de izaje y desplazamientos necesarias para colocar el equipo sobre su fundación, no considera aspectos tales como el montaje de la torre de izaje, apriete de los pernos de anclaje, el grouting, los cuales deberán estar referidos en otros procedimientos.

6.2.1.3.- Documentos de referencia

Manual de operación sistema de izaje Hydraulic climbers – MOP.650.02-0

Manual y tabla de carga de grúa Manitowoc modelo 4000 W 150 Ton de capacidad

Manual y tabla de carga de grúa P&H modelo 9125 ATC de 140 ton de capacidad

Planos: RLP06-I-40010-B-01-Rev 2 Columna de vacío 04-C-1.

RLP006-FSK-JACH-001-Rev 1 Transporte columna de vacío 04-C-1

6.2.1.4.- Definiciones y abreviaturas

6.2.1.4.1. Torre de izaje: estructura que se montara provisionalmente para izar la columna de vacío y llevarla a su posición sobre la fundación.

6.2.1.4.2. Sistema de izaje Hydraulic Climbers: HIHC

6.2.1.4.3. Muerto: Elemento enterrado que fundamentalmente tiene por objeto resistir la fuerza ejercida por un cable atado a él.

6.2.1.4.4. Viento: Cable que tiene por objeto mantener la estabilidad de un elemento, en este documento referido a la estabilidad de la torre de izaje.

6.2.1.4.5. Base de transporte: Estructura temporal sobre la cual se apoya la columna durante el transporte.

6.2.1.4.6. Equipo de transporte: Conjunto de tractor y plataforma mediante el cual se traslada la columna de vacío desde el puerto hasta la obra.

6.2.1.4.7. Rampa de acceso: Vía temporal construida con el trazo y pendiente adecuados para permitir el ingreso del equipo de transporte cargado con la columna hasta el sitio de descarga.

6.2.1.4.8. Cabeza: Extremo superior de la columna de vacío.

6.2.1.5.- Equipos y materiales

6.2.1.5.1. Datos de la columna

Peso de transporte: 136,570.00 kilos

Peso de izado: 150,000 Kg.

Dimensiones de transporte:

Longitud: 38,350.00 mm

Altura: 8,500.00 mm

Ancho: 9,000.00 mm

Nivel de la fundación: + 12,000 mm

Proyección de los pernos de anclaje: 700 mm

6.2.1.5.2. Equipos y materiales

6.2.1.5.2.1. Torre de izaje: Capacidad 192 toneladas, de 64 metros de altura, distancia entre estructura soporte 20 metros, distancia entre estructura soporte 6.9 m, instalados sobre muertos de concreto y tensores de cable de acero de 1 ¼" de diámetro (ver Fig 5.4). Levantará la carga desde los cáncamos de izaje instalados en la cabeza de la columna, con los climbers instalados en el puente.

6.2.1.5.2.2. Sistema de izaje Hidraulic Climbers: Marca Byggyng&UddemanAB, modelo T15-S18-OLP89-UD. Conjunto formado por una unidad hidráulica de 16 climbers modelo T15-S18 de 12 Toneladas de capacidad cada uno, sistema equalizador de carga, strands, cuñas y accesorios. Capacidad de izaje 192 Ton.

6.2.1.5.2.3. Grúa de Cola: Manitowoc 4000 W - 150 ton. De capacidad, utilizada como grúa de cola (Fig. 3.12), izara la carga desde los cáncamos de izaje instalados en el anillo de cola del faldón de la columna.

6.2.1.5.2.4. Grúa P&H140 ton. Modelo 9125-ATC: Se armara en varias configuraciones durante el montaje de la torre de izaje.

6.2.1.5.2.5. Gancho de grúa de 150 ton.: Gancho utilizado para elevar la carga.

6.2.1.5.2.6. Grúa Terex RT-190 de 90 ton: utilizada como apoyo en el montaje

6.2.1.5.2.7. Grúa Bantam T-788 de 30 ton: utilizada como apoyo en el montaje

6.2.1.5.2.8. Otros accesorios: Grilletes, estrobos, separador, tecles, gatos hidráulicos, durmientes de madera, Grupo electrógeno, torres de iluminación.

6.2.1.6.- Descripción del procedimiento

6.2.1.6.1. Aprobaciones: Antes de proceder, este procedimiento se enviara a CPP para su revisión y consideración. Sus observaciones y comentarios se tomaran en cuenta y darán origen a la versión definitiva de este documento con el cual se procederá.

6.2.1.6.2. Situación al arribo de la columna: La rampa de acceso para el equipo de transporte de la columna deberá estar terminada; la fundación del horno de vacío, no podrá construirse hasta después del izaje de la columna, deberá dejarse el terreno despejado para no interferir con el acceso, según se indica en plano RLP006-FSK-JACH-001-REV. 1. La fundación de la columna de vacío estará construida, excepto por una parte de la losa superior, la que se terminara después de montada la columna; la torre de izaje estará montada, con el sistema de izaje y gancho instalado, como se puede apreciar en la figura 6.3 y 6.4.

6.2.1.6.3. Arribo de la columna de vacío: El equipo que transportara la columna de vacío ingresara por la rampa especialmente preparada para eso, de nor-este a sud-este y se colocara bajo la torre de izaje. Se ubicara de manera que la columna quede en la posición mostrada en el plano RLP06-FSK-JACH-001-REV 1. El transporte de la columna no es materia del presente procedimiento, sin embargo, debe considerarse que la plataforma de transporte deberá salir en la misma dirección de ingrese. En consecuencia, se considera que el equipo ingresara con el tractor por delante, una vez colocado se desconecta el tractor, este sale rodeando la obra y luego regrese por la

rampa a conectar la plataforma por el otro extremo. En todos los casos, la columna deberá ingresar por la rampa de acceso con la base hacia atrás (hacia el norte).

6.2.1.6.4. Descarga de la columna de vacío

6.2.1.6.4.1. Montaje de la torre de izaje.

El montaje de la torre de izaje se inicia después que las fundaciones de concreto estén en condición de recibir carga y cuando las planchas de nivelación estén instaladas. El montaje se inicia con las estructuras del lado este hasta el nivel de +64000. La estructura del lado oeste se instalará después del izaje de la columna de Visbreaking. El montaje de la torre de izaje será desde el lado norte de la fundación utilizando la grúa de 140 ton. Para la descarga del equipo la estructura temporal deberá estar instalada en el lugar de izaje al igual que la grúa de cola de 150 ton., el topógrafo y los mecánicos montadores estarán listos para las labores de descarga, verticalización, elevación, traslado y descenso del equipo sobre su base.

6.2.1.6.4.2. Descarga del equipo

Una vez que el equipo de transporte se haya ubicado, se conecta el gancho suspendido del sistema de izaje a los cáncamos de izaje del cabezal de la columna mediante los grilletes correspondientes. Frente a la placa base y sobre los cáncamos de retenida instalados en el anillo base de la columna, con apoyo de la grúa Manitowoc de 150 Ton. Se conectará a esa por medio de estrobos y grilletes correspondientes. Hecho lo anterior, se procederá a izar al mismo tiempo con los climbers y la grúa de cola., hasta que los cables de la cabeza y de la cola se hayan tensado; a continuación se deberán soltar todas las fijaciones y ataduras entre la columna y la base de transporte y se deberá quitar todo

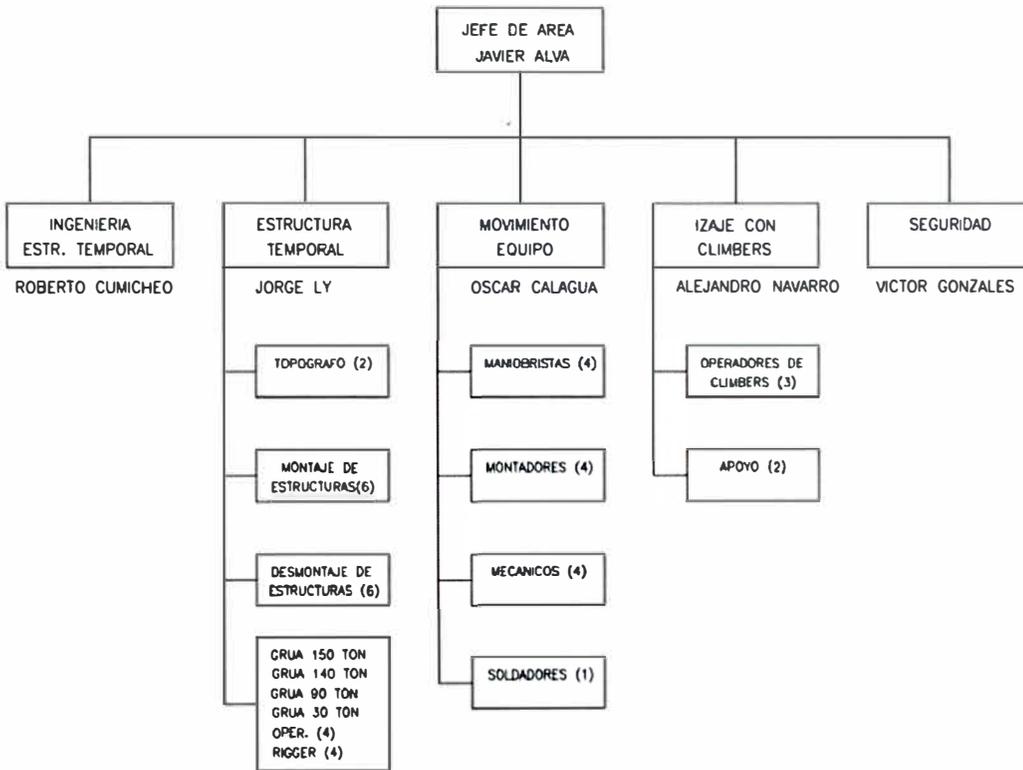
elemento suelto que no forme parte de la columna, tales como madera, elementos y accesorios temporales de embalaje, incluso será conveniente limpiar bien la superficie exterior. Posteriormente se continuara izando horizontalmente hasta que la columna se haya elevado unos 200 mm sobre su base de transporte. En ese momento, se deberán retirar las partes de aquella base que interfieran con la salida de la plataforma; realizado aquello, la plataforma deberá ser retirada por el tractor, en el sentido inverso al que ingreso.

Nota: Para la columna suspendida en la posición horizontal, asumiendo que el centro de gravedad de la columna es conocido, la carga sobre el gancho es 53 Ton y la grúa de cola de 81Ton. (Ver tabla 3.3).Al liberar el transporte, se desciende el equipo a nivel de terreno donde se hacen los reajustes finales, instalando los estrobos al equipo, posicionamiento del gancho de 150 ton y a la grúa de cola. Al superarse todas los preparativos y chequeos de protocolos. De da el permiso para iniciar la actividad de verticalización. La maniobra de izaje se realiza de acuerdo a un organigrama de izaje. Queda un responsable de área el cual llevara el control del proceso de izaje haciendo las coordinaciones desde el nivel de terreno y el supervisor encargado de la operación de los climbers instalados en la plataforma a nivel + 64.00 m.

Organigrama de izaje columna de vacío 04-C-01



ORGANIGRAMA DE IZAJE COLUMNA 04-C-1



Fuente: Procedimiento de montaje columna de vacío 04-C-1 Ictesa / Javier Alva Ch.



Figura 6.3 Verticalización del equipo

Fuente: Informe montaje columna vacío Ictesa / Javier Alva Ch.



Figura 6.4 Izado del equipo

Fuente: Informe montaje columna vacío Ictesa / Javier Alva Ch.



Figura 6.5 Montaje sobre fundación

Fuente: Informe montaje columna vacío Ictesa / Javier Alva Ch.

6.2.1.6.5 Verticalización.

La verticalización del equipo se inicia al tensar los cables del cabezal donde se instala el gancho que será levantado por los climbers y los cables instalados en el anillo base que será levantado por la grúa de cola. Se recomienda que la máxima altura en el anillo base sea del orden de los 500 mm. La traslación de la grúa de cola debe ser libre en todo su recorrido, de manera que pueda desplazar según las distintas inclinaciones que vaya adquiriendo la columna, evitando la aparición de fuerzas en dirección horizontal. En todo momento se estará controlando la verticalidad de los cables, en el gancho, grúa de cola y la torre de izado, con apoyo del equipo de topografía.

Se inicia el izaje del gancho mediante los climbers, teniendo presente la nota anterior durante todo el proceso. La carga sobre la grúa de cola ira disminuyendo y aumentado sobre el gancho. Es conveniente ir bajando la parte posterior (inferior) de la columna a medida que gira, y llevarla cerca al piso durante el recorrido, para eso basta con bajar lentamente el gancho de la grúa de cola y el efecto será un leve giro de la columna y una pequeña traslación de la grúa de cola. Se continuara izando con los climbers y la grúa ira inclinando su pluma para avanzar con la base de la columna hacia el centro según se requiera de manera de mantener verticales los cables de la grúa y del gancho de la cabeza. Una vez que la columna llegue a la posición vertical, se baja el gancho de la grúa de cola, se retira el pasador de los cáncamos de retenida y se retira la grúa con todos sus aparejos. Para esta labor se dispone de una grúa de 30 ton, como apoyo para retirar los aparejos. Se estima una duración de diez horas para la verticalización.

6.2.1.6.6. Montaje sobre la fundación

6.2.1.6.6.1. Elevación del equipo

Una vez que la columna se encuentra vertical y suspendida únicamente desde los climbers, se procede a elevar la columna de manera que su extremo inferior salve la altura de su fundación Elv. + 12.00 m. Se estima un tiempo de 3 horas.

6.2.1.6.6.2. Traslado del equipo hasta la fundación.

La traslación del carro porta climbers con el equipo suspendido, se realiza instalando traga cables (tirfor) de 5 ton de capacidad, conectados en cáncamos previstos en la estructura de la torre de izaje para ese efecto y en el carro porta climbers, uno en el sentido del movimiento requerido y otro hacia el lado opuesto, a fin que el movimiento de traslación sea en todo momento controlado. El punto final correspondiente al eje que pasa por el centro de la fundación estará previamente señalado y la distancia a trasladar será de 8,850 mm., con relación al eje de verticalización.

Se estima un tiempo de 2 horas. (Ver Figura 6.6)





Figura 6.6 Traslado carro porta climbers.

Fuente: Informe montaje columna vacío Ictesa / Javier Alva Ch.

6.2.1.6.6.3. Descenso del equipo hasta la fundación.

Cuando el carro porta climbers se encuentre en el punto centro de la fundación, se inicia el descenso mediante los climbers ajustados para esa función. Antes de empezar a instalar los pernos de anclaje en la fundación, se buscara la orientación correcta de la columna respecto de la fundación y en esa posición se continuara bajando. Se controla la orientación correcta de la columna en todo momento, girando la base cuando se aproxime a nivel de fundación y desplazando la columna en sentido este oeste, la holgura que permitan los pernos de anclaje. Para facilitar esta labor, se tendrá

previamente marcados ejes de referencia sobre la fundación y sobre la placa base de la columna. Así se hará apoyar la columna sobre la fundación, manteniendo alguna tensión en los cables en los cables. Se realizara un levantamiento topográfico para determinar la verticalidad de la columna; si hubiera que hacer algún ajuste, se calculara cuanto y donde se debe levantar y se colocaran las laines correspondientes. Se volverá a controlar. Antes de aflojar los cables, se deberán colocar todos los pernos de anclaje y se deberán apretar a un 60% del torque recomendado. En estas condiciones se podrán soltar y retirar los aparejos. Se estima un tiempo para el descenso de 4 horas.

6.2.1.6.6.4. Desmontaje del equipo de izaje.

La estructura temporal tendrá una escalera de acceso en toda su longitud para poder tener acceso a cualquier nivel. Para retirar los grilletes de las orejas de izado de la columna, se realizará utilizando una canastilla y la grúa P&H 9125 de 140 ton. Después de liberar el yugo de las orejas de izado, se suspende mediante tecles para liberar los climbers y los cables de izado (Strands). El yugo y el gancho se bajan utilizando la grúa de 140 ton. Para luego proceder a desmontar los cables. Después de retirar todo el sistema hidráulico de izado, se procede al desmontaje de la estructura temporal con el apoyo de la grúa de 140 ton. Todas las piezas desmontadas se cargan directamente sobre el camión de transporte para evacuarlos del área de montaje. El izaje termina cuando el equipo quede aceptado, y se inician los otros frentes de trabajo. Al concluirse los trabajos de izado de la columna, se procede a remover la rampa temporal y el relleno efectuado en la zona.

Como parte del procedimiento el área de control de calidad, procede a la elaboración del Dossier de calidad del montaje del equipo.

6.2.1.6.6.5. Medidas de seguridad

Previo al inicio de los trabajos, se deberá elaborar un procedimiento de seguridad específico que considere la capacitación de los trabajadores que participaran en estos trabajos, un análisis de las actividades que presenten riesgos y las medidas respectivas para su control; aspectos tales como comunicaciones, señalizaciones, condiciones ambientales (viento, visibilidad, lluvia, etc). No obstante, el diseño detallado de la torre de izaje, contemplan escaleras de acceso en las columnas de la torre de izaje, con canastillo de seguridad y un descanso; una plataforma de trabajo en el nivel superior con parrillas en el piso y barandas de seguridad por todo el contorno. También se contempla una pequeña plataforma para acceder a la parte de la columna para retirar los aparejos cuando corresponda.

6.2.1.6.7- Documentos

Los documentos mencionados forman parte del dossier de montaje del equipo, se indica a título de información para considerarlos en futuros proyectos.

- Certificado de Calidad de los Grilletes
- Certificado de Calidad de los Estrobos
- Prueba magnética del Gancho
- Tabla de capacidad de la Grúa 140 ton. de capacidad
- Tabla de capacidad de la Grúa Manitowoc 4000 W - 150 ton. de capacidad
- Plano de Izaje (Procedimiento de Montaje)

- Plano de Descarga (Procedimiento de Montaje)
- Memoria de Diseño y Cálculo de la Estructura Temporal
- Procedimiento Calidad de Fabricación de la Estructura Temporal

6.2.2 Montaje columna de visbreaking

6.2.2.1.- Ojetivo

El objetivo del procedimiento es explicar en detalle todos los movimientos para izar la columna fraccionadora de Visbreaking desde la descarga en la zona de montaje hasta la erección sobre su base, fijación y alineación, vaciado de grouting y recepción.

6.2.2.2.- DATOS DEL EQUIPO

Peso de transporte: 100,000 kilos

Peso de izado: 99,000 Kg.

Dimensiones de transporte:

Longitud: 47200 mm

Altura torre izaje: 6100 mm

Ancho: 5700 mm

Nivel de la fundación: + 275 mm

Proyección de los pernos de anclaje: 700 mm

6.2.2.3.- Maquinaria y equipos de izaje

Estructura temporal 192 Ton. de capacidad

Climbers hidráulicos (12 de 12 Ton / und) para 144 Ton.

Grúa de Cola: Manitowoc 4000 W - 150 ton. de capacidad

Grúa Terex RT-190 de 90 ton. de capacidad

6.2.2.4.- MAQUINARIA Y EQUIPO DE TRANSPORTE

ICTESA recibe la carga con los equipos indicados en el ítem N° 6.2.2.3. Para descargar el equipo en la zona de fundación, el transportista ubica la columna cerca a la base, de tal manera que las orejas de izado queden alineadas con referencia al gancho de izado de la estructura temporal. El faldón estará orientado a 50 grados hacia el noreste. La rampa auxiliar estará preparada para facilitar el transporte y la ubicación del equipo en la zona de fundación y el transporte de la grúa de cola. (ver figura 6.7).

6.2.2.5.- Descarga de la columna visbreaking

6.2.2.5.1- Actividades preliminares.

Para la descarga del equipo, la estructura temporal deberá estar instalada en el lugar de izaje al igual que la grúa de cola de 150 ton. La fundación estará liberada para instalar el equipo con suficiente anticipación. Esta actividad incluye colocar láminas metálicas y nivelar la fundación según procedimiento de vaciado de grouting. El topógrafo estará instalado con su equipo al igual que los mecánicos montadores para fijar el equipo en su base una vez que esté posicionado sobre su fundación.



Figura 6.7 Llegada columna Visbreaking a obra

Fuente: Informe montaje columna visbreaking Ictesa / Javier Alva Ch.

6.2.2.5.2- Llegada del equipo al área de Visbreaking

La ruta de llegada al área será utilizando la rampa auxiliar construida para el transporte de la columna hacia la zona del Visbreaking. El transporte entrará a la zona de Visbreaking de retroceso. Ver plano RLP06-FSK-JACH-02-REV-1.

6.2.2.5.3- Descarga del equipo

Salida del camión remolque.

Se suspenderá la columna con la grúa de 150 ton. en la zona de la cuneta A para permitir la salida del camión remolque. Luego con la grúa de 30 ton. Se instala la parte inferior de la cuneta, para luego ser soldada a la cuneta de transporte suministrada por el equipo. Luego se baja la carga al nivel del piso.

Descarga del remolque posterior.

Para tal efecto se moviliza la grúa de 150 ton. Hasta la zona del soporte B para luego ser estrobadado y elevado hasta una altura que permita retirar el remolque. Luego se coloca la parte inferior del soporte B con ayuda de la grúa de 30 ton. Luego se baja la carga a nivel de piso.

Aproximación del equipo al centro de la fundación

Será mediante la utilización de la grúa de 150 ton. Esta se ubicará en la zona del soporte B y la grúa de 90 ton. Se ubica en la zona del soporte A. Una vez estrobadado, ambas grúas izarán el equipo hasta una altura que permita superar el nivel del suelo (máx. 0.50 m). La grúa de 150 ton. se desplazará lentamente hasta que el gancho de la grúa de 90 ton. Lo permita. Luego se desplaza la grúa de 90 hacia el centro de la fundación, la grúa de 150 ton. Avanza lentamente.

Se repite los pasos anteriores hasta que las orejas de izado queden alineadas con la posición del gancho de izaje. En esta etapa se colocan los estrobos al equipo y al gancho para proceder a izar el equipo a una altura que permita retirar los soportes temporales. Con la actividad descrita se inicia el izado inicial. En esta etapa se han superado todos los preparativos y se entrega el resto del izado al supervisor del izado que tendrá a la manipulación de los climbers, quien continuará el día siguiente.



Figura 6.8 Aproximación de columna a su fundación

Fuente: Informe montaje columna visbreaking Ictesa / Javier Alva Ch.

6.2.2.5.4 - Izaje del equipo sobre la fundación

Para iniciar el proceso de izado se debe haber superado los pasos anteriores y haberlos culminado antes de las 6:00 de la mañana. El izado se iniciará a



Figura 6.9 Verticalización columna visbreaking

Fuente: Informe montaje columna visbreaking Ictesa / Javier Alva Ch.

las 6:00 de la mañana. La velocidad de izado estará entre 4 a 7 metros/hora. Se estima un tiempo de izado de 12 horas. Todas las actividades de izado de la columna del Visbreaking estarán dirigidas por una sola persona. El responsable de la operación del equipo hidráulico (climbers) tendrá a su cargo dos personas que participarán en el izado solo cuando se los solicite, en actividades muy puntuales tales como regulación de los climbers.

El izado se iniciará cuando todo el personal de maniobra encargado de colocar al equipo sobre su fundación y cuando se hayan concluido la instalación de estrobos, y las personas encargadas de llevar el control visual del alineamiento del balancín, verticalidad de la estructura temporal y verticalidad de los cables estén ubicadas en lugares estratégicos y cuando el supervisor encargado de dirigir la maniobra lo ordene. El izaje se inicia cuando la grúa de cola y los climbers empiecen a levantar el equipo de los soportes, a una altura de 1.50 m sobre el nivel del piso de tal manera que el faldón supere la proyección de los pernos de anclaje. La grúa de cola avanza lentamente a medida que los climbers avancen, manteniendo siempre la verticalidad de los estrobos. Cuando el equipo llegue a la posición vertical y quede estático se libera la grúa de cola y los climbers empiezan a descender el equipo sobre la fundación, haciendo coincidir los agujeros de la base con los pernos de anclaje instalados en la etapa de los trabajos civiles. Luego de tomar las precauciones y verificar el alineamiento, se procede a bajar el equipo sobre su fundación. En esta etapa entran

en actividad los mecánicos, encargándose de nivelar y apretar los pernos de anclaje en coordinación con el topógrafo.

6.2.2.5.5- Desmontaje del equipo de izaje

La estructura temporal tendrá una escalera de acceso en toda su longitud para poder tener acceso a cualquier nivel. Para retirar los grilletes de las orejas de izado de la columna, se realizará utilizando una canastilla y la grúa de 90 ton. Después de liberar el yugo de las orejas de izado, se suspende mediante tecles, para liberar los climbers y los cables de izado. El yugo y el gancho se bajan utilizando la grúa de 90 ton, para luego proceder a desmontar los cables. Después de retirar todo el sistema hidráulico de izado, se procede al desmontaje de la estructura temporal con el apoyo de la grúa de 140 ton. Todas las piezas desmontadas se cargan directamente sobre el camión de transporte para evacuarlos del área o reubicarlos en el área del siguiente montaje. El izaje termina cuando el equipo quede aceptado, y se inician los otros frentes de trabajo en la columna. Al concluirse los trabajos de izado de la columna, se procede a remover la rampa temporal y el relleno efectuado en la zona.

6.2.2.5.6.- Documentos

Los documentos mencionados forman parte del dossier de montaje del equipo, se indica a título de información para considerarlos en futuros proyectos. Ver lista ítem 6.2.1.6.7 Documentos.

6.2.3 Desmontaje y montaje módulos horno

6.2.3.1.-Objetivo

El objetivo del procedimiento es explicar en detalle todos los movimientos para desmontar y montar los módulos de la zona de convección del horno, desde la carga en la zona de almacenamiento temporal y colocación sobre el horno existente; trabajo ejecutado durante una parada de planta de 26 días. Adicionalmente, se hace mención de los trabajos a realizar en los sopladores de hollín y quemadores.

6.2.3.2.- Datos de los módulos

Dimensiones y pesos de módulos nuevos

Modulo	Dimensiones (m)			Peso (Ton)
	Ancho	Alto	Largo	
Inferior	3.394	1.530	17.820	60.00
Intermedio	3.394	2.640	17.820	123.00
Superior	3.394	2.161	17.820	72.00

Nivel de la base:

Módulo inferior	Módulo intermedio	Módulo superior
+ 12.755 m	+ 14.285 m	+16.929 m

6.2.3.3.- Maquinaria equipos de izaje

- Torre de izaje 192 ton. de capacidad.
- Climbers hidráulicos (16 de 12 Ton / und) para 192 ton.
- Grúa P& H 9125-TC de 140 ton. de capacidad.
- Grúa Terex RT-190 de 90 ton. de capacidad.

- Equipo de transporte especial “ TRANSPORTES CESARO ”
- Camión plataforma 30 ton.
- Grúa de 30 ton de capacidad.
- Montacarga de 6 Ton.

6.2.3.4.- Maquinaria y equipos de transporte

ICTESA transporta los equipos desde su almacenamiento temporal ubicado en el área de la refinería, hasta la zona de izado al oeste del horno existente, de tal manera que los balancines de izado queden alineados con referencia al gancho de izado de la estructura temporal.

6.2.3.5.- Obras preliminares

Montaje torre de izaje.

Desmontaje de chimenea y ductos existentes.

Desmontaje módulos de convección existentes.

Movimiento de los módulos de convección nuevos.

Relleno de la rampa acceso

Nivelación del área en la posición de la grúa de 140 ton.

6.2.3.5.1 Montaje torre de izaje

El montaje de la torre de izaje se inicia antes de la parada con el montaje de las cuatro columnas y la viga de amarre en el lado este, estando la grúa ubicada al sur-este del horno, ocupando parte de la avenida “J” (Ver plano: RLP06-FSK-JACH-003-REV 0).

Para instalar las columnas de la estructura temporal del lado oeste sólo se podrá

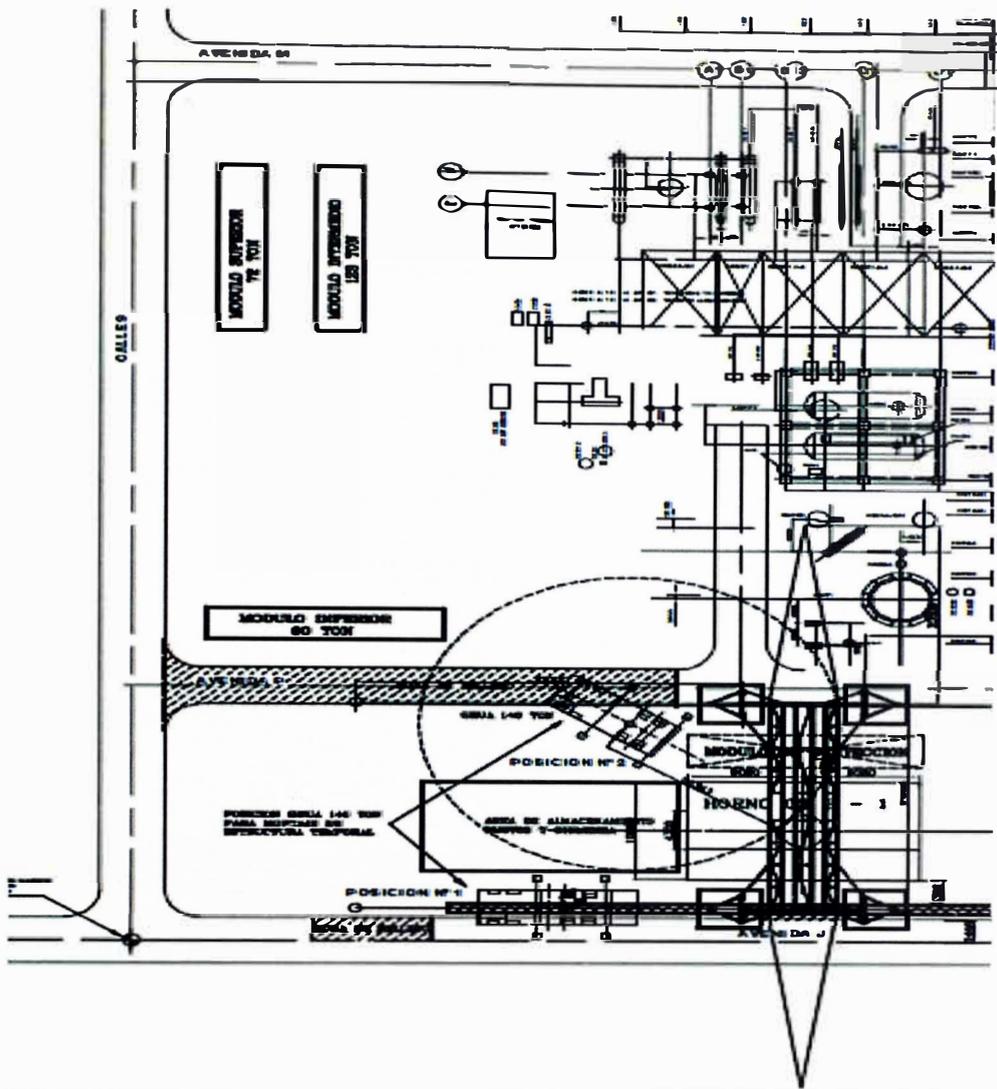


Figura 6.10 Área montaje módulos horno

Fuente: Montaje módulos horno Ictesa / Javier Alva Ch.

Instalar la columna del lado norte. Después de haber desmantelado la chimenea se continuará con el montaje de la columna faltante de la estructura temporal lado sur.

Para el montaje de la estructura temporal la grúa estará ubicada en el lado oeste del horno (Ver Figura 6.10), desde esta posición se instalarán las columnas, viga de amarre entre columnas del lado oeste, las vigas porta climbers, el carro porta climbers y los

climbers de izado. Antes de instalar las columnas se instalarán las bases de concreto construidas en sitio para este propósito. La torre de izaje tendrá una altura de +33,500 mm desde el nivel del piso. En el nivel indicado se instalarán las vigas porta-climbers entre columnas de este a oeste (Ver Figuras 4.4 y 4.5). La torre de izaje a utilizarse será la misma que se utilizó en el izaje de la columna de vacío modificado en la longitud del puente. El transporte de los módulos de la estructura temporal será por la avenida "J" y la avenida "P" (Ver plano: RLP06-FSK-JACH-003-REV 0).



Figura 6.11 Montaje de estructura torre de izaje

Fuente: Informe montaje módulos horno Ictesa / Javier Alva Ch.

6.2.3.5.2 Desmontaje de la chimenea y ductos existentes

El desmantelamiento de la chimenea se inicia desmontando los ductos entre la chimenea y la zona de convección, cortando los pernos con equipo de oxicorte. Se empieza desmontando los ductos del lado sur y luego los del lado norte. Los ductos se almacenarán temporalmente al sur del horno dentro del alcance del radio de la grúa.

El desmontaje de la chimenea del horno existente será con la grúa de 140 Ton. Para realizar esta labor la grúa estará ubicada al oeste del horno según procedimiento elaborado. Para desmontar la chimenea se realizaron las siguientes actividades previas:

- Retirar plataforma y tuberías instaladas en la chimenea, utilizando la grúa de 140 ton. y cortando los pernos de las uniones empernadas utilizando oxicorte. (Según Planos no adjuntado al presente informe).
- Reforzar el ducto superior de la chimenea instalando una estructura radial hecha con ángulos de 75 x75x 10 en cuatro puntos.
- Instalar los estrobos en las orejas de izado de la chimenea con apoyo de la grúa de 90 Ton de capacidad instalado al lado sur del horno, utilizando una canastilla metálica.
- Sacar los pernos de la chimenea en la zona de transición utilizando equipo de oxicorte.

Se procede a liberar el tramo recto de la chimenea de la base, se inicia luego el proceso de descenso hasta el piso del horno.

El almacenamiento temporal de la chimenea será en forma horizontal al lado sur del horno, Para colocar la chimenea en forma horizontal se utilizará una grúa de cola de 90 Ton.. La chimenea permanecerá en esa posición hasta el momento de su traslado para ser reparada. Al retornar la chimenea se ubicará en el mismo lugar, donde permanecerá

hasta cuando se requiera instalarse de nuevo al concluirse el izaje de los módulos de convección. Después de desmontar la chimenea se desmontará el ducto de transición entre la chimenea y el módulo de convección, utilizando la grúa de 140 ton. y los accesorios de montaje empleados en el desmontaje del tramo recto de la chimenea. El ducto de transición al llegar al nivel de piso se cargará sobre un camión y se transportará al área de almacenamiento.

6.2.3.5.3 Desmontaje de los módulos convección existentes

Para proceder al desmontaje de los módulos de convección existentes se requiere haber concluido con el montaje de la estructura temporal y haber instalado los climbers hidráulicos. El desmontaje de los módulos existentes se realizará en grupos de dos módulos con un peso estimado de 130 Ton. Para realizar esta maniobra se soldará la zona de los refuerzos verticales entre módulos. Para el desmontaje se instalan los accesorios de montaje al módulo existente y el gancho instalado en la viga porta climbers de la estructura temporal. Luego de desmontar los soportes y sacar los pernos entre el módulo N° 4 y módulo N° 3 se empieza el izaje. Una vez liberado el módulo se traslada el carro porta-climbers de este a oeste hasta quedar el módulo en posición de descenso. Luego se empieza el descenso del módulo hasta una altura que permita el ingreso de la plataforma de transporte. Cuando la plataforma del transporte este ubicada, se continúa con el descenso de la carga hasta quedar totalmente fijo sobre la plataforma. Luego el módulo es trasladado hasta su depósito final. Ver figuras 6.12 y 6.13. El traslado de los módulos será a un punto indicado por la Refinería.

La actividad antes indicada se repite para los módulos N° 2, y N° 1. Como integrantes de la segunda maniobra de desmontaje.

En el área de almacenamiento para los módulos existentes deberá estar preparada con anticipación, nivelada y demarcada con acceso directo para el transporte. La descarga se realizará utilizando grúas hidráulicas, los módulos se apoyarán sobre unos soportes metálicos contruidos para recibir la carga.

6.2.3.5.4 Movimiento de los módulos nuevos

Para movilizar los módulos de convección, la estructura temporal deberá estar disponible y haber concluido con el desmontaje de los módulos existentes. La base donde se montará el nuevo módulo de convección inferior estará liberada para instalar el módulo con suficiente anticipación. Esta actividad incluye haber preparado el nivel superior de la zona de radiación existente comparando los huecos de la brida existente con los huecos de la brida del nuevo módulo inferior. Para el izaje de los otros módulos se debe haber concluido con la fijación del módulo instalado previamente.

6.2.3.5.5 Modificaciones para el movimiento de módulos

Incluye los trabajos de acondicionamiento del terreno, como relleno de vías y cierre de vías para facilitar la maniobrabilidad de los vehículos de transporte.

6.2.3.5.6 Fundación de la torre de izado

Para la nivelación se construyeron las fundaciones de la estructura temporal directamente sobre el suelo y en su ubicación final, para que adquiriera la inclinación del piso.

6.2.3.5.7.- Llegada de los módulos al área de izaje

La ruta de llegada al área será utilizando el transporte de una empresa local. Para facilitar el transporte y movimiento de los módulos se requiere rellenar el acceso de la avenida "P" y remover los hidrantes que pudieran obstaculizar el movimiento de los módulos. El relleno se inicia al concluirse el desmontaje y el transporte de los módulos existentes hacia el deposito asignado el cual será utilizando la rampa de la avenida "P"

6.2.3.5.8 .- Descarga de módulos

Será mediante la torre de izaje utilizando los climbers hidráulicos. La descarga se produce al levantar el módulo a una altura que permita retirar las plataformas de transporte (Ver Fig 6.12). Una vez liberado el medio de transporte se continúa con el izaje del módulo hasta el nivel correspondiente

6.2.3.5.9.- Izaje de los módulos de convección sobre el horno

6.2.3.5.9.1 Izado del módulo

Es la continuación de la etapa de descarga del transporte. Se eleva el módulo hasta una altura de +12755 mm hasta superar la zona de radiación del horno (para el primer módulo se estima un tiempo de 3 horas (Ver Fig 6.13) Cada módulo tiene un nivel de izado diferente siendo la altura máxima de + 16929 mm.

6.2.3.5.9.2 Traslación y descenso del equipo hasta la base

Después de haber elevado el equipo hasta la altura que supere la zona de radiación se traslada el equipo de oeste a este hasta quedar alineado con el centro del horno (Ver Fig 6.13). Después de alinearse y verificar la



Figura 6.12 Desmontaje de módulos de convección

Fuente: Informe montaje módulos horno Ictesa / Javier Alva Ch.



Figura 6.13 Montaje de nuevos módulos

Fuente: Informe montaje módulos horno Ictesa / Javier Alva Ch.

Posición correcta se descende el equipo hasta su base se estima una duración de 3 horas para esta etapa por cada módulo. Todas las actividades de izado de los módulos del horno estarán dirigidas por una sola persona. El responsable del izado tendrá a su cargo 2 personas que participarán en el izado solo cuando se solicite y en actividades muy puntuales se dará apoyo adicional. El izado se iniciará cuando todo el personal de maniobra encargado de colocar los estrobos haya concluido con sus actividades en la etapa de descarga y las personas encargadas de llevar el control visual de la nivelación del balancín, verticalidad de la torre de izaje y los cables estén ubicados en lugares estratégicos y cuando el supervisor encargado de dirigir la maniobra lo ordene. El izaje del nuevo módulo se inicia cuando los climbers empiecen a levantar el equipo. Se repiten las actividades de izado para los módulos intermedio y superior de la zona de convección del horno.

6.2.3.5.9.3.- Desmontaje del equipo de izaje

La estructura temporal tendrá una escalera de acceso en toda su altura. Para poder tener acceso a cualquier nivel, para retirar los grilletes de las orejas de izado de los módulos, se realizará utilizando una canastilla y la grúa de 90 ton. Al término de los izajes de los módulos para liberar el yugo de los climbers, se suspende el gancho mediante teclas a la estructura temporal. Luego, con ayuda de una grúa y un canastillo, se liberan los soportes de los climbers y los cables de izado quedan sueltos; para descender el conjunto yugo y gancho se hace con ayuda de la grúa de 140 Ton.

Luego se procede a desmontar los cables después se retira todo el sistema hidráulico de izado, se procede con el desmontaje de la estructuras temporal con el apoyo de la

grúa de 140 ton. Todas las piezas desmontadas se cargan directamente sobre el camión de transporte para evacuarlos del área de montaje. Al concluirse con el trabajo de izado de los módulos se procede a remover el relleno de la calle "P" y a reinstalar los hidrantes removidos temporalmente. La avenida "P" reestablecida sirve para la salida de la estructura temporal del área de la parada. La evacuación continúa por la avenida "J" utilizando la misma ruta establecida para el transporte de los módulos existentes.

6.2.3.5.10.- Montaje de la zona de transición de la chimenea y los ductos

Después de haber concluido con el desmontaje de las vigas porta-climbers de la torre de izaje de la columna ubicada al sur-oeste, la grúa de 140 ton. Cambia de posición de izado, para continuar con los montajes de la zona de transición de la chimenea, hasta pasar por encima de los módulos de convección. Lentamente se baja sobre su posición final y se procede a instalarlo y nivelarlo.

La chimenea, al retorno del mantenimiento, se recibirá en posición horizontal, con ayuda de las grúas de 90 y 140 ton. Se procede a la verticalización e izado hasta colocarlo sobre la zona de transición instalada previamente. Para liberar la grúa de 140 ton. Se utilizó una grúa de 90 ton. y un canastillo para subir al personal para sacar los estrobos. Al terminar de colocar los pernos en la chimenea, se instalan los ductos laterales con ayuda de la grúa de 140 ton. Se instala primero el ducto del lado norte y luego el ducto del lado sur. La liberación de los estrobos se hace con andamios.

6.2.3.5.11.- Montaje de plataformas y soportes

Al concluir el izado de la chimenea y ductos, se procede a instalar las plataformas de la zona de los módulos de convección lado este Elev. +13034, Elev. +15634 y Elev. +19203 siguiendo la secuencia de los planos (no incluidos al informe):

- Transporte de plataformas ensambladas en secciones en el área temporal
- Transporte de los bracing(soportes) para el izado Este y Oeste.
- Izado de plataforma Elev. +13034 de Sur a Norte (plano no incluido en informe)
- Izado de plataforma Elev. +19203 de Sur a Norte.
- Instalación de plataforma y escalera en chimenea.

Para el montaje de las plataformas utilizamos la grúa de 90 ton.

6.2.3.5.12.- Montaje de sopladores de hollín

Los sopladores de hollín se instalarán en el lado este del horno, entre los módulos de convección sobre las plataformas instaladas previamente a las Elev. + 114433 y +117077 según se indica en los planos de referencia (no incluidos en informe).

