



Escuela Superior Politécnica del Litoral

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**



**“Caso de Estudio- Construcción de grúa
de 2 toneladas para horno vertical en
Planta Huayco - Industrias Rocacem s.a.”**

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Guillermo Enrique Soriano Idrovo



Guayaquil - Ecuador

Año - 2000

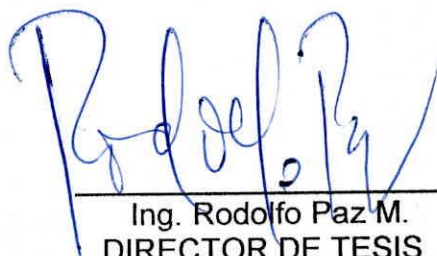


**POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.**

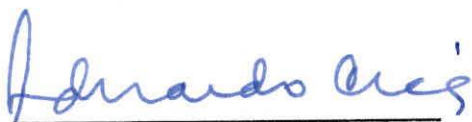
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP



Ing. Rodolfo Paz M.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Eduardo Orcés P.
VOCAL




Ing. Edmundo Villacís M.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)


Guillermo Soriano Idrovo

RESUMEN

El presente trabajo consiste en documentar, en forma de caso de estudio, la construcción de una grúa de 2 toneladas para transporte de ladrillos refractarios en el horno vertical de la Planta Huayco - Industrias Rocacem s.a. — Este proyecto se lo realizó entre los meses de Noviembre y Diciembre de 1998, con el objeto de ahorrar a la empresa el rubro de alquiler de grúa, el cual era necesario para el transporte de ladrillos; esta grúa se la diseñó y construyó para subir palets de ladrillos refractarios a una altura de 20m y con un peso máximo de 2000 Kg.; se describirá el proceso de diseño y construcción, así como la importancia del proyecto en la compañía.

ÍNDICE GENERAL



	Pag.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
 I GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	 2
1.1 Descripción de la Empresa.....	2
1.2 Descripción del Proceso.....	7
1.2.1 Calcinación.....	7
1.2.1.1 Alimentación a Calcinación.....	7
1.2.1.2 Proceso de Calcinación.....	8
1.2.1.3 Descarga y Almacenamiento.....	9
1.2.2 Hidratación y Molienda.....	10

1.2.3	Envasado.....	13
II	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
2.1	Antecedentes.....	14
2.2	Decisión Gerencial de Afrontar el Problema.....	20
III	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	21
3.1	Formulación del Problema.....	21
3.2	Análisis del Problema.....	28
3.3	Búsqueda de Soluciones.....	34
3.4	Selección de Solución.....	41
3.5	Especificación de Solución.....	50
3.6	Métodos Alternativos de Diseño.....	77
IV	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	90
4.1	Implantación de la Solución.....	90
4.2	Planificación de la Construcción.....	92
4.3	Organización de la Construcción.....	98
4.4	Dirección y Control de la Construcción.....	102

V	EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	123
5.1	Controles y Retroalimentación.....	123
5.2	Análisis Económico.....	135
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135

APÉNDICES

GLOSARIO DE TÉRMINOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

Amp	Amperio
C	Carbono.
Ca	Calcio.
H	Hidrógeno.
HP	Caballos de potencia.
in	Pulgada.
Kg	Kilogramo.
KWH	Kilovatios – hora.
m	Metro
mm	Milímetro
N	Newton
N-m.	Newton - metro.
O	Oxígeno.
rad	Radian.
rpm	Revoluciones por minuto.
s	Segundo
Ton.	Tonelada
V	Voltios.
W	Wattio
μm	Micra

SIMBOLOGÍA

σ	Esfuerzo normal.
ϕ	Diámetro.
η	Factor de seguridad.
A	Área de sección transversal.
C	Módulo de la sección transversal.
E	Módulo de Young.
F	Fuerza.
Sy	Esfuerzo de fluencia del material.
I	Momento de inercia.
L	Longitud.
M	Momento flector.
$M_{\text{máx}}$	Momento flector máximo.
°C	Grados Celsius.
P	Carga de trabajo.
P_{cr}	Carga de trabajo crítica.
K	Radio de giro
VP	Valor presente
R	Anualidad o perpetuidad
I	Interés bianual
P	Período , en nuestro caso dos años

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1. Ubicación geográfica de Industrias Rocacem Planta Huayco.....	5
Figura 2.1. Horno vertical.....	16
Figura 2.2. Operación de transporte de ladrillos refractarios al horno.....	17
Figura 2.3. Operación de subir cortadora de ladrillos refractarios al horno.....	18
Figura 2.4. Enladrillado interno del horno.....	19
Figura 3.1. Bodega de ladrillos refractarios.....	25
Figura 3.2. Palets de ladrillos refractarios.....	26
Figura 3.3.. Plataforma de trabajo del horno.....	27
Figura 3.4. Vista de planta de grúa corrediza.....	37
Figura 3.5. Vista de perfil de grúa corrediza.....	38
Figura 3.6. Vista de planta de grúa estática.....	39
Figura 3.7. Vista de perfil de grúa estática.....	40
Figura 3.8. Vista en tres dimensiones de estructura de grúa corrediza.....	51

Figura 3.9.	Modelo de viga en cantiliver.....	52
Figura 3.10.	Modelo para cálculo de deformación en viga en cantiliver por el método del momento del área.....	54
Figura 3.11.	Diagrama de momento flexionante de viga corrediza.....	55
Figura 3.12.	Diagrama de viga empotrada con carga en mitad de la viga.....	56
Figura 3.13.	Diagrama de columna empotrada en su extremo.....	58
Figura 3.14.	Diagrama de fuerzas en polea del malacate.....	67
Figura 3.15.	Tambor para cable.....	69
Figura 3.16.	Control eléctrico de grúa para refractarios.....	74
Figura 3.17.	Arrancador de motor eléctrico de grúa para refractarios.....	75
Figura 3.18.	Resultados de programa Dr. Frame – modelo de pórtico.....	81
Figura 3.19.	Resultados de programa Dr. Frame – viga en voladizo.....	83
Figura 3.20.	Diagrama de cuerpo libre modelo de viga continua.....	84
Figura 3.21.	Diagrama de cortante de viga corrediza.....	85
Figura 3.22.	Diagrama de Momento flector en viga corrediza.....	86
Figura 4.1.	Planificación de construcción de grúa de ladrillos refractarios.....	96
Figura 4.2.	Modelo de viga transversal.....	110
Figura 4.3.	Vista posterior del malacate usado en la grúa.....	119
Figura 4.4.	Vista lateral del malacate usado en la grúa.....	120
Figura 4.5.	Vista superior de la grúa.....	121

Figura 4.6.	Vista frontal del malacate usado en la grúa.....	122
Figura 5.1.	Flujo de caja de solución implantada.....	130
Figura 5.2.	Flujo de caja de alquilar grúa.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla I	Distribución de Personal en Planta Huayco Industrias Rocacem.....	3
Tabla II	Evaluación de Alternativas de Solución.....	49
Tabla III	Resumen de Elementos de estructura de grúa corrediza.....	65
Tabla IV	Valores de Fuerza Cortante y Momento Flector en Viga Corrediza.....	87
Tabla V	Comparación de resultados entre cálculo manual y programa.....	88
Tabla VI	Asignación de tiempo a diferentes actividades de construcción de grúa para horno vertical.....	93
Tabla VII	Listado de materiales para construcción de grúa para ladrillos refractarios.....	100
Tabla VIII	Requerimientos de personal para construcción de grúa para refractarios.....	101
Tabla IX	Listado original de materiales de grúa de ladrillos refractarios del horno.....	105

Tabla X Resumen de Costos de Grúa Instalada y de
 Alquiler de Grúa.....