- Especificaciones del fabricante de los sopladores CLYDE BERGEMANN LTD Glasgow, Scotland.

6.2.3.5.12.1 Equipos utilizados

- Camión plataforma de 20 ton. para el transporte del equipo desde área tempoal.
- Grúa de 90 ton. para el izado al nivel de montaje.
- Máquina de soldar: para soldar el tubos en la pared del módulo de convección.

6.2.3.5.12.2 Procedimiento

- 1.- Instalación de los soportes indicados en sobre la plataforma Elev. +113034.

- 2.- Izado de los sopladores con la grúa de 90 ton. en la Elev. +113034.
- 3.- Instalación de soportes indicados sobre la plataforma Elev. +115634.
- 4.- Izado de los sopladores con la grúa de 90 ton. en la Elev. +115634.

6.2.3.5.13.- Montaje de nuevo quemador

6.2.3.5.13.1 Actividades preliminares

Para el montaje del nuevo quemador se debe haber concluido con la modificación de la base del piso del horno y haberlo transportado a pie de la fundación del horno.

6.2.3.5.13.2 Montaje de los quemadores

Será utilizando caballetes colocados en el interior del horno, además de tecle de 1.5 ton de capacidad para la instalación del quemador. También se utilizará herramientas manuales de izaje (estrobos, eslingas de nylon, llaves de impacto y utilajes).

6.2.3.5.14.- Modificaciones a los quemadores del horno

Se realizará de acuerdo a la siguiente secuencia:

- Destapar el horno con herramientas neumáticas.
- Prueba de gases y obtención de permisos en espacio confinado.
- Desmontar el quemador existente con equipo de oxicorte, y con ayuda de tecles colocados en el caballete, se coloca sobre la mesa soporte móvil.
- Transportar quemador existente al área de mantenimiento y/o chatarra.
- Demoler refractario existente para trabajar con plantilla la nueva ubicación del Quemador.
- Cortar hueco en el piso del diámetro requerido según plantilla.
- Colocar espárragos de fijación en el piso del horno y soldarlos.

- Montaje de nuevo quemador en la base rectificadora
- Instalar mufle al quemador.
- Reparar refractario utilizando encofrado
- Modificar acometidas de tuberías al quemador.
- Limpieza de la zona de trabajo.
- Cierre del horno.
- Pruebas.

Se repite la misma secuencia para los 24 quemadores utilizando varias cuadrillas.

6.2.3.5.15.- Retiro de fundaciones de concreto

Luego de retiradas las columnas de su fundación, se procede al retiro de éstas. Con las grúas de 90 y 140 ton. Se levanta cada fundación para luego colocarla sobre el camión plataforma y transportarlas a su almacenamiento. Se repite el mismo procedimiento para las fundaciones de concreto de los vientos.

6.2.3.5.16.- Secuencia de montaje de los módulos de convección horno

Para los trabajos programados de la parada de planta, se desarrolla un programa en detalle donde participan todas las disciplinas y los contratistas involucrados. La secuencia de las actividades y su duración sirvieron de referencia para organizar la duración de la parada. En el anexo 6.1, mencionamos la secuencia de montaje de módulos de convección horno, como una referencia para futuros trabajos.

6.2.3.5.17.- Documentos

Mencionamos los documentos presentados pero no incluidos en el presente informe, todos los documentos forman parte del dossier presentados a la refinería.

- Certificados de la calidad de grilletes.
- Certificado de calidad de los estrobos.
- Prueba magnética del gancho (Ver Dossier de Calidad)
- Tabla de capacidad de la grúa 140 ton. de capacidad.
- Tabla de capacidad de la grúa 90 ton. de capacidad.
- Memoria de diseño y cálculo de la base de la torre de izaje.
- Procedimiento calidad de fabricación de la torre de izaje (Dossier de Calidad)
- Inspección de materias primas y Protocolos de control dimensional.
- Organigrama del izaje de equipo.
- Disposición de Área
- Planos de montaje y desmontaje en el horno
- Anexo N° 2: Montaje Torre de izaje Horno
- Anexo N° 3: Ingreso torre de izaje
- Anexo N° 4: Montaje de vigas porta climbers
- Anexo N° 5: Montaje de viga transversal
- Anexo N° 6: Montaje y desmontaje de módulos horno
- Anexo N° 6A: Montaje módulos horno
- Anexo N° 6B: Desmontaje módulos horno
- Anexo N° 8: Desmontaje de la chimenea horno
- Anexo N° 9: Montaje de la chimenea horno
- Anexo N° 10: Montaje y desmontaje de chimenea horno
- Anexo N° 11: Retiro de módulos actuales horno

- Anexo N° 12: Movimiento de módulo inferior horno
- Anexo N° 13: Movimiento de módulo intermedio y superior horno
- Anexo N° 14: Cambio de pluma – Grúa 140 ton.
- Anexo N° 15: Modificaciones para movimiento de módulos horno
- Planos de plataformas (no incluidos en el informe)
- Montaje de Sopladores de Hollín
- Procedimiento de montaje del horno
- Montaje de quemadores nuevos:
 - Accesorio N°1: Caballete para quemadores
 - Accesorio N°2: Mesa soporte para montaje de quemadores horno
 - Accesorio N°3: Plantilla para nuevos quemadores
 - Accesorio N°4: Encofrado de piso zona nuevos quemadores
 - Plano de Ubicación de quemadores

CAPITULO VII

CRITERIOS DE COSTOS PARA IZAJE PESADO

7.1 INTRODUCCION

La selección del sistema de izaje a utilizar en el proyecto está en función a varios factores, antes de decidir qué sistema es el más adecuado es recomendable hacer un análisis de costo de cada sistema de izaje, para hacer este análisis hay que cuantificar la carga haciendo una revisión de los pesos que están involucrados en el montaje del equipo, Luego estudiar el área de montaje y la disponibilidad de espacio para las maniobras que se piensa realizar y las cantidades de izajes. Al tener definidos el peso y el área seleccionamos las grúas requeridas, o recomendamos el empleo del izaje con una torre de izaje utilizando los climbers hidráulicos (gatos hidráulicos), esto va relacionado con la disponibilidad de las grúas en el mercado local y también la disponibilidad de equipos que la empresa contratista pueda tener. Para los izajes pesados por lo general las grúas de gran tonelaje no están disponibles en el mercado nacional, suministrarlos involucra un costo, en el transporte y también por la estadía, que está relacionado con la cantidad de izajes que se pueda realizar. Finalmente influye también el tiempo del

montaje de los equipos, dado por el cliente, el montaje de los equipos pesados es prioritario, pues hacerlo significa abrir nuevos frentes de trabajo para las otras disciplinas.

Para definir qué sistema de izaje se utilizara en el proyecto, también hay que considerar lo solicitado en las bases de licitación y las aclaraciones relacionadas con el tema que se realizan durante la preparación del presupuesto; en algunos proyectos el cliente suministra la grúa para los izajes pesados, y la contratista se adecua a la fechas disponibles de la grúa. También es mandatorio la disponibilidad de equipos de la contratista de montaje, tales como la disponibilidad de grúas, y del sistema de izaje mediante los climbers. Para el proyecto la contratista oferta el empleo del sistema de izaje con torre de izaje y climbers, los equipos hidráulicos los disponías de otros trabajos similares ejecutados, la torre de izaje se diseña y fabrica de acuerdo a las necesidades del proyecto. Otra variable por la que se decide utilizar el izaje con torre y los climbers fue la cantidad de montajes a realizar con este sistema en función del tiempo, así el montaje de la columna de vacío y la columna de visbreaking se realizaron en el mismo mes (Dos montajes), posteriormente en una fecha programada para una parada de planta (después de nueve meses), se utilizan estos equipos en el desmontaje de los módulos de convección del horno, donde se realizan tres maniobras de desmontaje, luego en el mismo tiempo se realizan el montaje de los nuevos módulos de convección con mayor tonelaje a los existentes (tres maniobras). El retraso de estos montajes por razones constructivas ya repercute en el caso de decidir el empleo de una grúa de gran tonelaje. Otro factor que influye en la decisión para optar por el sistema de izaje con torre y

climbers es la disponibilidad del espacio para el armado de pluma y transporte del equipo, sin retrasar las actividades de las otras disciplinas.

Con el análisis realizado todo indica que en este proyecto es más favorable el empleo de una torre de izaje utilizando los gatos hidráulicos. Por interés para nuestro informe haremos un análisis a modo de ejemplo sobre cual sistema es el más favorable.

7.1.1 Montaje con grúas

Para el montaje con grúas, al definir el peso de montaje y las condiciones de izado, seleccionamos la grúa para el izaje y la grúa de cola. En nuestro caso, la grúa más óptima para realizar el montaje es utilizando una grúa de 600 Ton de capacidad, no disponible en el mercado nacional para el año que se realizaron los trabajos, la grúa de cola es la misma en ambos sistemas de izaje, se utiliza la grúa Manitowock de 150 Ton de capacidad. Para nuestro análisis de costos asumiremos costos de referencia actuales, que nos servirán únicamente como metodología de trabajo para un caso real, donde se aplican las variables típicas de cada proyecto.

7.1.1.1 Grúa de izaje de 600 Ton de capacidad.

- En la actualidad se encuentra en el mercado nacional una grúa Demag modelo CC2800 de 600 Ton de capacidad. Tomaremos como referencia el costo de esta grúa por ser la más próxima (con exceso) a nuestra necesidad, con la siguientes condiciones para su alquiler:
 - Horas mínimas de disponibilidad por mes por equipo: 300 HM
 - Días mínimos de disponibilidad por mes: 30 días
 - Se considera 30 días o 300 horas lo que venza primero

- Horas mínimas por día (turno diurno): 10 horas
- Precio para trabajos adicionales por mes: US\$ 180,000.00
- Mínimo tiempo de alquiler: Un mes.
- Costo Transporte a obra: Las horas de alquiler de las grúas se contabilizan desde la salida de la grúa del local de su almacenamiento hasta el retorno después de la maniobra. Las condiciones varían según la negociación final que se establezca con la empresa que alquila la grúa. En algunos casos se establece una tarifa plana por el tiempo de permanencia en el proyecto.
- Costo armado grúa: El costo están incluidos en las horas suministradas
- Costo Transporte al Perú: Se realiza cuando se tenga que suministrar una grúa desde el extranjero.
- Tiempo de montaje estimado incluyendo, movilización, armado grúa, montaje de equipo en obra y desmovilización: 60 días.
- Costo estimado para izaje columnas de vacío y visbreaking: Diciembre 2004
Costo (1) US\$ = 360,000.00 US\$
- Costo estimado para módulos de convección horno 02-H-01: Setiembre 2005
Costo (2) US\$ = 360,000.00 US\$

7.1.1.2 Grúa de Cola.

- Se utilizó la grúa Manitowoc 4000 W- 150 Ton de capacidad.
- Precio para trabajos adicionales por mes: US\$ 90,000.00
- Mínimo tiempo de alquiler: 01 mes.
- Costo estimado 01 mes: US\$ 90,000.00

7.1.2 Montaje con torre de izaje y Climbers (gatos hidráulicos)

Las torres de izaje que las compañías dedicadas a este rubro de izaje pesado (Heavy Lift) utilizan son fabricados en función a sus métodos de izajes, la magnitud de pesos que puedan realizar, los lugares donde los realicen y la frecuencia de su empleo. En la actualidad la industria de la construcción en refinerías de petróleo, petroquímicas, trabajos civiles, industria de la energía, construcción naval y el montaje de módulos para las plantas industriales es más frecuente. Para el proyecto mencionado en el informe, se diseñó una torre de izaje de acuerdo a las necesidades del proyecto.

La fabricación se realizó en el Perú con una empresa local de Lima. Haremos una referencia a los costos utilizando datos actuales tanto para la fabricación y montaje de la torre. Los climbers (gatos hidráulicos) los disponía la contratista de montaje.

1.- Peso de la torre de izaje: $P = 172,383.0 \text{ Kg}$

Los pesos obtenidos se indican en el plano: 2004-FSK-JACH-04-Rev 1 / Columna de vacío / estructura auxiliar de izaje. Ver anexo 7.1

2.- Costo de fabricación de la torre: $\text{US\$} = 460,315.67$

Ver anexo 7.1.2 Presupuesto fabricación torre de izaje

3.- Costo montaje y desmontaje de la torre: $\text{US\$} = 430,659.37$

Ver anexo 7.1.3 Presupuesto montaje desmontaje torre de izaje.

4.- Costo de suministro climbers hidráulicos.

La empresa contratista para los montajes especiales con sistema de climbers hidráulicos, para los siguientes equipos:

- Columna de vacío (Una maniobra)
- Columna de visbreaking (Una maniobra)
- Desmontaje y montaje módulos de convección del Horno. (Seis maniobras)

Considero una suma global donde se incluye los costos de los climbers, grúas, torre de izaje y mano de obra especializada para operación de los climbers. El monto ofrecido fue decisión de la gerencia en función a monto global de la obra, no refleja necesariamente el costo real. Los climbers y la mano de obra especializada estaban disponibles. Por razones comerciales consideraron un costo mínimo de US\$ 172,000.00 para los ocho izajes.

Para el presente análisis asumiremos el costo de los climbers en una cantidad de US\$ 90,000.00, equivalente a 30 días de grúa de cola.

7.1.3 Resumen costo montaje de las columnas de vacío y visbreaking.

7.1.3.1 Costo del izaje con grúas (Diciembre 2003)

- Costo grúa de izaje 600 ton capacidad.

	Dos izajes	Un izaje
Costo US\$	360,000.00	180,000.00

- Costo grúa cola de 150 Ton capacidad.

Costo US\$	90,000.00	45,000.00
------------	-----------	-----------

Total costo equipos US\$	540,000.00	225,000.00
---------------------------------	-------------------	-------------------

7.1.3.2 Costo de izaje con torre y climbers (Diciembre 2003)

	Ocho izajes	Un Izaje
- Costo de fabricación torre US\$	460,315.67	57,539.46
- Costo montaje y desmontaje torre US\$	430,659.37	53,832.42
- Costo suministro de climbers US\$	90,000.00	11,250.00
Total costo equipos US\$	980,975.04	122,621.88

7.1.3.3 Costo de izaje con torre y climbers módulos (Setiembre 2004)

El desmontaje y montaje de los módulos de convección del horno, utilizando grúas, fue descartado por los siguientes motivos:

- Por tiempo de espera de la grúa de 600 Ton, sin izajes previstos, hasta la parada de planta. Nueve meses de espera.
- Espacio reducido para el armado de la grúa en zona de operación de la refinería
- Limitaciones de espacio para el transporte de los módulos de convección para el izaje con grúa en el perímetro del horno.
- Interferencia con trabajos de otras disciplinas durante la parada de planta.

El montaje de los módulos de convección se realizaron utilizando, la torre de izaje y los climbers, por las siguientes ventajas:

- Menor grado de interferencias entre las actividades de las otras disciplinas.
- Permite realizar actividades previas en paralelo tanto de montaje de torres, transporte de módulos en la zona del horno.
- No interfiere con las actividades de operación de la refinería.

7.1.3.4 Conclusión criterios de costos.

- El costo unitario por izaje con grúas es: US\$ 225,000.00
- El costo unitario por izaje con torre y climbers es: US\$ 122,621.88
- El izaje con climbers es más económico en costo y por la maniobrabilidad en la operación en terreno.
- Las torres fabricadas sirven para otros montajes similares.

CONCLUSIONES

1.- El montaje de la columna de vacío se ejecutó el 23 de diciembre del 2003, tal como se aprecia en las fechas indicadas en las fotos de las figuras 6.4 y 6.5.

La fecha contractual programada en el contrato fue para el día 19 de diciembre del 2003.

El atraso aparente de cinco días se origina por factores ajenos al alcance de los contratistas involucrados, causas como el atraso en la llegada del equipo a terreno, originados por trámites de aduana, permiso para el transporte local a obra, etc.

El cliente y la contratista de montaje dan por cumplido el hito del proyecto ofrecido en el programa general en el tiempo previsto y sin incidentes.

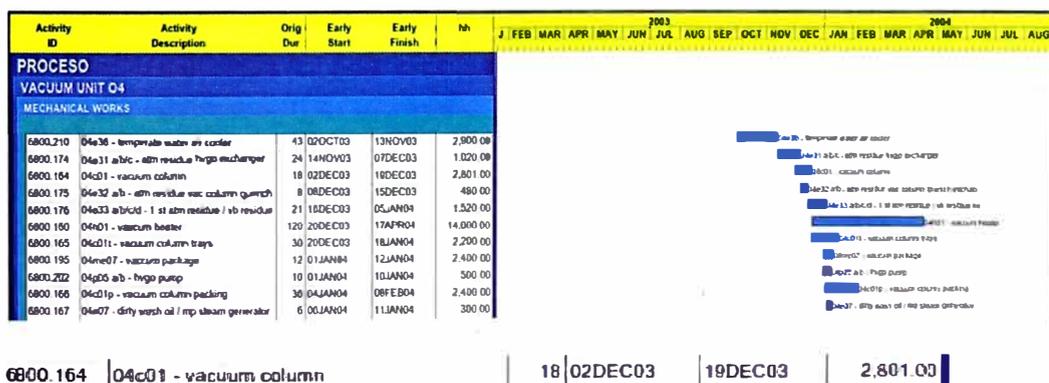


Figura C.1 Fecha montaje columna vacío previsto en programa general

2.- Se comprobó que todos los diseños y cálculos para realizar la maniobra se cumplieron. Corroborando así las bases teóricas asumidas en la preparación de la maniobra los cuales nos permitieron realizar un trabajo seguro.

3.- Queda demostrado que realizando una buena planificación y coordinación entre las diferentes disciplinas, se llega a optimizar los tiempos, y recursos destinados al proyecto. Con una buena coordinación entre el cliente, los contratistas de transporte local e internacional, y los fabricantes de los equipos, permitieron que se cumplan las fechas de acuerdo a lo programado, cumpliéndose los hitos planificados en el proyecto.

4.- El sistema de izaje con torre de izaje y gatos hidráulicos, es recomendable para maniobras donde el empleo de grúas son impracticables y de alto costo.

5.- El empleo del sistema de izaje con gatos hidráulicos permite al ingeniero más flexibilidad en el diseño del proyecto, que por otro medio sería imposible realizarlo.

El sistema de izaje con gatos hidráulicos se aplica también en proyectos de montajes de puentes, estructura off shore, refinerías, estaciones de potencia, edificios, rescates navales y otras estructuras de envergadura.

6.- El sistema de izaje de gatos hidráulicos, las unidades de potencia hidráulica y los gatos se pueden controlar y monitorear con operador usando un sistema de control mediante computadora. En nuestro proyecto, el control se realizó con un operario desde la plataforma de la torre de izaje.

7.- Finalmente mencionare que los objetivos trazados al asignarme el proyecto, para el montaje mecánico indicado en la figura 1.1, se cumplieron de acuerdo a lo solicitado en el tiempo previsto. **Y sin incidentes (ver figura C.2).**



Figura C.2 Unidad de vacío en proceso de culminación
Fuente: Informe avance proyecto Ictesa / Javier Alva Ch.

RECOMENDACIONES

1.- Se recomienda que en todo proceso de licitación, al elaborar la oferta se debe analizar en detalle el alcance de los trabajos para hacer una correcta selección de los equipos a utilizar y la cantidad requerida, considerando la necesidad de las otras disciplinas.

2.- Se recomienda cuantificar el volumen de trabajo involucrado en los montajes mecánicos. Ejemplo, determinar el peso del montaje de la columna de destilación y el peso de los internos. Ambos montajes tienen sus características y necesidades muy particulares, la columna requiere equipos especiales y mano de obra diferente a la instalación de internos, que son accesorios de poco tonelaje pero consumen más horas hombre y personal más especializado.

3.- En los montajes mecánicos también es recomendable conocer el alcance de los trabajos de otras disciplinas, para poder programarlos y así culminar la instalación del equipo en condiciones de operación. Ejemplo en columnas de destilación, la instalación del protector de fuego (Fire proofing), aislamiento térmico, instalación de tuberías, y sistemas de control. En caso de hornos es importante cuantificar el alcance de los trabajos de refractarios, estos trabajos son muy especializados por que utilizan material refractario especial que requiere personal civil especializado y la presencia del vendor (Fabricante del equipo).

4.- En una refinería de petróleo, es muy importante y mandatorio los planes de seguridad y su respectiva aplicación. Estos deben aplicarse a todo el personal directo e indirecto la responsabilidad involucra a todos los niveles de gestión de la obra. Por tratarse de la seguridad del personal y también de la planta.

5.- Para la ejecución de los trabajos dentro de una refinería de petróleo, se recomienda también tener una estrecha relación con el personal de planta, antes iniciar un trabajo. Muchas de las actividades se realizan con la planta en operación y hay factores mandatorios que respetar, como el "No Fumar".

6.- Antes de iniciar los trabajos en una refinería, el personal debe ser capacitado en curso de: Trabajos en caliente, trabajos en altura, trabajos en espacios confinados, trabajos con herramientas eléctricas, entre los más resaltantes.

7.- Se recomienda utilizar equipos de protección personal aprobados de acuerdo los trabajos a ejecutar. Herramientas y equipos aprobados con certificación vigente.

8.- Para el caso de montajes pesados el personal debe ser entrenado y sometido a exámenes antes de iniciar la maniobra en especial los operadores de grúa. Todo el personal de maniobra debe saber seleccionar sus herramientas y aparejos de montaje correcto. Y haber aprobado el examen médico para trabajos en altura.

9.- Es muy importante antes de iniciar un trabajo de izaje pesado hacer un simulacro previo al montaje real. Donde se pueda distribuir la función de cada participante, de acuerdo a un organigrama de izaje preparado para una maniobra específica.

10.- Como en todo proyecto es muy valioso la participación del personal de diferentes edades y experiencias, todos se benefician uno aportan otros aprenden, permitiendo así la continuidad y mejora de la construcción de plantas.

11.- Con el presente informe, se trata de mostrar los alcances y beneficios de la industria de la construcción en el ramo del izaje pesado, lo expuesto es solo una muestra. Considero que nuestra industria nacional con el desarrollo de la tecnologías de montaje también realizaran estas actividades especializadas, en la actualidad, se ejecutan con personal foráneo.

12.- En la actualidad en el sector de la construcción en las diversas especialidades, los proyectos consideran equipos y módulos de plantas de gran tonelaje, este detalle involucra el empleo de grúas, equipos de transporte y equipos de izaje pesado de mayor capacidad. Este requerimiento también se refleja en la necesidad de empleo de la mano de obra directa como indirecta. Se recomienda formar y tecnificar personal especializado en la operación y manejo de equipos de izaje.

13.- El izaje de la columna de vacío se realizó en diciembre del año 2003, en el mismo año también se realizaron montajes similares en los proyectos del gas de camisea en las Malvinas y Pisco. Estos montajes son los primeros montajes realizados en el Perú. El montaje del proyecto de camisea fue realizado por personal foráneo, el montaje del proyecto de la ampliación de la refinería gracias a la confianza de la empresa Ictesa me fue asignado. Con este comentario deseo manifestar mi inquietud para que nuestro personal en las diferentes especialidades tengan más presencia y participación en los proyectos que desarrollen las empresas transnacionales, desde la etapa de ingeniería hasta la ejecución. Así en poco tiempo también nuestro personal peruano también sea un recurso de exportación y no depender de tecnologías y personal foráneo, como se aprecia en la actualidad. En la figura R.1 se aprecia el proyecto concluido.



Figura R.1 Ampliación de la refinería terminado
Fuente: Informe avance proyecto Ictesa / Javier Alva Ch.

BIBLIOGRAFIA

1. INTECSA / UHDE Bases de diseño Rev. 2. Año 2002. España
 Cliente: REPSOL YPF Planta refinería la Pampilla (RELAPASA)
2. EC- B50 REPSOL YPF. Especificación de construcción para montaje mecánico de equipos estáticos.
3. Bechtel Corporation. Bechtel Rigging Hand Book. Copyright 2002. Second edition. Printed in United States of America
 Written & Compiled by: The Bechtel equipment operations rigging department
4. Bygging & Uddemann. AB Manual de operación sistema de izaje Hydraulic climbers – MOP.650.02-0 año 2000
5. ASME B30.5. 2004 (Revision ASME B30.5.2000) Mobile and locomotive cranes New York 2004 USA.
6. Federation Europeenne de la manutention – German National committee- List of FEM documents June 2015- FEM 1.001(10.1998) Crane group A1.
7. American Institute of Steel Construction. AISC-ASD (Allowance Strength

- design)-1989 Diseño acero por tensiones admisibles. Chicago, Illinois USA.
8. Instituto Nacional de normalización-INN Chile: Nch 432.Of.71- 2010. Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones. Chile
 9. Norma Peruana E020 Cargas Norma técnica de edificación 1985
Normas legales 320731 El peruano.
 10. Norma COVENIN 3131-2000 Rev. 1: Norma venezolana equipos de izamiento.
Fondo Norma – Caracas – Venezuela
 11. Emilio Larrondé, Antonio Miravete – Grúas- 1.ª Edición, 1996
Editado por: Servicio de publicaciones, Centro politécnico Superior
Universidad de Zaragoza
 12. Lawrence Shapiro. Jay P. Shapiro - Cranes and derricks- Fourth edition 2001. Mc
Graw Hill. Howard I. Shapiro & Associates Consulting Engineers, P.C. Lynbrook
New York USA.
 13. Hellmut Ernest. Aparatos de elevación y transporte. Volumen I -Ediciones
Blume 1969 España.
 14. P. Wuithier – El petróleo: Refino y tratamiento químico – Ediciones CEPESA
Madrid 1971 España.
 15. Ricardo P. Rodríguez R./Alexis R. Velásquez Barrios. Destilación atmosférica
y al vacío en la industria del petróleo.
Universidad San Buena ventura – Cartagena 2012– Colombia
 16. Jack C. Mc Cormac – Stephen F. Csernak. Diseño de estructuras de acero
quinta edición-Méjico 2012

17. National comisión for the certification of crane operators (NCCCO) - Rigger
reference manual 2011- Florida USA.

INTERNET:

WWW.pdvsa.com / WWW.petroleo.com

Intranet sidor 2011

WWW.dormanlongtechnology.com

WWW.fagiolipsc.com

WWW.enerpack.com

WWW.fem-eur.com

info@nccco.org

rrrrodrigoricardo@gmail.com

CURSOS UNI:

- 1.- Resistencia de materiales I (MC-324): Ing. Ronald Cueva – Santiago Paredes
- 2.- Estructuras Metálicas (EC-325-A): Ing. Juan Chávez (Cuaderno Javier Alva)

GLOSARIO DE TERMINOS

1. **Heavy lift:** Izaje pesado
2. **Climbers:** Gatos hidráulico
3. **Modular lift Tower (MLT):** Torres modulares de elevación / Estructura temporal de izaje / Torre de izaje.
4. **Columna de vacío:** Es el equipo que se utiliza para procesar el petróleo mediante un sistema de extractores de vacío.
5. **Columna visbreaking:** Es el equipo donde se reduce la viscosidad del petróleo.
6. **Módulos de convección:** Es la parte del horno formado por un serpentín de tuberías con aletas, instaladas en módulos.
7. **UDP :** Unidad de destilación primaria
8. **ICTESA:** Siglas empresa constructora, filial empresa Tecsma montajes de Chile.
9. **RLP:** Refinería la Pampilla
10. **Stripper:** Separadores forma parte del proceso de refinación.
11. **Pre comisionado:** Área de la construcción encargado del pre arranque de la planta, por sub sistemas.

- 12. Comisionado:** Área de construcción encargado del arranque y puesta en marcha de la planta. Por sistemas y circuitos de procesos.
- 13. RELAPASA:** Refinería la Pampilla S.A.
- 14. INTECSA / UHDE :** Siglas de la empresa encargada de desarrollar la ingeniería, del proyecto por encargo del cliente.
- 15. FCC :** Fluidized Craking Catalitic / Destilación de craqueo catalítico
- 16. Crudo:** Se denomina al petróleo antes de la refinación.
- 17. R.O.N:** Research Octane Number. Es el número que figurar en la estaciones de servicio. Representa, de manera aproximada, el comportamiento del motor en ciudad. El octanaje o número de octano es la escala que permite calificar el poder antidetonante de los carburantes, en un hidrocarburo que dispone de 8 átomos de carbono. Los carburantes son combinación de distintos hidrocarburos que se utilizan para lograr el buen funcionamiento del motor. $R.O.N > 95$.
- 18. M.O.N:** Motor Octane Number. Es el octanaje probado en un motor estático. Intenta reproducir la situación en carretera, alto régimen y conducción regular. MON de una gasolina moderna puede estar unos 10 puntos por debajo del RON. $M.O.N > 85$
- 19. Nafta de F.C.C:** Este proceso convierte componentes pesados, en particular Gasóleo de vacío, en diferentes hidrocarburos ligeros, de los cuales, alrededor del 50% es la denominada "Nafta de FCC" apropiada para ser formulada en la gasolina final.
- 20. Alquilación:** A partir de i-butano y buteno se sintetiza i-octano.

21. **Isomerización:** Las n-parafinas ligeras (C5 a C7) se transforman en i-parafinas.
22. **Flexi ring:** Accesorios que se instalan dentro de las columnas de destilación.
23. **AISC-ASD-1989:** Diseño por tensiones admisibles del American Institute of Steel Construction.
24. **Hidraulic climbers:** Sistema para izaje y descenso de carga, basado en un mecanismo de cilindros hidráulicos y cuñas que traban y sueltan alternadamente un strand (cable) fijado a la carga a izar.
25. **Strand:** Cables semirrígidos constituidos por hebras trenzadas que se emplean para izar la carga mediante los hidraulic climbers.
26. **Strand S18:** Son cables semirrígidos de acero, de siete hebras trenzados y de sección rectangular. El acero tiene un módulo de elasticidad de 2.000.000 Kgf / cm². Para un diámetro de 18 mm tiene una sección de 2.23 cm², una carga de rotura de (mínima) de 36.000 kg y un punto de fluencia (mínimo) de 33.650 kg. La carga de diseño del cable es de 12 ton.
27. **Muerto:** Elemento enterrado que fundamentalmente tiene por objeto resistir la fuerza ejercida por un cable atado a él.
28. **Viento:** Cable que tiene por objeto mantener la estabilidad de un elemento, en este documento referido a la estabilidad de la torre de izaje.
29. **Cabeza:** Extremo superior de la columna de vacío.
30. **CPP:** Consorcio Pampilla Perú
31. **E.020:** Norma peruana E.020 Cargas / Normas legales 320731 El peruano

- 32. Midrex:** Proceso de reducción directa midrex, el horno de reducción es alimentado con pellas y gruesos de mineral de hierro. Este proceso trabaja al igual que el HYL con el gas reductor, rico en monóxido de carbono e Hidrogeno. El gas reacciona con el óxido de hierro (Fe_2O_3) y le remueve el oxígeno. Los minerales de hierro contienen del 60 al 70 % de hierro. El resto se compone de oxígeno, arena, arcilla y piedras, que a su vez contienen oxido de silicio.
- 33. HYL:** Proceso de reducción directa HYL. Utiliza finos de mineral de hierro en lecho fluidizado para producir briquetas moldeadas en caliente, utiliza una mezcla de gases rica en hidrogeno y monóxido de carbono para extraer el oxígeno del mineral de hierro. La mezcla de gases se produce a partir de gas natural y vapor de agua en un dispositivo llamado reformador. A altas temperaturas, y con ayuda de catalizadores que se ponen en el interior de los tubos, ocurre la reacción química: Gas natural + vapor de agua = Hidrogeno + monóxido de carbono.
- 34. Reformador:** Es un reactor químico que a altas temperaturas convierte una mezcla de gas natural y vapor en un gas de alto poder reductor formado de hidrogeno y monóxido de carbono.

ANEXOS

ANEXO 1.1 REFERENCIA DE PROYECTOS EJECUTADOS

ANEXO 2.1 REFERENCIA IZAJES PESADOS

ANEXO 5.1 TOPICOS MEMORIA DE CALCULO TORRE DE IZAJE

ANEXO 5.2 EQUIPOS AUXILIARES

ANEXO 6.1 MONTAJE MODULOS DE CONVECCION HORNO

ANEXO 7.1 CALCULO DE COSTOS

ANEXO 1.1 REFERENCIA DE PROYECTOS EJECUTADOS

1.- Proyectos realizados sector petrolero – Venezuela



FORMICONI, C.A.

**CONSTRUCCION
MONTAJE
MANTENIMIENTO**

**CONSTRUCTION
ERECTION
MAINTENANCE**



Figura 1: Referencia presentación empresa Formiconi C.A.

Formiconi, C. A. en sus más de 35 años de actividades, se ha distinguido por la búsqueda incansable de la excelencia en la amplia gama de servicios de construcción, instalación y montaje mecánico prestados a las industrias petrolera, petroquímica, de generación eléctrica y siderúrgica. La confianza de nuestros clientes en nuestra responsabilidad, calidad y capacidad técnica, operativa y financiera, nos ha brindado la oportunidad de alcanzar metas siempre más ambiciosas en tamaño, plazos y complejidad técnica.

Calidad y dedicación al servicio del cliente son las características que han demarcado la evolución de Formiconi, C. A. desde los años cincuenta, cuando se especializaba en el tendido de tuberías ("pipelines") y la fabricación

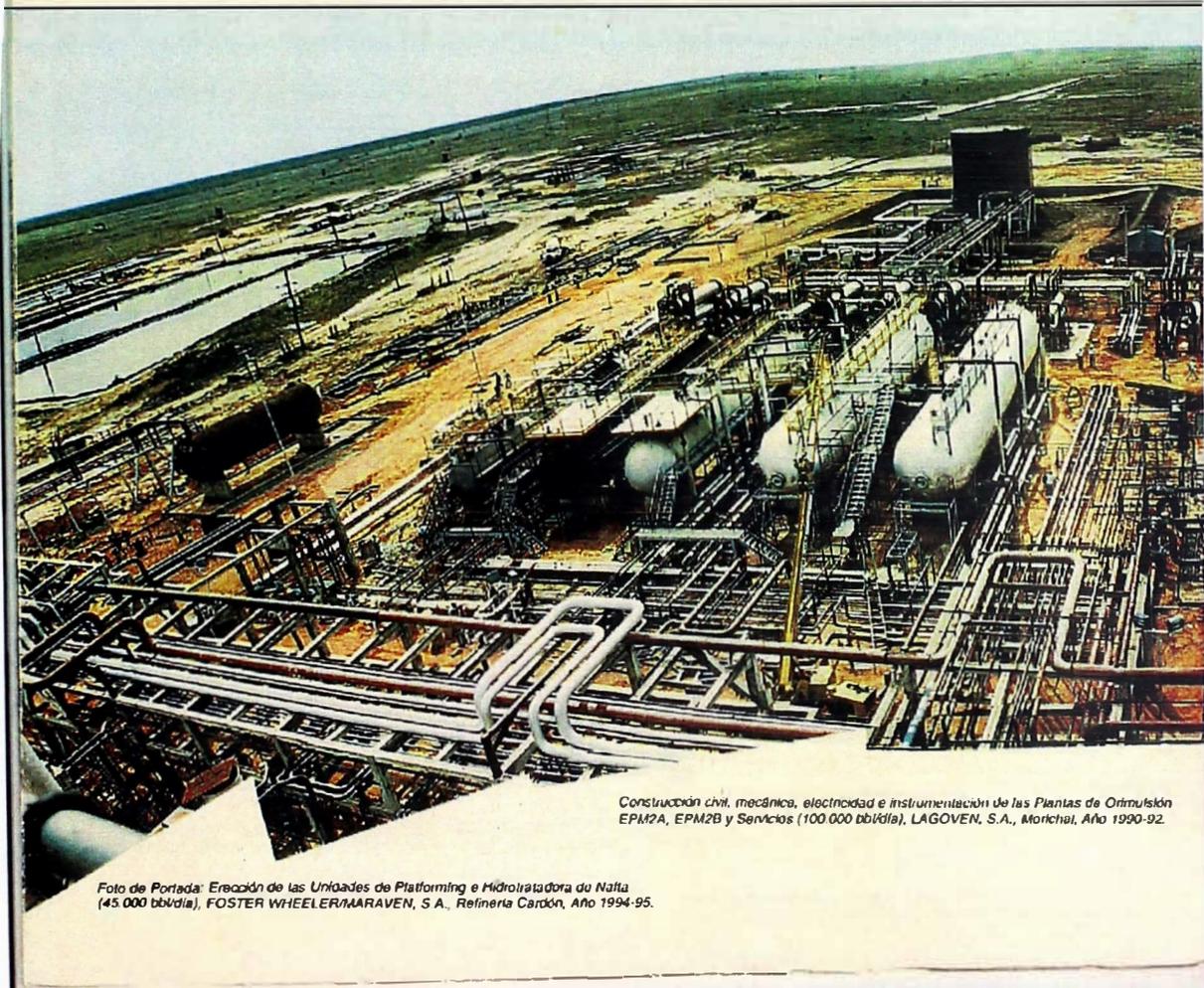
de tanques, a la empresa altamente sofisticada que es hoy en día, en capacidad también de ejecutar trabajos tan especializados como la completa construcción y montaje de plantas industriales, el izaje y erección de equipos de mas de 1.000 toneladas de peso y el mantenimiento o reacondicionamiento ("revamp") de instalaciones industriales.

El éxito alcanzado se fundamenta en la mística y conocimiento de su personal, destacando el grupo de ingenieros, técnicos y supervisores, que con su profesionalismo y dedicación han acompañado y apoyado a Formiconi, C. A. a través de sus cuatro décadas de vida, y en la calidad y variedad de sus equipos e instalaciones difícilmente igualadas por otras empresas venezolanas del ramo, facilidades en las cuales Formiconi, C. A. nun-

ca ha dejado de invertir con miras a su renovación y modernización.

La estratégica ubicación de sus oficinas y/o talleres en las zonas de Caracas, Maracaibo, Morón, Cardón y Puerto Ordaz, le permite atender a sus clientes con particular prontitud y esmero, otorgándole una ventaja competitiva considerable.

En FORMICONI, C. A. miramos hacia el futuro con el mismo entusiasmo que ha motivado e impulsado nuestra evolución hasta la empresa que somos hoy en día. Estamos preparándonos para ofrecer servicios integrales, con el firme propósito de satisfacer de forma siempre más eficiente y efectiva las necesidades y expectativas de nuestros clientes en Venezuela y en el exterior.



Construcción civil, mecánica, electricidad e instrumentación de las Plantas de Orotulación EPM2A, EPM2B y Servicios (100.000 bbl/día), LAGOVEN, S.A., Morichal, Año 1990-92.

Foto de Portada: Erección de las Unidades de Platforming e Hidrotretadora de Nalta (45.000 bbl/día), FOSTER WHEELER/MARAVEN, S.A., Refinería Cardón, Año 1994-95.

Throughout its activity of more than 35 years, FORMICONI, C.A. has distinguished itself for its untiring pursuit of excellence in a wide range of construction, installation, mechanical and erection services tendered to the petroleum, petrochemical, power generating and steel industries.

Our clients' confidence in our sense of responsibility, quality, technical, operational and financial capabilities has enabled us to reach ever more ambitious goals in terms of job size, rapid delivery time and technical complexity.

Quality and dedication to the service of the client are the characteristics which have marked the evolution of FORMICONI, C.A. from a company specialized during the 1950's in

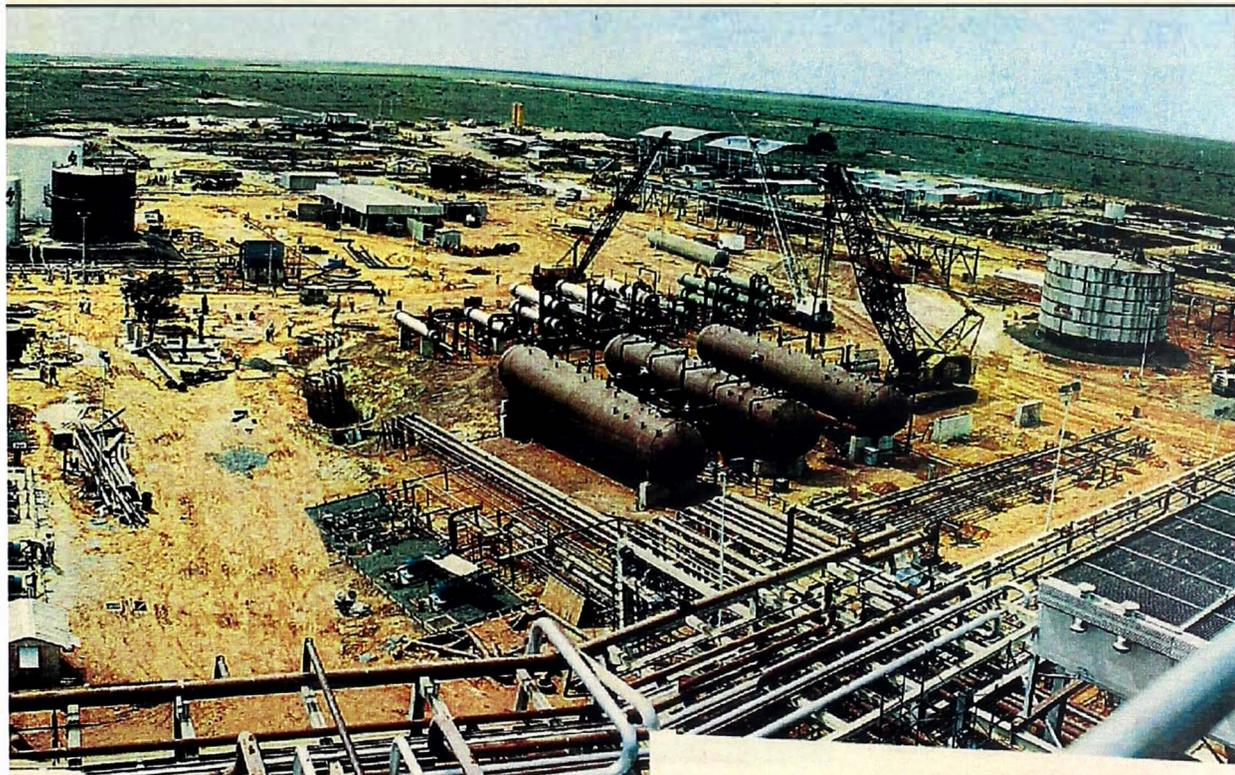
pipelines and fabrication of tanks to the highly sophisticated company it has now become, capable of performing such specialized jobs as the construction and erection of complete industrial plants, the lifting and erection of equipment weighing more than 1,000 tons and the maintenance or revamping of industrial installations.