134

INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo trata del diseño y construcción de una grúa de dos toneladas de capacidad para manejo de ladrillos refractarios en el horno vertical de la Planta Huayco – Industrias Rocacem S. A:

El objetivo del trabajo es ilustrar sobre el rol del ingeniero mecánico en el medio ecuatoriano a los estudiantes de los primeros niveles de ingeniería.

Para ello se ha procedido a documentar el desarrollo de la solución de este problema de ingeniería; para esto se ha considerado todo el proceso, desde la identificación del problema, selección de la solución, especificación de la misma, proceso constructivo; y, por último el análisis de los resultados obtenidos.

En el desarrollo de este trabajo práctico se ha hecho uso de conocimientos adquiridos en las materias: Mecánica de Sólidos, Diseño Mecánico, Dibujo Mecánico, Estática y Dinámica.



Capítulo 1

1. GENERALIDADES SOBRE LA EMPRESA

1.1 Descripción de la Empresa

Calcáreos Huayco S.A. fue fundada en el año de 1982 como una empresa dedicada a la venta y producción de cal, carbonatos y agregados. En el año de 1993 la mayoría de sus acciones fueron adquiridas por el grupo de la Cemento Nacional, pasando así a formar parte de dicho grupo. Dos años más tarde, es decir, en el año 1995, la producción de agregados pasó a formar parte de la empresa Agregados Rocafuerte S.A., la distribución y venta de cal, carbonatos y agregados quedó a cargo de la empresa DISENSA (Distribuidora San Eduardo S. A.), dejando así a Calcáreos Huayco S.A. dedicada solamente a la producción de cal y carbonatos. A fines del año 1998 la empresa Calcáreos Huayco S.A. desapareció jurídicamente, pasando todos sus activos a formar parte de la empresa Industrias Rocacem S.A., de la

cual también forman parte la plantas Cerro Blanco y San Eduardo. Actualmente la planta Huayco de Industrias Rocacem S.A. se encarga de la producción de cales y carbonatos bajo sus nombres comerciales (Cal P-24, Cementina, Albalux, Carbonacal). Sus instalaciones están ubicadas en el Km 12.5 de la vía a la costa (ver figura 1). Su producción promedio mensual es de 4900 Toneladas métricas. Trabajan en ella un total de 30 empleados distribuidos de la siguiente manera:

Tabla I - Distribución de Personal en Industrias Rocacem Planta Huayco

	PERSONAL
HORNO	9
HIDRATACIÓN, ENVASE Y ESTIBA	13
MANTENIMIENTO	4
ADMINISTRACIÓN	4

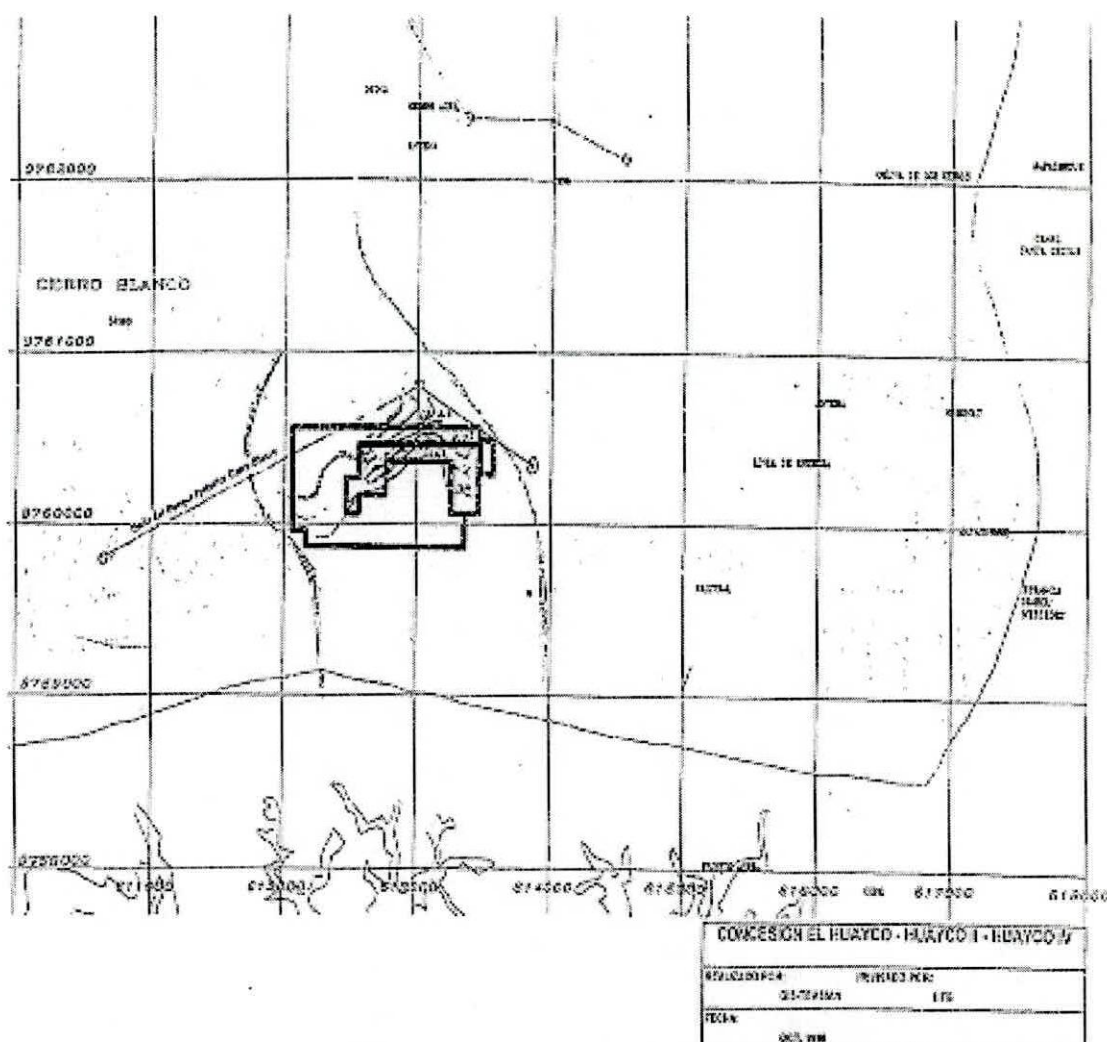
Las instalaciones de Calcáreos Huayco están compuestas por tres áreas muy bien diferenciadas:

- ♦ Horno
- ♦ Molienda e Hidratación
- ♦ Envase, Silos y Bodegas

Equipos Utilizados

Equipos utilizados en calcinación

- ♦ Horno vertical marca CIMPROGETTI, modelo 80-F, con una potencia de 130 Kw y una capacidad de 80 toneladas por día. El horno tiene una cimentación de hormigón y es de estructura metálica de aproximadamente 34 metros de altura. La temperatura a la que funciona el horno es de 1200°C.
- ♦ Almacenamiento de insumos: existen tres tanques de almacenamiento de insumos para la planta de cal, dos de los tanques son para el almacenamiento de búnker, cada uno con capacidad de 30000 galones y un tanque para el almacenamiento de agua industrial con capacidad para 30000 galones, la misma que es obtenida de la laguna artificial ubicada dentro de la planta Huayco.



**FIGURA 1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE INDUSTRIAS ROCACEM
PLANTA HUAYCO**

Hidratación y envasado.

- ♦ Molino de bolas marca CIMPROGETTI, modelo 6R-XVI, con una potencia de 74 Kw y una capacidad de 5 toneladas por hora
- ♦ Hidratador marca CIMPROGETTI, de la serie 100 con una potencia de 22 Kw y una capacidad de 15 toneladas por hora.
- ♦ Dos Separadores marca CIMPROGETTI, con una capacidad total de 15 toneladas por hora.
- ♦ Envasadora marca CIMPROGETTI, modelo Rotoriz 8-B, con una potencia de 4 Kw y una capacidad de 30 toneladas por hora.
- ♦ Equipos varios de transporte y alimentación.
- ♦ Silos de almacenamiento de productos, son en total ocho silos de almacenamiento de productos semiprocesados (3 silos de cal hidratada, 2 silos de cementina y 1 silo de carbonatos).

1.2 Descripción Del Proceso

1.2.1 Calcinación

1.2.1.1 Alimentación a Calcinación.

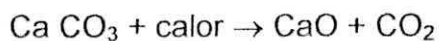
El proceso de elaboración de cal comienza (ver figura 2) en la pila de acopio inicial de piedra proveniente de la trituración primaria. La piedra enviada, es la que cumple con las exigencias de la planta de cal, es decir que su tamaño se encuentre dentro del rango de 50-100 mm de diámetro y que su composición no sea menor al 90% de carbonato de calcio (CaCO_3). Desde la pila, por medio de alimentadores vibratorios, la caliza es descargada en una banda transportadora, la cual la lleva hasta una criba vibratoria que la separa en dos fracciones, la fracción menor a 50 mm es trasladada mediante una banda transportadora a la pila de desecho, la fracción entre 50 a 100 mm de diámetro es depositada en un carro transportador (skip) que la sube hasta la entrada al horno vertical.

1.2.1.2 Proceso de Calcinación.

Dentro del horno vertical, la caliza atraviesa tres etapas:

En la primera etapa que corresponde a los 18 metros superiores del horno, la caliza se precalienta a una temperatura de 700°C

En la segunda etapa que corresponde a los siguientes 5 metros del horno se produce la calcinación a una temperatura cercana a 1200°C, proceso que convierte la caliza en cal viva u óxido de calcio (CaO). En este proceso se produce la siguiente reacción:



El calor necesario para que se produzca la reacción es obtenido mediante la combustión de búnker. Para esto el horno cuenta con un sistema de almacenamiento y suministro de búnker, suministro de aire primario para la combustión así como de un sistema de recirculación de gases de la combustión. Estos tres elementos son juntados y regulados por el sistema de combustión

del horno, el cual consta de doce quemadores, dispuestos en dos anillos de quemadores, cada uno de los cuales consta de seis quemadores distribuidos simétricamente alrededor del horno.

En los 11 metros finales del horno, la piedra calcinada (cal viva) es sometida a un proceso de enfriamiento. En total a una partícula de caliza le toma alrededor de 24 horas recorrer todo el horno con sus tres procesos: pre-calcinación, calcinación y enfriamiento.

1.2.1.3 Descarga y Almacenamiento.

La cal viva es descargada del horno por medio de alimentadores vibratorios a un transportador de cangilones, luego de lo cual pasa a una trituradora de martillos que reduce el producto hasta un tamaño menor a 10 mm. El material pulverizado es transportado mediante un elevador de cangilones al sitio de almacenamiento de cal viva (Silo de Cal Viva).



Adicionalmente a esto, cal viva es recibida desde la planta San Eduardo. El camión transportador que trae la cal viva la descarga directamente en la tolva de recepción, desde donde una banda transportadora la lleva a un silo independiente. Es decir, existe dos silos de almacenamiento de cal viva: el destinado para guardar la cal de San Eduardo y el destinado para la cal de Calcáreos Huayco S.A. Cualquiera de los silos de almacenamiento está listo para entregar materia prima para que se integre al proceso.

1.2.2 Hidratación Y Molienda.

La cal viva es descargada de los silos de almacenamiento por medio de bandas dosificadoras y a través de gusanos transportadores es alimentada al hidratador.

En el hidratador, a la cal viva se le añade agua para convertirla en cal apagada o hidróxido de calcio. La reacción que ocurre es la siguiente:



Esta cal apagada es transportada por medio de un elevador de cangilones desde el hidratador a un primer separador tipo ciclón de aire, donde la cal hidratada es separada en dos fracciones: gruesa (mayor a 75 μm) y fina (menor a 75 μm). La fracción fina es mayormente hidróxido de calcio por lo que es transportada neumáticamente a los silos de almacenamiento de cal hidratada para su posterior envase y despacho.