The success attained is due to the dedication and expertise of its personnel, particularly the team of engineers, technicians and supervisors who, with their professionalism and devotion, have collaborated with and backed-up FORMICONI, C.A. during its four decades of existence and also to the quality and variety of its equipment and installations not easily matched by other Venezuelan companies in the

field - facilities in which FORMICONI, C.A. has never ceased to invest with a view to its renovation and updating.

The strategic location of its offices, yards and shops in the areas of Caracas, Maracaibo, Morón, Cardón and Puerto Ordaz permits FORMICONI, C.A. to serve its clients with particular promptness and great care, giving it a considerable competitive advantage.

In FORMICONI, C.A. we look to the future with the same enthusiasm which has motivated and inspired our evolution to the company which we now are. We are preparing ourselves to offer integrated services, with the firm intention of satisfying ever more efficiently and effectively the needs and expectations of our clients in Venezuela and abroad.

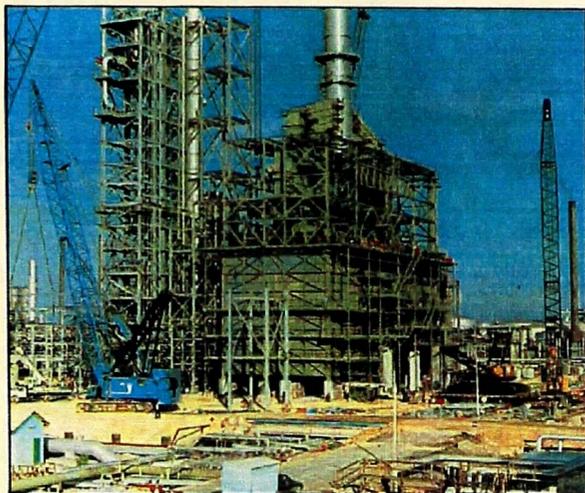


*Construction - civil, mechanical, electricity and instrumentation - of Orimulsion Plants
EPM2A, EPM2B and Services (100,000 bbl/day), LAGOVEN, S.A., Monchul, Year 1990-92.*

*Cover Page: Mechanical erection of Platforming and Hydrotreator Natta Units (45,000 bbl/day)
FOSTER WHEELER/MARAVEN, S.A., Refinería Cardón, Year 1994-95.*

Ensamblaje y Erección de Grandes Equipos:

- Hornos, reformadores y reactores,
- Calderas,
- Generadores y turbinas,
- Y, en general, equipos con pesos individuales de hasta más de 1.000 toneladas, por medio de sistema de izaje super pesado de torres modulares y gatos hidráulicos y una amplia flota de grúas, a la vanguardia del sector.



Montaje mecánico de 5 Hornos en la Planta Platforming, FOSTER WHEELER/MARAVEN, S.A., Refinería Cardón, Año 1993-94.
Mechanical erection of 5 Heaters in Platforming Plant, FOSTER WHEELER/MARAVEN, S.A., Refinería Cardón, Year 1993-94.



Levamiento de recipiente (altura: 78,9 m, peso: 420 ton), INELECTRA-MITSUBISHI/METOR, Planta Metanol I, Complejo Criogénico, Jose, Año 1993.
Lifting of vessel (height: 78.9 m, weight: 420 ton), INELECTRA-MITSUBISHI/METOR, Methanol I Plant, Complejo Criogénico, Jose, Year 1993.

Assembly and Erection of Heavy Equipment:

- Heaters, reformers and reactors,
- Boilers,
- Generators and turbines,
- And, in general, equipment with unit weights of more than 1,000 tons, lifted by means of a state-of-the-art tower and hydraulic jack super-heavy lifting system and a large fleet of cranes.



Montaje de las Calderas Unidades 1 y 2 (1.250 ton/hora), KRAFTWERKUNION A.G./CADAFE, Planta Centro, Marón, Año 1976-78.
Erection of Boilers (1,250 ton/hour), Units 1 and 2, KRAFTWERKUNION A.G./CADAFE, Planta Centro, Marón, Year 1976-78.



Tanque Criogénico de 100.000 bbl (-48°C) e Interconexiones, MARAVEN, S.A., Planta LPG, Bajo Grande, Año 1992-94.
100,000 bbl Cryogenic Tank (-48°C) and Tie-ins, LPG Plant, Bajo Grande, Year 1992-94.

Construcción de Tanques y Recipientes:

- Tanques atmosféricos con techo fijo, techo flotante y techo flotante interno
- Tanques criogénicos de techo domo, aislados y refrigerados.
- Recipientes a presión esféricos y cilíndricos.
- Columnas de destilación.

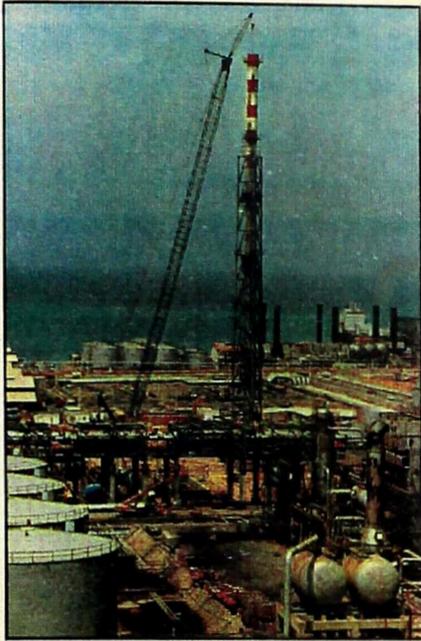
Construction of Tanks and Vessels:

- Atmospheric tanks with fixed roof, floating roof and internal floating roof.
- Cryogenic tanks with dome roof, insulated and refrigerated.
- Pressure vessels - spherical and cylindrical.
- Distillation columns.

Civil and mechanical construction of HDM Experimental Plant, FLUOR/MARAVEN, S.A., Refinería Cardón, Year 1980-81.

y
s.

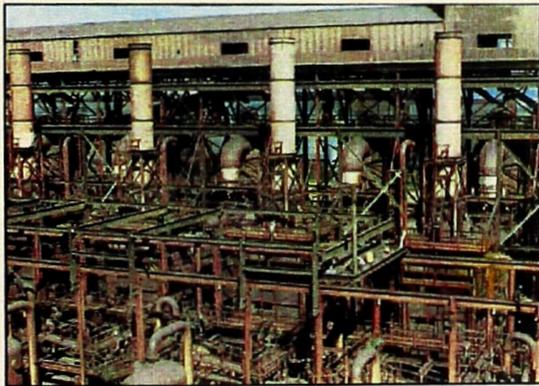
t.
al
in
of
id
s,
th
is
s.
rk
id
s.
:)
or
e-



Erección de Chimenea (diámetro: 8.2', altura: 312') con Cabria Triangular, BECHTEL/MARAVEN, S.A., Refinería Cardón, Año 1994.
Erection of Flare Stack (diameter: 8.2', height: 312') with Triangular Support Tower, BECHTEL/MARAVEN, S.A., Refinería Cardón, Year 1994

Tuberías:

- Prefabricación y montaje de tuberías de todo diámetro y tipo de material en plantas y áreas de servicios.
- Oleoductos, gasductos, acueductos.
- Tuberías de gran diámetro para conductos a presión en represas, conductos de escape de gas en calderas, conductos para agua de enfriamiento, etc.



Remodelación de 12 Pre-Calentadores, 3 Reformadores y montaje mecánico para la ampliación de la Planta de Reducción Directa HYL II, M.W. KELLOGG/SIDOR, C.A., Mataranzas, Año 1987-90.
Revamping of 12 Pre-Heaters, 3 Reformers and mechanical erection for the expansion of Direct Reduction Plant HYL II, M.W. KELLOGG/SIDOR, C.A., Mataranzas, Year 1987-90.

Construcción de Estructuras Metálicas y Estructuras Especiales:

- Mechurrios para relinerías.
- Plataformas, puentes de tuberías y estructuras portantes.
- Sistemas de carga, descarga y transporte de materiales a granel.
- Monoboyas para tanqueros y plataformas petroleras costa-aluera.

Construction of Metallic and Special Structures:

- Flare stacks for refineries.
- Platforms, pipe racks and bearing structures.
- Loading, unloading and transportation systems for loose materials.
- Buoys for tankers and off-shore petroleum platforms.



Ensamble en sitio de 72 Virolas (peso: 4,500 ton) para Tubería Forzada (en la fotografía, ya instaladas), EDELCA, Central Hidroeléctrica Macagua II, Año 1988-90.
Assembly on site of 72 offset sets of Rings (weight: 4,500 tons) for Penstock (in the picture, already installed), EDELCA, Macagua II Hydroelectric Generating Plant, Year 1988-90.

Piping:

- Shop fabrication and erection of piping of all diameters and types of material, in plants and off-site.
- Oil pipelines, gas pipelines, water pipelines.
- Hydroelectric penstocks, gas escape piping for boilers, water cooler piping, etc.

Mantenimiento:

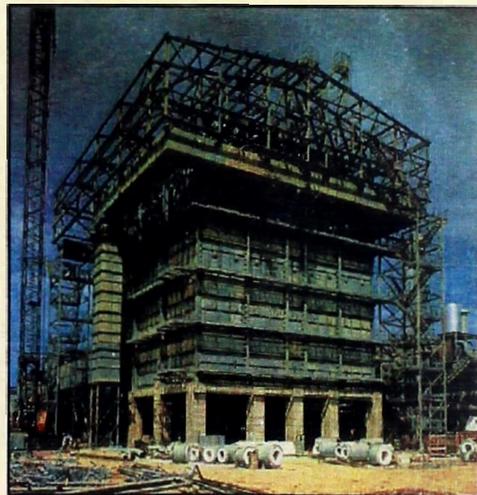
Grandes trabajos de mantenimiento, en paradas programadas o de emergencia, reparaciones y modernizaciones.

Maintenance:

Major maintenance jobs, in programmed shut-downs or emergency repairs, turn-around and revamping.



Montaje mecánico de 3 Hornos en la Planta de Coqueación Retardada, FOSTER WHEELER/MARAVEN, S.A., Refinería Cardón, Año 1993-94.
 Mechanical erection of 3 Heaters in Delayed Coker Plant, FOSTER WHEELER/MARAVEN, S.A., Refinería Cardón, Year 1993-94.



Montaje de Reformador y Columnas de Recuperación, con Tuberías asociadas, Planta Metanol II (2.000 ton/día), SNAMPROGETTI/SUPERMETANOL, Jose, Año 1993-94.
 Erection of Reformer and Recovery Columns, with associated Piping, Methanol II Plant, (2,000 ton/day), SNAMPROGETTI/SUPERMETANOL, Jose, Year 1993-94.

**DIRECCIONES:
ADDRESSES:**

MARACAIBO: Zona Industrial N° 1; Telfs./Fax (061) 36.20.84 - 36.19.63

CARDON: Puerta Maraven, S. A.; Telfs. (069) 46.31.52 - 46.26.70; Fax (069) 46.38.80

MORON: Urb. Colinas de Mara; Telfs. (042) 71.353; Fax (042) 71.427

CARACAS: (Sede - Main Office)

Calle Veracruz, Edificio Torre ABA,
Piso 3, Urb. Las Mercedes;
Telfs. (02) 91.83.55 - 91.85.55; Fax (02) 993.16.26

PUERTO ORDAZ: Zona Industrial, Sector ALCASA;
Telfs. (086) 94.20.63 - 94.21.14;
Fax (086) 94.10.52



**OTRAS EMPRESAS DEL GRUPO FORMICONI:
OTHER FORMICONI GROUP COMPANIES:**

ACERO FABRICANTES, C.A. (AFCA): Empresa metalmecánica dedicada al diseño y fabricación de equipos de alta tecnología tales como intercambiadores, columnas, enfriadores, etc.
Metalmechanical company dedicated to the design and fabrication of highly sophisticated equipment such as heat exchangers, columns, air coolers, etc.

TRANSPORTES Y CARGAS INDUSTRIALES, S. A. (TRANCISA): Empresa de transporte de cargas industriales, pesadas y super-pesadas.
Transportation company specialized in heavy and extra heavy loads.

INMOBILIARIA FORMICONI, C.A. (IFCA): Empresa dedicada a los bienes raíces.
Company dedicated to real estate.

FORMICONI ASSOCIATES, INC.: Ubicada en USA, dedicada al fortalecimiento de relaciones comerciales del Grupo Formiconi con empresas del exterior.
Located in the USA and dedicated to reinforce commercial relations of the Formiconi Group with foreign companies.

FUNDO AGROPECUARIO "EL VARILLAL": Dedicado al desarrollo de cultivos y cría de ganado.
Dedicated to agriculture and livestock.

INVERSIONES PREGUASA, S.A.: Dedicada a la promoción, desarrollo y construcción de proyectos no industriales.
Dedicated to the promotion and construction of non-industrial projects.



FORMICONI, C.A.

Figura 2: Comentarios revista Construcción empresa Formiconi C.A.

Una obra importante demarca los 35 años del Grupo Formiconi



El Grupo Formiconi celebra 35 años de labores inintermitidas en el campo de la construcción de plantas industriales. Desde 1958 sus actividades se han venido extendiendo y diversificando para abarcar hoy en día las siguientes áreas: construcción, montaje en sitio y mantenimiento por medio de la empresa matriz Formiconi, C.A.; fabricación en taller de equipos pesados, por medio de la empresa Acero Fabricantes, C.A. (A.F.C.A.); transporte pesado de equipos y componentes por medio de la empresa Transporte y Cargas Industriales, S.A. (Trancisa); alquiler de galpones industriales por medio de la empresa Inmobiliaria Formiconi, C.A. (I.F.C.A.). Actividades relacionadas a las anteriores son ejecutadas por otras compañías del Grupo: Formiconi Associates, Inc., Preguasa, Fundo El Varillal.

En los años setenta el Grupo Formiconi a través de Formiconi, C.A., fue, entre las empresas nacionales, pionera en el campo de los izajes pesados en el área petrolera.

Hoy día, con su nuevo sistema de izaje superpesado, se coloca una vez más a la vanguardia del sector.

Descripción del nuevo sistema de izaje

El sistema en cuestión es mundialmente el más versátil medio estructural de izaje superpesado, construido en forma modular para su fácil y rápido ensamblaje, erección y mínimo costo de transporte.

La forma modular permite ensamblar las torres de su estructura en secciones triangular, cuadrada o rectangular, reduciendo al mínimo el número de guayas o cables engruados como vientos. De esta manera el sistema permite ser usado en cualquier combinación o cantidad de secciones (de 12 m.) para una capacidad ilimitada de carga (más de 1.500 ton.) a la altura que sea requerida empleando tan solo dos torres. Tanto el diseño como la construcción de los elementos del sistema están certificados por Lloyd's Register of Industrial Services.

La operación de izaje es realizada por medio de gatos hidráulicos (hasta 600 ton. cada uno) fabricados por la empresa inglesa PSC Freyssinet, los cuales son accionados sincronizadamente empleando un circuito hidráulico diesel. Los gatos permiten una velocidad de izaje de hasta 60 metros por hora, con una precisión milimétrica, y cuentan con un sistema de seguridad mecánico de montañas. Todas sus funciones son dirigidas a control remoto, monitoreado por una sola persona con un panel portátil, instalado al pie de la obra o en un pequeño recinto local.

Descripción de la obra recientemente ejecutada

Para la planta Metanol I. de Metor, en el Complejo Criogénico de Jose, el Contratista Principal Incestra-Mitsubishi encomendó a Formiconi, C.A. la erección de los dos recipientes más pesados de la planta: el T-502 y el R-401 (ver descripción en página siguiente) a

ser ejecutada en un plazo ambicioso de un mes y medio a partir de la llegada de los recipientes. El alcance del trabajo incluía la descarga de los equipos, y antes del izaje: el suministro e instalación del aislamiento, instalación de plataformas, barandas y escaleras y en el caso particular del T-502 se incluía además la fabricación e instalación en su tope de un tramo de 60 m de tubería de 64" de diámetro conodos mitrados.

Para el ensamblaje del sistema de izaje (cuyo propio peso es de 300 ton.), la erección de los recipientes y la ejecución general de la obra, se contó en el sitio de la obra con los siguientes recursos propios de Formiconi, C.A.

- Grúas mecánicas: 30 ton. (con 400 pies de pluma) y 140 ton.
- Grúas telescópicas: 40 ton., 25 ton., 18 ton. y 15 ton.
- Montacargas: de 2 a 8 ton.
- Low boys, gandolas, compresores, máquinas de soldar, etc.

La obra en cuestión requirió la participación permanente en sitio de 6 ingenieros especializados, 8 supervisores y técnicos y más de 100 trabajadores de distintas especialidades.

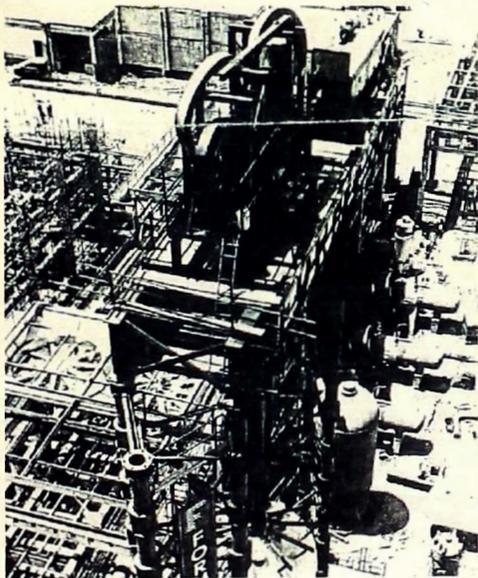
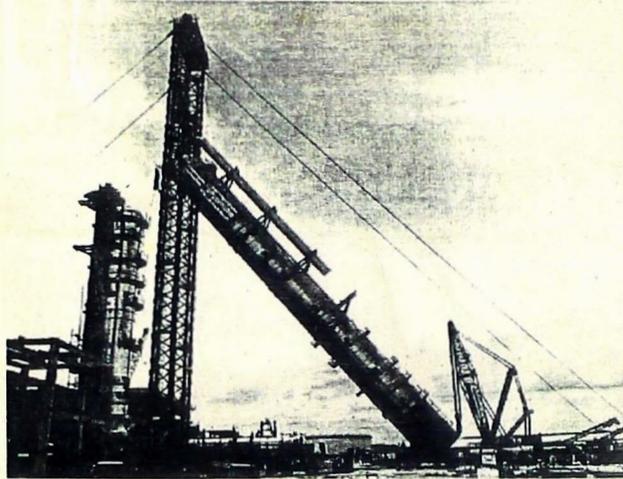
La ingeniería de la maniobra, certificada por Lloyd's, y la asistencia técnica, fue suplida por la empresa inglesa PSC Freyssinet, líder mundial en las labores de izaje superpesado.

Es muy probable que los izajes de ambos recipientes, considerando la combinación de factores tales como: dimensiones (altura y diámetro), peso, rotación a dar a los equipos, breve tiempo total, el uso tan sólo de dos torres de izaje (sin vientos en el caso del R-401), certificación de calidad absoluta por PSC y Lloyd's, representan las maniobras más sofisticadas que se hayan realizado en escala nacional y fijan un estándar de calidad, seguridad y profesionalismo difícil de igualar.

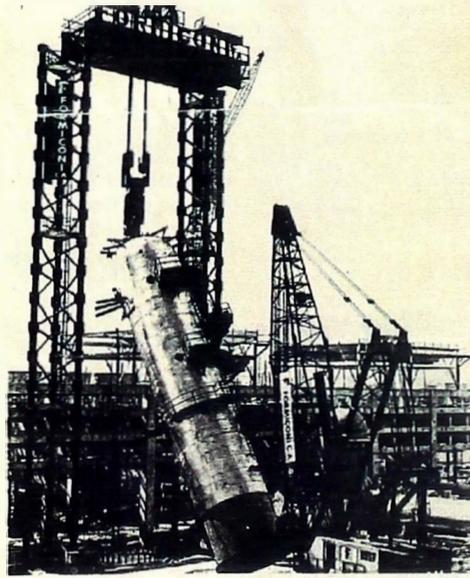
El entusiasmo que ha caracterizado la trayectoria del Grupo Formiconi y que estuvo presente en todo momento durante la ejecución de la obra, fue reconocido con un efusivo y bien merecido aplauso por las autoridades y demás asistentes, al concluir el izaje, y con el otorgamiento de un premio por parte de la alta representación del cliente en brindis realizado al efecto.

El recipiente T-502 (78,9 mts. de altura, 420 toneladas de peso, 10,9 mts. de diámetro incluyendo plataformas, escaleras y tubería de diámetro 61") dos horas después de haberse iniciado su montaje. Luego de otras dos horas el recipiente estaba rotado 180°, colocado sobre su fundación de concreto y fijado a sus 60 pernos de anclaje de 2" de diámetro, con una precisión de 3,00 mm.

La altura del sistema de izaje es de 90 mts. y está arriostrado al suelo con vientos colocados solamente en el tope. Los vientos son regulados y controlada la tensión en ellos a través de gatos hidráulicos de 15 a 50 toneladas de capacidad, cada uno, los cuales aseguran la verticalidad del sistema de traje (Marzo 25, 1993)



Este detalle del extremo superior del equipo de izaje muestra el sistema hidráulico, el cual se compone de dos gatos de 300 ton. cada uno y de una bomba hidráulica cissiel, los cuales son mantorados mediante un control remoto ubicado a nivel del suelo. Gracias a la elevada capacidad del sistema de izaje; para soportar las vigas de carga fue suficiente utilizar únicamente dos de las tres columnas de 16" de diámetro que componen cada una de las dos torres de izaje y no fue necesario emplear vientos para arriostrar las mismas al suelo. Notar cómo los dos conjuntos de 18 guayas de 18 mm. de diámetro son recogidos mecánicamente en los carretes ubicados a los lados de los gatos, instalados sobre las dos vigas de carga de 12m. de luz y 2 m. de sección.



El recipiente R-401 (27 mts. de altura, 430 toneladas de peso, 6,8 mts. de diámetro, incluyendo plataformas y escaleras) fue levantado, rotado 135° y fijado a su fundación de concreto en únicamente 1 hora 7 minutos, con una precisión de 7,00 mm. La altura del sistema de izaje es de 42 mts. y no está arriostrado al suelo. Notar la grúa de cola de 300 ton. así como el mecanismo de giro de 1.000 ton. de capacidad, que permite la fácil y precisa rotación del recipiente. (Abril 13, 1993)

Figura 3: Certificado Montaje de hornos en la refinería - Perú

HELMUT STEINER

Construction Manager

Vacuum Charge & Visbreaker Heater
04 - H - 01 and 24 - H - 01
LA PAMPILLA REPSOL - YPF
November 2003 - June 2004
Erection from a total weight of 645.000 KG

CERTIFICADO DE TRABAJO

With this certificate **TECHNIP KTI COMP. ITALY** like to give the special thanks for excellent performance to:

Mister: Javier Alva Chinchá DNI: 25 48 02 38

Mister Alva was the responsible Site Manager during the complete erection of both heater.

- His knowledge is great.
- Performance with high quality.
- His leadership is part of the success and the quality from both heater.
- Working with him together was for all involved persons a great pleasure.

We wish him for the future all the best, and projects with the same success as the both heater.



Helmut Steiner
Construction Manager

Ventanilla, June 2004

TECHNIP KTI S.p.A. - 00148 ROMA - VIALE Castello della Magliana, 75

Figura 4: Estructura física de una refinera de petróleo Fuente: Página internet /

Refinación de Petróleo / Hernández Palencia Robert www.pdvs.com / www.

Gracias a los conocimientos generados por la química, se pueden obtener del petróleo numerosos y variados elementos, fundamentalmente combustibles, que usamos a diario y que han revolucionado al mundo moderno. La separación y transformación de estos derivados se realiza al interior de una refinería.

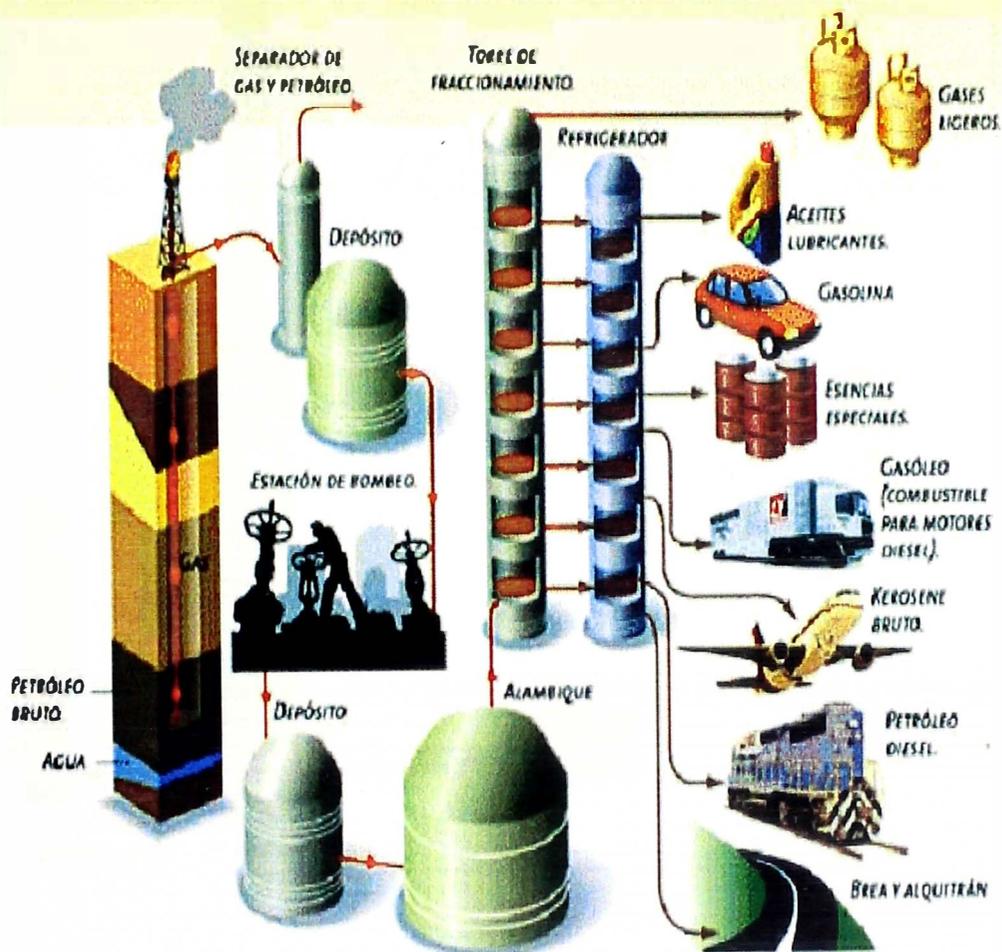
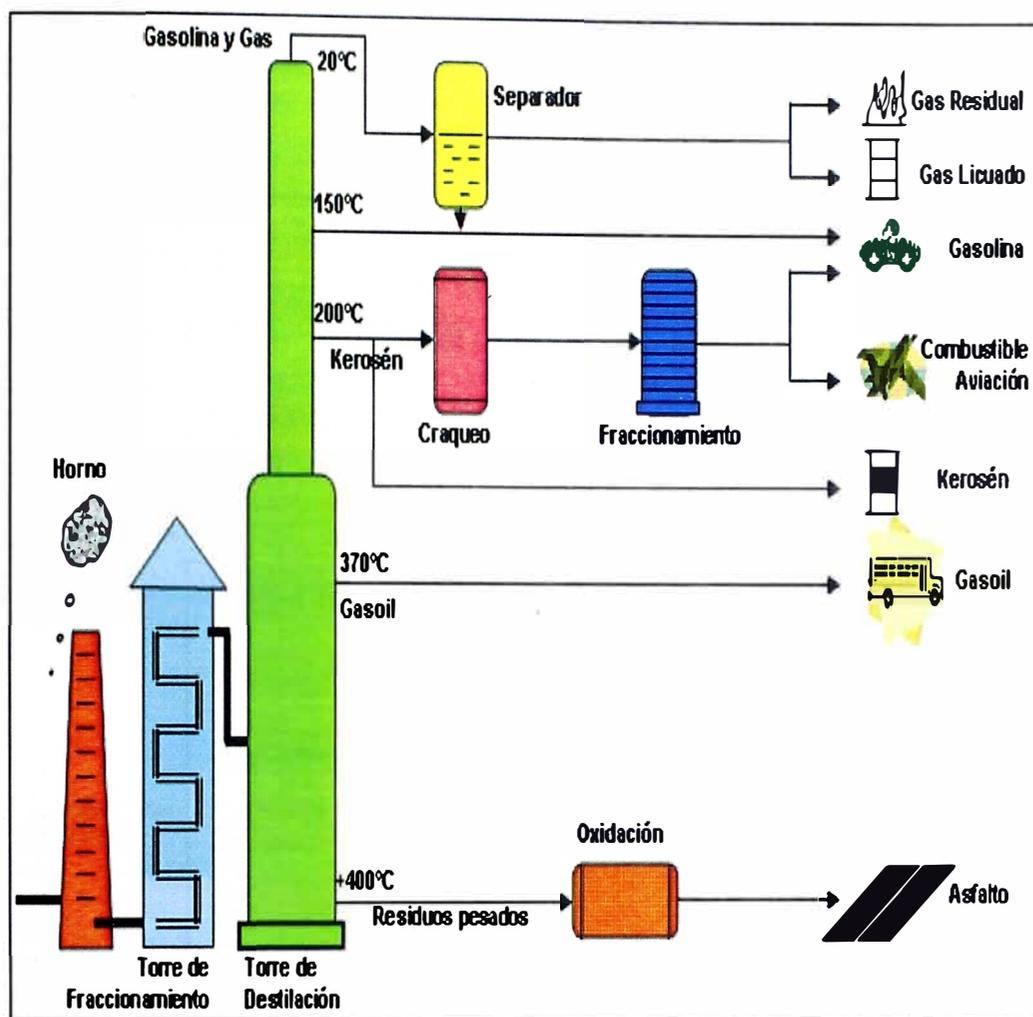


Figura 5: Diagrama del proceso de refinación de petróleo

Fuente: Página internet / Refinación de Petróleo / Hernández Palencia Robert

www.pdvsa.com / [www. Pettroleo.com](http://www.Pettroleo.com)



2.- Proyectos realizados sector siderurgia – Venezuela

Figura 6: Diagrama de proceso de una siderúrgica

Fuente: Diseño de un modelo de gestión para el taller zonal de laminación en caliente de la siderúrgica del Orinoco Alfredo Maneiro C.A. (SIDOR) / Por: Anny Berenguel / Universidad nacional experimental politécnica “Antonio José de Sucre” / Página intranet sidor 2008

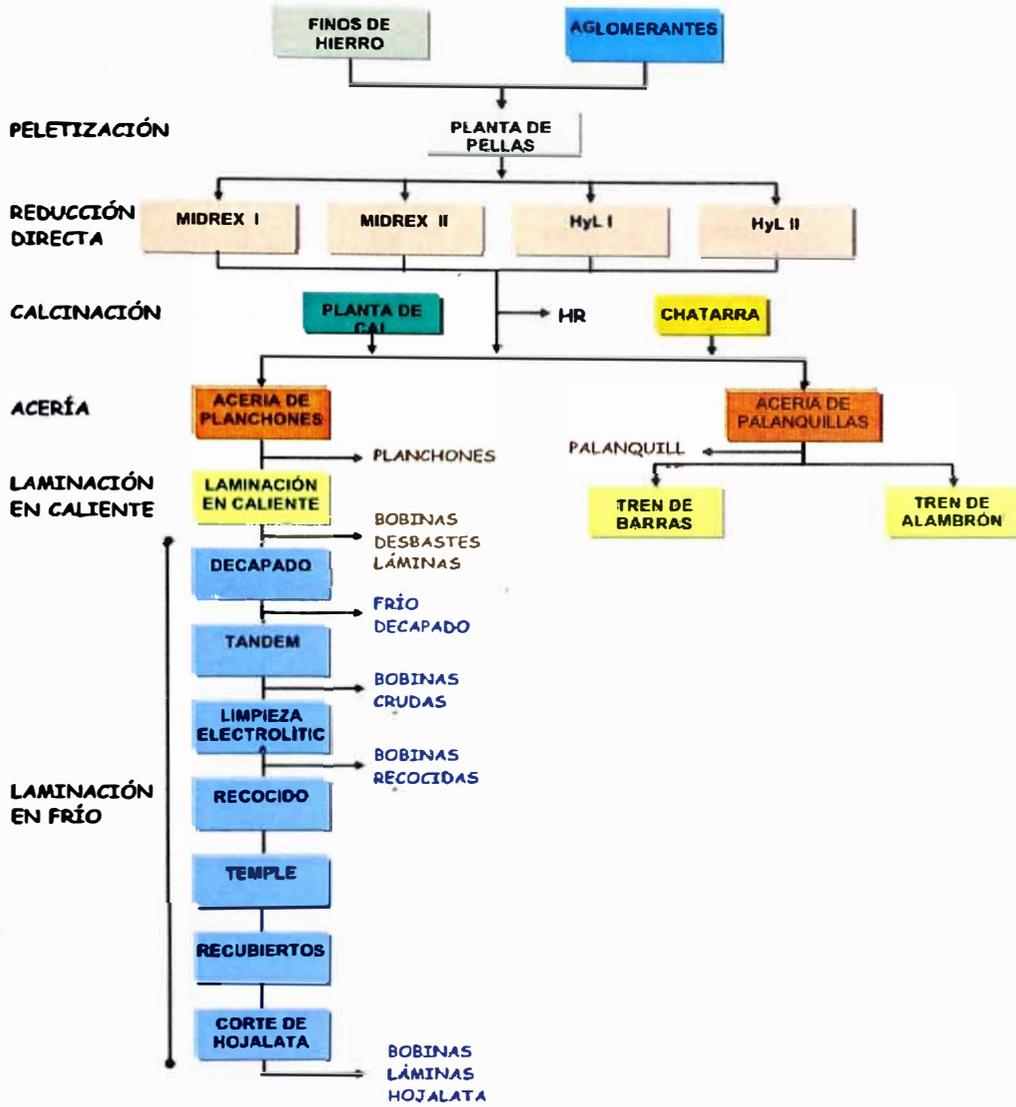


Figura 7: Flujograma del Sistema de reducción

Flujograma del Sistema de Reducción



Descripción del Proceso de Reducción

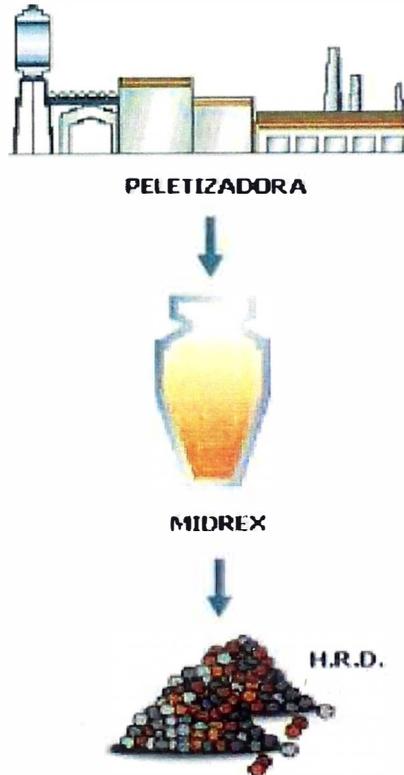
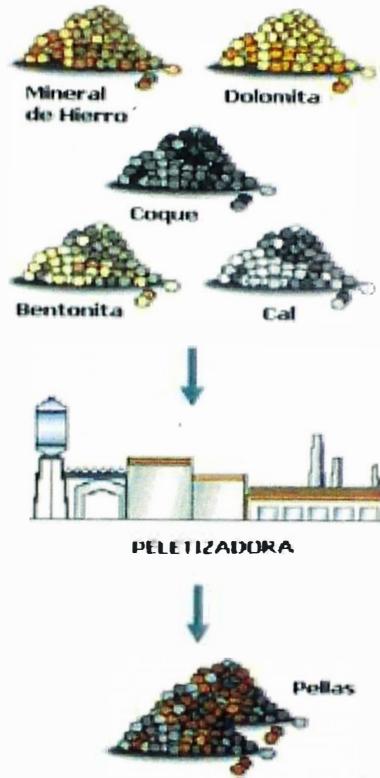


Figura 8: Proceso de fabricación de planchones

Descripción del Proceso de Peletización



Máquina de colada Continua

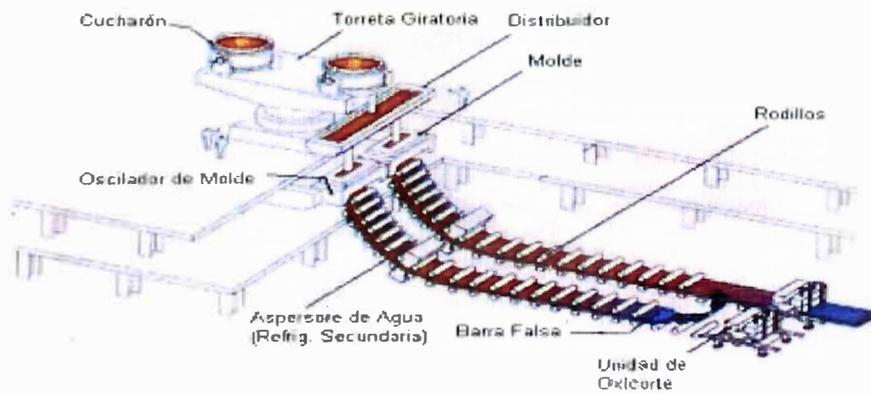


Figura 9: Flujograma colada continua planchones



3.- Proyectos realizados sector Naval y pesca – Perú

Figura 10: Mantenimiento Dragas / Jan de Nul Group / Codralux-Perú

Fuente: Industrias Marmori EIRL/ Javier Alva chincha



Mantenimiento sistema de dragado



Mantenimiento accesorios mecánicos y tuberías

Figura 11: Reparación y construcción barcos de pesca

Reparación barco pesquero Javier



Construcción barco pesquero María José.



4.- Proyectos realizados sector minería – Perú

Figura 12 Montaje de tanques y espesadores



Maniobra de montaje casco y puente con grúa 600 Ton



Figura 13: Montaje de barcaza para bombeo agua de relaves

Fuente: CINAMC SAC. / Proyecto modificación barcaza Titanic CMA.



ANEXO 2.1: REFERENCIA DE IZAJES PESADOS

Existen en el mercado mundial empresas especializadas dedicadas a los montajes especiales, conocidos también como izajes pesados o Heavy lift, utilizando torres modulares de izaje, en una variedad de configuraciones, llamados también estructura temporal o Torre de izaje. Sobre esta estructura se instalan los gatos hidráulicos llamados también climbers. Existen varios fabricantes especializados en climbers encontrándose una gran variedad de modelos y capacidades de acuerdo a la necesidad del proyecto. Cada izaje merece la atención especializada.

Empresas de montaje:

Citaremos algunas entre los más conocidos.

- 1.- Fagioli PSC / Strand Jacks and Tower lift system.
- 2.- Dorman long technology / Strand Jack and climbing jacks systems
- 3.- Ale – heavy lift / Worldwide heavy transportation and lifting
- 4.- Sarens Group
- 5.- VSL Switzerland / heavy lift (Camisea / Pisco)
- 6.- Ictesa / construcciones y montajes (Refinería la Pampilla)

Proyectos ejecutados:

Haremos referencia a los ejecutados por la empresa Fagioli PSC. Empresa que ejecuto el montaje de una torre de 400 Ton de peso asignado a Formiconi C.A. en Venezuela.

Proyectos	Peso Equipo Ton	Altura m
1. - DL-TS 3000/001 MK -I General arrangement	Informacion	
2.- Lift of 450 tonnes cold box	450	65

3.- Erection of splitter vessel	750	102
4.- Erection of metanol vessel in Venezuela	450	70
5.-Transport, lifting and installation of two reactor in Croatia	996	41
6.- Egyptian polypropilene complex project	1050	92
7.- HOU2 – HOU3 Projects lifting and placing of vessels up to 1812 ton	1353 1170	94 47
8.- Suriname refinery expansion project (Modulos)	830	
9.- GNL-3Z Project, Arzen – Algeria	970	53
10.- VGOFCC-Project HOU plant YEUSU	869	38

Figuras;

Figura 2.1.1 DL-TS 3000/001 MK -I General arrangement

Figura 2.1.2 Lift of 450 tonnes cold box

Figura 2.1.3 Erection of splitter vessel

Figura 2.1.4 Erection of metanol vessel in Venezuela

Figura 2.1.5 Transport, lifting and installation of two reactor in Croatia

Figura 2.1.6 Egyptian polypropilene complex project

Figura 2.1.7 HOU2 – HOU3 Projects lifting and placing of vessels up to 1812 ton

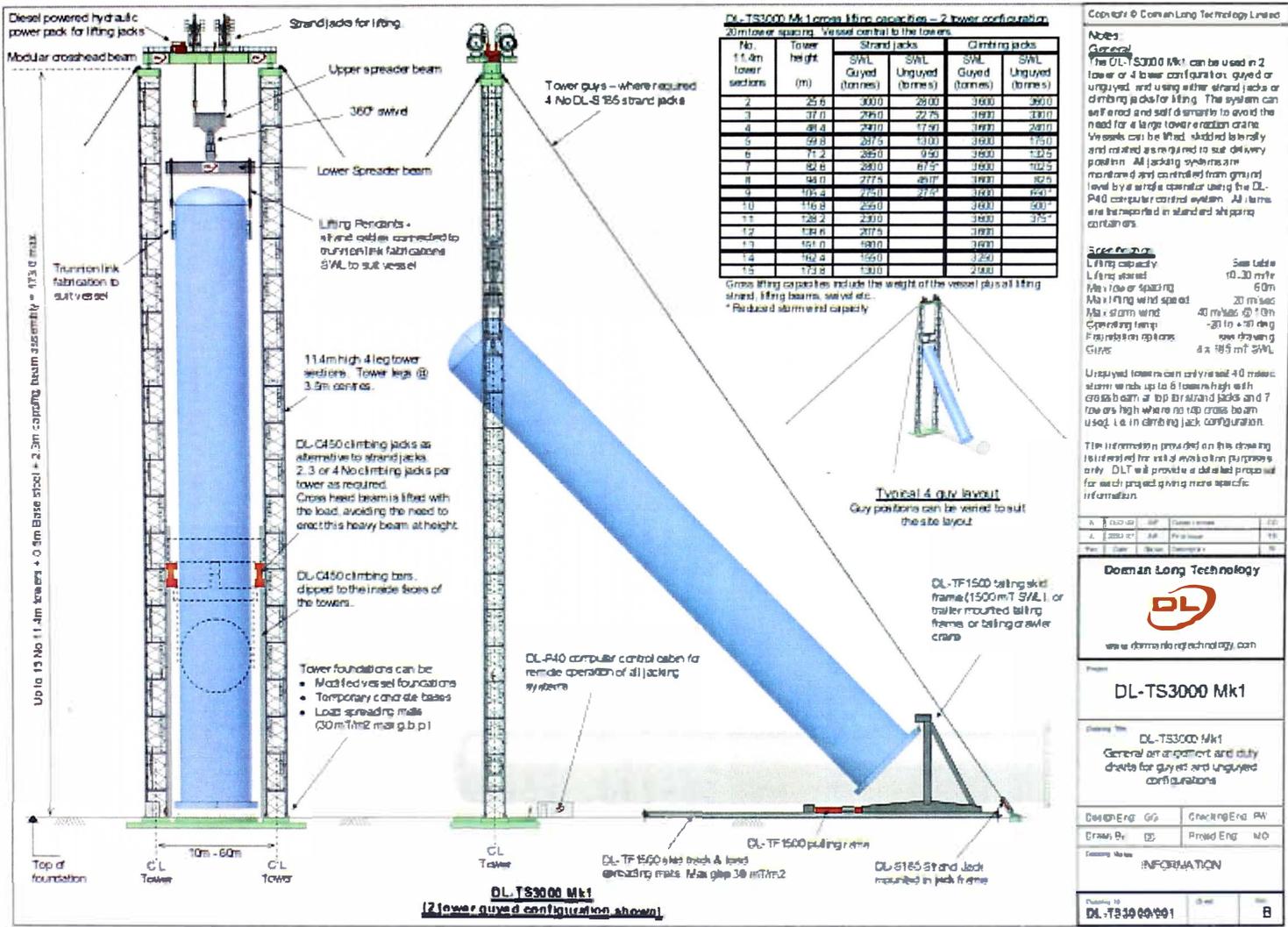
Figura 2.1.8 Suriname refinery expansion project

Figura 2.1.9 GNL-3Z Project, Arzen - Algeria

Figura 2.1.10 VGOFCC-Project HOU plant YEUSU

Fuente: W.W.W. Fagioli.com / Fagioli UK / Strand-Jacks

W.W.W. Enerpack.com / EN-US / Integrated / Strand- Jacks



Copyright © Coman Long Technology Limited

Notes:
General:
 The DL-TS3000 Mk1 can be used in 2 tower or 4 tower configurations, guyed or unguyed, and using either strand jacks or climbing jacks for lifting. The system can self-feed and self-align to avoid the need for a large tower erection crane. Vessels can be lifted, stacked laterally and rotated as required to suit delivery position. All jacking systems are monitored and controlled from ground level by a single operator using the DL-P40 computer control system. All items are transported in standard shipping containers.