La fracción gruesa del separador es transportada por medio de un elevador de cangilones a una zaranda. Las partículas mayores a 10 mm. Son normalmente crudos del proceso de calcinación que no pudieron ser hidratados. Estas partículas constituyen un subproducto denominado cal agrícola el cual es trasladado mediante gusanos transportadores a un silo donde

posteriormente es aprovechado en la piedra base y sub-base para la construcción de carreteras.

Las partículas menores a 10 mm. son pulverizadas por un molino de bolas y reciclado a un segundo separador tipo ciclón de aire donde se produce una separación en dos fracciones. Los gruesos vuelven a pasar y a reciclarse por el molino de bolas y por el separador, y los finos (partículas menores a 75 $\mu\text{m}.$) en caso de tener como materia prima cal viva de Huayco son transportados neumáticamente a los silos de cementina (cal hidratada de menor calidad), en cambio si la producción es con cal viva de San Eduardo son transportados a los silos de cal hidratada. Esto ocurre debido al mayor porcentaje de crudos (caliza que no se transformó en óxido de calcio) obtenidos en el horno de Huayco en comparación con el de San Eduardo.

1.2.3 Envasado

La cal hidratada, en sus nombres comerciales de Cal P-24, Cementina y Albalux, es llevada a los clientes en sacos de 25 Kg. Para esto el producto que se encuentra en los silos de almacenamiento es extraído y transportado por medio de un sistema de gusanos y elevador de cangilones a una tolva que se encuentra ubicada encima de la envasadora. En la envasadora los sacos son llenados con el producto y transportados mediante bandas a los camiones de los clientes o almacenados en la bodega de producto terminado.

Capítulo 2



2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA:

2.1 Antecedentes

El horno vertical (ver figura 2.1) instalado en 1982, necesita repararse cada dos años aproximadamente ¹, las tres últimas reparaciones han sido llevadas a cabo en las siguientes fechas: 18 de Marzo al 20 de Abril de 1994, 15 de Junio al 15 de Julio de 1996, 18 de Diciembre de 1998 al 21 de Enero de 1999. Las reparaciones consisten en:

- ♦ Reparación íntegra del enladrillado refractario.
- ♦ Mantenimiento electromecánico de equipos auxiliares del horno.

¹ Anteriormente el mantenimiento se lo realizaba cada año, pero el proceso de optimización del horno llevado a cabo por la actual administración ha permitido aumentar la vida útil del horno.

- ♦ Mantenimiento electromecánico de equipos complementarios al horno

Para la reparación del enladrillado refractario, se realiza una inspección del mismo dos días después de haber apagado el horno para determinar las fallas y causas del daño de los ladrillos refractarios. Una vez determinada las fallas y cuantificado la cantidad de ladrillos refractarios a usar, se suben a una plataforma, que es parte de la estructura del horno, las herramientas necesarias como cortadoras y los palets de ladrillos refractarios (ver figura 2.2 y 2.3); a continuación se retiran los ladrillos en mal estado y aquéllos que trabajan en zonas críticas, y después se procede al enladrillamiento interno del horno (ver figura 2.4).

El proceso de subir las herramientas y los palets de ladrillos refractarios se lo llevaba a cabo con una grúa previamente contratada. Esta operación requería como mínimo 16 horas de trabajo de grúa, lo que ocasionaba ingentes gastos a la empresa además de los problemas de coordinación con las empresas proveedoras del servicio de grúa.



FIGURA 2.1. HORNO VERTICAL

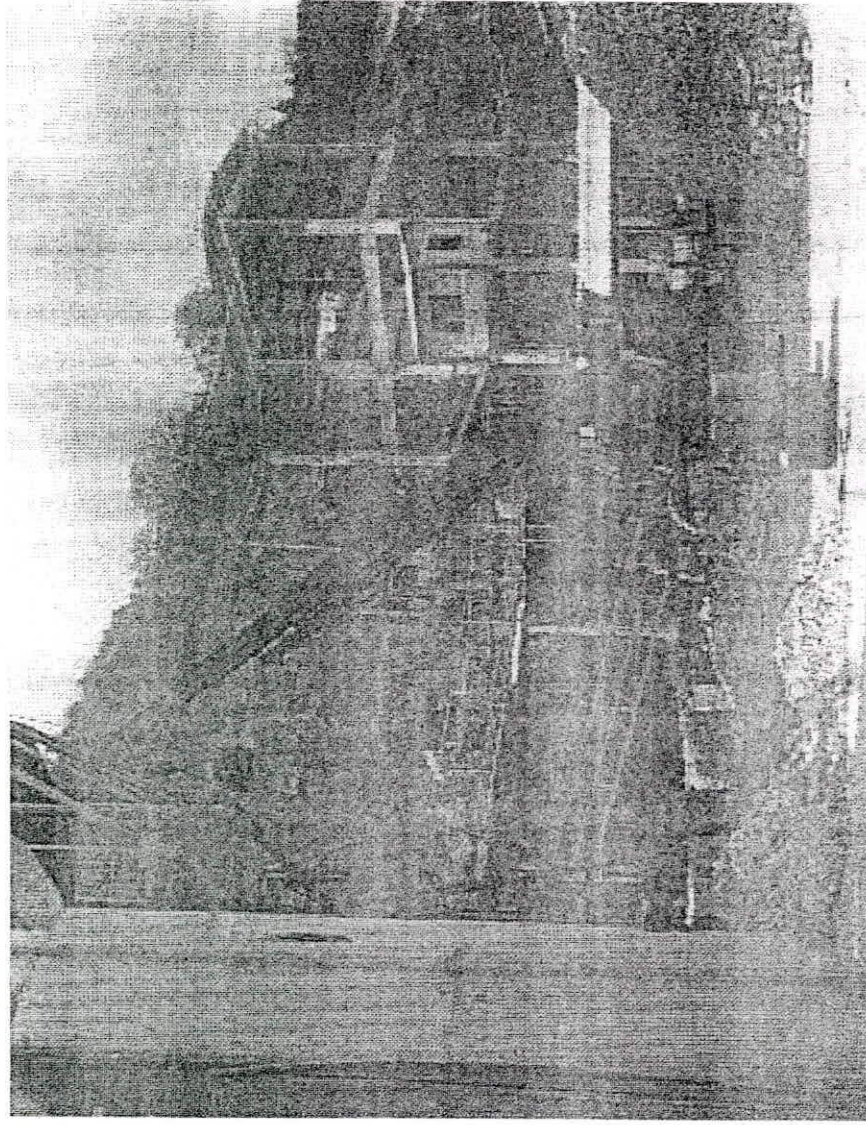


FIGURA 2.2. OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE LADRILLOS
REFRACTARIOS AL HORNO.