Specifications:
 Lifting capacity: See table
 Lifting strand: 10-30 mT
 Max tower spacing: 60m
 Max lifting wind speed: 20 m/sec
 Max storm wind: 40 m/sec @ 10m
 Operating temp: -20 to +40 deg C
 Foundation options: see drawing
 Guys: 4 x 185 mT SWL

Unguyed towers can only resist 40 m/sec storm winds up to 6 towers high with cross beam at top strand jacks and 7 towers high where no top cross beam used, i.e. in climbing jack configuration.

The information provided on this drawing is intended for use in motion purposes only. DLT will provide a detailed proposal for each project giving more specific information.

Rev	Desc	App	Drawn	Checked	Date
1	Issue 1	APP	DL	DL	15/01/01

Coman Long Technology

www.comanlongtechnology.com

DL-TS3000 Mk1

DL-TS3000 Mk1
 General arrangement and duty charts for guyed and unguyed configurations

Design Eng: GG Checking Eng: RW
 Drawn By: DE Prod Eng: MO

Issued by: **INFORMATION**

Drawing No: **DL-TS30 00/01** Rev: **B**

Figure 2.1.1 DL-TS 3000/001 MK -1 General arrangement

Figura 2.1.2 Lift of 450 tonnes cold box

**Lift of 450 Tonnes Cold Box,
Gresik Air Separation Unit, Indonesia.**

**Engineering Designers: BOC Process Plant
Client: P T Gresik Gases**



www.fagiolipsc.com

PETROCHEM 08



Fagioli PSC were awarded the contract to lift a 65 metre long Cold Box weighing 450 tonnes, and a 25 meter long Heat Exchanger Box weighing 180 tonnes, during the construction of an Air Separation Unit to supply oxygen to the Copper Smelting Plant being built at Gresik, near Surabaya. The first stage of the contract was to lift this 450 tonne Cold Box.

The low centre of gravity of the Cold Box meant that the lifting trunnions were at the 30 metre level. The Towerlift system was engineered by Fagioli PSC to allow a completely un-guyed system.



The lift arrangement comprised of a pair of 36 metre high triangular format Towerlift supports. An L300 jack was mounted on a cantilever beam at the top of each tower, with the tie-back forces provided by an L50 jack for each beam. The L300 jack cables were then attached to the lifting trunnions by the use of fabricated link plates.

Using an L2/70D power pack, the 30 metre lift from horizontal to vertical took less than two hours, with tailing provided by an American 11320 crawler crane. The final task was to lower the Cold Box onto the foundations, and to plumb it using our Flat Jacks.

Below: Detail of tower base and L2/70D power pack.

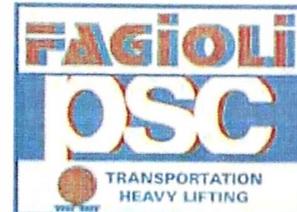


Figura 2.1.3 Erection of splitter vessel

**Erection of splitter vessel,
Al Jubail Polypropylene facility, Saudi Arabia**

**Management Contractor: ABB Lummus Global
Client: Samsung Saudi Arabia**

PETROCHEM 17



www.fagiolipsc.com



The erection of a 104 metre tall Splitter vessel was carried out by Fagioli PSC at a new Polypropylene facility being constructed for the Saudi Polyfins Company.

The vessel weighed 750 tonnes with a diameter of 8 metres. The lifting system used for this erection consisted of a 90 metre square format Towerlift with two L450 Jacks.

Two L180 Jacks were also used for tying down the cantilever beams and four L50 Jacks for tower guys.

The lifting operation itself was completed during a 10 hour session starting at 0545 in the morning to overcome the difficulties of heat later in the day, temperatures which regularly exceeded 50 degrees C. The vessel was in a vertical position within six hours the remainder of the time was for final positioning and levelling of the vessel.

Figura 2.1.4 Erection of metanol vessel in Venezuela

Erection of methanol vessels, Venezuela.

Project: V.P.M. Aclaratorias Project

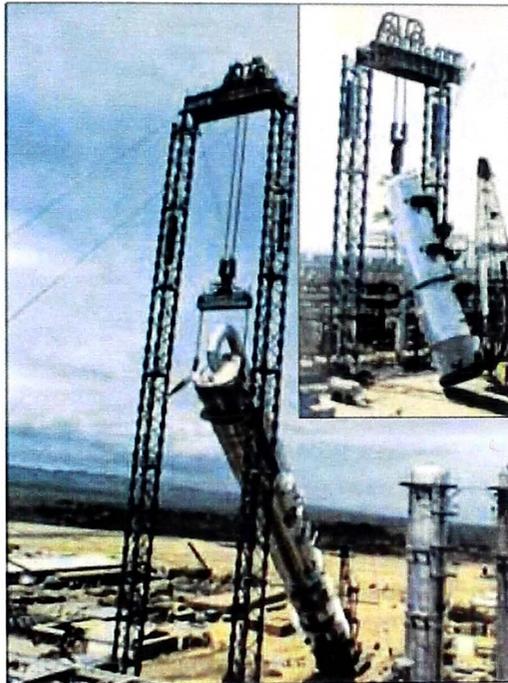
Main Contractor: Ineectras Construcciones S.A. &
Mitsubishi S.A. Joint Venture.

Lifting Contractor: Formiconi C.A.

PETROCHEM 05



www.fagiolipsc.com



Above left: vessel T502 over half way through lift.
Above right: erection of vessel R401.

Fagioli PSC in co-operation with Formiconi C.A. erected two heavy vessels on this project. Vessel T502 was the taller at 78.9 metres height, with a weight of 420 tonnes and a maximum diameter of 10.9 metres including dressing. T502 was erected by means of a pair of triangular section Fagioli PSC Towerlift towers 84 metres height spanned by twin croshead beams 14 metres x 0.5 metres x 1.8 metres. Mounted on the crossheads were a pair of PSC L300 strand jacks powered by one L270D hydraulic power pack. This Towerlift arrangement was stabilised in one direction by two guy cables each tensioned and controlled by Fagioli PSC

L50 jacks and in the other direction by four cables each controlled by Fagioli PSC L15 jacks.

Connection to vessel T502 was made by two cable links from the two pad eyes on the top of the vessel to a Fagioli PSC lift beam which incorporates a 1,000 tonnes capacity swivel. The second vessel, R401, was 27 metres in height, 6.8 metres maximum diameter, and weighed 430 tonnes.

For R401 the Towerlift system was reduced to 36 metres in height and was not guyed, ample stability being obtained by tower base anchor bolts. For both lifting operations the jacking system was remotely controlled from a cabin at ground level by means of Fagioli PSC's control system. Tailing of both vessels was by crane, a P&H 5300.

Below: vessels T502 & R401 - erection complete.

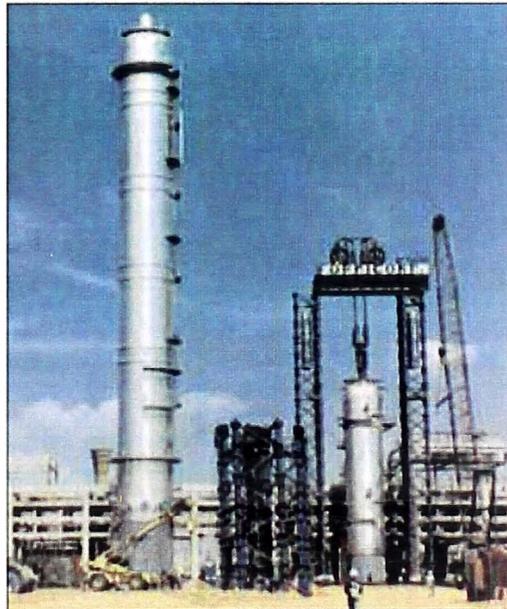


Figura 2.1.5 Transport, lifting and installation of two reactor in Croatia

Transport, lifting and installation of No.2 reactors in Rijeka, Croatia



www.fagioli.com

info@fagioli.com

FIGURA 2.1.5

PETROCHEM 29



Above: Transport of the heaviest vessel by means of 2x12 and 2x 14 SPMTs axle lines

Fagioli carried out the transport, lifting, tailing, traversing, rotation and placing of two reactors in Croatia within a five day period – the first being placed on the 9th May, 2009 and the second on the 14th. The first reactor to be lifted was the larger of the two at 41.3m long, 4.4m diameter and weighing 996 tons, transported by means of 54 axle lines Fagioli SPMTs.

Owing to site constraints, this reactor was delivered at about 45 degrees to the lifting system and offset from its' foundation position. The reactor was lifted and simultaneously tailed using SPMTs until it was vertical. At this point the tailing system was removed and the reactor traversed until over its foundation. In this position the reactor was rotated and finally lowered into place. The lifting and tailing equipment was then relocated for the second reactor.

The second reactor was much smaller than the first at only 19.6m long, 5.2m diameter and weighing 511 tons (transported by 28 axle lines SPMTs), and therefore the site constraints were less of a problem. Again, this reactor required lifting, tailing, traversing, rotation and placing.

The Fagioli Towerlift support structure was used to support the strand jack lifting equipment. This arrangement spanned both reactors, so relocation of steelwork was not required between operations.



Above: Lifting detail

The details of the Towerlift configuration used on this project were as follows:

- Tower base stools fixed to reactor foundations to provide stability for the system.
- Twin towers, 53.1m high at 23m centres. Towers in standard 3.5m x 3.5m square format.
- Full tower top spreader arrangements to ensure axial tower loads.
- Twin crosshead box beams fitted with skid rails and traversing equipment.
- Single jack support beams for tandem support of the two L600 lifting jacks. Beam provided with Hilman rollers for both vertical load and side guidance.

The strand jacking equipment provided for the lifting and traversing operations, was as follows:

- Two L600 lifting jacks each provided with a 37 part cable (s.w.l. 560 tons each). Lifting cables terminate in standard fixed anchors and trunion type housings.
- Lifting jacks powered from an L4/35D power pack to give a lifting speed of 12 metres per hour.
- Two L50 pulling jacks each provided with a 3 part cable (s.w.l. 45 tons each) for each traversing direction.
- Pulling jacks operated from an L4/3D power pack to give a traversing speed of 10 metres per hour.
- All lifting and traversing operations controlled from a single remote station at ground level.

The rigging equipment for final connection to the reactors comprised of the following:

- A 1,700 tonnes capacity swivel, incorporating a low friction stainless steel / p.t.f.e. interface.
- The rotation of the reactors was achieved using Tirfor winches connected between the tower legs and the reactor skirt.
- A final connection link and lifting pin fabricated to fit the reactor head lug.

The tailing arrangement comprised of the following:

- Skirt beams designed to fit both reactors even though they had different diameters. These skirt beams are provided with two rocker pins which match up with saddles in the SPMT beams.
- SPMT beams fixed to the bed of the SPMTs to spread the load over the required length. These SPMT beams are fitted with two saddles (front and back) to accept the skirt beam rocker pins. The purpose of having two saddles is to ensure that before the centre of gravity of the reactor passes over the front saddle, the load is already in the back saddle and an overload or runaway condition cannot occur. The distance between the saddles and the height of the second saddles are adjustable to suit the reactor diameter and centre of gravity location.
- For the first reactor, three 12 axle SPMT arrangements were provided and in this case the second saddles were mounted directly on the SPMT beams.
- For the second reactor, two 12 axle SPMT arrangements were provided. This shorter reactor required a spacer to be installed between the second saddles and the SPMT beams.

This was a very successful turnkey package for Fagioli in which we provided a complete service to the client, including all necessary support works (cranes, plant, labour, etc.) to ensure a safe, professional operation was carried out on time.



Figura 2.1.6 Egyptian polypropilene complex project

Egyptian Polypropylene Complex project, Egypt



www.fagioli.com

info@fagioli.com

FIGURA 2.1.6

PETROCHEM 30



Above: splitter lifting detail

Left: deethanizer lifting detail

Bottom: splitter lifting detail



In July 2009 the deethanizer (7 m in width and 600 t in weight) was lifted using our tower lift and strand jacking system. Talling was carried out using a tailing frame connected to the vessel and attached to Fagioli No.2 x 12 SPMTs axle lines.

Fagioli assembled at ground the upper tailing frame (connection of bracings, bottom stopper), connected the upper tailing frame to the vessel bottom skirt. After all the welding operations and the alignment the vessel was ready to be lifted. Fagioli safely performed the lifting operations by means of No.4 x L600 strand jacks and tower lift system while the tailing Frame moved forward towards the base of the towers. The operation was safely carried out slowly in order to minimize any dynamic action on the Vessel and on the Tower Lifting System. Once the vessel was in vertical position than it was lowered onto its final location.

In August 2009 Fagioli then performed the final installation of a huge Splitter with dimensions of 92 m in height; 9,2 m in width and 1050 t in weight. Fagioli used a 106 m high tower lift system with strand jacks. The tailing operation was carried out by Fagioli's brand new LR 1750 crawler crane. Once the Splitter was lifted, it was moved across the top of the lifting beam using rollers and L50 puling jacks then positioned onto its 9 m high plinth. Detailed engineering studies, and perfect control of the different systems involved combined with an ideal weather conditions allowed the success of the operations. Available on request a dvd of the lifting and placing operations.

Figura 2.1.7 HOU2 – HOU3 Projects lifting and placing of vessels up to 1812 ton

HOU 2 - HOU 3 Projects Lifting and placing of vessels up to 1812 t



www.fagioli.com

info@fagioli.com

FIGURA 2.1.7

PETROCHEM 31

HOU 2 PROJECT

Fagioli were contracted to lift, traverse and lower into their plinths, a column weighing 1350 t and two reactors respectively weighing 117 t and 915 t for the Phase 2 of HOU Project, South Korea.

The tower system comprises two truss legs approx. 40m apart. Due to site constraints, the centreline of the tower system were offset by 8.4m, 1.7m and 7.3m from the centre line of the vessel, respectively for reactor 512-C-102, 502-C-103, 502-C-104. On the top of each tower was an arrangement of tower top capping beams.

A pair of crosshead beams span between the two lifting tower. Two couple of jack support beams were mounted on top of these crosshead beams each supporting two lifting strand jack. For the towers system 94.4 m height, 4 L50 guy inclined of 45° degrees to the vertical and to the plane axes of the towers were tensioned between the tower top crosshead beam and the foundation to provide a compression load and a restraint against horizontal load.

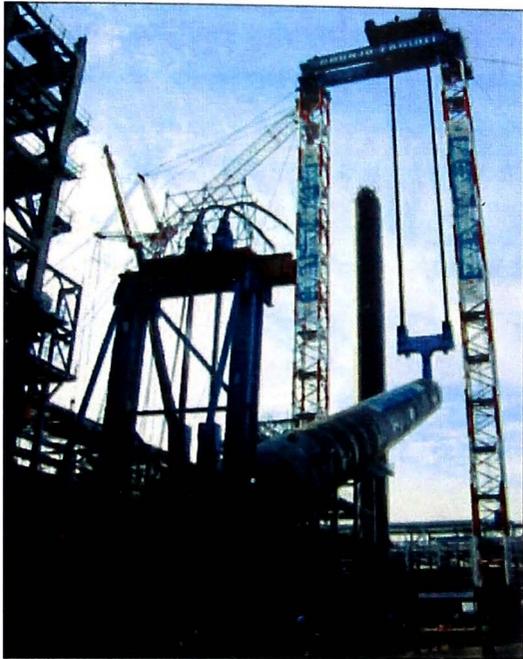
The towers were 3.5m square and comprise tubular chord legs with pin jointed tubular bracing members. At the base of the towers the legs were fixed to stools that are anchored to the foundation.

In order to perform the installation of the bigger item Fagioli erected a 94.4m high, 40m span portal using the new generation tower system. The 40m crosshead beams weighing in at 150 tonnes each were pre-assembled from 2x3 no. stock beams.

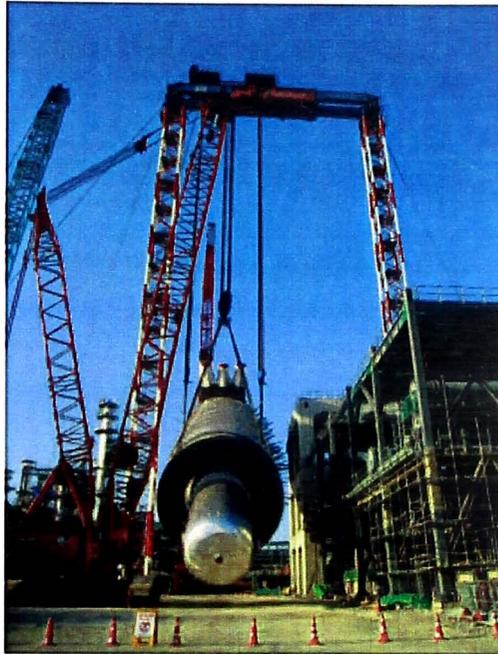
Lifting was carried out using two pairs of L450 strand jacks terminating in slings around the column lifting trunnions. An 800 tonne crawler crane was used for tailing. The traversing utilised two pairs of opposing L50 strand jacks with the jacking assembly running on heavy duty skates. Lifting started at 0715hrs and the column was in position on the bolts by 1530hrs.

ITEMS	TOWERS HEIGHT	WEIGHT
C-102	94.4 m	1353 t
C-103	47.2 m	1170 t
C-104	47.2 m	915 t





Above: Installation of the 1st vessel



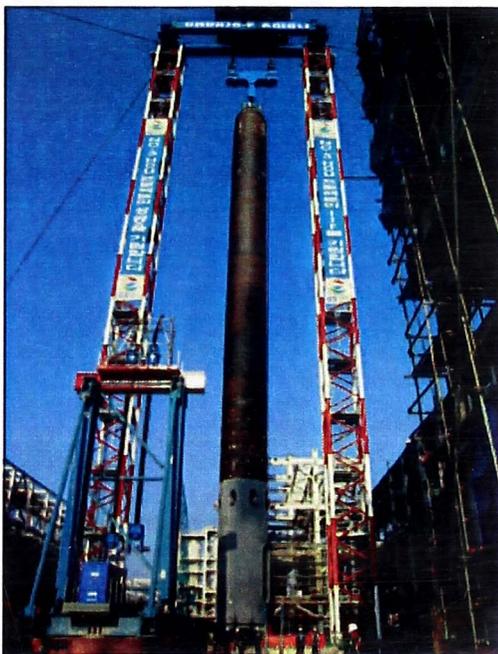
Above: Installation of the 4th vessel

HOU 3 PROJECT

Fagioli performed the lifting and installation of six vessels ranging from 381 to 1811 ton with a maximum length of 76 m. The installation was performed by Fagioli Ltd. in collaboration with the local partner Churjo Construction Company. The installation of the six vessels were performed between October and December 2009.

The installation process was performed with Fagioli Tower lift and strand jacking system. The A and V Towers were lifted with the tower lift system using a crawler crane for the tailing operations. For the other vessels (between 1700 and 1800 ton weight) Fagioli studied a new tailing solution. Fagioli planned and built a specially made tailing frame structure, two pinned columns connected to a base frame strongly attached to 3x 14 axle lines SPMTs with 2 x 600 ton jacks on top of it. Once the column is lifted by the towerlift system, the two strand jacks on the tailing frame are lifting the bottom part of the reactors (previously connected) while the SPMTs (with the tailing frame structure on top of it) move slowly forward. This tailing frame structure was a complete success and allow Fagioli to perform all the six installations in less than two months.

DESCRIPTION	HEIGHT	WEIGHT
1 ST VESSEL	66 m	1811 t
2 ND VESSEL	66 m	1746 t
3 RD VESSEL	76 m	381 t
4 TH VESSEL	62 m	800 t
5 TH VESSEL	66 m	1812 t
6 TH VESSEL	66 m	1746 t



Above: Installation of the 3rd vessel

Figura 2.1.8 Suriname refinery expansion project**Suriname refinery expansion project**

FIGURA 2.1.8

www.fagioli.com

info@fagioli.com

PETROCHEM 33**Above:** transport of a PAU module at the refinery site

Fagioli were contracted for the heavy transport and project forwarding activities of general cargo material and heavy weight modules for the SURINAME refinery expansion project at Paramaribo, Suriname.

The key success to the contract award was Fagioli's capacity to offer to the client a turnkey project solution involving all of our capabilities including in-house project forwarding, heavy transport and lifting, engineering know-how, allowing us to perform the overall timely handling of all of the different aspects of such a challenging project.

The project was made of three main activities:

- Shipment of general cargo materials
- Shipment of heavy items (weighing up to 830 t) and modules (24 PARs and PAUs modules from Italy) together with the local transport
- Lifting and Installation of eleven (11) main heavy items

HEAVY TRANSPORT AND LIFTING ACTIVITY

In Italy Fagioli executed the roll on vessel loading operations of 24 modules by means of 48 axle lines SPMTs. After the loading of the items onto two heavy lift ship (10 and 14 modules) and the completion of sea fastening operations provided by Fagioli, the vessels departed for their 21 day transit to reach Suriname.

The site, positioned on the banks of a river, was reached by means of a barge mobilized by Fagioli from USA. The first ten modules arrived with the first H/L vessel, they could only be off loaded by *rotoro* means from the vessel to the quay via a dummy barge prior to be able to reach the designated storage area.



Due to the strong current and the tide it was impossible to position the ship perpendicular to the quay for a direct roll off operation of the modules so it was decided to berth it parallel to the jetty being careful to execute safe moves, considering all of the possible contingencies related to the ballasting of the two Goating vessels. Then the modules were reloaded from the quay ro-ro by means of SPMTs onto the barge to arrive at site, after a load in operation. For the second vessel the fourteen modules were unloaded ro-ro onto the barge which was then directly moved to the site, skipping the storage activities.

The whole operation took one day to be executed, from HL ship up to site. Once at site, after the load in, the PAR modules were directly positioned onto foundations whilst the PAUs needed Fagiol climbing jacks to be settled. Within the contract for the installation of 11 main items, Fagiol used the tower lift and strand jacking system to lift and install the biggest item being a reactor 50m long and weighing 790t (excluding saddles). A crawler crane was used for the talling operation. A 60m tall tower lift was employed, provided with 2 x 750 t capacity strand jacks. The pictures show the different activities executed, sometimes at the same time. Top left is the departure of the modules loaded onto the first vessel, while the one at the bottom is a detail of the load transport operation.

The dimension of some of the modules were the biggest challenge due to the high COG. Fagiol engineering department studied the dimension and weight of all the modules and items to be installed providing the fastest and safest method to be applied with the dedicated equipment. Picture on the right is the installation by means of tower lift and strand jacking system of the biggest item. Picture at the bottom is the river transport of a module positioned onto SPMTs, ready to be off-loaded at site.



Above: Transhipment from ship onto barge at Panamaribo



Above: Inland transport at Panamaribo

PROJECT FORWARDING ACTIVITY

The project forwarding department managed the shipment and site delivery for all the materials manufactured for the Suriname project with material originating from all over the world with the delivery to site managed by Fagiol Suriname branch.

The total quantity of material to be shipped and delivered to site will be around 60.000 cubic meters of general cargo and a total of 167.000 cbm. of modular and oversize heavy items. The activities involved the sourcing of suitable liner and chartered vessels as well as dedicated H/L vessels for the transportation of the biggest modules.



Above: red dots are the countries where material originated

Bottom: H/L ship loaded with modules leaving Italy to Suriname



The liner services to Suriname are not so regular and one of the main issues was to establish the best strategy to guarantee that the materials arrived at site in the correct sequence and on time.

In compliance with the clients construction schedule requirements and urgencies, Fagioli's operational project division ensured that vessels were chartered to maximize the amount of materials that could be shipped, performing the collection and delivery to the export ports of the materials on a timely basis to guarantee their loading on the specially chartered cargo vessels.

In order to guarantee a regular flow of the delivery of the materials, the general cargo was also shipped in box or special container.

For what concerns the biggest items (mainly originated from Indonesia, Vietnam and India), Fagioli booked dedicated self-geared H/L ship vessels.

A Dvd of the project is available on request, with a deep analysis on the heavy transport of PAU module 2604 which had peculiar dimensions (19m long, 8,5 m wide, 35 m high) with a centre of gravity at 12,4 m and a tipping angle of 4,2 degrees maximum

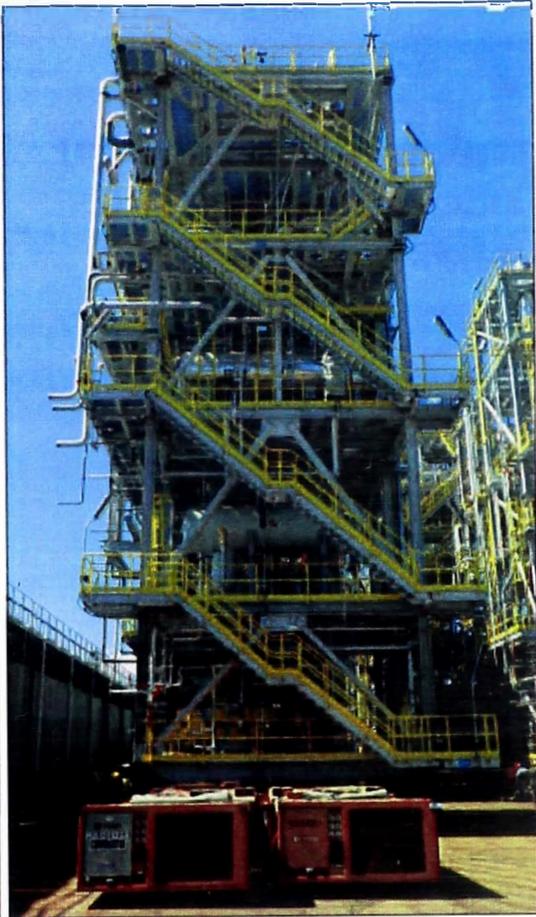
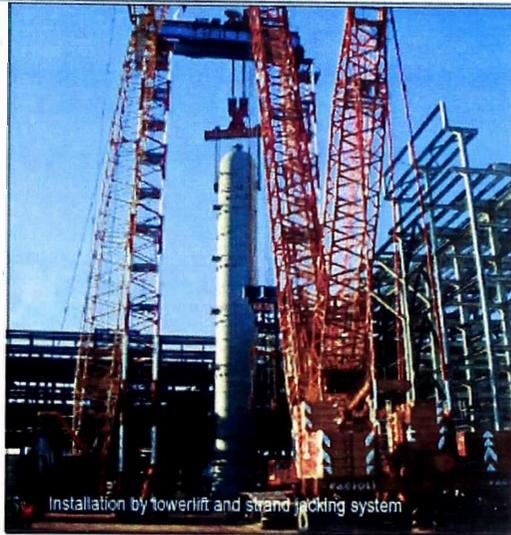
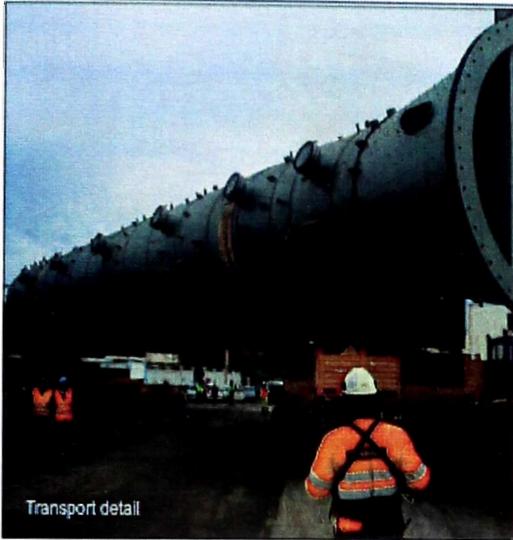


Figura 2.1.9 GNL-3Z Project, Arzen - Algeria**GNL-3Z Project, Arzew - Algeria**

www.fagioli.com

info@fagioli.com

FIGURA 2.1.9

PETROCHEM 35

Fagioli were awarded to perform the transport, lifting and installation of reactors, columns, vessels and general cargo (about 400,000 cubic meters) for the GNL-3Z gas plant at Arzew, one of the biggest in Algeria. The project was a blend of freight forwarding, shipping, heavy transport and lifting activities with the use of Fagioli state-of-the-art equipment and specialized personnel.

HEAVY TRANSPORT AND LIFTING ACTIVITY

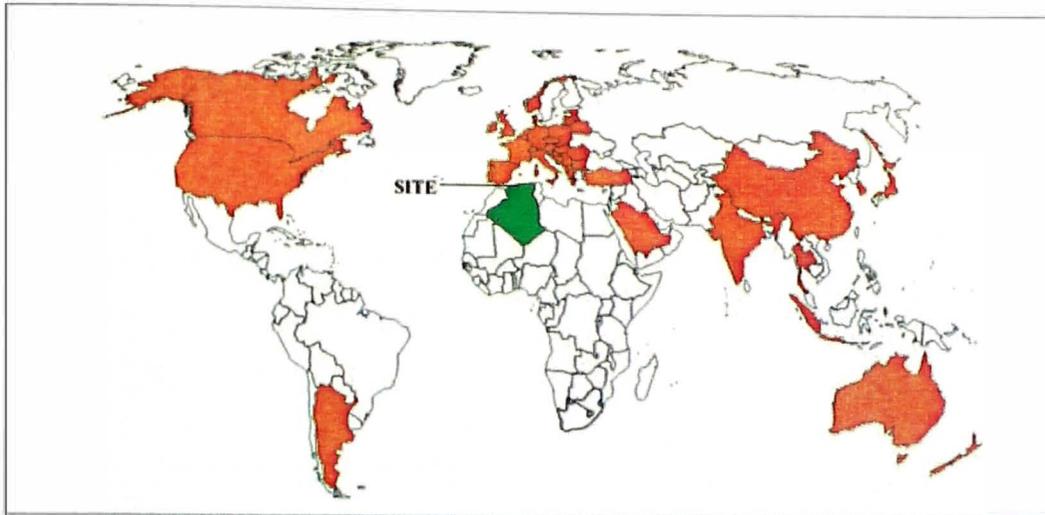
Fagioli were involved in the chartering of dedicated H/L ships for the transport of the main vessels.

Items moved and hoisted weighted up to 1150 ton. One of these challenging operations is reported in these pictures showing the transport of a 970 ton column with an overall length of 53 mts from quay unloading port up to site, the lifting of the item by means of towerlift and strand jacks system (supported by Fagioli crawler crane LR 1750) and final positioning with a 20 degrees rotation. For the transport operation Fagioli used 36 axle line Spmts' with a tailing frame connected to the item skirt. The main equipment used for the erection was a tower system composed by two towers and two crosshead beams on top; a jacking unit composed by two jack support beams equipped with n.° 4 L600 strand jacks; a rigging unit, a 750 ton capacity crawler crane.

Group-owned equipment used for the project :

- SPMTs trailers
- Crawler cranes LR 1750 - LR 1300 - LTM 1100
- Tower lift and strand jacking system
- Self-gearred H/L ship





PROJECT LOGISTICS ACTIVITY

Fagioli were also in charge for the shipment, freight forwarding and consignment activity of the material originating from all over the world destined to Arzew site.

The map above shows in red the main countries where material originated and in green the site location. Fagioli coordinated the material on a worldwide basis and took care also to all the custom clearance documentation and organized the permits for the heavy transport activity with local authorities.

The main port of discharge in Algeria were the port of Otan for liner ships and containers, the port of Mostaganem for general cargo and smaller items and the port of Arzew for the heaviest items unloaded to from H/L ships.

The project started in 2009 and ended in late 2013.



Figura 2.1.10 VGOFCC-Project HOU plant YEUSU

VGOFCC Project HOU Plant Yeosu / South Korea Erection of 4 Heavy Vessels



www.fagioli.com

info@fagioli.com

FIGURA. 2.1.10

PETROCHEM 36



Chunjo- Fagioli , a Korean joint venture between Chunjo corporation and Fagioli, performed really innovative heavy lifting operations at the petrochemical plant in Yeosu, South Korea: No.4 Vessels up to 870 ton were lifted, skidded and installed inside their plinths by means of a new concept "traveling mega gantry system" 94.4m high and 40m span.

This new application of Fagioli Modular Towerlift system worked like a kind of temporary Gantry Crane mounted onto skid tracks equipped with push/pull system allowing both longitudinal and traverse movements in order to install many items in sequence even though they had to be fitted at different heights. Fagioli performed several tests in order to check the stability of the towers onto the skid tracks during the horizontal movement.

Fagioli equipment was composed of Tower, Lifting and Skidding Systems: during lifting of the first vessel, carried out by No.2 L600 strand jacks mounted on top of the towerlift system, base frames on which each tower was seated on were secured to tower foundation with anchor bolts.



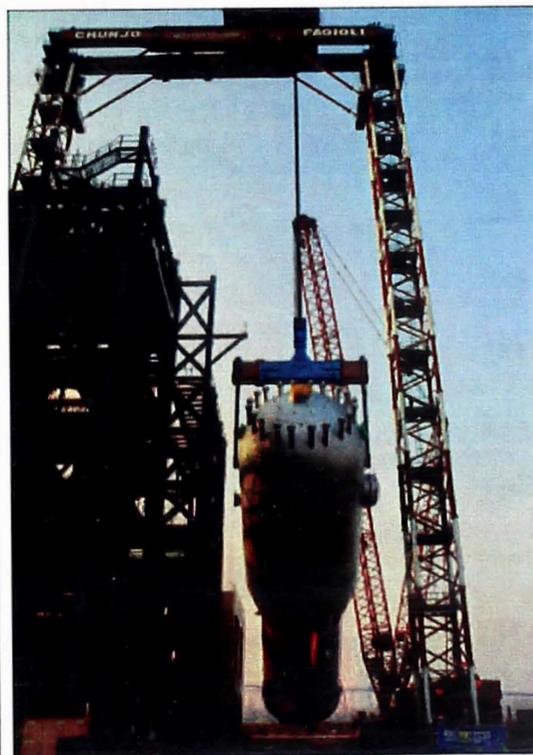
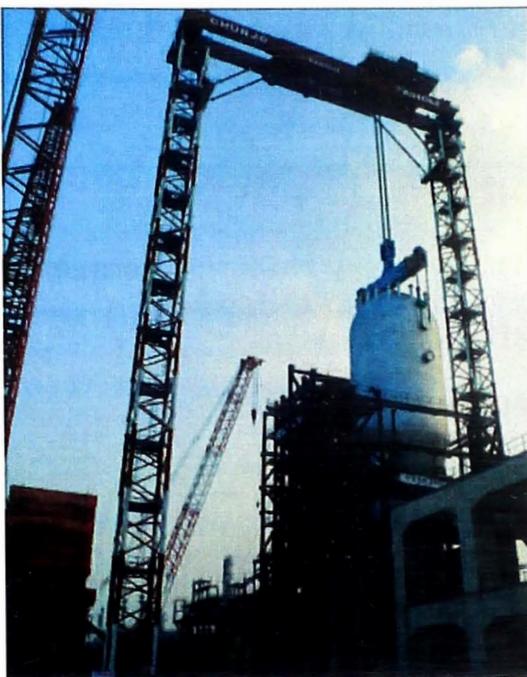
DESCRIPTION	UNIT	VESSELS			
		652-C-102 REGENERATOR	652-C-103 REACTOR	652-C-203 MAIN COLUMN	653-C-208 CB SPLITTER
Erection weight (no contingency)	T	869	442	518	542
Erection height	mm	38,100	34,350	67,240	84,020
Diameter (trunnion to trunnion)	mm	11,674	7,864	7,510	5,864
Lifting attachments		Trunnions • 1 x tall lug	Trunnions • 2 x tall lugs	Trunnions • 2 x tall lugs	Trunnions • 2 x tall lugs

No. 16 Hillman roller skate (No. 4 for each skidding trolley) travelled onto rail tracks embedded into crosshead beams allowing the vessel to be transversely moved and then lowered for the installation. Pull movement of skidding system was supplied by No 4 L50 strand jacks located on each end of both crosshead beams.

Base frames themselves were mounted onto 97 meters long skid tracks; in order to reach the second vessel position, anchor bolts were released and towers were skidded on tracks using No.8 push-pull jacks 80 tons cap. attached to lugs located at each end of frame beams. To ensure system stability during skidding, further struts arrangement were assembled to tower tops. Once in position, towers base frames were once again fixed with anchor bolts and the whole System was ready for the second lifting. The same procedures were performed also for the third item installation. Picture 4 and picture 5 show the installation of the second component and the third one with a general view of the site.

MAIN PROJECT ISSUES / CONSTRAINTS:

- State of the art System which enables to install many items in sequence no matter installation heights;
- Dedicated engineering studies to design a unique equipment able to perform heavy lifting, lowering and both longitudinal/transverse movement of the tower system;
- Significant time schedule reduction for lifting and installation operations



ANEXO 5.1 TOPICOS MEMORIA DE CALCULOS TORRE DE IZAJE

<u>ÍNDICE</u>	212
5.1.1 Introducción	214
5.1.2 Bases de cálculo	214
5.1.3 Esquema de ubicación de cargas en la estructura	217
5.1.4 Planta nivel 15 estructura	218
5.1.5 Planta nivel 14 estructura	219
5.1.6 Combinaciones de cargas	220
5.1.7 Distribución de presiones de viento en altura	221
5.1.8 Presiones de viento Vs altura	225
5.1.9 Presiones de viento sobre las torres triangulares	227
5.1.10 Cargas de viento sobre enrejado superior longitudinal	234
5.1.11 Cargas de viento sobre enrejado superior transversal	235
5.1.12 Calculo de columnas	236
5.1.13 Viga porta riel (Enrejado longitudinal)	242
5.1.14 Viga tope riel superior (Enrejado transversal)	244
5.1.15 Viga tope riel inferior (Enrejado transversal)	246
5.1.16 Cálculos cremona en enrejados	248
5.1.16.1 Cálculos Cremona viga porta riel (Enrejado longitudinal)	248
5.1.16.2 Cálculos cremona viga tope riel (Enrejado transversal)	254
5.1.17 Fuerzas del viento sobre columna 04-C-1	257
5.1.18 Distribución de cargas en columnas	259

5.1.19 Planta ubicación nudos de apoyo de estructura en fundación	260
5.1.19.1 Fundación F1	261
5.1.19.2 Fundación F2	261
5.1.20 Planta ubicación nudos de apoyo Templadores	262
5.1.20.1 Fundación M1	263
5.1.20.2 Fundación M2	263
5.1.21 Pernos de anclaje	264
5.1.21.1 Pernos para fundación M1 /M2	264
5.1.21.2 Pernos para fundación F1 / F2	266

5.1.1 Introducción

En esta sección haremos referencia a algunos tópicos más relevantes utilizados en la memoria de cálculo, realizados para el diseño de la torre de izaje de la columna de vacío 04-C-01. Para lo cual se definen en terreno las dimensiones finales de la torre y las cargas de referencia de los equipos a montar. Estos cálculos fueron realizados por el área de ingeniería de la contratista en su sede central. La empresa dispone de los gatos hidráulicos de izaje y ha realizado varios montajes similares aplicando el mismo procedimiento de cálculo. Considero incluir los cálculos realizados con algunos comentarios para una mejor interpretación haciendo referencia a los datos obtenidos de las normas utilizadas. Como una ampliación al tema del presente informe. Debo mencionar también que algunos cálculos, son de propiedad intelectual de la empresa constructora por tanto su difusión esta restringida. Para los cálculos del método de izaje por gatos hidráulicos, las empresas especializadas han desarrollado su propio método. Por tanto los resultados en muchos casos no coinciden. Lo interesante de todos estos procedimientos es el resultado obtenido. A la fecha es un método de izaje rápido y seguro. Y permite hacer maniobras de gran tonelaje, tanto de equipos en refinerías y módulos de plantas industriales, puentes, etc.

5.1.2 Bases de cálculo

El diseño de la estructura de acero se basa en las disposiciones de la norma AISC-ASD-1989: "Diseño por tensiones admisibles" del American Institute of Steel Construction. La estructura fue diseñada para soportar las cargas de izaje: Peso propio equipo, peso propio estructura, impactos de izaje y se verifico la estructura para soportar sobrecargas de viento antes y durante el montaje.

Cargas de diseño

El peso total del equipo a izar es de 125 Ton. La estructura se calculara para izar este peso aumentado en un 20% para tomar en cuenta el impacto vertical debido al izaje y se añadirá una fuerza lateral en dirección del movimiento del equipo de un 10% de la suma del peso del equipo + el impacto vertical para modelar el efecto longitudinal del movimiento del carro de traslación.

- Cargas en sentido longitudinal a la estructura debido al movimiento de traslación del carro se analizara la estructura con las cargas antes mencionadas colocadas en las posiciones que se indican más adelante.
- Cargas en sentido transversal de estructura
- En el sentido transversal se verificara la estructura para una presión básica de viento de 12 Kg/m² (equivalente a una velocidad de 50 Km/h) en la base de la estructura, que se distribuirá en altura conforme disposiciones de la norma Chilena (NCH 432.OF71) de sobre cargas de viento sobre las construcciones para estructuras en campo abierto sin información estadística de velocidad máxima instantánea de viento.

Adicionalmente se chequeara la estructura sin la columna de vacío para una velocidad de viento de 70 Km/h (a nivel basal).

- Materiales usados:

Acero estructural ASTM A – 36 ($F_y = 2.53 \text{ Ton / m}^2$)

Soldadura Filete E7018 (AWS) ($F_v = 1.47 \text{ Ton / m}^2$)

Pernos ASTM A-325

Suelo con tensión admisible 60 Ton/m²

Hormigón H-30 para fundaciones

Pernos de anclaje SAE-1045 ($F_y = 2.3 \text{ Ton / m}^2$)

Cables tipo cascabel alma de acero (Tipo Prodinsa)

Tensor tipo Crosby.

- Normas usadas

AISC-ASD-1989: "Diseño Acero por tensiones admisibles"

Nch 427.Of: : "Diseño de estructuras de acero"

Nch 432.Of.71 : "Calculo de la acción del viento sobre las construcciones"

5.1.3 Esquema de ubicación de cargas en la estructura

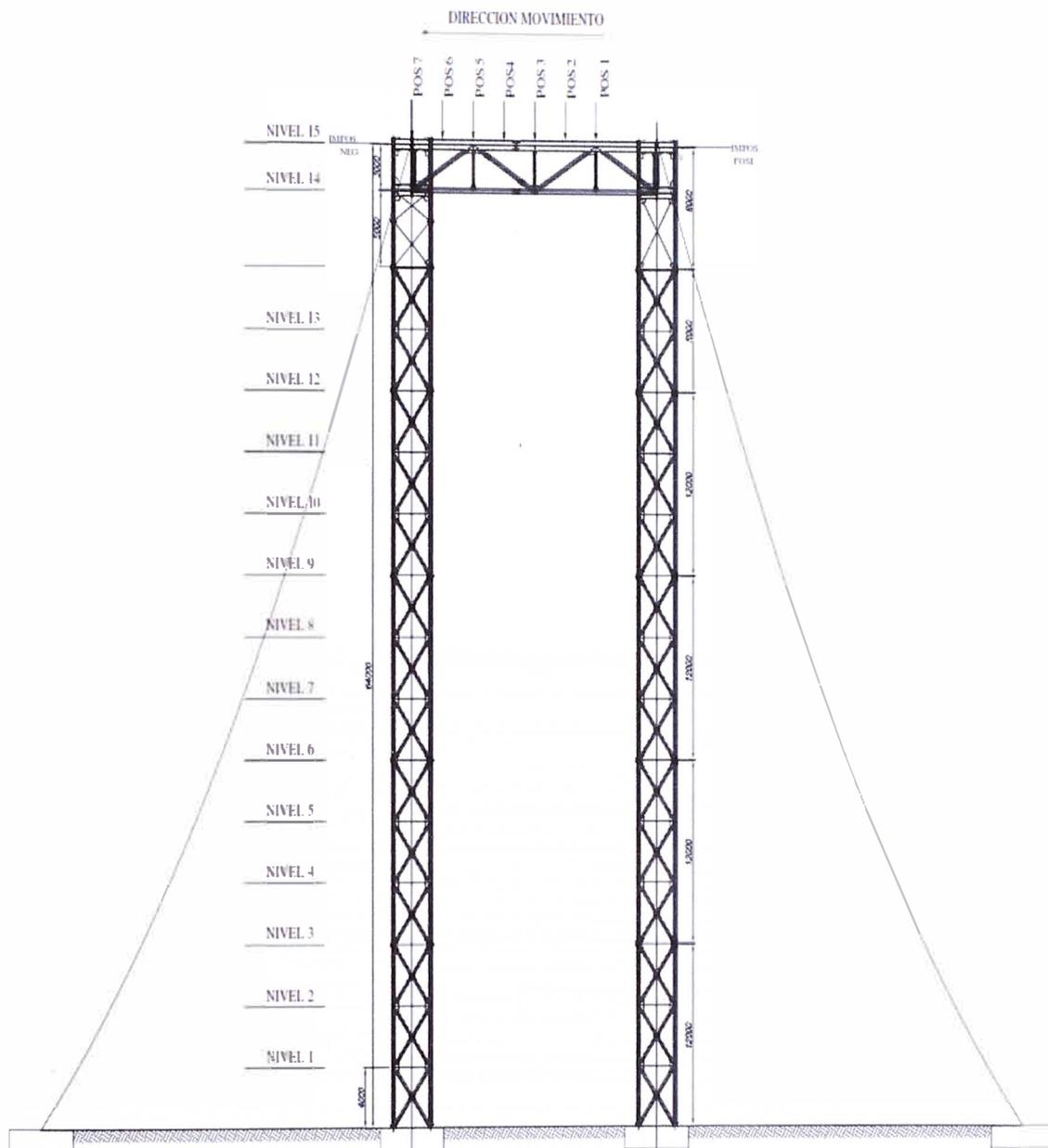
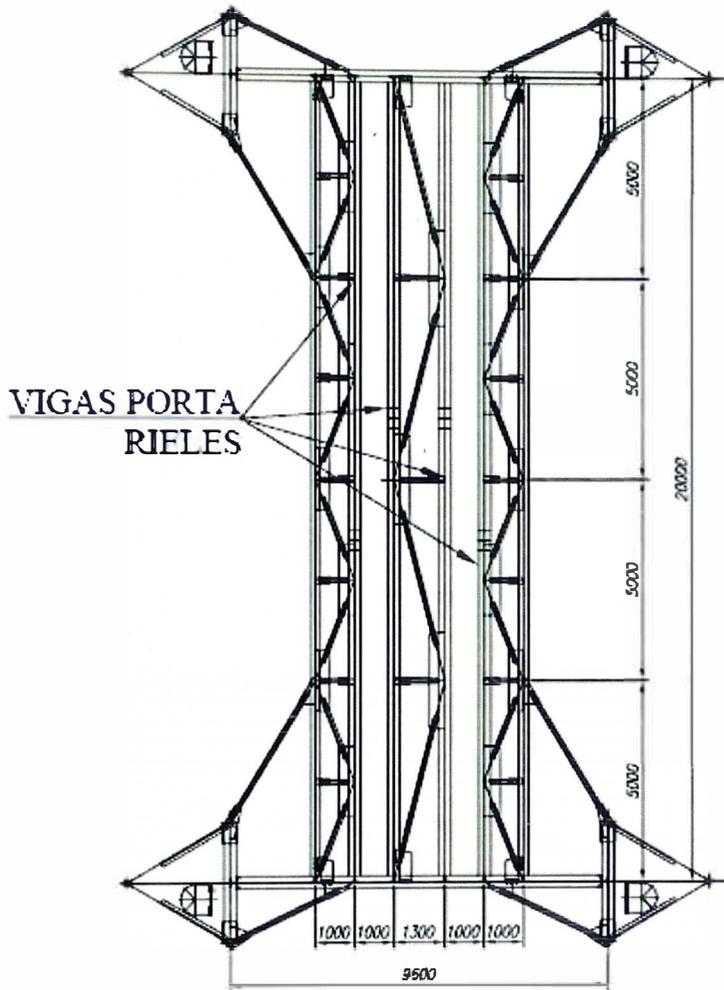


Figura 5.1 Esquema de ubicación de cargas en la estructura

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Javier Alva ch.

5.1.4 Planta nivel 15 estructura



PLANTA NIVEL 15

Figura 5.2: Planta nivel 15

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo

5.1.5 Planta nivel 14 estructura

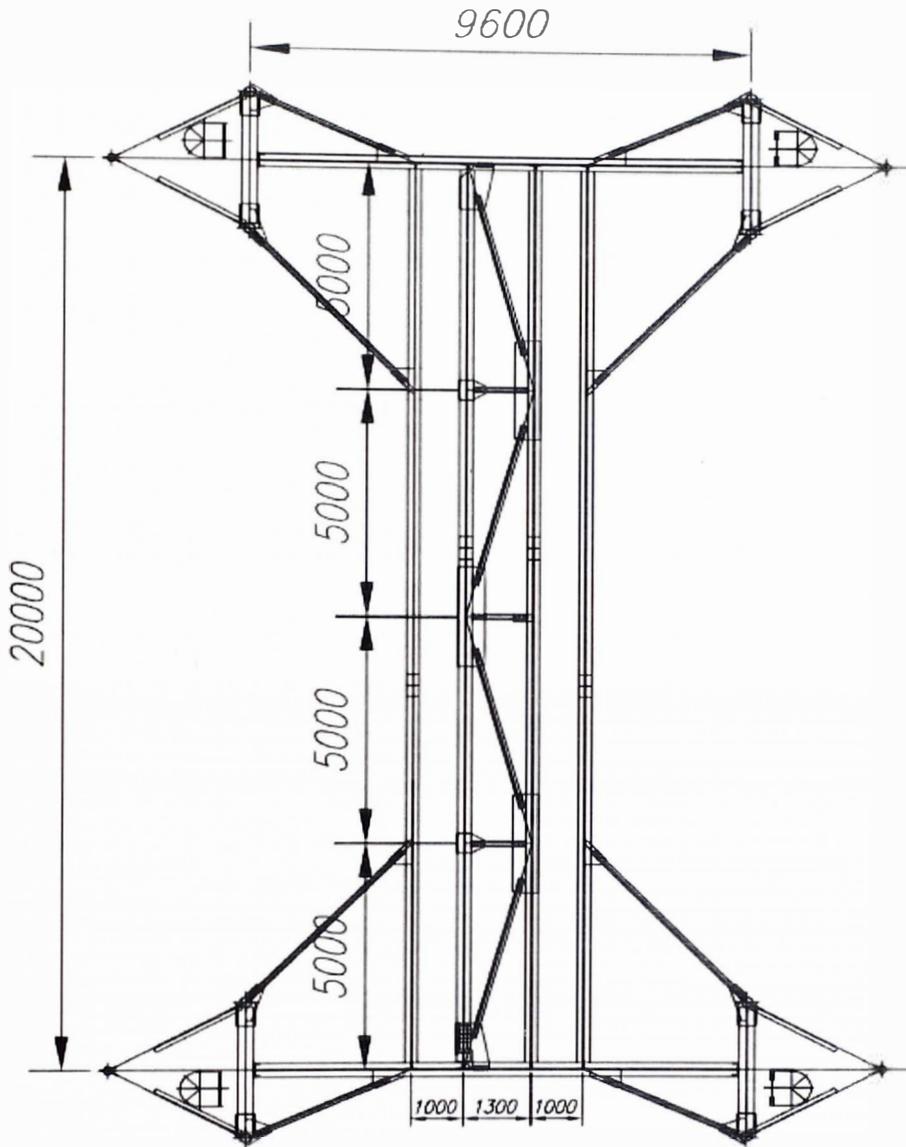
**PLANTA NIVEL 14**

Figura 5.3: Planta Riel 14

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo

5.1.6 Combinaciones de cargas

ESTADOS DE CARGA	
C1	Columna de vacío en posición 1
C2	Columna de vacío en posición 2
C3	Columna de vacío en posición 3
C4	Columna de vacío en posición 4
C5	Columna de vacío en posición 5
C6	Columna de vacío en posición 6
C7	Columna de vacío en posición 7
Imp. pos	Impacto longitudinal en dirección de movimiento de columna de vacío
Imp. neg	Impacto longitudinal en dirección de movimiento de columna de vacío
DT	Aumento de temperatura de 40°C
Viento x (50)	Sobre carga de viento en dirección X equivalente a 50 Km/Hora a nivel basal de estructura
Viento x (70)	Sobre carga de viento en dirección X equivalente a 70 Km/Hora a nivel basal de estructura
Viento y (50)	Sobre carga de viento en dirección Y equivalente a 50 Km/Hora a nivel basal de estructura
Viento y (70)	Sobre carga de viento en dirección Y equivalente a 70 Km/Hora a nivel basal de estructura
PP	Peso propio estructura

COMBINACION DE CARGAS	
Combinación 1	PP + C1 + Imp pos +DT
Combinación 2	PP + C2 + Imp pos +DT
Combinación 3	PP + C3 + Imp pos +DT
Combinación 4	PP + C4 + Imp pos +DT
Combinación 5	PP + C5 + Imp pos +DT
Combinación 6	PP + C6 + Imp pos +DT
Combinación 7	PP + C7 + Imp pos +DT
Combinación 8	PP + C1 + Imp neg +DT
Combinación 9	PP + C2 + Imp neg +DT
Combinación 10	PP + C3 + Imp neg +DT
Combinación 11	PP + C4 + Imp neg +DT
Combinación 12	PP + C5 + Imp neg +DT
Combinación 13	PP + C6 + Imp neg +DT
Combinación 14	PP + C7 + Imp neg +DT
Combinación 15	PP + Viento X(50)+ DT + C7
Combinación 16	PP + Viento X(70)+ DT
Combinación 17	PP + Viento Y(50)+ DT + C7
Combinación 18	PP + Viento Y(70)+ DT

No indicamos valores de la combinaciones estas pueden variar a criterio del proyectista

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo

5.1.7 Distribución de presiones de viento en altura

Haremos una breve referencia de los datos obtenidos de la norma chilena NCH432.OF71 “Cálculo de la acción del viento sobre construcciones”. Tomadas como referencia para el proyecto:

1.- Presión básica del viento.

Para establecer la presión a una altura distinta a la que fue medida, se puede usar la ecuación (3) de la norma NCH 432.OF71: Ver ecuación (1).

$$P_x = P_h (x/h)^{2\alpha} \quad (1)$$

P_h = Presión a nivel de “h”

h = Altura a la que se midió P_h

α = Coeficiente de rugosidad para condiciones del terreno = 0.16 para campo abierto

Para resolver la ecuación (1) aplicando logaritmos tendremos la siguiente expresión.

$$\log P_x = \log P_h + 2.\alpha. \text{Log} (x/h) \quad (2)$$

2.- Velocidad del viento.

$$V_x = V_o (x/h)^\alpha \quad (3)$$

X = Altura a la que se mide V_x

X_o = Altura donde se alcanza la gradiente de velocidad ($X_o = 280$ m)

3.- Presiones para diferentes alturas: Viento 50 Km/hora (13.89 m/s)

para una altura $h = 4$ m.

Reemplazando valores en la ecuación (1) obtenemos la tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1: Presiones para diferentes alturas (50 Km/Hr)

h = 4 m			Ph = 12 Kg/m ²			α = 0.16		E.020
x (m)	x / h	Log x/h	2 αlog x/h	log Ph	log Px	Px (Kg/m ²)	Px (Kg/m²)	Kg/m ²
							Asumido	
4	1.00	0.00	0.00	1.08	1.08	12.00	12.01	
8	2.00	0.30	0.10	1.08	1.18	14.98	18.92	
10	2.50	0.40	0.13	1.08	1.21	16.09	19.06	12.00
12	3.00	0.48	0.15	1.08	1.23	17.06	19.00	
16	4.00	0.60	0.19	1.08	1.27	18.70	20.51	
20	5.00	0.70	0.22	1.08	1.30	20.08	21.61	16.28
24	6.00	0.78	0.25	1.08	1.33	21.29	22.36	
25	6.25	0.80	0.25	1.08	1.33	21.57	22.93	
28	7.00	0.85	0.27	1.08	1.35	22.37	23.12	
30	7.50	0.88	0.28	1.08	1.36	22.87	23.44	19.41
32	8.00	0.90	0.29	1.08	1.37	23.34	23.77	
36	9.00	0.95	0.31	1.08	1.38	24.24	24.31	
40	10.00	1.00	0.32	1.08	1.40	25.07	24.87	22.08
44	11.00	1.04	0.33	1.08	1.41	25.85	25.28	
48	12.00	1.08	0.35	1.08	1.42	26.58	25.69	
50	12.50	1.10	0.35	1.08	1.43	26.93	25.78	24.36
52	13.00	1.11	0.36	1.08	1.44	27.27	26.00	
54	13.50	1.13	0.36	1.08	1.44	27.60	26.22	
56	14.00	1.15	0.37	1.08	1.45	27.92		
59	14.75	1.17	0.37	1.08	1.45	28.39		
60	15.00	1.18	0.38	1.08	1.46	28.55		26.40
62	15.50	1.19	0.38	1.08	1.46	28.85		
64	16.00	1.20	0.39	1.08	1.46	29.14		
65	16.25	1.21	0.39	1.08	1.47	29.29		
70	17.50	1.24	0.40	1.08	1.48	29.99		28.24
75	18.75	1.27	0.41	1.08	1.49	30.66		

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

Tabla 2: Presiones para diferentes alturas (70 Km/Hr)

h = 4 m			Ph = 24 Kg/m ²			$\alpha = 0.16$		E.020
x (m)	x / h	Log x/h	2 a log x/h	log Ph	log Px	Px (Kg/m ²)	Px (Kg/m ²)	Kg/m ²
							Asumido	
4	1.00	0.00	0.00	1.38	1.38	24.00	24.00	
8	2.00	0.30	0.10	1.38	1.48	29.96	34.00	
10	2.50	0.40	0.13	1.38	1.51	32.18	36.00	23.52
12	3.00	0.48	0.15	1.38	1.53	34.11	38.00	
16	4.00	0.60	0.19	1.38	1.57	37.40	41.00	
20	5.00	0.70	0.22	1.38	1.60	40.17	43.00	31.90
24	6.00	0.78	0.25	1.38	1.63	42.58	45.00	
25	6.25	0.80	0.25	1.38	1.63	43.14	45.75	
28	7.00	0.85	0.27	1.38	1.65	44.73	46.00	
30	7.50	0.88	0.28	1.38	1.66	45.73	47.00	38.14
32	8.00	0.90	0.29	1.38	1.67	46.69	48.00	
36	9.00	0.95	0.31	1.38	1.69	48.48	49.00	
40	10.00	1.00	0.32	1.38	1.70	50.14	50.00	43.28
44	11.00	1.04	0.33	1.38	1.71	51.70	51.00	
48	12.00	1.08	0.35	1.38	1.73	53.16	51.33	
50	12.50	1.10	0.35	1.38	1.73	53.85	52.00	47.75
52	13.00	1.11	0.36	1.38	1.74	54.53		
54	13.50	1.13	0.36	1.38	1.74	55.20		
56	14.00	1.15	0.37	1.38	1.75	55.84		
59	14.75	1.17	0.37	1.38	1.75	56.78		
60	15.00	1.18	0.38	1.38	1.76	57.09		51.74
62	15.50	1.19	0.38	1.38	1.76	57.69		
64	16.00	1.20	0.39	1.38	1.77	58.28		
65	16.25	1.21	0.39	1.38	1.77	58.57		
70	17.50	1.24	0.40	1.38	1.78	59.98		55.37
75	18.75	1.27	0.41	1.38	1.79	61.32		

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

Norma peruana E.020 (Normas legales 320731 El peruano)

4.- Velocidad de diseño (12.3 E.020)

$$V_x = V_o (x/h_o)^{0.22}$$

V_x = velocidad de diseño en la altura "h" en Km / Hora

V_o = Velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km / hora

X = Altura sobre el terreno en metros (m)

5.- Carga exterior del viento (12.4E.020)

Para obtener la carga exterior ya sea en presión o succión utilizaremos la ecuación:

$$P_x = 0.005 C V_x^2$$

P_x = Presión (o succión) del viento a una altura "h" en Kgf / m²

C = Factor de forma (Tabla 4 Norma E.020, Asumimos = 0.8

Para estructuras Tipo 2 multiplicar por 1.2

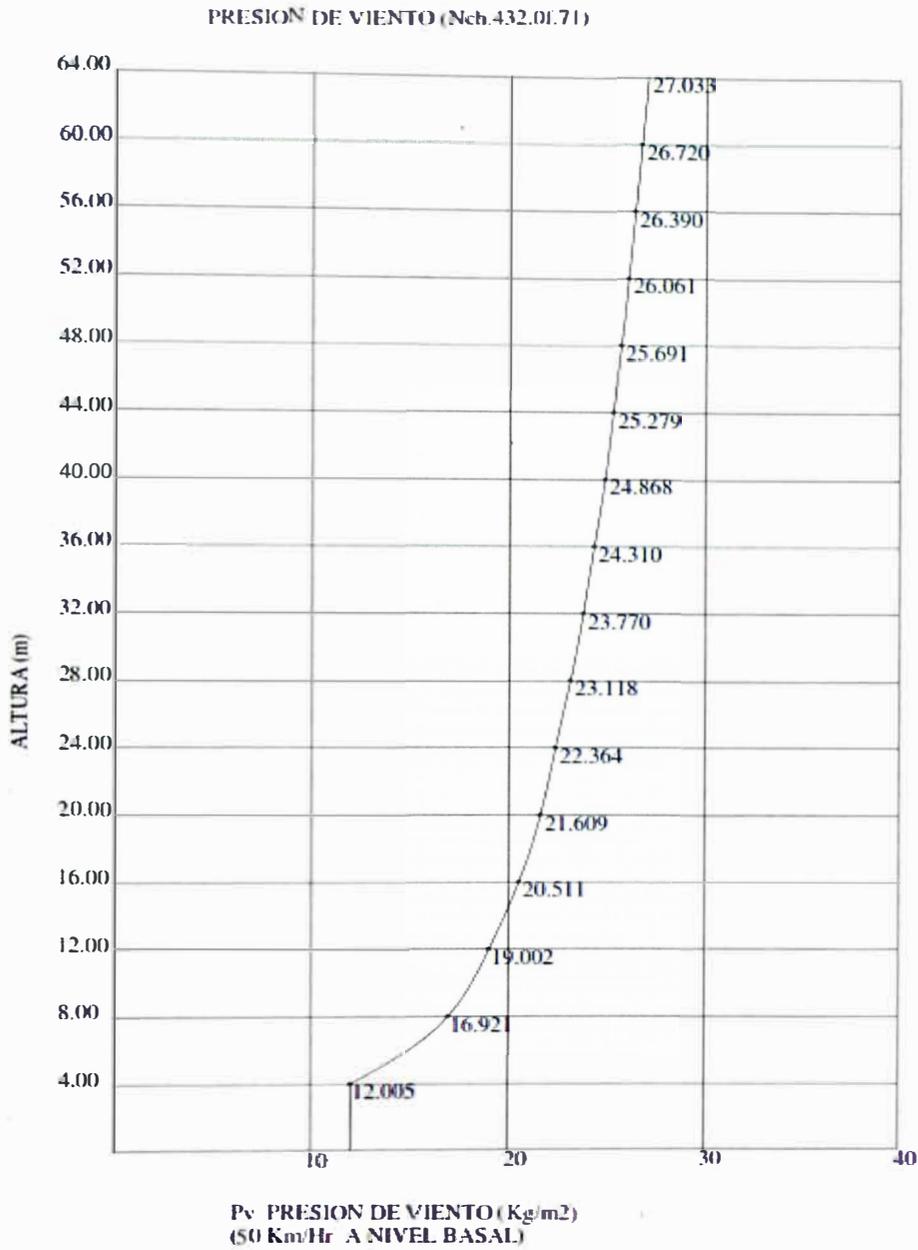
$$C = 0.8 \times 1.2 = 0.96$$

Observaciones:

- 1.- Los valores obtenidos para P_x por logaritmos, y aplicando la formula (1) coinciden.
- 2.- Los valores asumidos para el proyecto se aproximan a los valores calculados.
- 3.- Los valores calculados con la norma E.020 son menores a los de la norma NCH 432.OF71. (Ver Tabla 1 y Tabla 2)
- 4.- Para el presente informe asumiremos los valores asignados por el proyectista, utilizados en el diseño de la torre de izaje.

5.1.8 Presiones de viento Vs altura

Figura 5.4. Curva presión viento Vs altura: Para V= 50 Km / Hora



Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C-1 Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

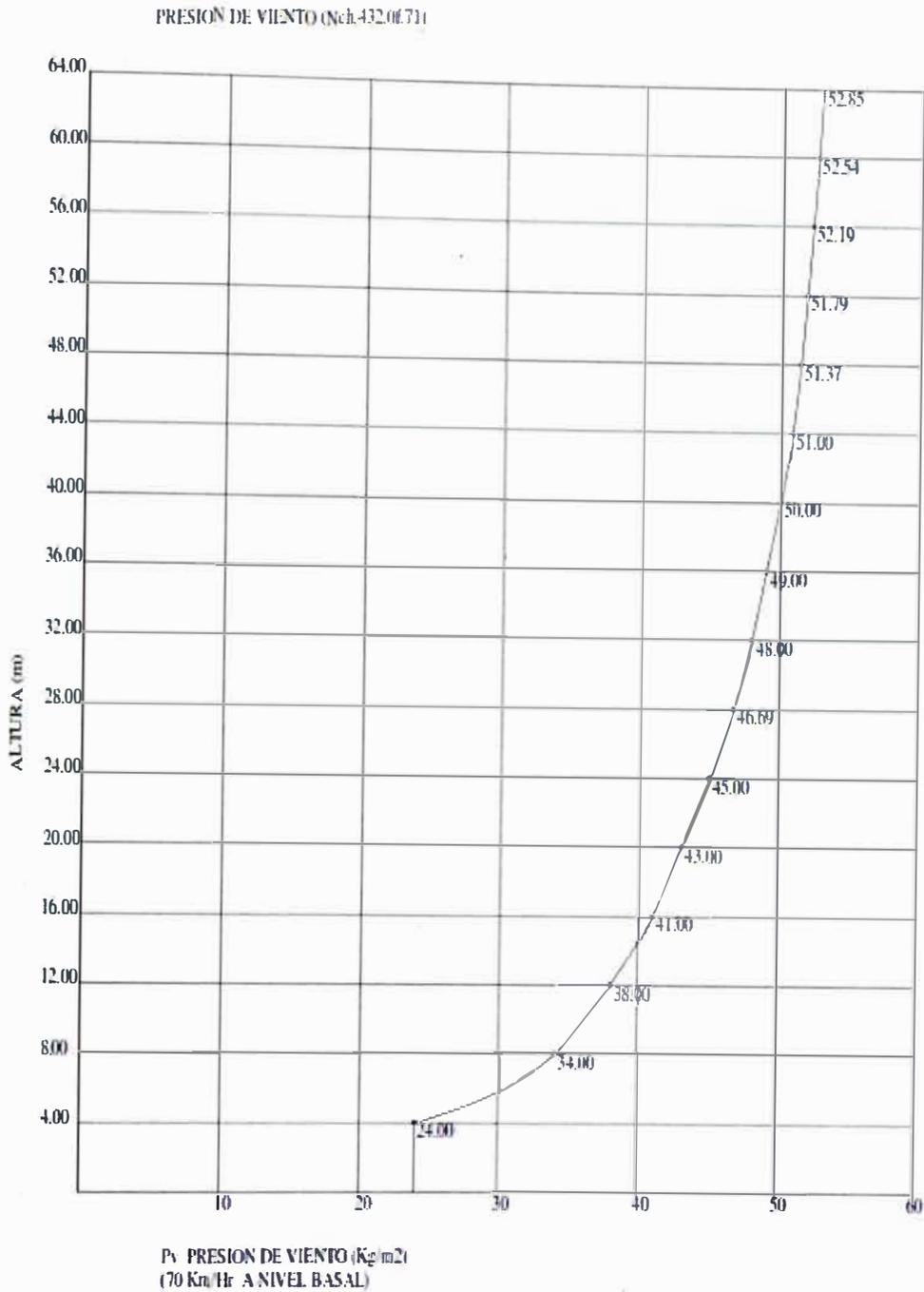


Figura 5.5. Curva presión viento Vs altura: Para V = 70 Km / hora

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío Ictesa / Roberto Cumicheo /
Javier Alva Ch.

5.1.9 Presiones de viento sobre las torres triangulares

Las presiones del viento sobre las superficies en que inciden, se realizarán según referencia indicado en la norma NCH 432.OF71.

5.1.9.1 Superficie de cálculo

Las áreas sobre las cuales se ejerce la acción del viento se tomarán en cuenta en la forma que se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Áreas ha considerar en la acción del viento.

Elementos sobre los cuales se ejerce la acción	Áreas a considerar
a) Para cuerpos limitados por superficies planas	Áreas verdaderas
b) Para cuerpos de construcción con sección transversal circular o aproximadamente circular, ya sean de eje horizontal o vertical.	Las áreas correspondientes a la sección axial perpendicular a la dirección del viento
c) Para varias superficies de techo yuxtapuestas de un mismo edificio	Se considerara el área total de la primera superficie que sea chocada por el viento, y el 50% de las superficies siguientes (5).
d) Para banderas y lonas con telas firmemente fijadas	Se considerara el área verdadera.
e) Para banderas y lonas sueltas.	El 25% del área verdadera
f) Para enrejados, ya sean compuestos de barras perfiladas o tubulares.	Se usaran las superficies de las barras del enrejado proyectas sobre un plano vertical.

(5) Estas reducciones se emplearán únicamente para el cálculo de los esfuerzos transmitidos a otros elementos de la construcción y para verificar la seguridad contra el volcamiento. El cálculo aislado de cada techo deberá hacerse considerando el área total del elemento. Para que la reducción sea aplicable, la distancia entre los planos no podrá ser superior a dos veces su altura.

5.1.9.2 Coeficientes de forma.

Las fuerzas del viento por unidad de superficie se obtendrán multiplicando la presión básica "q" por un factor de forma "C". Los valores de "C" que se utilizarán para el cálculo de construcciones serán los que se indican

en la figuras A.9, A.10 y A.11 de la Norma NCH 432.OF71, donde se indica el criterio con que debe emplearse el coeficiente de forma "C", no pretenden abarcar el gran número de casos que se presentan en la práctica, muchos de estos casos serán resueltos a juicio del proyectista. Mencionaremos algunos casos:

5.1.9.2.1 Construcciones cerradas con paredes planas:

En el frente que da el viento:

- a) Superficies perpendiculares a la dirección del viento: $C = 1.2$
- b) Superficies perpendiculares a la dirección del viento con alturas 5 o más veces el ancho medio, medido perpendicularmente al viento $C = 1.6$
- c) Superficies inclinadas en un ángulo α con relación a la dirección del viento:
 $C = 1.2 \text{ sen } \alpha$
- d) Superficies inclinadas con altura 5 o más veces el ancho medio, perpendicularmente al viento: $C = 1.6 \text{ sen } \alpha$

5.1.9.2.2 Estructuras enrejadas de acero:

- a) Planos de enrejados expuestos directamente al viento:

a.1) Superficies perpendiculares a la dirección del viento: $C = 1.6$

a.2) Superficies inclinadas en un ángulo α : $C = 1.6 \text{ sen } \alpha$

- b) Planos de enrejados protegidos del viento por otros enrejados que se anteponen frente al viento.

b.1) Si la distancia entre el nervio del enrejado y el que lo protege es menor que el ancho del nervio:

$C = 0.0$

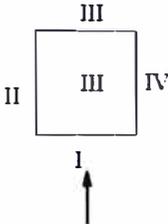
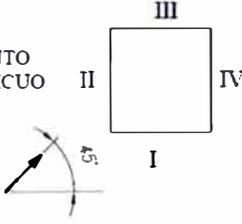
b.2) Si la distancia es mayor:

- En superficies perpendiculares a la dirección del viento: $C = 1.2$
- En superficies inclinadas en un ángulo α : $C = 1.2 \text{ sen } \alpha$

5.1.9.2.3 Estructuras enrejadas en forma de torre o mástil.

a) Cuando la torre tiene cuatro patas los valores de "C" serán los de la tabla 4:

Tabla 4: Valores de "C" para torres de cuatro patas

		I	II	III	IV
VIENTO NORMAL 	COMPONENTE NORMAL A LA CARA	1.6	0.0	1.2	0.0
	COMPONENTE PARARLELA A LA CARA	0.0	0.0	0.0	0.0
VIENTO OBLICUO 	COMPONENTE NORMAL A LA CARA	0.56K*)		0.42 K*)	
	COMPONENTE PARARLELA A LA CARA				

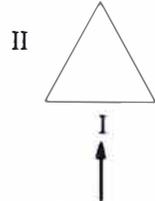
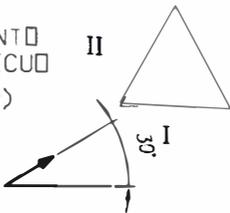
K*) = 1.1 EN TORRES DE ACERO

K*) = 1.2 EN TORRES DE MADERA

b) Cuando la torre tiene tres patas los valores de "C" serán los de la tabla 5:

Tabla 5: Valores de "C" para torres de tres patas

Fuente: Norma Chilena NCH 432.OF.71

		I	II	III
VIENTO NORMAL 	REPARTICION NORMAL A LA CARA	1.6	0.0	1.2
	REPARTICION EN DIRECCION DE LA CARA	0.0	0.0	0.0
VIENTO OBLICUO *) 	REPARTICION NORMAL A LA CARA	1.6	0.0	1.2
	REPARTICION EN SENTIDO DE LA CARA	0.0	0.0	0.0

***) PARA TORRES DE TRES PATAS K ES SIEMPRE 1, DE MODO QUE ESTOS VALORES SIRVEN PARA TORRES DE FIERRO Y MADERA**

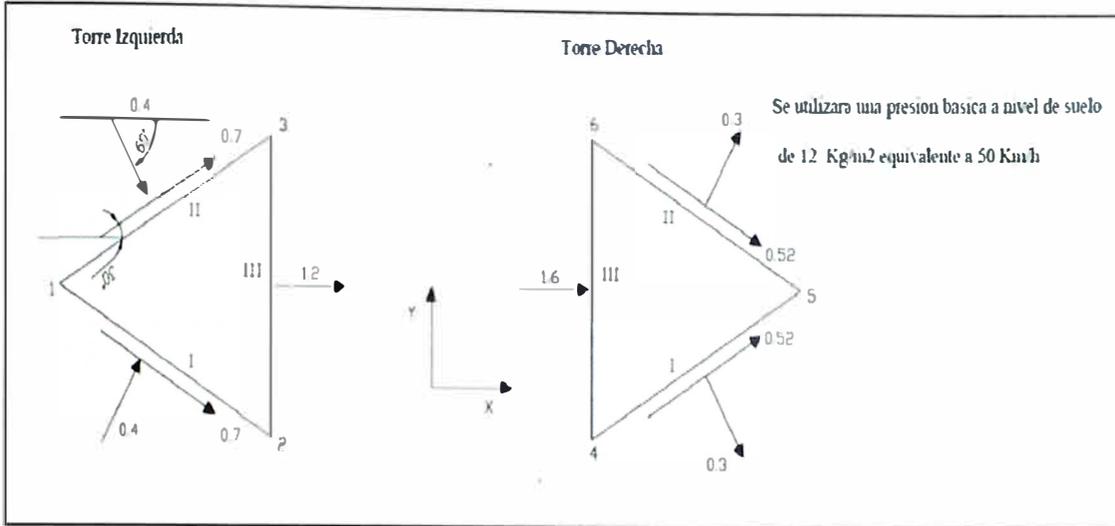
En los cálculos de 5.1.9.2.2 y 5.1.9.2.3, los elementos que forman parte de una cara dada se calcularán la componente del viento normal a dicha cara, sin que la componente paralela a la cara ejerza acción alguna sobre dichos elementos. Las componentes paralelas a las caras se tomarán en cuenta para evaluar la sollicitación total de la torre, por ejemplo: seguridad al vuelco, corte basal, fundaciones, Etc.

5.1.9.3 Presión del viento.

La presión del viento sobre la construcción total se determinará por la acción conjunta de presiones y succiones. Ver tablas 5.1 y tabla 5.2

Tabla 5: Presiones de viento sobre las torres triangulares en dirección "X"

Tabla 5.1: Torre izquierda



Torre Izquierda

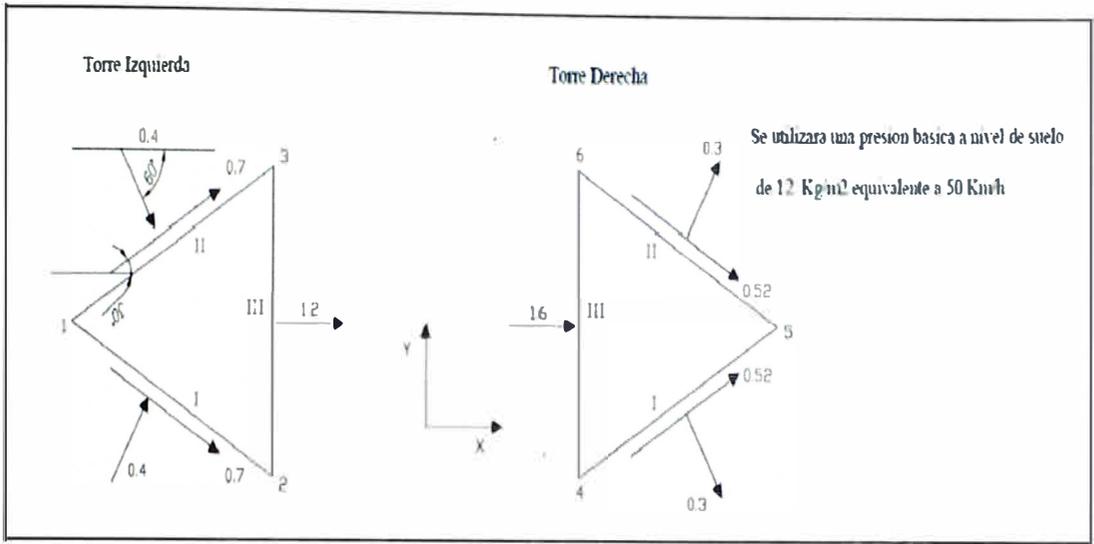
Nivel	Presion basica	Area	Cara I		Cara II		Cara III		Resultantes		
			N1x - Cara I	N2x - Cara I	N1x - Cara II	N3x - Cara II	N2x - Cara III	N3x - Cara III	N1x	N2x	N3x
1	0.0120	1.8000	0.0175	0.0175	0.0175	0.0175	0.0259	0.0259	0.0349	0.0434	0.0434
2	0.0169	1.8000	0.0246	0.0246	0.0246	0.0246	0.0365	0.0365	0.0492	0.0612	0.0612
3	0.0190	1.8000	0.0276	0.0276	0.0276	0.0276	0.0410	0.0410	0.0553	0.0687	0.0687
4	0.0205	1.8000	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0443	0.0443	0.0597	0.0741	0.0741
5	0.0216	1.8000	0.0314	0.0314	0.0314	0.0314	0.0467	0.0467	0.0629	0.0781	0.0781
6	0.0224	1.8000	0.0325	0.0325	0.0325	0.0325	0.0483	0.0483	0.0651	0.0808	0.0808
7	0.0231	1.8000	0.0336	0.0336	0.0336	0.0336	0.0499	0.0499	0.0673	0.0836	0.0836
8	0.0238	1.8000	0.0346	0.0346	0.0346	0.0346	0.0513	0.0513	0.0692	0.0859	0.0859
9	0.0243	1.8000	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0525	0.0525	0.0708	0.0879	0.0879
10	0.0249	1.8000	0.0362	0.0362	0.0362	0.0362	0.0537	0.0537	0.0724	0.0899	0.0899
11	0.0253	1.8000	0.0368	0.0368	0.0368	0.0368	0.0546	0.0546	0.0736	0.0914	0.0914
12	0.0257	1.8000	0.0374	0.0374	0.0374	0.0374	0.0555	0.0555	0.0748	0.0929	0.0929
13	0.0261	1.8000	0.0379	0.0379	0.0379	0.0379	0.0563	0.0563	0.0758	0.0942	0.0942
14	0.0264	1.7700	0.0378	0.0378	0.0378	0.0378	0.0561	0.0561	0.0755	0.0938	0.0938
15	0.0266	0.8700	0.0187	0.0187	0.0187	0.0187	0.0278	0.0278	0.0375	0.0465	0.0465

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo /

Javier Alva Ch.

Tabla 5.2: Torre derecha

Diagrama de coeficientes de forma sobre torres triangulares



Torre Derecha

Nivel	Presion basica	Area	Cara I		Cara II		Cara III		Resultantes		
			N4x - Cara	N5x - Cara	N5x - Cara	N6x - Cara	N4x - Cara	N6x - Cara	N4x	N5x	N6x
1	0.0120	1.8000	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0346	0.0346	0.0475	0.0260	0.0475
2	0.0169	1.8000	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0487	0.0487	0.0670	0.0366	0.0670
3	0.0190	1.8000	0.0205	0.0205	0.0205	0.0205	0.0547	0.0547	0.0753	0.0411	0.0753
4	0.0205	1.8000	0.0222	0.0222	0.0222	0.0222	0.0591	0.0591	0.0812	0.0443	0.0812
5	0.0216	1.8000	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234	0.0622	0.0622	0.0856	0.0467	0.0856
6	0.0224	1.8000	0.0242	0.0242	0.0242	0.0242	0.0644	0.0644	0.0886	0.0483	0.0886
7	0.0231	1.8000	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0666	0.0666	0.0916	0.0500	0.0916
8	0.0238	1.8000	0.0257	0.0346	0.0346	0.0346	0.0685	0.0685	0.0941	0.0692	0.1030
9	0.0243	1.8000	0.0263	0.0354	0.0354	0.0354	0.0700	0.0700	0.0963	0.0708	0.1054
10	0.0249	1.8000	0.0269	0.0362	0.0362	0.0362	0.0716	0.0716	0.0985	0.0724	0.1078
11	0.0253	1.8000	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0728	0.0728	0.1001	0.0546	0.1001
12	0.0257	1.8000	0.0278	0.0278	0.0278	0.0278	0.0740	0.0740	0.1018	0.0555	0.1018
13	0.0261	1.8000	0.0282	0.0282	0.0282	0.0282	0.0751	0.0751	0.1032	0.0563	0.1032
14	0.0264	1.7700	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0747	0.0747	0.1028	0.0561	0.1028
15	0.0266	0.8700	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139	0.0371	0.0371	0.0510	0.0278	0.0510

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo /

Javier Alva Ch.

Tabla 6: Presiones de viento sobre torres triangulares en dirección Y
Diagramas de coeficientes de forma sobre torres triangulares

Columna de vacío 4-C-1
Esquema de geometría de la torre viento en Y.

Esquema de Geometría de Torre

Torre izquierda

Nivel	Presion basica	Area	C1x	C2x	C3x	F1x	F2x	F3x
1	0.0120	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0175	0.0303	0.0130
2	0.0169	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0246	0.0426	0.0183
3	0.0190	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0276	0.0479	0.0205
4	0.0205	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0298	0.0517	0.0222
5	0.0216	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0314	0.0545	0.0233
6	0.0224	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0325	0.0564	0.0242
7	0.0231	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0336	0.0583	0.0250
8	0.0238	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0346	0.0599	0.0257
9	0.0243	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0354	0.0613	0.0263
10	0.0249	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0362	0.0627	0.0269
11	0.0253	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0368	0.0637	0.0273
12	0.0257	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0374	0.0647	0.0277
13	0.0261	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0379	0.0657	0.0281
14	0.0264	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0384	0.0665	0.0285
15	0.0266	1.8000	0.8083	1.4000	0.6000	0.0388	0.0671	0.0288

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo /
Javier Alva Ch.

5.1.10 Cargas de viento sobre enrejado superior longitudinal

Tabla 7: Cargas de viento sobre enrejado superior longitudinal

VIENTO SOBRE ENREJADO SUPERIOR LONGITUDINAL							
1	Se usara un espesor promedio de 60 cm para todos los elementos						
2	Nudos:						
		1 = 1'					
		2 = 2'					
		4 = 4'					
		5 = 5'					
3	Niveles		Presion Kg/m ²				
	14	26.39					
	15	26.61					
4	Lado Presion					Ft = Fp + Fs (Ton)	
	Nudo	C	P (kg/m ²)	Area(m ²)	F (Ton)	Nivel 14	Nivel 15
	1	1.6	26.39	4.15	0.18	0.31	
	2	1.6	26.39	3.90	0.16	0.29	
	3	1.6	26.39	7.40	0.31	0.55	
	4	1.6	26.61	2.40	0.10		0.18
	5	1.6	26.61	7.40	0.32		0.55
	6	1.6	26.61	3.90	0.17		0.29
	1'	1.6	26.39	4.15	0.18	0.31	
	2'	1.6	26.39	3.90	0.16	0.29	
	4'	1.6	26.61	2.40	0.10		0.18
5'	1.6	26.61	7.65	0.33		0.51	
5	Lado Succion						
	Nudo	C	P (kg/m ²)	Area(m ²)	F (Ton)		
	1	1.2	26.39	4.15	0.13		
	2	1.2	26.39	3.90	0.12		
	3	1.2	26.39	7.40	0.23		
	4	1.2	26.61	2.40	0.08		
	5	1.2	26.61	7.40	0.24		
	6	1.2	26.61	3.90	0.12		
	1'	1.2	26.39	4.15	0.13		
	2'	1.2	26.39	3.90	0.12		
4'	1.2	26.39	2.40	0.08			
5'	1.2	26.61	5.90	0.19			
Fuerza total Nivel 14		1.74	Ton	Fuerza total Nivel 15		1.71	Ton
Fuerza viento equipo		3.59	Ton				

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacio 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

5.1.11 Cargas de viento sobre enrejado superior transversal

Tabla 8: Cargas de viento sobre enrejado superior transversal

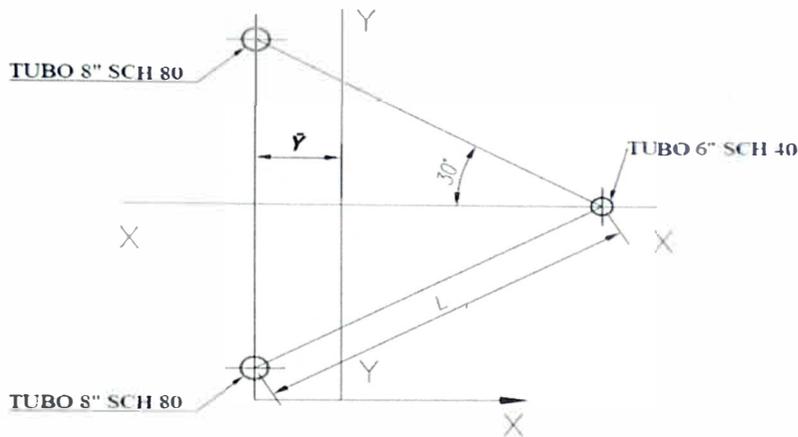
VIENTO SOBRE ENREJADO SUPERIOR TRANSVERSAL						
1	Se usara un espesor promedio de 60 cm para todos los elementos					
2	Nudos:					
	1 = 1'	2 = 2'	3 = 3'	4 = 4'	5 = 5'	6 = 6'
3	Niveles		Presion Kg/m ²			
	14	26.39				
	15	26.61				
4	Lado Presion				Ft = Fp + Fs (Ton)	
	Nudo	C	P (kg/m ²)	Area(m ²)	F (Ton)	
						Nivel 14
						Nivel 15
	1	1.6	26.39	4.10	0.17	0.27
	2	1.6	26.39	2.15	0.09	0.16
	3	1.6	26.39	3.43	0.14	0.26
	4	1.6	26.61	1.85	0.08	0.14
	5	1.6	26.61	4.40	0.19	0.33
	6	1.6	26.61	2.57	0.11	0.19
	1'	1.6	26.39	4.10	0.17	0.27
	2'	1.6	26.39	2.15	0.09	0.16
	3'	1.6	26.39	3.43	0.14	0.26
	4'	1.6	26.61	1.85	0.08	0.14
	5'	1.6	26.61	4.40	0.19	0.33
	6'	1.6	26.61	2.57	0.11	0.19
5	Lado Succion					
	Nudo	C	P (kg/m ²)	Area(m ²)	F (Ton)	
	1	1.2	26.39	3.15	0.10	
	2	1.2	26.39	2.15	0.07	
	3	1.2	26.39	3.52	0.11	
	4	1.2	26.61	1.85	0.06	
	5	1.2	26.61	4.40	0.14	
	6	1.2	26.61	2.57	0.08	
	1'	1.2	26.39	3.15	0.10	
	2'	1.2	26.39	2.15	0.07	
	3'	1.2	26.39	3.52	0.11	
	4'	1.2	26.39	1.85	0.06	
	5'	1.2	26.39	4.40	0.14	
	6'	1.2	26.61	2.57	0.08	
Fuerza total Nivel 14		1.37	Ton	Fuerza total Nivel 15		1.31
Fuerza viento equipo		3.59	Ton			

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacio 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo /

Javier Alva Ch

5.1.12 Calculo de columnas

5.1.12.1 Cálculos y configuraciones

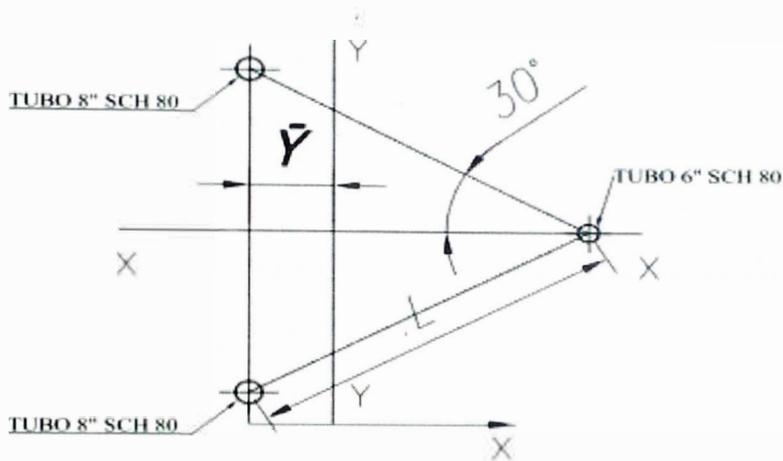
5.1.12.1.1 Configuración tubo de ϕ 8" Sch 80 + tubo ϕ 6" Sch 40

1 Propiedades de perfiles						
Tubo	ϕ ext(cm)	Espesor(cm)	Area (cm ²)	Ix-x (cm ⁴)	KL(cm)	
ϕ 8" sch 80	21.91	1.270	82.35	4,402.00	400	
ϕ 6" sch 80	16.83	1.097	54.22	1,689.00	400	
ϕ 6" sch 40	16.83	0.711	36.00	1,172.00	400	
Se usara tubo ϕ 6" Sch 80 solo en primer tramo de 12 m en cada torre						
2 Asumiendo tramos con tubo de 6"Sch 40						
Calculo \bar{Y}						
$\bar{Y} \cdot \sum A_i = A_n \cdot L \cos \phi$						
L				300.00	cm	
$\sum A_i = 2 \cdot A_8 + A_6$				200.70	cm ²	
$\bar{Y} = A_n \cdot L \cos \phi / \sum A_i$						
$L \cos \phi = 300 \times \cos 30^\circ$				259.81	cm	
$\bar{Y} = A_n \cdot L \cos \phi / \sum A_i$				46.60	cm	
3 Momentos de inercia: con relacion eje Y-Y						
Eje y-y						
$I_y - y = 2 \cdot (I_x - x)_8 + 2 A_8 \cdot \bar{Y}^2 + A_6 \cdot (L \cos \phi - \bar{Y})^2$				2,002,929.56	cm ⁴	
Eje x-x						
$I_x - x = 2 \cdot (I_x - x)_8 + (I_x - x)_6 + 2 \cdot A_8 \cdot (l$				3,715,726.00	cm ⁴	
Radio giro R						
$R_{y-y} = (I_y - y / \sum A_i)^{1/2}$				99.90	100	cm
$R_{x-x} = (I_x - x / \sum A_i)^{1/2}$				136.07	cm	

4	Seccion compacta				
	Fy	2.53		Ton/cm ²	
	E	2,100.00		Ton/cm ²	
	Relacion de esbeltez				
	K	1.2			
	Le	5870			cm
	$\lambda = KL/R$			70.44	
	Limite rango elastico/inelastico		(CC)		
	$CC = (2\pi^2 E / Fy)^{1/2}$			127.98	
	Factor de seguridad				
	$Fs = \frac{5}{3} + \left(\frac{3}{8}\right)\left(\frac{KL}{CC}\right) - \left(\frac{1}{8}\right)\left(\frac{KL}{R}\right)/CC^2$			1.85	
	Esfuerzo admisible		Fa		Ton/cm ²
	$Fa = \left(\frac{Fy}{Fs}\right)\left(1 - \left(\frac{KL}{R}\right)^2 / 2.CC^2\right)$			1.159	Ton/cm ²
	Carga admisible		Padm		
	$Padm = Fa \cdot \sum Ai$			232.71	Ton
5	De combinacion de cargas del modelo estructural				
	Seccion compuesta				
	Pmax			100.00	Ton
	$P \max \leq Padm$				
	$fc = \frac{Pmax}{\sum Ai}$	0.50	<	1.16	Ton/cm ²
	$Pmax < Padm$	100.00	<	232.71	Ton
6	Verificacion de cargas en patas				
	$Pmax = (PP + C7 + Imp \text{ pos})$	94.00		Ton	
	ϕ 8" sch 80				
	$fc \text{ max} = (Pmax/Ai)$	0.47	<	1.16	Ok
	ϕ 6" sch 40	54.00		Ton	
	$fc \text{ max} = (Pmax/Ai)$	1.50			
	Aumento fa por carga eventual	1.33			
	$fa' = fa \cdot 1.33$	1.54			
	$fc \text{ max} = (Pmax/Ai)$	1.50	<	1.54	
	Asumiendo 33% por carga eventual de viento de 70 Km/h				

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo /
Javier Alva Ch.

5.1.12.1.2 Configuración tubo de ϕ 8" Sch 80 + tubo de ϕ 6" Sch 80 (Primer tramo)



1 Propiedades de perfiles

Tubo	ϕ ext(cm)	espesor(cm)	Area	$I_{x-\bar{x}}$ (cm ⁴)	KL(cm)
ϕ 8" sch 80	21.91	1.270	82.35	4,402.00	400
ϕ 6" sch 80	16.83	1.097	54.22	1,689.00	400
ϕ 6" sch 40	16.83	0.711	36.00	1,172.00	400

Se usara tubo ϕ 6" Sch 80 solo en primer tramo de 12 m en cada torre

2 Asumiendo tramos con tubo de 6" Sch 80

Calculo \bar{Y}

$$\bar{Y} \cdot \sum A_i = A_n \cdot L \cdot \cos \phi$$

$$L = \frac{300.00}{\text{cm}}$$

$$\sum A_i = 2 \cdot A_8 + A_6 = 218.92 \text{ cm}^2$$

$$\bar{Y} = \frac{A_n \cdot L \cdot \cos \phi}{\sum A_i} = \frac{300 \times \cos 30^\circ}{218.92} = 259.81 \text{ cm}$$

$$L \cdot \cos \phi = 300 \times \cos 30^\circ = 259.81 \text{ cm}$$

$$\bar{Y} = \frac{A_n \cdot L \cdot \cos \phi}{\sum A_i} = 64.35 \text{ cm}$$

3 Momentos de inercia: con relacion eje Y-Y

Eje y-y

$$I_{y-y} = 2 \cdot (I_{x-\bar{x}})_8 + 2 \cdot A_8 \cdot \bar{Y}^2 + A_6 \cdot (L \cdot \cos \phi - \bar{Y})^2 = 2,762,217.55 \text{ cm}^4$$

Eje x-x

$$I_{x-x} = 2 \cdot (I_{x-\bar{x}})_8 + (I_{x-\bar{x}})_6 + 2 \cdot A_8 \cdot (L \div 2)^2 = 3,716,243.00 \text{ cm}^4$$

Radio giro R

$$R_{y-y} = \sqrt{(I_{y-y} / \sum A_i)} = 112.33 \text{ cm}$$

$$R_{x-x} = \sqrt{(I_{x-x} / \sum A_i)} = 130.29 \text{ cm}$$

4 Seccion compacta					
Fy	2.53				Ton/cm ²
E	2,100.00				Ton/cm ²
Relacion de esbeltez					
K	1.2				
Le	6400				cm
$\lambda = KL/R$				68.37	
Limite rango elastico/inelastico			(CC)		
$CC = (2\pi^2 E / Fy)^{1/2}$				127.98	
Factor de seguridad					
$Fs = \frac{5}{3} + \left(\frac{3}{8}\right)\left(\frac{K\lambda}{CC}\right) - \left(\frac{1}{8}\right)\left(\frac{K\lambda}{CC}\right)^2$				1.85	
Esfuerzo admisible			Fa		Ton/cm ²
$Fa = \left(\frac{Fy}{Fs}\right)\left(1 - \frac{\left(\frac{K\lambda}{CC}\right)^2}{2}\right)$				1.174	Ton/cm ²
Carga admisible			Padm		
$Padm = Fa \cdot \sum Ai$				257.05	Ton
5 De combinacion de cargas del modelo estructural					
Seccion compuesta					
P_{max}				100	Ton
$P_{max} \leq P_{adm}$	100	<		257.05	OK
$f_c = \frac{P_{max}}{\sum Ai}$	0.457	<	1.174		Ton/cm ²
$P_{max} < P_{adm}$	100,000	<	257.048		Ton OK
6 Verificacion de cargas en patas					
$P_{max} = (PP+C7+Imp\ pos)$	94				Ton
$\phi\ 8''\ sch\ 80$					
$f_c\ max = (P_{max}/Ai)$	1.141	<	1.174		Ok
$\phi\ 6''\ sch\ 80$	54.00				Ton
$f_c\ max = (P_{max}/Ai)$	0.996	<	1.174		Ton/cm ²
					$P_{max} = PP + Viento \times 70)$

5.1.12.2 Verificación de la columna

Tabla 9: Verificación de la columna

1	Formula lineal	Nivel							
	$\frac{P}{A} = 1,125 - 5\left(\frac{L}{R}\right)$		1	2	3	4	5	7	8
		L	1,200.00	2,400.00	3,600.00	4,800.00	5,870.00	6,000.00	6,400.00
		R	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	P= 94,000.00 Kg 206800 Lbs	L/R	12.00	24.00	36.00	48.00	58.70	60.00	64.00
	A= 200.70 cm ² 31.11 pulg ²	P/A (Kg/cm ²)	1,065.00	1,005.00	945.00	885.00	831.50	825.00	805.00
	L= 5,870.00 cm ²								
	R= 100.00 cm								
	P/A= 468.36 Kg/cm ²								
2	Formula parabolica								
	$\frac{P}{A} = 1,055 - 0,023\left(\frac{L}{R}\right)^2$	(L/R) ²	144.00	576.00	1,296.00	2,304.00	3,445.69	3,600.00	4,096.00
		P/A (Kg/cm ²)	1,051.69	1,041.75	1,025.19	1,002.01	975.75	972.20	960.79
	P/A 468.36 Kg/cm ²								
3	Formula Gordon-Rankine								
	$\frac{P}{A} = \frac{18000}{1 + \left(\frac{1}{18000}\right) \cdot \left(\frac{L}{R}\right)^2}$	P/A Lbs/pulg ²	17,857.14	17,441.86	16,791.04	15,957.45	15,107.93	15,000.00	14,663.29
		P/A (Kg/cm ²)	1,255.48	1,226.28	1,180.53	1,121.92	1,062.19	1,054.60	1,030.93
	P/A 6,647.69 Lbs/pulg ²								
	P/A 468.36 Kg/cm ²								
4	Carga critica de Euler								
	$P_{cr} = m^2 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L^2}$	L/R	12.00	24.00	36.00	48.00	58.70	60.00	64.00
	301.18 Ton	Lineal	1,065.00	1,005.00	945.00	885.00	831.50	825.00	805.00
	301,179.35 Kg	Parabolicc	1,051.69	1,041.75	1,025.19	1,002.01	975.75	972.20	960.79
		Gordon-R	1,255.48	1,226.28	1,180.53	1,121.92	1,062.19	1,054.60	1,030.93

Fuente: Formulas for stress and strain / By: Raymond J. Roak

Apuntes clase MC-324 UNI Ing. Ronald Cueva

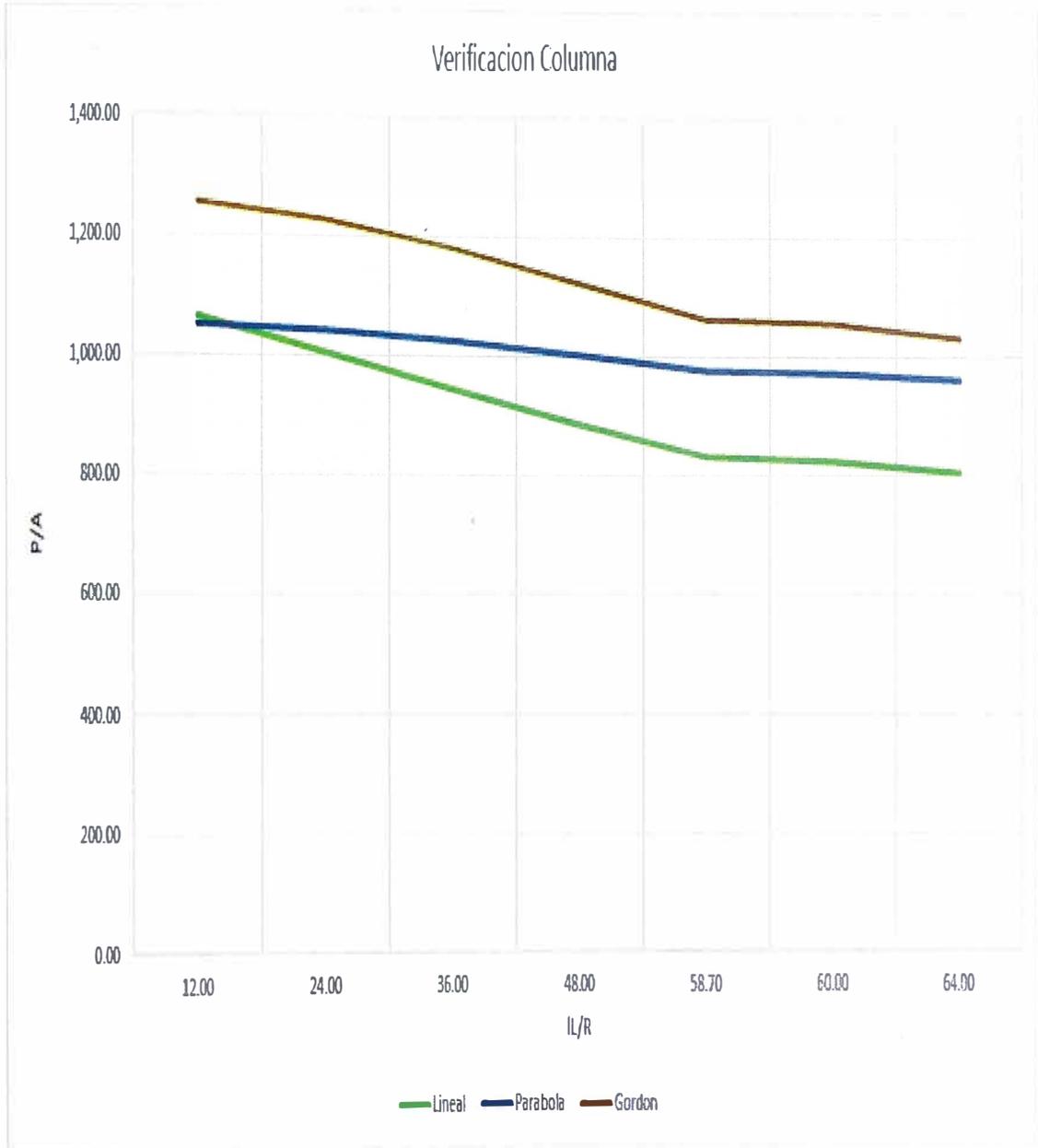


Figura 5.6: Verificación Columna

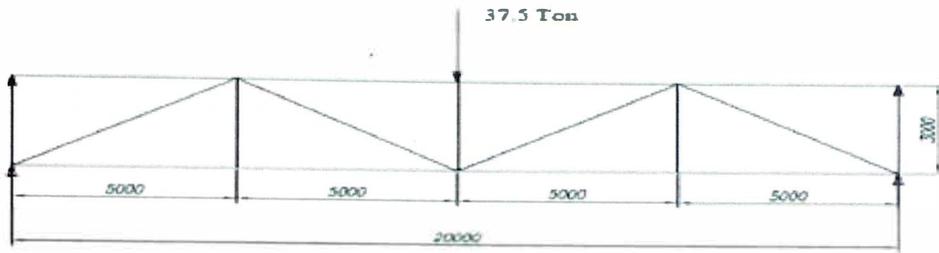
Fuente: Formulas for stress and strain / By: Raymond J. Roak

Apuntes clase MC-324 UNI Ing. Ronald Cueva

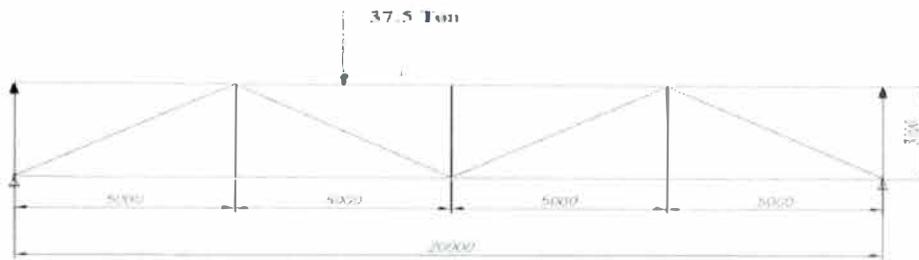
5.1.13 Viga porta riel (Enrejado longitudinal)

Figura 5.7 Viga porta riel (Enrejado Longitudinal)

Posicion 3



Posicion 4



1 Perfil seleccionado IN 60x129

Datos viga

h (cm)	b (cm)	Tf (cm)	Tw (cm)	A (cm ²)	I _{x-x} (cm ⁴)	Y _{y-y} (cm ⁴)
60	30	2	0.8	164.8	112,667.73	600.159

$$A = 2 \cdot b \cdot Tf + (h - 2 \cdot Tf) \cdot Tw \quad 164.80 \quad \text{cm}^2$$

$$I_{x-x} = \frac{2 \cdot b \cdot Tf^3}{12} + Tw \cdot \frac{(h - 2 \cdot Tf)^3}{12} + 2 \cdot b \cdot Tf \cdot \left(\frac{h}{2} - Tf\right)^2 \quad 112,667.73 \quad \text{cm}^4$$

$$I_{y-y} = \frac{2 \cdot Tf \cdot b^3}{12} + (h - 2 \cdot Tf) \cdot \frac{Tw^3}{12} \quad 9,002.39 \quad \text{cm}^4$$

Modulo de seccion

$$W_{x-x} = (I_{x-x}) / (h/2) \quad 3,755.59 \quad \text{cm}^3$$

$$W_{y-y} = (I_{y-y}) / (b/2) \quad 600.16 \quad \text{cm}^3$$

Radio de giro

$$R_x = \sqrt{(I_{x-x}) / A} \quad 26.15 \quad \text{cm}$$

$$R_y = \sqrt{(I_{y-y}) / A} \quad 7.39 \quad \text{cm}$$

2 Tenciones admisibles

F _y	2.53	Ton/cm ²
F _c =0.5 F _y	1.27	Ton/cm ²
F _b =0.6 F _y	1.52	Ton/cm ²

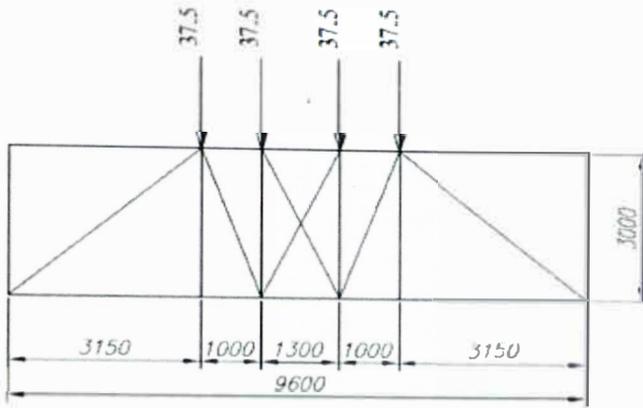
$F_{by}=0.75F_y$		1.90		Ton/cm ²	
$F_{ex} = \frac{12 \cdot \pi^2 E}{23 \cdot \left(K \cdot \frac{L}{R_x} \right)^2}$		29.57		Ton/cm ²	
K		1.00			
L		500.00		cm	
E		2,100.00		Ton/cm ²	
$F_{ey} = \frac{12 \cdot \pi^2 E}{23 \cdot \left(K \cdot \frac{L}{R_y} \right)^2}$		2.36		Ton/cm ²	
3 Factor de esbeltez					
$\lambda_x = \frac{KL}{R_x}$		19.123			
$\lambda_y = \frac{KL}{R_y}$		67.650			
4 Esfuerzos en:					
			Combinacion 3		Combinacion 4
Carga de trabajo	P	59.000	Ton	51.0000	Ton
$f_c = P/A$		0.358	Ton/cm ²	0.3095	Ton/cm ²
Momento maximo	M_{mx}	13.670	Ton-m	41.3300	Ton-m
	M_{my}				
$f_{bx} = M_{max} / W_x$		0.364	Ton/cm ²	1.1005	Ton/cm ²
$f_{by} = M_{max} / W_y$			Ton/cm ²		
$\frac{f_c}{f_c} > 0.15$	0.283	>	0.15	0.2445	
5 Prueba en vano					
$\frac{f_c}{F_c} + \left(\frac{1}{1 - \frac{f_c}{F_{ex}}} \right) \cdot \left(\frac{f_{bx}}{F_{bx}} \right) \leq 1.0$		0.5255	< 1.0	0.9769	< 1.0
Prueba en apoyo					
$\frac{f_c}{F_{bx}} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} \leq 1$		0.4754	< 1.0	0.9285	< 1.0
6 Usar viga IN 60x129 Kg/m					

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo /

Javier Alva Ch

5.1.14 Viga tope riel superior (Enrejado transversal)

Figura 5.8: Viga tope riel superior (Enrejado transversal)



1 Perfil seleccionado IN 70x159

Datos viga

h (cm)	b (cm)	Tf (cm)	Tw (cm)	A (cm ²)	I _{x-x} (cm ⁴)	Y _{y-y} (cm)
70	30	2.5	0.8	202	189,245.833	750.185

$$A = 2 \cdot b \cdot Tf + (h - 2 \cdot Tf) \cdot Tw$$

$$202.00 \quad \text{cm}^2$$

$$I_{x-x} = 2 \cdot b \cdot \frac{Tf^3}{12} + Tw \cdot \frac{(h - 2 \cdot Tf)^2}{12} + 2 \cdot b \cdot Tf \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{Tf}{2}\right)^2$$

$$189,245.83 \quad \text{cm}^4$$

$$I_{y-y} = \frac{2 \cdot Tf \cdot b^3}{12} + (h - 2 \cdot Tf) \cdot \frac{Tw^3}{12}$$

$$11,252.77 \quad \text{cm}^4$$

Modulo de seccion

$$W_{x-x} = (I_{x-x}) / (h/2)$$

$$5,407.02 \quad \text{cm}^3$$

$$W_{y-y} = (I_{y-y}) / (b/2)$$

$$750.18 \quad \text{cm}^3$$

Radio de giro

$$R_x = \sqrt{(I_{x-x}) / A}$$

$$30.61 \quad \text{cm}$$

$$R_y = \sqrt{(I_{y-y}) / A}$$

$$7.46 \quad \text{cm}$$

2 Tensiones admisibles

$$F_y = 2.53 \quad \text{Ton/cm}^2$$

$$F_c = 0.5 F_y = 1.27 \quad \text{Ton/cm}^2$$

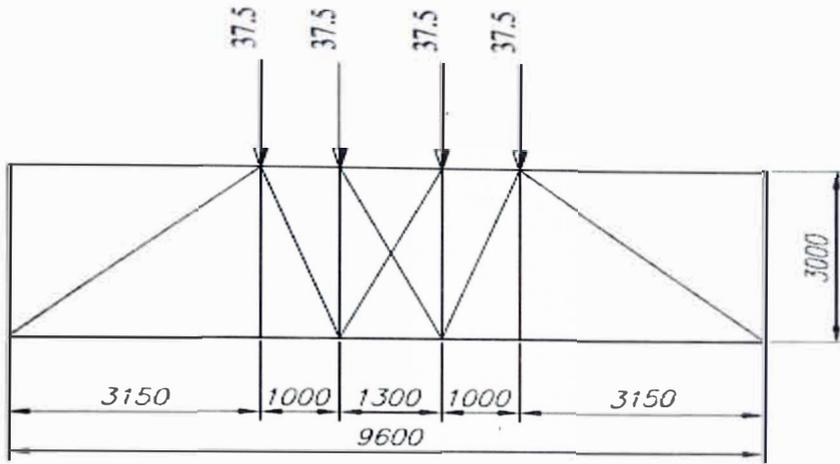
$$F_{bx} = 0.6 F_y = 1.52 \quad \text{Ton/cm}^2$$

$F_{by}=0.75F_y$		1.90	Ton/cm ²
$F_{ex} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot \left(K \cdot \frac{L}{R_x} \right)^2}$		599.46	Ton/cm ²
K		1.00	
L		130.00	cm
E		2,100.00	Ton/cm ²
$F_{ey} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot \left(\frac{KL}{R_y} \right)^2}$		35.64	Ton/cm ²
3	Factor de esbeltez		
$\lambda_x = \frac{KL}{R_x}$		4.25	
$\lambda_y = \frac{KL}{R_y}$		17.42	
4	Esfuerzos en:	Combinacion 7	
Carga de trabajo	P	92.50	Ton
$f_c = P/A$		0.46	Ton/cm ²
Momento maximo	Mmax	28.20	Ton-m
	Mmay	2.70	Ton-m
$f_{bx} = M_{max} / W_x$		0.52	Ton/cm ²
$f_{by} = M_{max} / W_y$		0.36	Ton/cm ²
$\frac{f_c}{F_c} > 0.15$	0.362	>	0.15
5	Prueba en vano (verificacion de inestabilidad del elemento)		
$\frac{f_c}{F_c} + \left(\frac{1}{1 - \frac{f_c}{F_{ex}}} \right) \cdot \left(\frac{f_{bx}}{F_{bx}} \right) + \left(\frac{1}{1 - \frac{f_c}{F_{ey}}} \right) \cdot \left(\frac{f_{by}}{F_{by}} \right) \leq 1.0$			0.90 < 1.0
	Prueba en apoyo		
$\frac{f_c}{F_{bx}} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$			0.83 < 1.0
6	Utilizar viga IN 70x159 Kg/m		

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo /
Javier Alva Ch.

5.1.15 Viga tope riel inferior (Enrejado transversal)

Figura 5.9: Viga tope riel inferior (Enrejado transversal)



1 Perfil seleccionado IN 70x159

Datos viga

h (cm)	b (cm)	Tf (cm)	Tw (cm)	A (cm ²)	I _{x-x} (cm ⁴)	Y _{y-y} (cm ⁴)
70	30	2.5	0.8	202	189.245.833	750.185

$$A = 2 \cdot b \cdot Tf + (h - 2 \cdot tf) \cdot Tw \quad 202.00 \quad \text{cm}^2$$

$$I_{x-x} = 2 \cdot b \cdot \frac{Tf^3}{12} + Tw \cdot \frac{(h - 2 \cdot Tf)^3}{12} + 2 \cdot b \cdot Tf \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{Tf}{2}\right)^2 \quad 189.245.83 \quad \text{cm}^4$$

$$I_{y-y} = \frac{2 \cdot Tf \cdot b^3}{12} + (h - 2 \cdot Tf) \cdot \frac{Tw^3}{12} \quad 11.252.77 \quad \text{cm}^4$$

Módulo de sección

$$W_{x-x} = (I_{x-x}) / (h/2) \quad 5.407.02 \quad \text{cm}^3$$

$$W_{y-y} = (I_{y-y}) / (b/2) \quad 750.18 \quad \text{cm}^3$$

Radio de giro

$$R_x = \sqrt{(I_{x-x}) / A} \quad 30.61 \quad \text{cm}$$

$$R_y = \sqrt{(I_{y-y}) / A} \quad 7.46 \quad \text{cm}$$

2 Tensiones admisibles

Fy	2.53	Ton/cm ²
Fc=0.5 Fy	1.27	Ton/cm ²
Fbx=0.6Fy	1.52	Ton/cm ²
Fby=0.75Fy	1.90	Ton/cm ²

$$F_{ex} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot \left(K \cdot \frac{L}{R_x}\right)^2}$$

	599.46	Ton/cm ²
--	--------	---------------------

K	1.00	
L	130.00	cm
E	2,100.00	Ton/cm ²

$$F_{ey} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot \left(\frac{KL}{R_y}\right)^2}$$

	35.64	Ton/cm ²
--	-------	---------------------

3 Factor de esbeltez

$$\lambda_x = \frac{KL}{R_x}$$

	4.25
--	------

$$\lambda_y = \frac{KL}{R_y}$$

	17.42
--	-------

4 Esfuerzos en:

Combinación 7

Carga de trabajo	P	91.25	Ton
fc = P/A		0.45	Ton/cm ²
Momento máximo	Mmax	23.29	Ton-m
	Mmay	4.34	Ton-m
f _{bx} = Mmax / W _x		0.43	Ton/cm ²
f _{by} = Mmax / W _y		0.58	Ton/cm ²

$$\frac{f_c}{F_c} > 0.15$$

0.357	>	0.15
-------	---	------

5 Prueba en vano (verificación de inestabilidad del elemento)

$$\frac{f_c}{F_c} + \left(\frac{1}{1 - \frac{f_c}{F_{ex}}} \right) \cdot \left(\frac{f_{bx}}{F_{bx}} \right) + \left(\frac{1}{1 - \frac{f_{by}}{F_{ey}}} \right) \cdot \left(\frac{f_{by}}{F_{by}} \right) \leq 1.0$$

0.95	<	1.0
------	---	-----

Prueba en apoyo

$$\frac{f_c}{F_{bx}} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad 0.89 \quad < 1.0$$

6 Utilizar viga IN 70x159 Kg/m

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacio 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

5.1.16 Cálculos cremona en enrejados

En esta sección analizaremos el comportamiento de las cargas en cada uno de los elementos y las reacciones para cada posición de la carga.

5.1.16.1 Cálculos Cremona viga porta riel (Enrejado longitudinal)

Para analizar el comportamiento de las cargas en los elementos del enrejado

longitudinal, indicado en la: Figura 5.2: Planta nivel 15 y el diagrama de la: Figura

5.7: Viga porta riel (Enrejado longitudinal), se han realizado utilizando el método de cremona,

considerando las diferentes posiciones de la carga en la viga. estos diagramas se indican en la: Tabla 9, y

las figuras 5.10 al 5.15. Los valores de las fuerzas de corte y los momentos se indican en la tabla 9 y la

figura 5.16. En algunos diseños a criterio del proyectista las vigas porta rieles son construidas de vigas sólidas.

Los resultados obtenidos se aproximan a los indicados por el proyectista, lo citamos como guía para una metodología de cálculo. La estructura se fabricó según datos del proyectista. los trabajos de montaje de los equipos se realizaron sin ningún incidente.

Tabla 9: Viga porta riel (Enrejado longitudinal) cargas en elementos.

Viga	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Pos. 6	Pos. 7
	Ton						
RA	9.38	14.06	18.75	23.44	28.13	32.81	37.50
RB	28.13	23.44	18.75	14.06	9.38	4.69	0.00
a - b	9.38	23.44	18.75	23.44	28.13	32.81	0.00
b - d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
b - c	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	0.00
c - a	28.13	14.06	18.75	14.06	9.38	4.69	0.00
d - e	18.22	45.55	43.33	45.55	54.67	63.78	0.00
c - g	x	x	x	78.13	31.25	46.88	0.00
b - g	31.25	78.11	70.31	78.13	x	0.00	0.00
g - f	18.22	45.55	36.44	45.55	18.22	9.11	0.00
f - e	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
b - j	31.25	78.11	x	x	x	0.00	0.00
c - j	70.31	78.11	70.31	78.13	31.25	46.88	0.00
j - g	0.00	37.50	37.50	37.50	0.00	0.00	0.00
a - f	15.62	39.06	39.06	39.06	46.88	54.69	0.00
a - e	15.62	39.06	39.06	39.06	46.88	54.69	0.00
j - k	36.44	27.33	36.44	27.33	18.22	9.11	0.00
k - a	46.88	54.67	39.06	54.69	15.62	39.06	0.00
c - m	0.00	31.24	0.00	31.25	0.00	31.25	0.00
c - a	18.75	14.06	18.75	14.06	9.38	4.69	0.00
a - l	46.88	54.67	39.06	54.69	15.62	39.06	0.00
k - l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
l - m	54.67	27.33	43.33	27.33	18.22	9.11	0.00
Ton-m	140.63	175.78	187.50	175.78	140.63	82.03	

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa.

Revisión: Javier Alva Ch.

Diagrama carga: Posición 1

Escala : 1000 mm = 7.5 ton

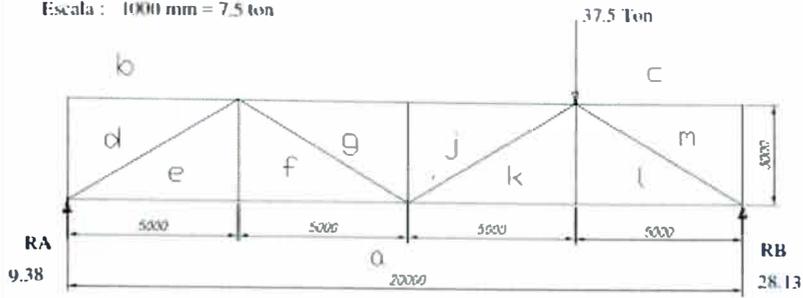


Diagrama Cremona: Posición: 1

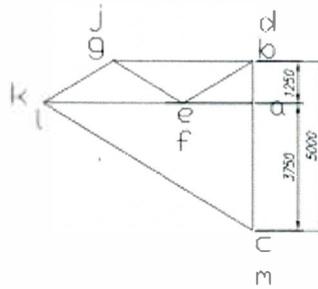


Figura 5.10 : Viga porta riel longitudinal Posición 1

Diagrama carga: Posición 2

Escala : 1000 mm = 7.5 ton

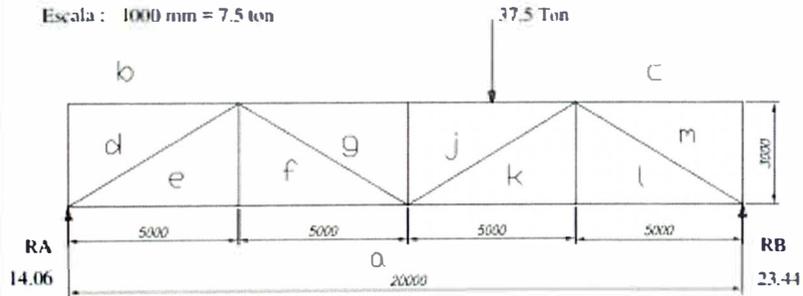


Diagrama Cremona: Posición: 2

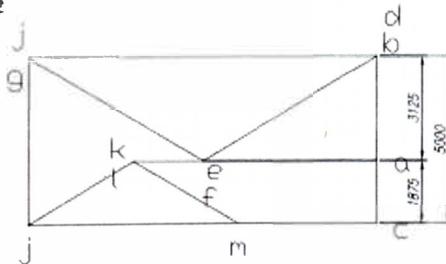


Figura 5.11 : Viga porta riel longitudinal Posición 2

Diagrama carga: Posicion 3

Escala : 1000 mm = 7.5 ton

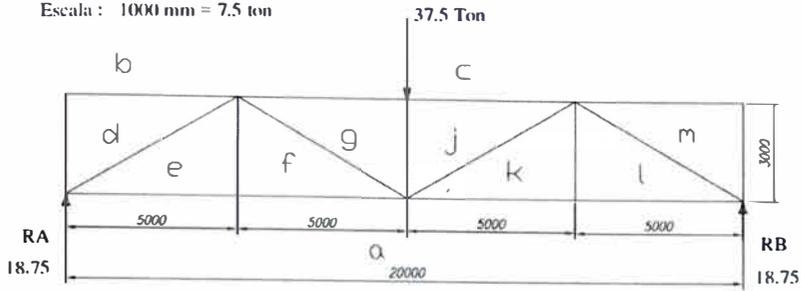


Diagrama Cremona: Posicion 3

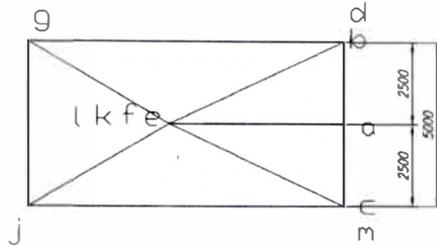


Figura 5.12 : Viga porta riel longitudinal Posicion 3

Diagrama carga: Posicion 4

Escala : 1000 mm = 7.5 ton

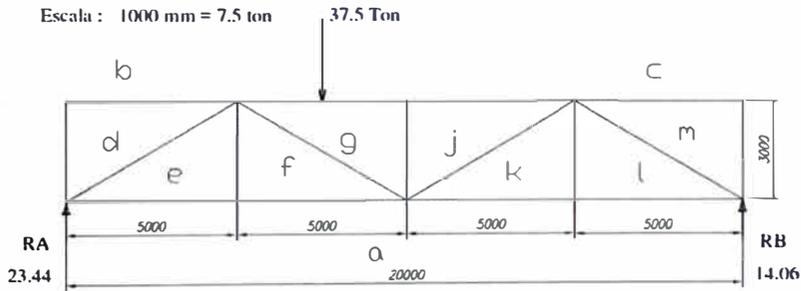


Diagrama Cremona: Posicion 4

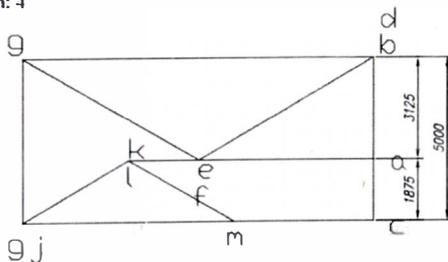
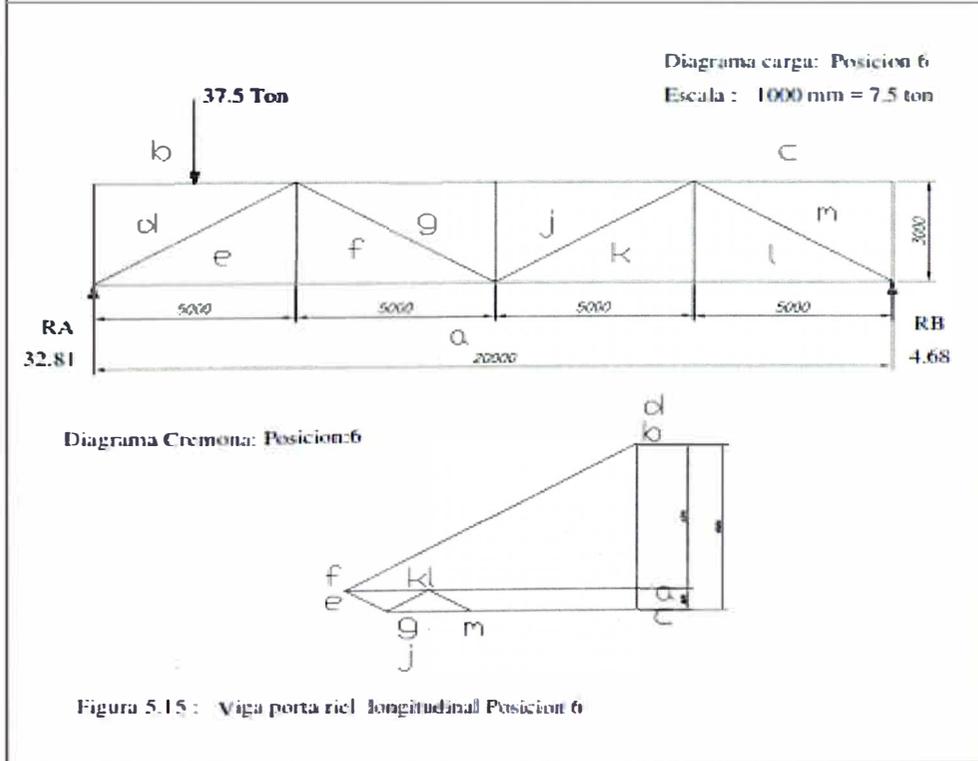
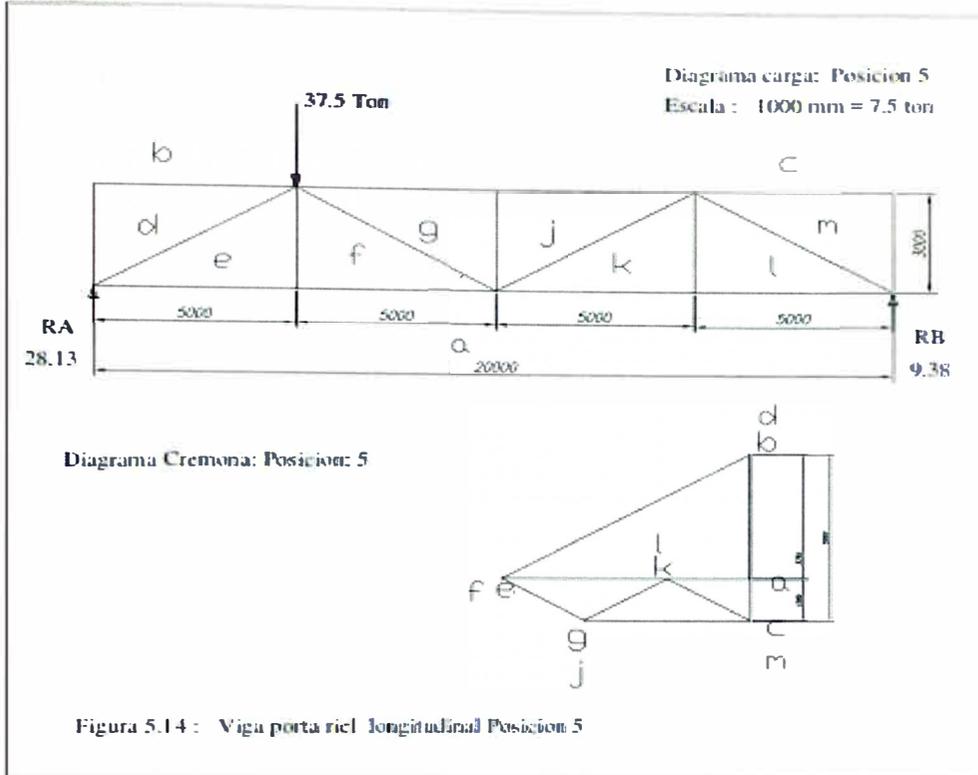
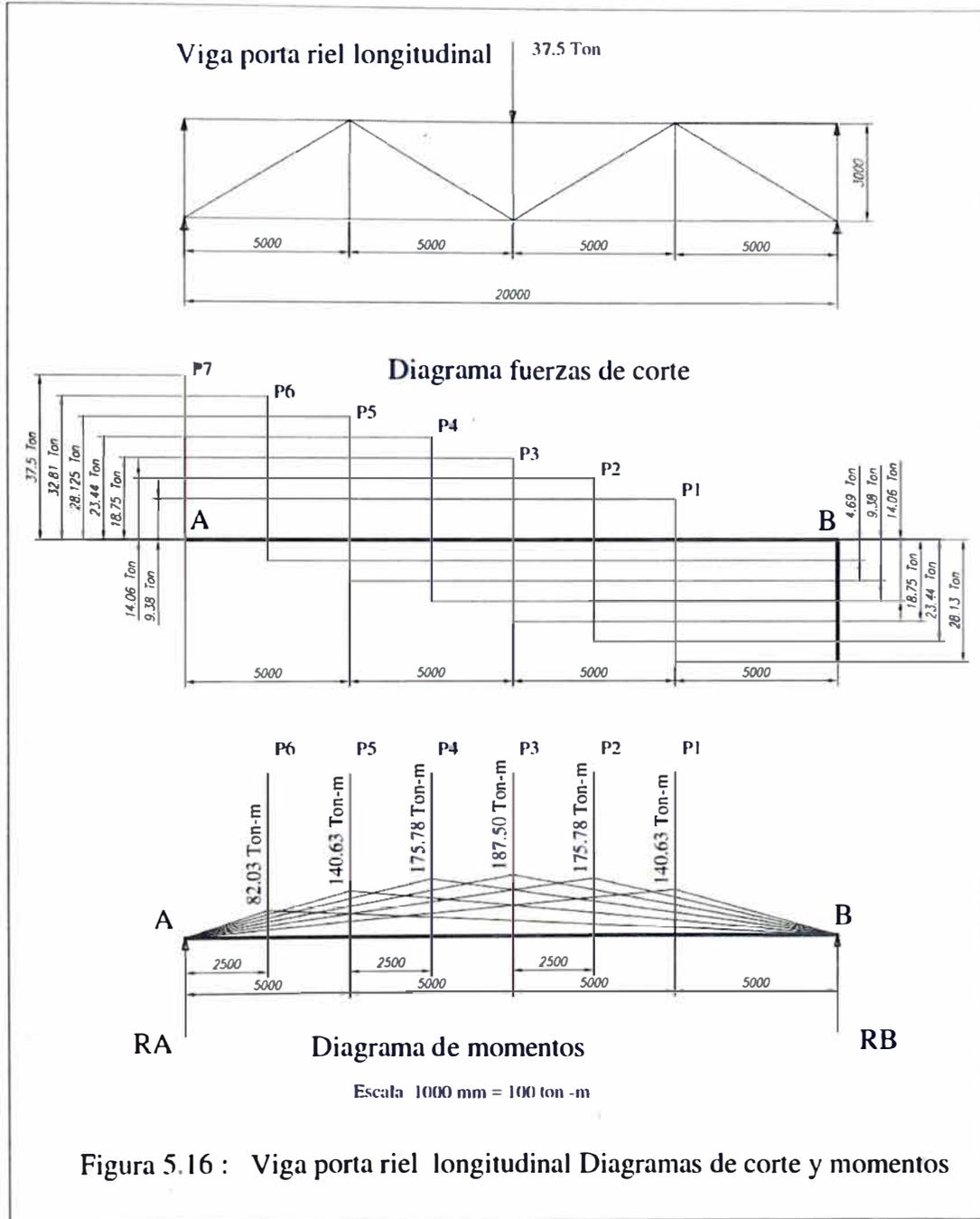


Figura 5.13 : Viga porta riel longitudinal Posicion 4





5.1.16.2 Cálculos cremona viga tope riel (Enrejado transversal)

Para analizar el comportamiento de las cargas en los elementos del enrejado

transversal, se ha realizado utilizando el método de cremona, los valores se indican en la: Tabla 10, y las figuras 5.17 y 5.18

Tabla 10: Viga tope riel (Enrejado transversal) cargas en elementos

Viga tope riel longitud 9.6 mts

Viga	Carga (Ton)
RA	75.00
Rb	75.00
a - b	75.00
b - c	37.50
c - d	37.50
d - e	37.50
e - f	37.50
f - a	75.00
b - g	0.00
h - a	78.75
c - j	91.25
j - i	39.53
i - h	0.00
d - l	91.25
l - k	0.00
k - j	37.50
l - m	0.00
m - n	0.00
n - k	0.00
g - h	108.75
e - p	91.25
p - m	37.95
f - r	0.00
r - q	108.75
q - o	0.00
a - i	78.75
a - n	91.25
a - o	78.75
a - q	78.75
o - p	39.53

Diagrama carga en viga transversal: Posicion 7

Escala : 1000 mm = 7.5 ton

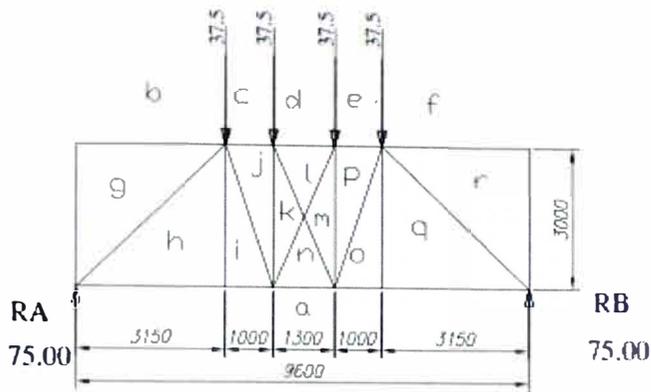


Diagrama Cremona: Posicion 7

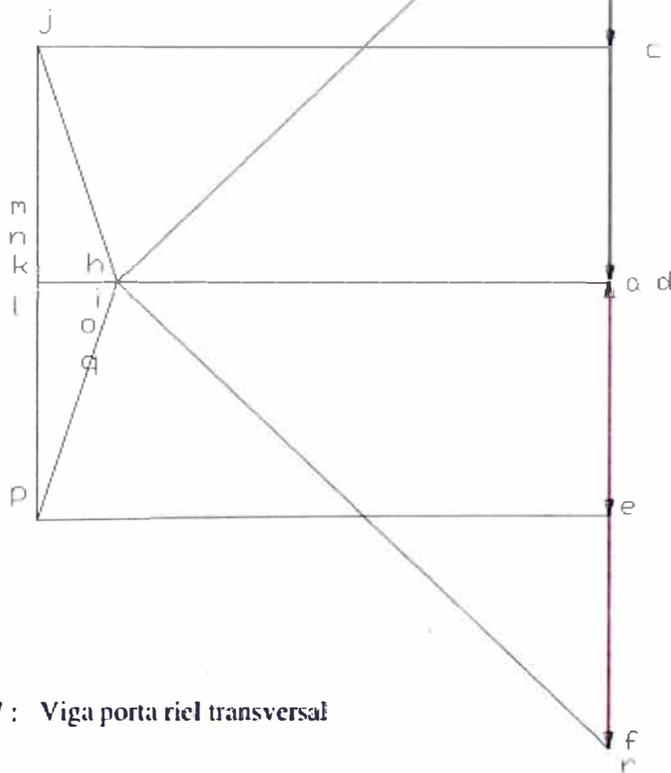


Figura 5.17 : Viga porta riel transversal

Viga porta riel transversal

Escala 1000 mm = 7.5 ton

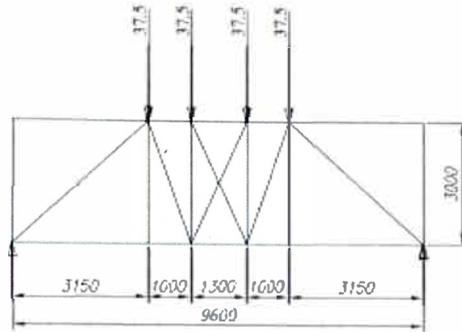


Diagrama fuerzas de corte

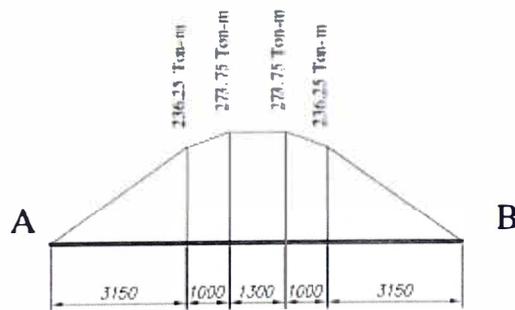
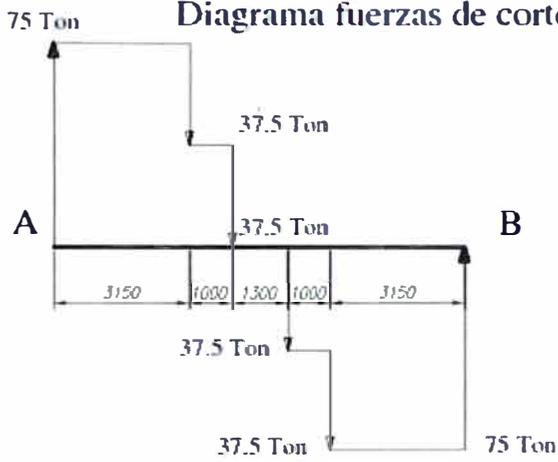


Diagrama de momentos

Escala 1000 mm = 100 ton -m

Figura 5.18 : Viga porta riel transversal

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa.

Revisión: Javier Alva Ch.

5.1.17 Fuerzas de viento sobre columna 04-C-1

La fuerza del viento sobre la columna, se calculara con la siguiente formula:

$$F = q \cdot C \cdot A$$

Donde:

q = Presión del viento (Conservadoramente se usara una presión sobre la columna de 26 Kg/m², para una velocidad de 73 Km/Hr).

C = Factor de forma, según norma NCH432-OF71 para chimeneas industriales, tuberías de gas, etc.

Donde la relación: $d \cdot \sqrt{q} > 100$ $C = 0.7$

d = diámetro promedio del equipo en cm = 584.3 cm

A = área del equipo ver figura 5.19 = 197.2 m²

W = Peso del equipo ver plano: RI.P06-1-40010-B-HOJA 1DE 2 Rev. 2 = 134.26 Ton. La fuerza actuante sobre el equipo se indica en la figura 5.20.

$$F = 26 \text{ Kg/m}^2 \times 0.7 \times 197.35 \text{ m}^2 = 3.592.00 \text{ Kg}$$

La resultante de las fuerzas del viento sobre la columna se encuentra aplicada en su centro de gravedad. Se produce entonces una fuerza horizontal que se transmite al punto de apoyo de los cables en las vigas del marco estructural.

Para una condición de equilibrio:

$$T \cos \theta = W$$

$$T \sin \theta = F$$

$$\tan \theta = F/W = 3.592 / 134.26 = 0.0267$$

$$\theta = 1.533^\circ$$

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa / Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

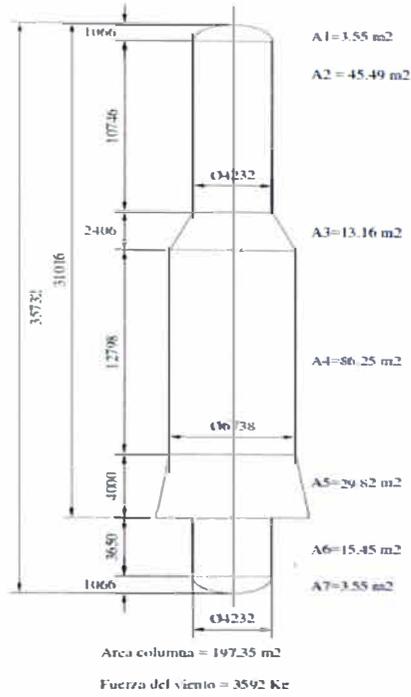


Figura 5.19: Área columna vacío 04-C-1

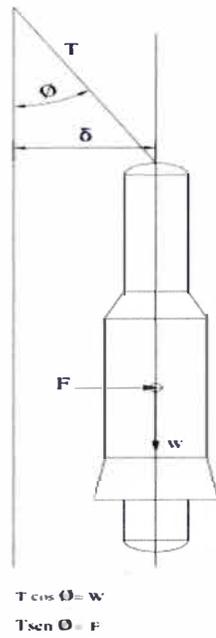
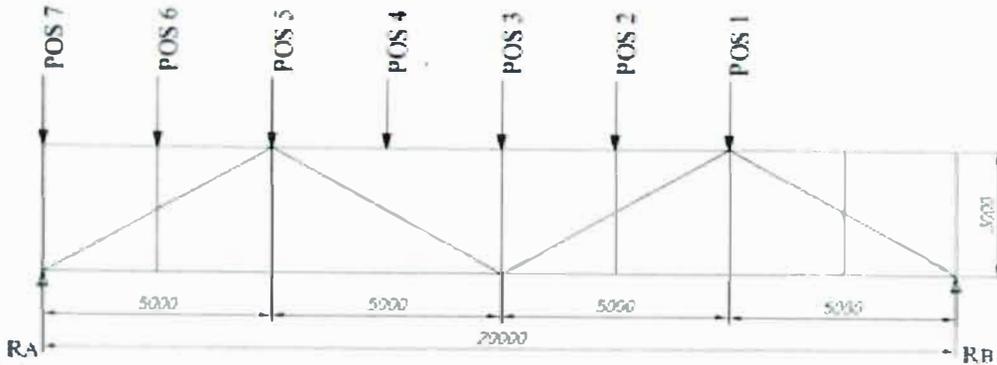


Figura 5.20: Fuerzas en la columna vacío 04-

5.1.18 Distribución de cargas en columnas

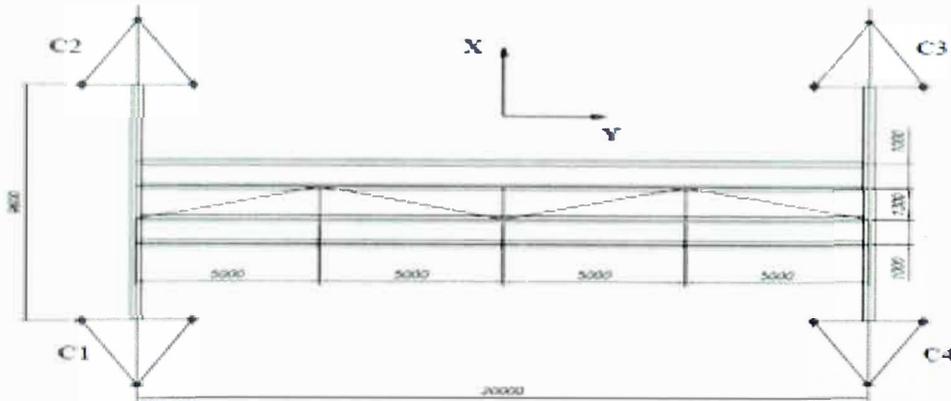
Figura 5.21 Distribución de cargas en columnas

POSICION DE CARGAS EN VIGA PORTA RIEL



Posicion	1	2	3	4	5	6	7
Peso	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50
L	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
X	15.00	12.50	10.00	7.50	5.00	17.50	20.00
$\Sigma M \Sigma_c A = 0$						$\Sigma M \Sigma_c B = 0$	
R _B	28.13	23.44	18.75	14.06	9.38		
R _A	9.38	14.06	18.75	23.44	28.13		
R _A						32.81	37.50
R _B						4.69	0.00

CARGAS EN COLUMNAS (Ton)



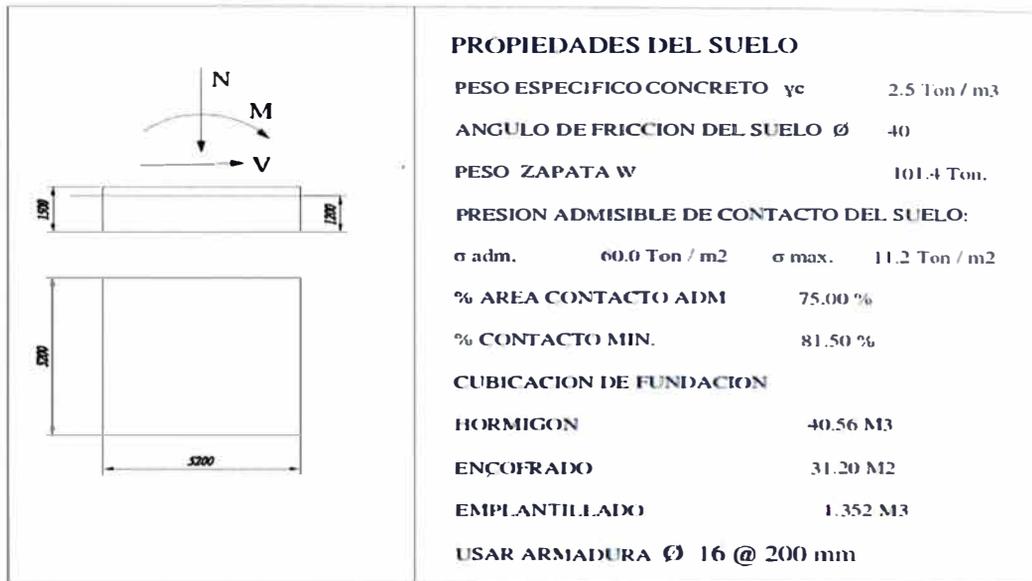
Posicion	1	2	3	4	5	6	7
C1	18.75	28.13	37.50	46.88	56.25	65.63	75.00
C2	18.75	28.13	37.50	46.88	56.25	65.63	75.00
C3	56.25	46.88	37.50	28.13	18.75	9.38	0.00
C4	56.25	46.88	37.50	28.13	18.75	9.38	0.00
Peso total	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacio 04-C1 Ictesa.

Revisión: Javier Alva Ch

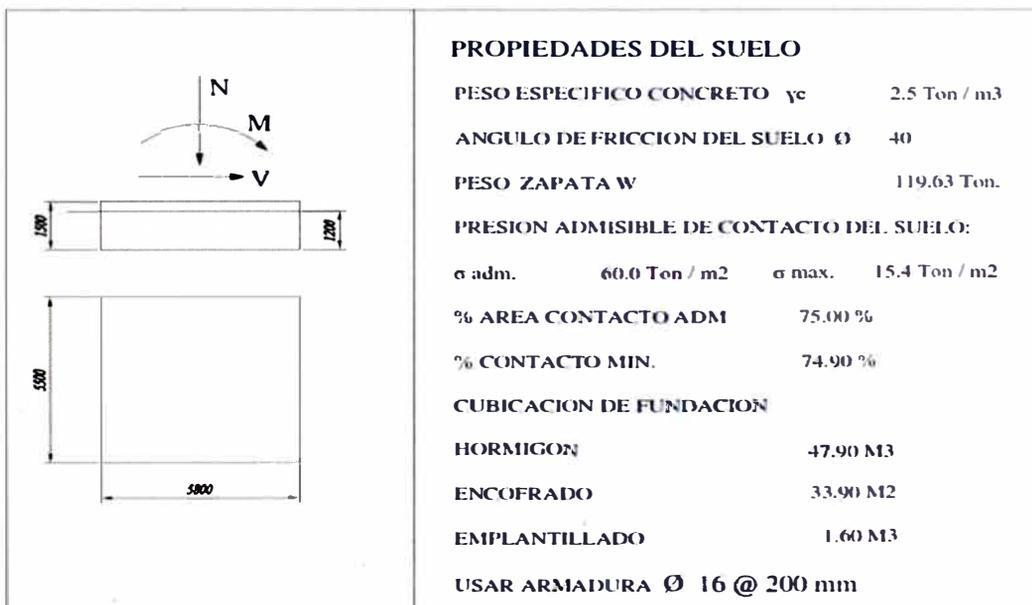
5.1.19.1 Fundación F1

FIGURA 5.23 FUNDACION F1 SOLICITACIONES TRANSVERSALES



5.1.19.2 Fundación F2

FIGURA 5.24 FUNDACION F2 SOLICITACIONES LONGITUDINALES



Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa. / Roberto Cumicheo

Replanteo en obra: Javier Alva Ch.

5.1.20 Planta ubicación fundaciones para templadores.

Las fundaciones para los templadores (Vientos), son bloques de concreto M1 y M2, las fuerzas actuantes se obtienen analizando las combinaciones de cargas de la estructura de la torre y el viento para la condición más crítica. En la figura 5.25 se muestra la ubicación de los bloques de concreto.

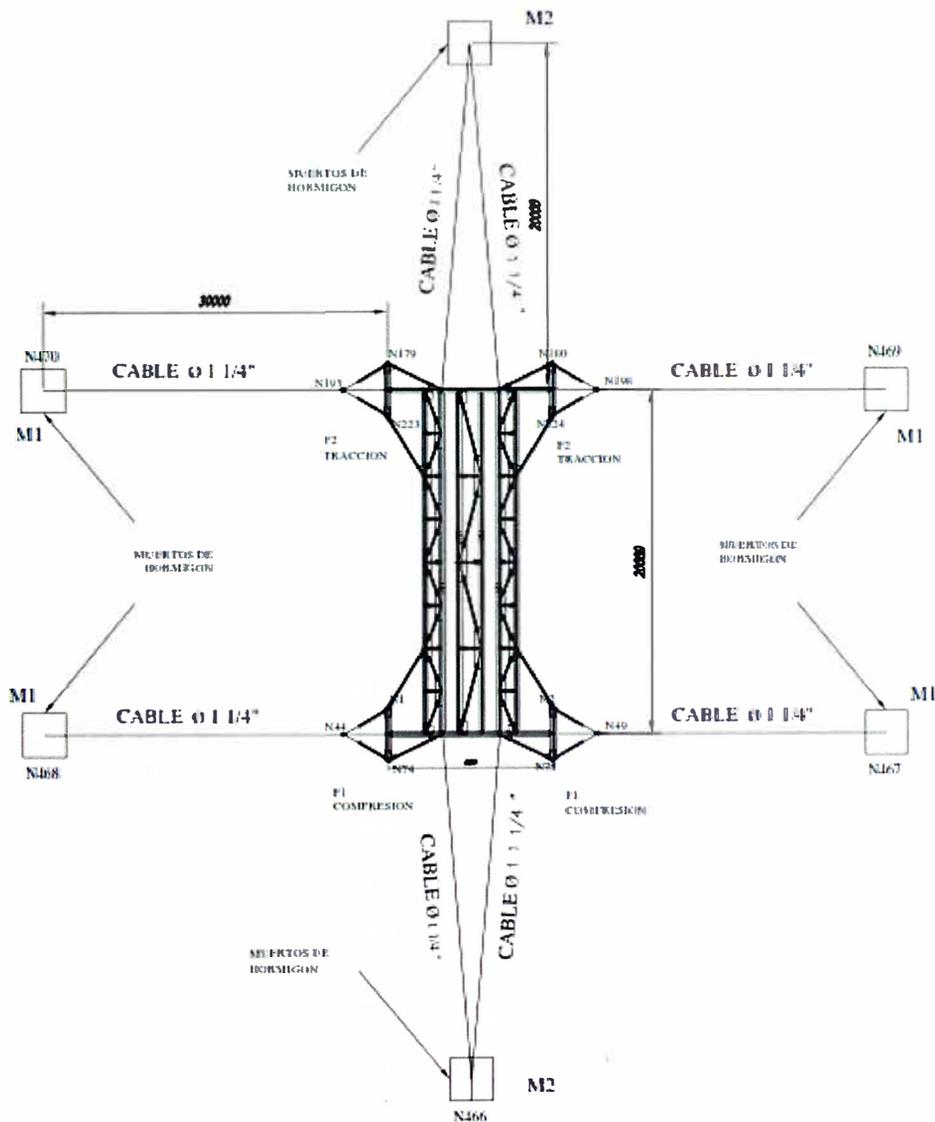


Figura 5.25 Ubicación de nudos y templadores

5.1.20.1 Fundación M1

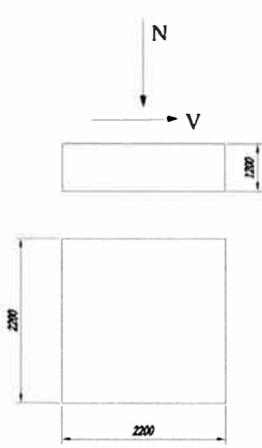
	PROPIEDADES DEL SUELO	
	PESO ESPECIFICO CONCRETO γ_c	2.5 Ton / m ³
	ANGULO DE FRICCION DEL SUELO ϕ	40
	PESO ZAPATA W	14.52 Ton.
	PRESION ADMISIBLE DE CONTACTO DEL SUELO:	
$\sigma_{adm.}$	60.0 Ton / m ²	$\sigma_{max.}$ 3.6 Ton / m ²
	% AREA CONTACTO ADM	75.00 %
	% CONTACTO MIN.	100.00 %
	CUBICACION DE FUNDACION	
	HORMIGON	5.81 M ³
	ENCOFRADO	10.56 M ²
	EMPLANTILLADO	0.48 M ³
	USAR ARMADURA ϕ 16 @ 200 mm	

Figura 5.26 Fundación M1 Templadores

5.1.20.2 Fundación M2

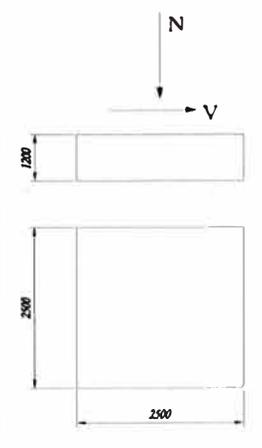
	PROPIEDADES DEL SUELO	
	PESO ESPECIFICO CONCRETO γ_c	2.5 Ton / m ³
	ANGULO DE FRICCION DEL SUELO ϕ	40
	PESO ZAPATA W	18.75 Ton.
	PRESION ADMISIBLE DE CONTACTO DEL SUELO:	
$\sigma_{adm.}$	60.0 Ton / m ²	$\sigma_{max.}$ 3.20 Ton / m ²
	% AREA CONTACTO ADM	75.00 %
	% CONTACTO MIN.	100.00 %
	CUBICACION DE FUNDACION	
	HORMIGON	7.50 M ³
	ENCOFRADO	12.00 M ²
	EMPLANTILLADO	0.63 M ³
	USAR ARMADURA ϕ 16 @ 200 mm	

Figura 5.27 Fundación M2 Templadores

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacío 04-C1 Ictesa./ Roberto Cumicheo

5.1.21 Pernos de anclaje

5.1.21.1 Pernos para fundación M1 /M2

Los anclajes se calcularán tomando como referencia la carga sobre el hormigón los siguientes valores: Tracción máxima = 5.0 ton y fuerza de corte = 3.22 ton (Datos del proyectista), serán utilizados para el cálculo de los anclajes. Las dimensiones obtenidas y detalles de montaje se indican en las figuras 5.28 y 5.29.

Cargas tracción: Fuerza del viento en nivel 15 = 1.72 ton Ver tabla 7

Fuerza del viento en equipo = 3.59 ton Ver tabla 7

Fuerza viento por peso cable = 2.11 ton Ver figura 3.17

La carga total por viento (7.42 Ton) debe soportar los cuatro vientos instalados.

Usando dos pernos de anclaje

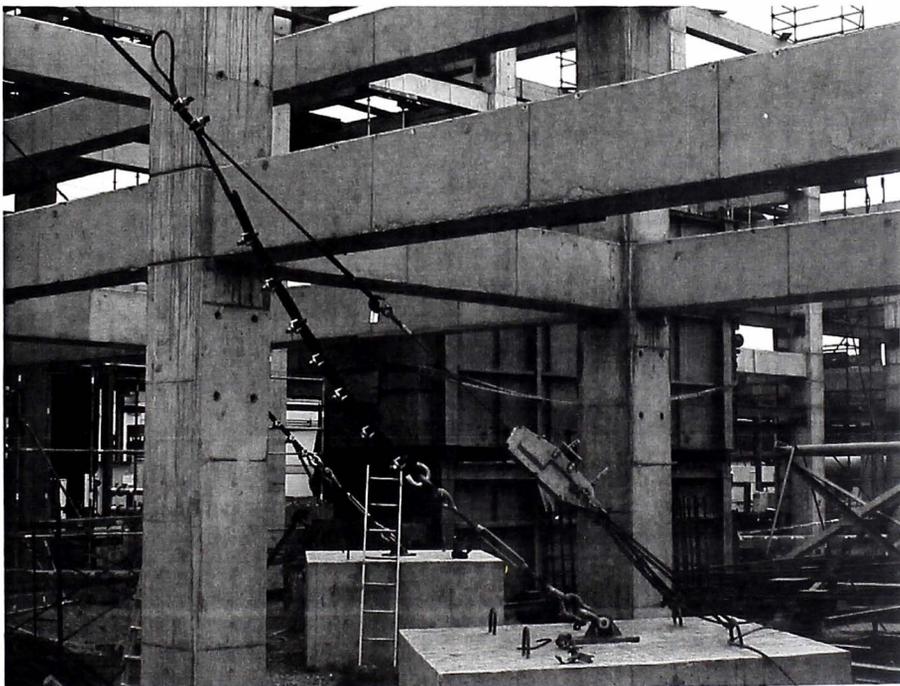


Figura 5.28 Detalle montaje de templadores sobre los muertos de concreto

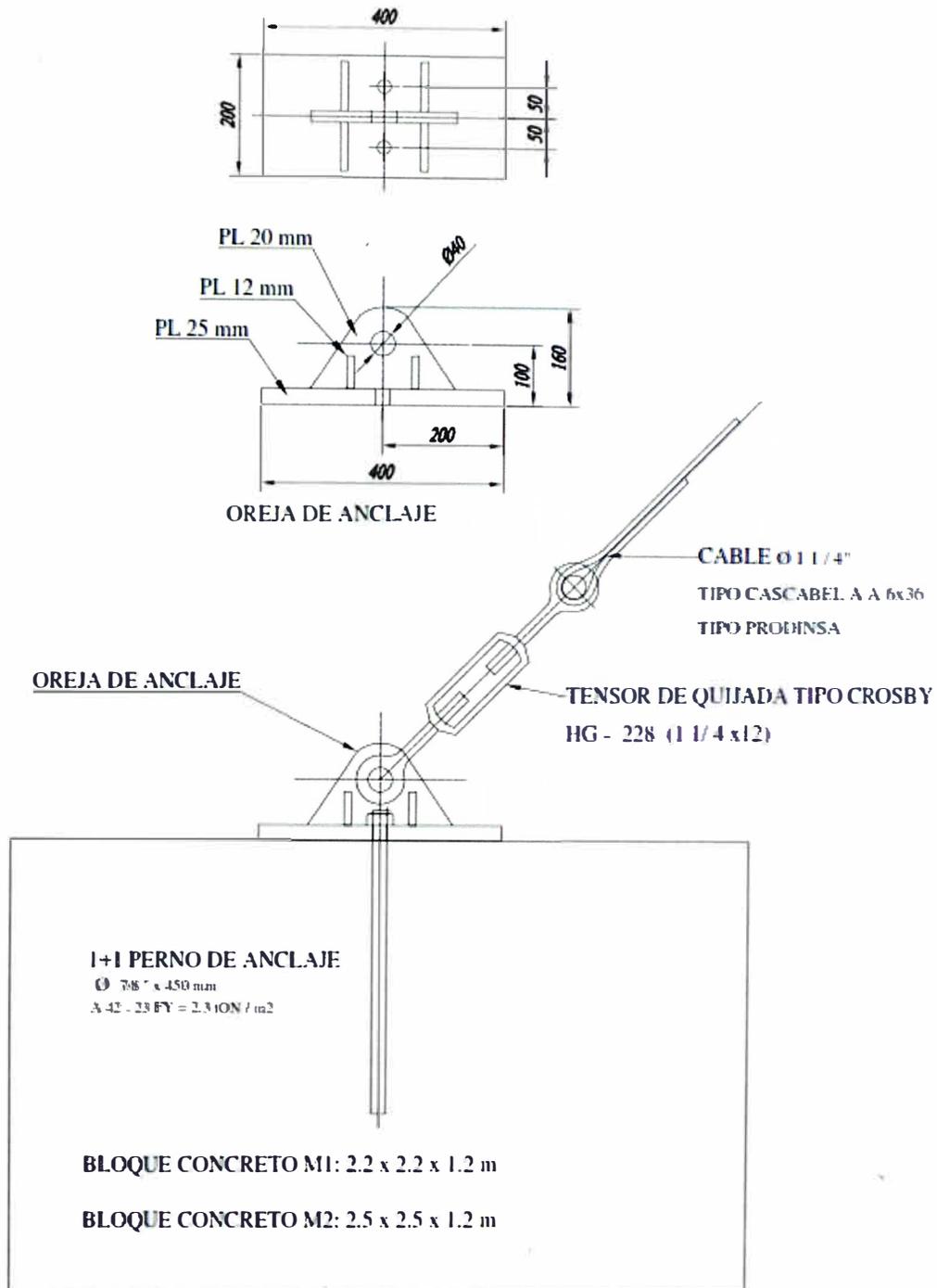


Figura 5.28 Detalle llegada de cable de templador a muerto de concreto

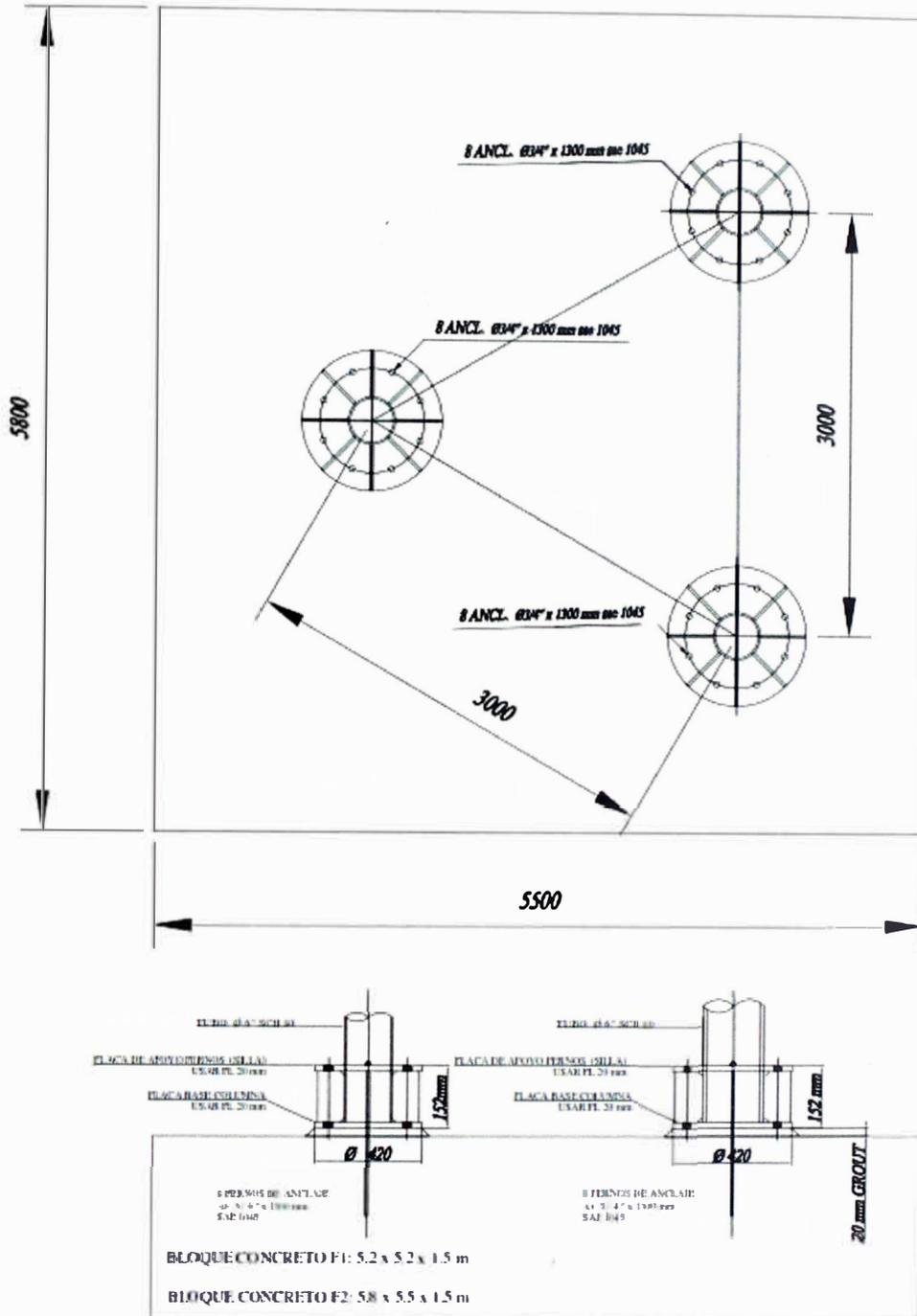


Figura 5.29 Detalle anclaje columnas en muertos de concreto

Fuente: Procedimiento de montaje columna vacio Ictesa./ Roberto Cumicheo / Javier Alva Ch.

ANEXO 5.2 EQUIPOS AUXILIARES

1.- Disposición carro porta climbers en torre de izaje

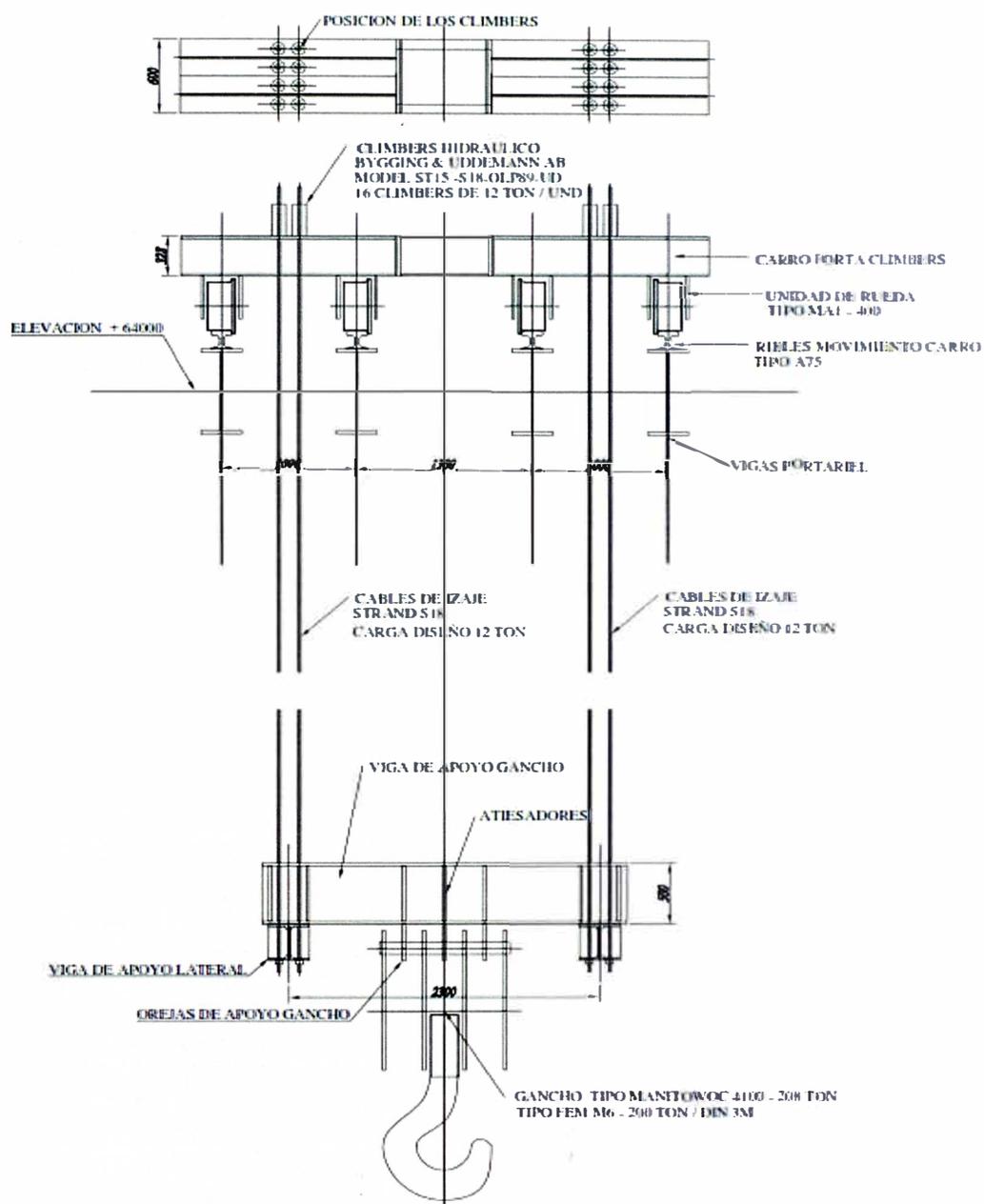


Figura 5.2.1 Disposición montaje carro porta climbers
Fuente: Procedimiento izaje Ictesa / Javier Alva ch.

Figura 5.2.2 - Montaje carro porta climbers en puente torre de izaje



Figura 5.2.3.- Montaje viga de apoyo y gancho

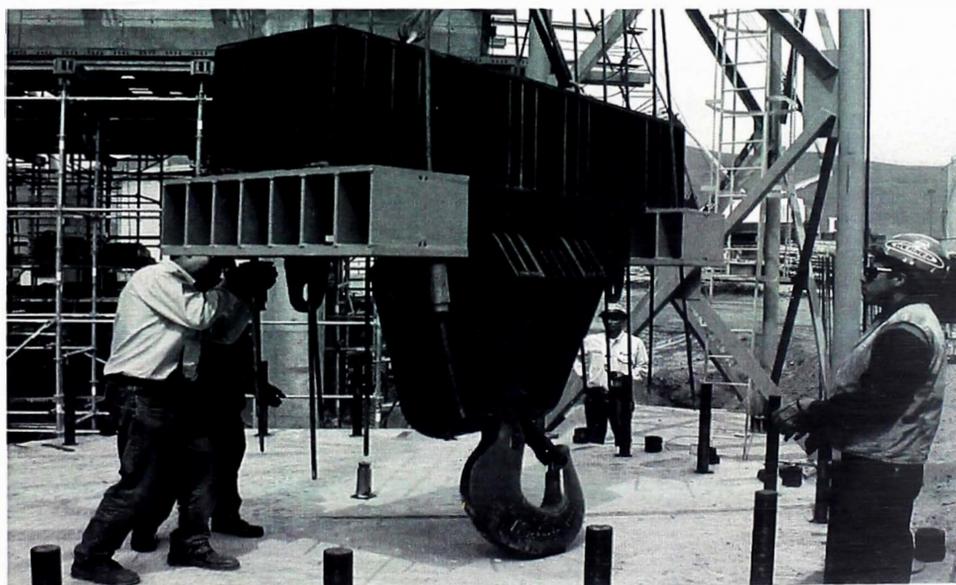
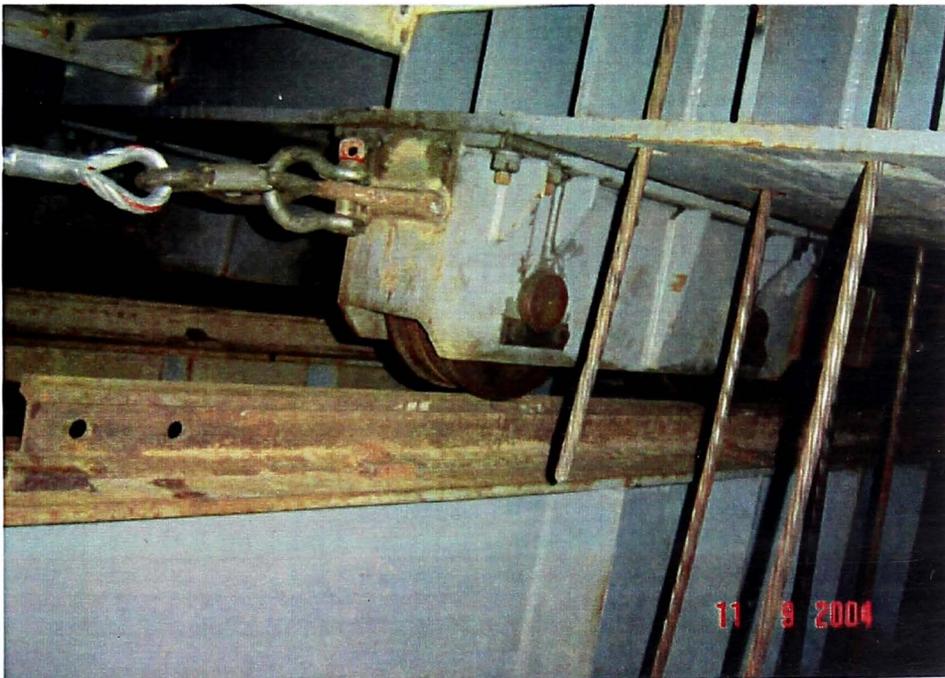


Figura 5.2.4.- Izaje columna de visbreaking 24 – C-2



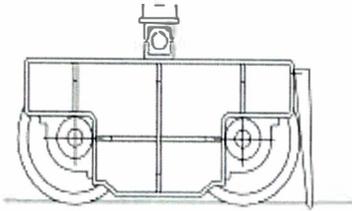
Figura 5.2.5.- Montaje unidad de ruedas



2. - Unidad de ruedas

Tabla 5.2.1 Unidad de ruedas.

**UNIDAD DE RUEDA GUIA
CON CAJERAS EN ANGULO
SERIE MA1
NORMA AISE N° 6**

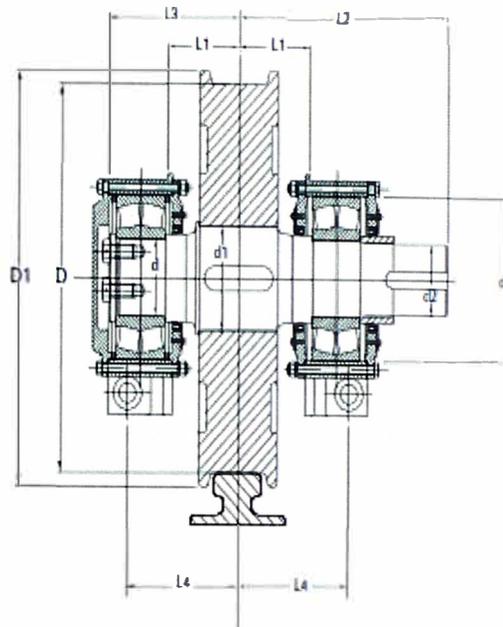


RUEDAS MONTADAS SOBRE TESTERA

La unidad está compuesta por:
2 cajas porta rodamiento
2 rodamientos
1 eje
1 rueda
y accesorios

Materiales:

RUEDA: 42CrMo4V / 50 CrMo4V
EJE: 42CrMo4V
CAJERA: ASTM A27 6Q:30



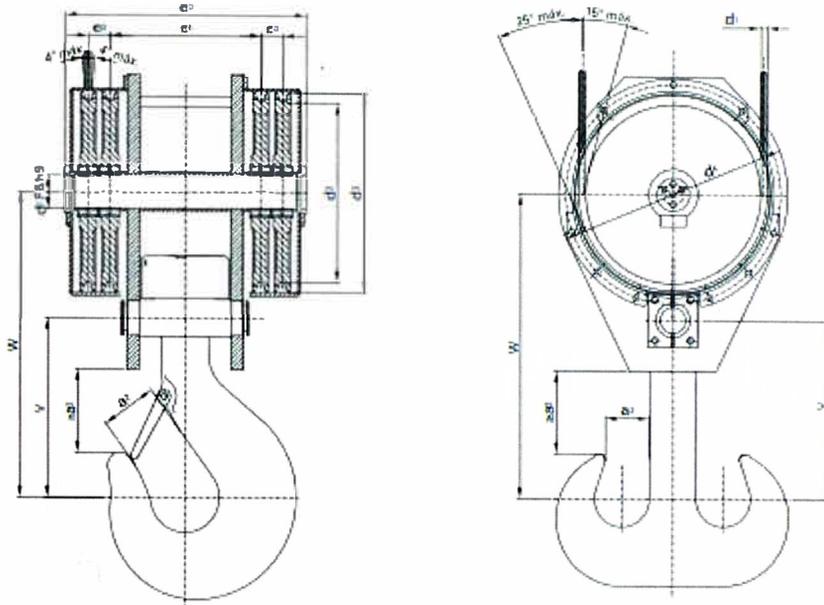
UNIDAD CONDUCTORA

N° SERIE	D (mm) h11	RIEL	RODAMIENTO	CARGA AOM (N)	D1 (mm)	d (mm) k6	d1 (mm) k6	d2 (mm) k6	d3 (mm) k6
MA1 250	250	A45	22312CV33	80.000	300	60	100	55	130
MA1 315	315	A56	22314CV33	150.000	365	70	110	65	150
MA1 400	400	A75	22318CV33	180.000	450	90	130	85	190
MA1 500 S	500	A75	22320CV33	250.000	550	100	140	90	215
MA1 500 H	500	A100	22324CV33	300.000	550	120	170	90	260
MA1 630 S	630	A75	22322CV33	280.000	680	110	150	95	240
MA1 630 H	630	A100	22326CV33	400.000	680	130	180	110	280
MA1 710 S	710	A100	22328CV33	500.000	760	140	190	130	300
MA1 710 H	710	A120	22330CV33	580.000	760	160	200	140	320
MA1 800	800	A120	22332CV33	680.000	850	160	210	150	340

Fuente: Miguel Abad S.A. / www. Miguel Abad.com

3.- Ganchos de izaje

Tabla 5.2.2 Ganchos de cuatro poleas



Nº	GRUPO	CARGA	VIDA	CABLE	DIMENSIONES													PESO kg	TIPO
					ISD FEM	DIN	t	h	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	e ₁	e ₂	e ₃	v		
12	M3	1 Bm	32	1.600	18	305	355	400	80	320	550	60	315	565	100	80	300	041.12.M3	
	M4	1 Am	25	3.200														041.12.M4	
	M5	2 m	20	6.300														041.12.M5	
	M6	3 m	16	12.500														041.12.M6	
	M7	4 m	12,5	25.000														041.12.M7	
	M8	5 m	10	50.000														041.12.M8	
16	M3	1 Bm	40	1.600	18	300	355	400	90	340	590	67	370	640	112	90	041.16.M3		
	M4	1 Am	32	3.200													041.16.M4		
	M5	2 m	25	6.300													041.16.M5		
	M6	3 m	20	12.500													041.16.M6		
	M7	4 m	16	25.000													041.16.M7		
	M8	5 m	12,5	50.000													041.16.M8		
20	M3	1 Bm	50	1.600	20	345	405	450	100	360	630	75	415	710	125	100	041.20.M3		
	M4	1 Am	40	3.200													041.20.M4		
	M5	2 m	32	6.300													041.20.M5		
	M6	3 m	25	12.500													041.20.M6		
	M7	4 m	20	25.000													041.20.M7		
	M8	5 m	16	50.000													041.20.M8		

Fuente: Miguel Abad S.A. / www. Miguel Abad.com Gruas / Emilio Larrodé – Antonio Miravete

Tabla 5.2.2 Ganchos de cuatro poleas (continuación)

Nº	GRUPO		CARGA	VIDA	CABLE	DIMENSIONES												Simple	Doble	PESO kgs.	TIPO					
	ISO FEM	DIN				t	h	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	e ₁	e ₂	e ₃	v	w					a ₂				
25	M3	1 Bm	63	1.600	22	385	455	500	110	390	690	80	460	775	140	112	0,70	D41.25.M3								
	M4	1 Am	50	3.200														D41.25.M4								
	M5	2 m	40	6.300														450	510	555	100	380	650	67	815	D41.25.M5
	M6	3 m	32	12.500														510	530	620	90	D41.25.M6				
	M7	4 m	25	25.000														570	630	680	765	D41.25.M7				
	M8	5 m	20	50.000														D41.25.M8								
32	M3	1 Bm	80	1.600	24	435	510	555	120	450	750	80	500	850	160	125	1,050	D41.32.M3								
	M4	1 Am	63	3.200														D41.32.M4								
	M5	2 m	50	6.300														500	520	620	110	730	67	840	D41.32.M5	
	M6	3 m	40	12.500														560	630	680	100	D41.32.M6				
	M7	4 m	32	25.000														640	730	765	100	1.070	D41.32.M7			
	M8	5 m	25	50.000														D41.32.M8								
40	M3	1 Bm	100	1.600	28	485	570	620	130	500	850	95	565	940	160	140	1,260	D41.40.M3								
	M4	1 Am	80	3.200														D41.40.M4								
	M5	2 m	63	6.300														550	630	680	120	800	80	930	D41.40.M5	
	M6	3 m	50	12.500														630	730	765	110	D41.40.M6				
	M7	4 m	40	25.000														715	795	850	110	1.280	D41.40.M7			
	M8	5 m	32	50.000														D41.40.M8								
50	M3	1 Bm	125	1.600	30	540	630	680	150	560	930	100	620	1.035	200	160	1,640	D41.50.M3								
	M4	1 Am	100	3.200														D41.50.M4								
	M5	2 m	80	6.300														625	730	765	130	890	95	1.650	D41.50.M5	
	M6	3 m	63	12.500														710	795	850	120	870	80	1.660	D41.50.M6	
	M7	4 m	50	25.000														815	900	955	120	1.020	D41.50.M7			
	M8	5 m	40	50.000														D41.50.M8								
63	M3	1 Bm	160	1.600	34	605	730	765	160	620	1.020	109	700	1.160	224	180	2,180	D41.63.M3								
	M4	1 Am	125	3.200														D41.63.M4								
	M5	2 m	100	6.300														695	795	850	140	980	95	2.190	D41.63.M5	
	M6	3 m	80	12.500														800	900	955	130	990	1.140	D41.63.M6		
	M7	4 m	63	25.000														910	1.010	1.080	130	2.200	D41.63.M7			
	M8	5 m	50	50.000														D41.63.M8								
80	M3	1 Bm	200	1.600	38	680	795	850	180	680	1.140	125	800	1.290	250	200	2,890	D41.80.M3								
	M4	1 Am	160	3.200														D41.80.M4								
	M5	2 m	125	6.300														799	900	955	160	1.000	100	2.900	D41.80.M5	
	M6	3 m	100	12.500														900	1.010	1.080	160	670	1.280	D41.80.M6		
	M7	4 m	80	25.000														1000	1.110	1.180	150	1.060	100	2.910	D41.80.M7	
	M8	5 m	63	50.000														D41.80.M8								
100	M3	1 Bm	250	1.600	42	770	900	955	200	770	1.270	150	885	1.425	280	224	3,810	D41.100.M3								
	M4	1 Am	200	3.200														D41.100.M4								
	M5	2 m	160	6.300														890	1.010	1.080	180	1.240	126	3.820	D41.100.M5	
	M6	3 m	125	12.500														990	1.110	1.180	170	1.180	109	3.850	D41.100.M6	
	M7	4 m	100	25.000														1.120	1.240	1.310	160	1.280	136	4.100	D41.100.M7	
	M8	5 m	80	50.000														D41.100.M8								
125	M3	1 Bm	320	1.600	46	870	1.030	1.080	220	810	1.340	160	1.000	1.610	315	250	4,880	D41.125.M3								
	M4	1 Am	250	3.200														D41.125.M4								
	M5	2 m	200	6.300														970	1.110	1.180	200	1.320	150	4.880	D41.125.M5	
	M6	3 m	160	12.500														1.100	1.240	1.310	180	1.280	136	4.900	D41.125.M6	
	M7	4 m	125	25.000														1.240	1.380	1.470	180	1.590	4.900	D41.125.M7		
	M8	5 m	100	50.000														D41.125.M8								
160	M3	1 Bm	400	1.600	52	950	1.110	1.180	240	900	1.440	160	1.130	1.790	355	280	6,520	D41.160.M3								
	M4	1 Am	320	3.200														D41.160.M4								
	M5	2 m	250	6.300														1.090	1.240	1.310	220	1.420	1.780	6.560	D41.160.M5	
	M6	3 m	200	12.500														1.230	1.380	1.470	200	1.500	6.580	D41.160.M6		
	M7	4 m	160	25.000														1.400	1.550	1.640	200	1.500	6.580	D41.160.M7		
	M8	5 m	125	50.000														D41.160.M8								

4.- Calculo viga de apovo gancho

Materiales: Acero ASTM A 36 (Tension admisible $F_y = 2.53 \text{ ton} / \text{cm}^2$)

Normas : AISC-ASD-1989: "Diseño de estructuras de acero por tensiones admisibles"

Fuente: Procedimiento montaje ICTESA / Ing. Roberto Cumicheo

4.1- Diagrama de cargas

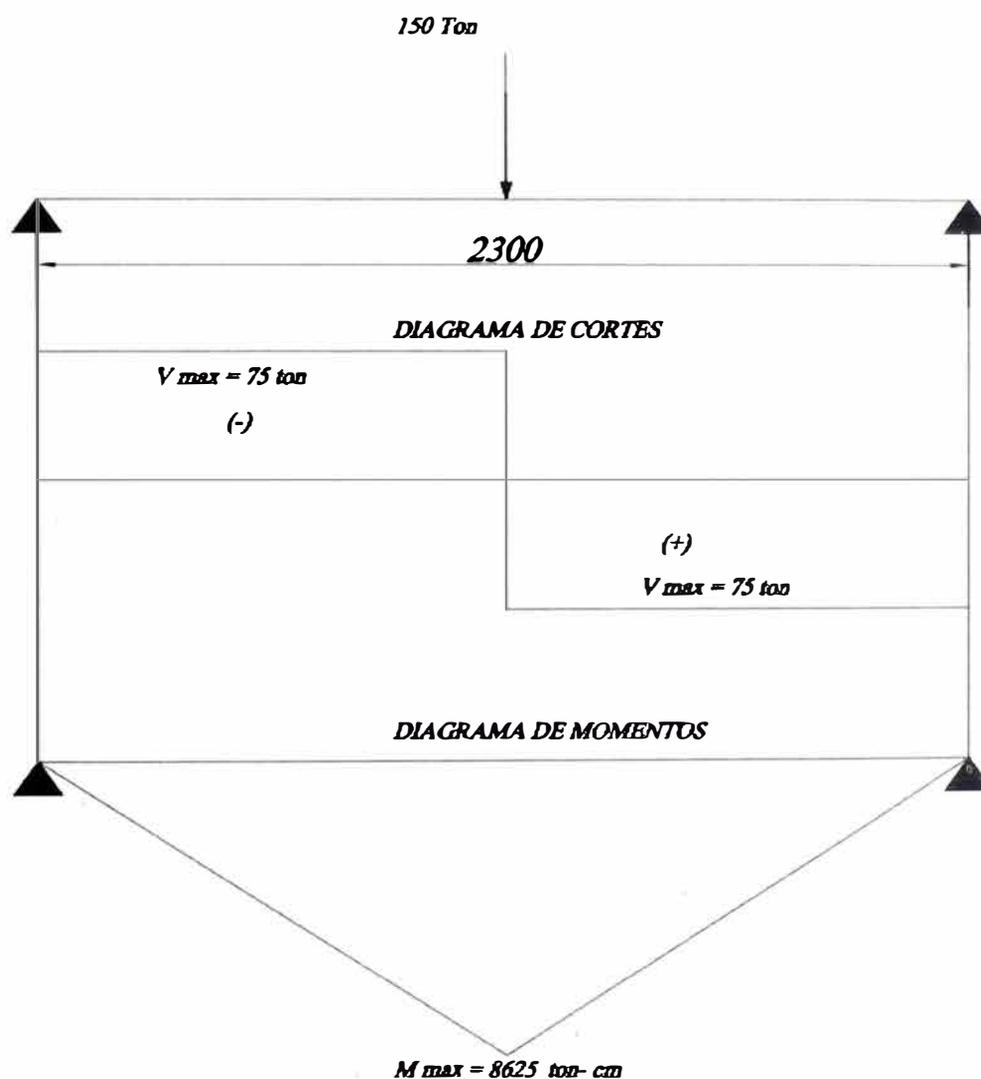


Figura 5.2.7 Diagrama de momentos viga de apovo gancho

4.2 Condiciones de carga de la viga soporte gancho

Longitud viga: $L = 230 \text{ cm}$

Carga máxima: $P_{mx} = 150 \text{ Ton}$

Momento máximo: $M_{mx} = P_{mx} \cdot \text{Long.} / 4$

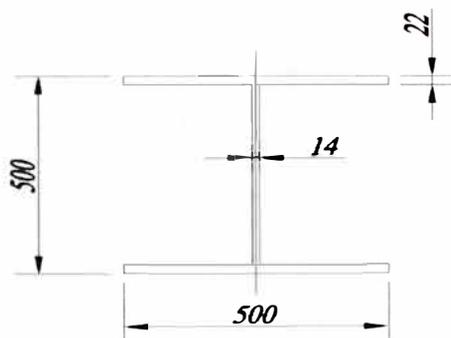
Momento máximo: $M_{mx} = 8625 \text{ Ton} \cdot \text{cm}$

Módulo resistente mínimo: $W_{min} = M_{max} / 0.6 F_y = 5682 \text{ cm}^3$

Tensión de fluencia: $F_y = 2.53 \text{ Ton} / \text{cm}^2$

Esfuerzo admisible: $\sigma_{adm.} = 0.6 F_y = 1.518 \text{ Ton} / \text{cm}^2$

4.3 Asumiendo viga HN 50 x 223

VIGA HN 50 X 223

Ancho del ala: $B_c = 50 \text{ cm}$

Espesor del ala: $e_c = 2.2 \text{ cm}$

Altura de la viga: $H_c = 50 \text{ cm}$

Espesor del alma: $T_{wc} = 1.4 \text{ cm}$

Módulo resistente: $W_r = 5470 \text{ cm}^3$

7.4 Cálculo para sección no compacta

$$\text{Si: } \frac{bc}{2ec} \leq \frac{25.1}{\sqrt{F_y}} \wedge \frac{hc}{tw} \leq \frac{169}{\sqrt{F_y}}$$

$$500 / 2 \times 22 \leq 11.36 < 25.1 / \sqrt{2.53} \leq 15.8 \quad \text{OK}$$

$$500 / 14 = 35.7 < 169 / \sqrt{2.53} = 106.25 \quad \text{OK}$$

Sección No compacta.

7.5 Flexión

$$L_{\text{comp}} = \min \left(\frac{20.1 bc}{\sqrt{2.53}}, \frac{1400 \cdot bc \cdot ec}{F_y \cdot hc} \right)$$

$$L_{\text{comp}} = \min (631.8, 1217.4)$$

$$L_c = 632 \text{ cm} > 230 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

Viga no afecta al pandeo lateral torsional

$$\text{Esfuerzo admisible: } \sigma_{\text{adm}} = 0.6 F_y = 1.518 \text{ Ton / cm}^2$$

$$\text{Momento admisible} = W_r \cdot \sigma_{\text{adm}} = 5470 \text{ cm}^3 \times 1.518 \text{ Ton / cm}^2 = 8.303.46 \text{ Ton-cm}$$

$$\text{Factor de utilización del perfil: } Q = \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{adm}}} = 8625 / 8303.46 = 1.038 \quad \text{OK}$$

4.5 Cálculo por corte

$$\text{Esfuerzo admisible: } F_v = 0.4 \times F_y = 0.4 \times 2.53 = 1.012 \text{ Ton / cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo de corte: } f_v = V_{\text{max}} / \text{area} = 75 \text{ Ton} / (50 - 4.4) \times 1.4 = 1.175 \text{ Ton / cm}^2$$

$$\text{Considerando la carga de montaje: } Q = \frac{f_v}{1.33 \cdot F_v} = 1.175 / 1.33 \times 1.012 = 0.87 \quad \text{OK}$$

Nota: Sabiendo que la viga cumple se tratará de no utilizar aumento de resistencia permitido por norma de 33 %. Por lo tanto: Usar **Viga HN 500x500x22x18**

$$f_v = V_{\text{max}} / \text{area} = 75 \text{ Ton} / (50 - 4.4) \times 1.8 = 0.914 \text{ Ton / cm}^2$$

$$Q = \frac{f_v}{F_v} = 0.914 / 1.012 = 0.90 \quad \text{OK}$$

5.- Vigas de apoyo lateral gancho

5.1 Diagrama de cargas

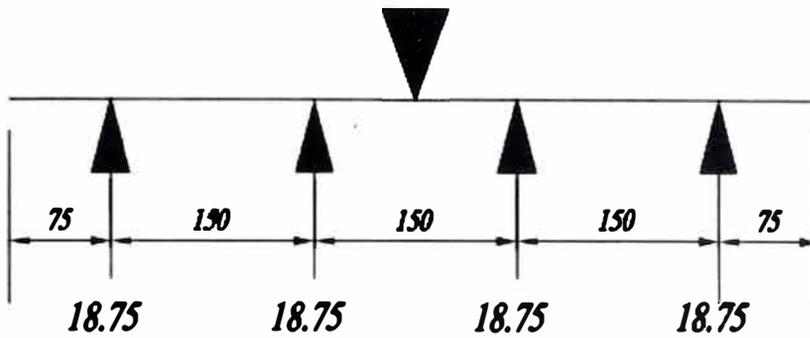
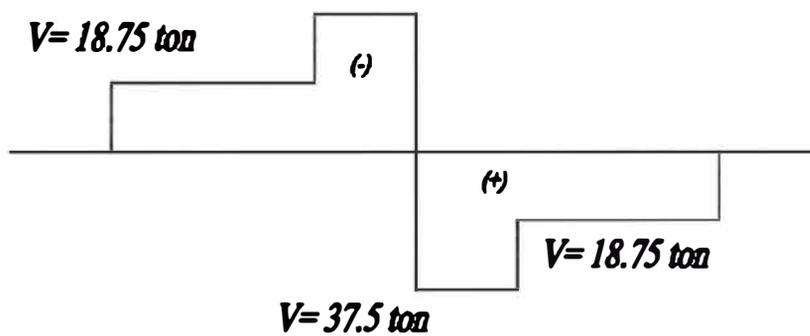


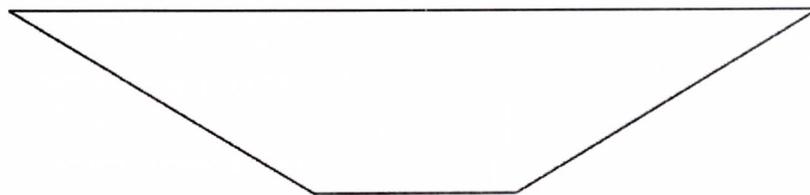
DIAGRAMA DE ESFUERZOS DE CORTE

$$V = 37.5 \text{ ton}$$



$$V = 37.5 \text{ ton}$$

DIAGRAMA DE MOMENTOS



$$M_{\max} = 562.5 \text{ ton-cm}$$

Usar Viga 300 x 300x20x18

Figura 5.2.8 Viga de apoyo lateral gancho

6.- Viga carro porta climbers

6.1 – Diagrama de cargas

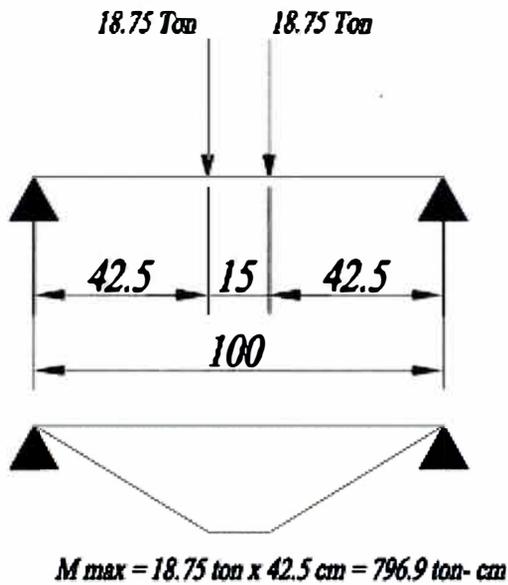


Figura 5.2.9 Diagrama momentos viga carro porta

climbers.

Momento admisible = $W_r \cdot \sigma_{adm.} = 1.668.31 \text{ cm}^3 \times 1.518 \text{ Ton} / \text{cm}^2 = 2.532.50 \text{ Ton-cm}$

Momento máximo: $M_{mx} = 796.90 \text{ Ton-cm}$

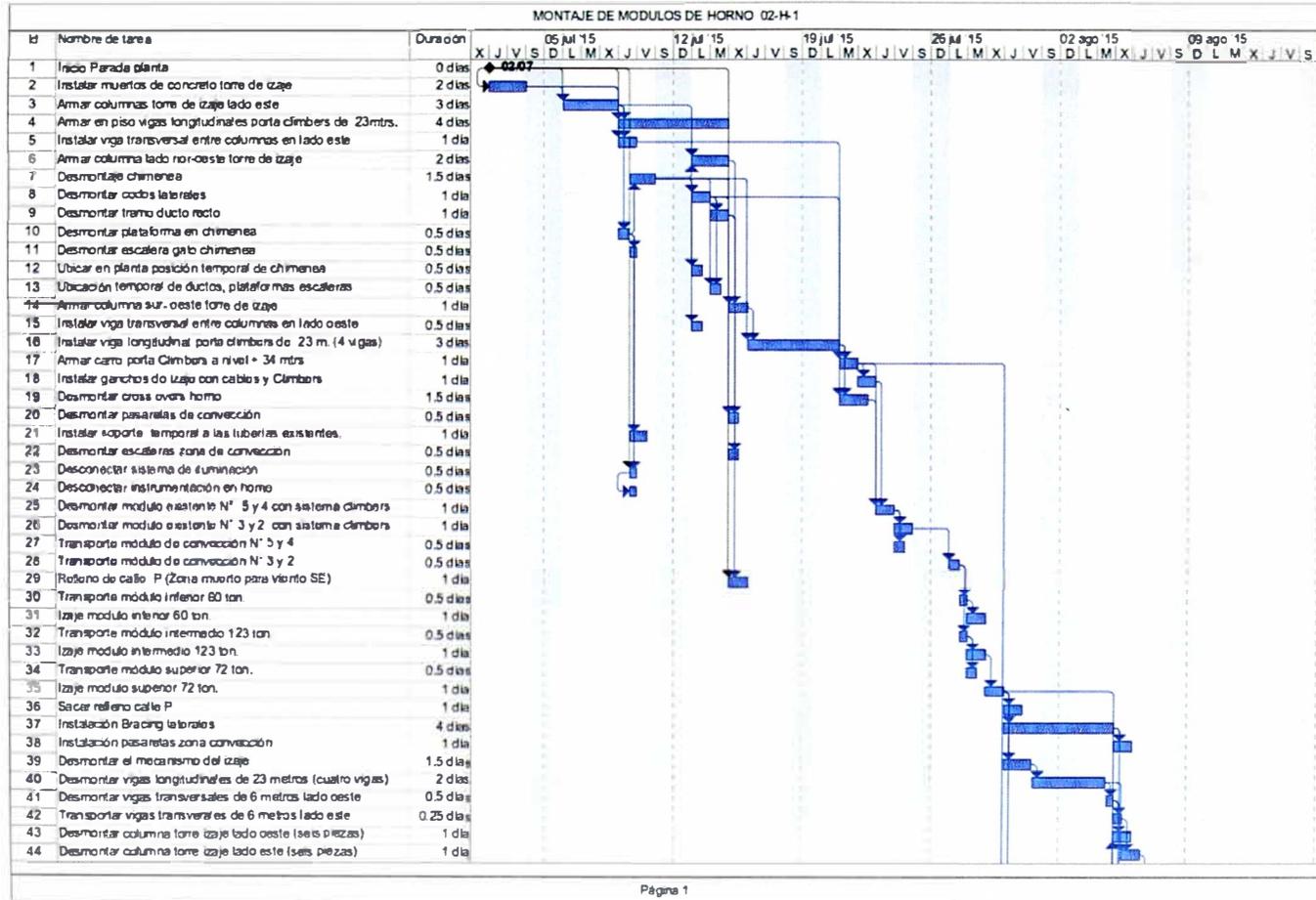
Momento admisible $2.532.50 >$ Momento máximo 796.90 OK

Nota: colocar plancha de 8 mm sobre la placa superior para recibir los climbers.

Usar Viga 300 x 300x20x10

ANEXO 6.1 ACTIVIDADES MONTAJE MODULOS DE CONVECCION

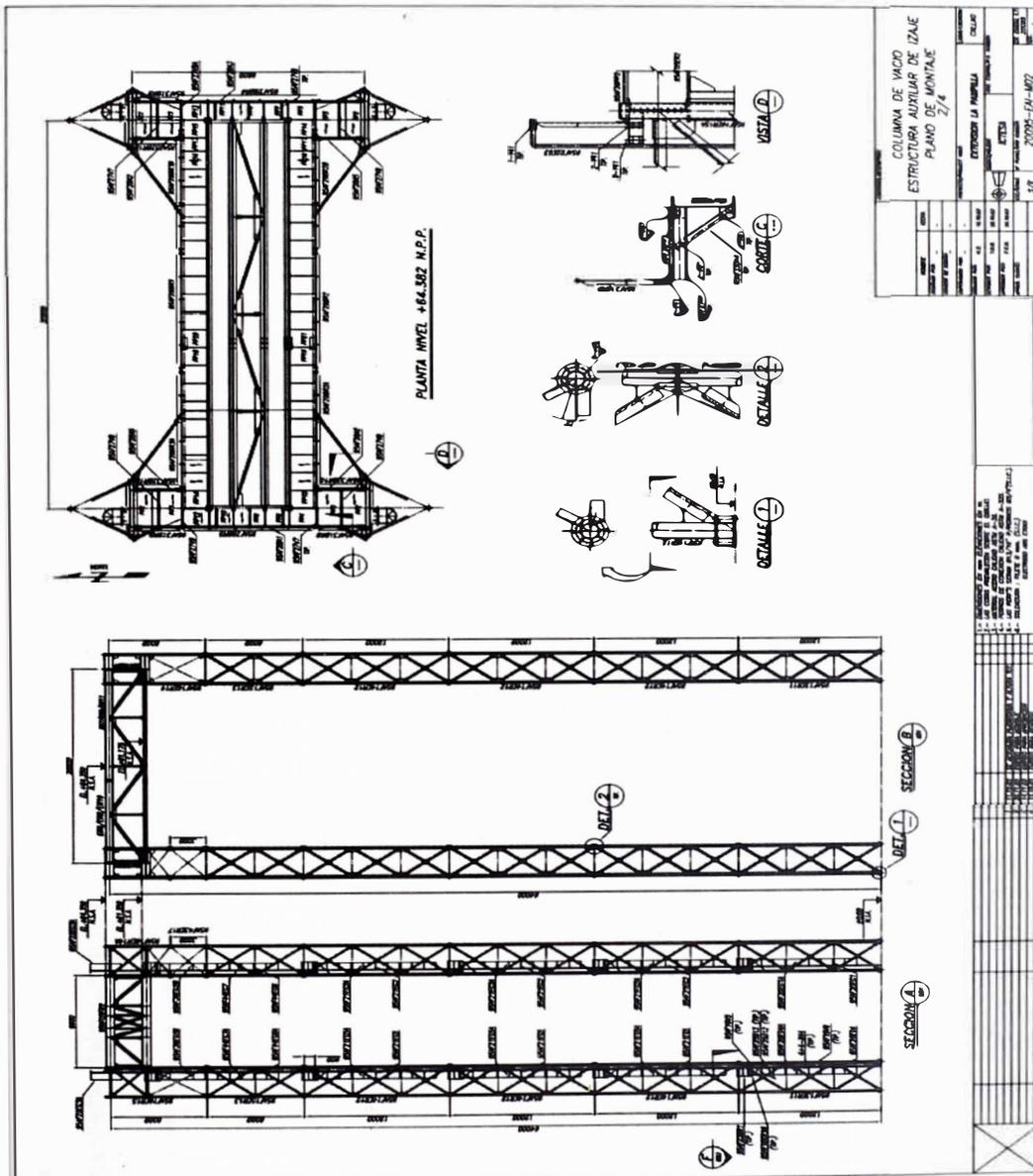
Figura 6.1 Lista de actividades montaje módulos en parada de planta (Hoja 1 / 2)



ANEXO 7.1 CALCULO DE COSTOS

7.1.1.- Plano de referencia pesos de materiales.

20095- EAI-M02 Rev 1 / Columna de vacío estructura auxiliar de izaje / plano de montaje



FACTORIA RODRIGUEZ S.A.C.						
Presupuesto fabricación torre de izaje columna vacio 04-C-1						
						14/09/2015
Item.	Descripcion	Unit.	Cant	P. Unit US\$	P. Parcial US\$	Precio Total US\$
1.00	Fabricación estructura torre de izaje					
1.1	Fabricación estructura torre de izaje					394,781.88
1.1.1	Suministro de Material (vigas , planchas, tubos)	Glb.	1.00	147,050.00	147,050.00	
1.1.2	Transporte de estructura a obra	Glb.	2.00	4,950.00	9,900.00	
1.1.3	Fabricación Estructura Torre de izaje.	Glb.	1.00	233,631.88	233,631.88	
1.1.4	Suministro de Pintura	Gls	1.00	4,200.00	4,200.00	
TOTAL DIRECTO					US\$	394.781.88
Gastos Generales (10%)						39,478.19
Utilidad (6%)						26,055.60
TOTAL OFERTA FABRICACION					US \$	460,315.67

7.1.3.- Costo montaje y desmontaje torre de izaje.

FACTORIA RODRIGUEZ S.A.C.

Presupuesto montaje / desmontaje torre de izaje columna vacio 04-C-1

14/09/2015

Item.	Descripción	Unit.	Cant	P. Unit US\$	P. Parcial US\$	Precio Total US\$
2.00	Montaje / desmontaje estructura torre de izaje					
2.1	Montaje / desmontaje estructura torre de izaje					369,347.66
2.1.1	Suministro de Material (vigas , planchas, tubos)	Glb.	1.00	0.00	0.00	
2.1.2	Transporte de soportes a obra	Glb.	2.00	38,400.00	76,800.00	
2.1.3	Montaje / Desmontaje Estructura Torre de izaje.	Glb.	1.00	153,642.21	153,642.21	
2.1.4	Suministro de gruas	Gls.	1.00	81,916.67	81,916.67	
2.1.5	Fundaciones de concreto	Glb.	215.05	265.00	56,988.78	
TOTAL DIRECTO					US\$	369,347.66
Gastos Generales (10%)						36,934.77
Utilidad (6%)						24,376.95
TOTAL OFERTA MONTAJE					US\$	430,659.37

PLANOS

1. RLP06-I-40010-B-001-Rev 2 Unidad de vacío II / Columna de vacío 04-C-1.
2. RLP006-FSK-JACH-001-Rev 1 Transporte columna de vacío 04-C-1
3. RLP06-FSK-JACH-02-Rev 1 Transporte columna visbreaking 24-C-2
4. RLP06-FSK-JACH-03-Rev.0 Montaje módulos horno 02-H-1
5. 20095-EAI-MO2 Columna de vacío estructura auxiliary de izaje