**FIGURA 2.3. OPERACIÓN DE SUBIR CORTADORA DE LADRILLOS
REFRACTARIOS AL HORNO.**

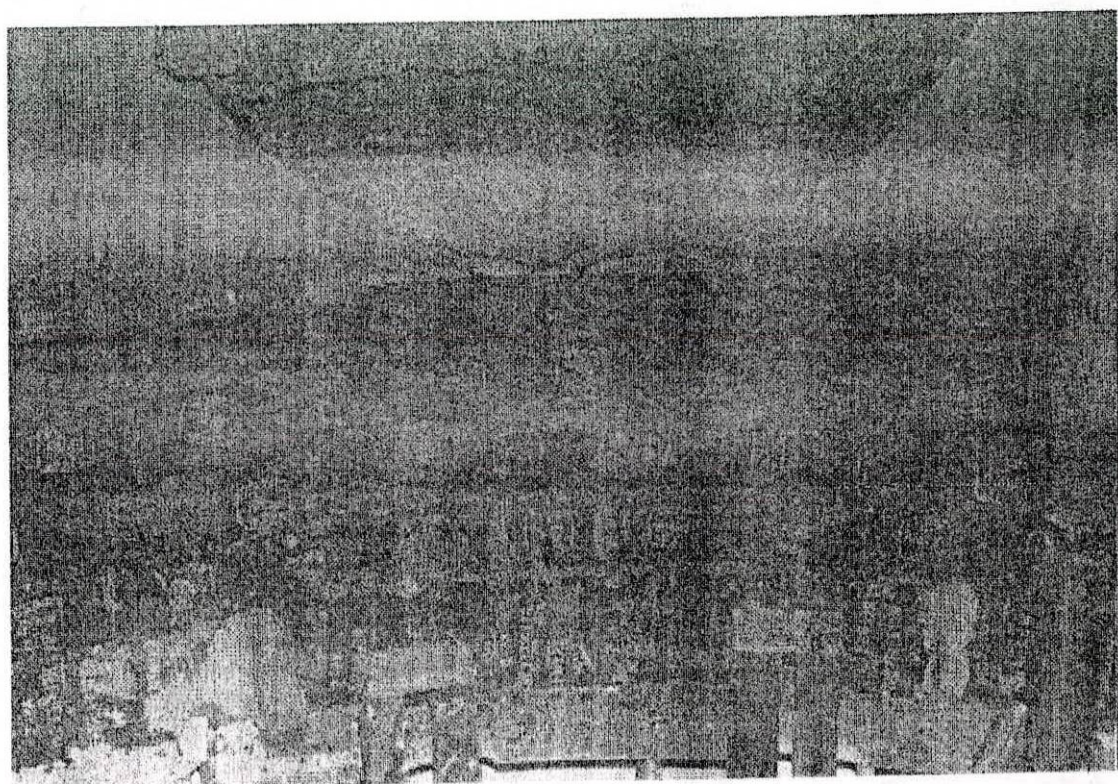


FIGURA 2.4. ENLADRILLADO INTERNO DEL HORNO

2.2 Decisión Gerencial de Afrontar el Problema.

Los altos costos de contratación del servicio de grúa y la dificultad de coordinación de dicho servicio llevaron a la empresa a plantear un cambio a dicho procedimiento, para lo cual se encargó al departamento técnico realizar una propuesta para un procedimiento alternativo.

Esta decisión se la realizó en el mes de Julio de 1998, y la solución debería estar funcionando en las primeras semanas de Diciembre de 1998 para que sirviera en la reparación del horno que se llevaría a cabo en los meses de Diciembre de 1998 y Enero de 1999.



Capítulo 3

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Formulación del Problema.

A fines de Septiembre de 1998, me incorporé a laborar en Agregados Rocafuerte como Ingeniero de Operación y Mantenimiento dando servicios a la planta Huayco de Agregados Rocafuerte como a la planta Huayco de Industrias Rocacem productora de cal; después de haber pasado tres semanas de entrenamiento en la cual me tenía que familiarizar con los procesos, equipos y demás asuntos relativos a las dos plantas; mi primera asignación fue la de proponer una alternativa al transporte de palets de ladrillos refractarios a la plataforma de trabajo del horno vertical. Esta asignación la recibí a mediados del mes de Octubre de 1998 y la solución escogida debería estar funcionando en la

segunda quincena de Diciembre de 1998, por lo que se tenía una restricción de tiempo.

Esta tarea abarcaría todas las actividades transcurridas entre el reconocimiento de un problema y la especificación de una solución que sea satisfactoria (proceso de diseño), así como la construcción propiamente dicha.

El primer paso en este proceso consistió en definir el problema en su forma más amplia y sin detalles. Generalmente la mayor parte de las ocasiones en que se decide enfrentar un problema se comienza buscando soluciones; esto, en la mayor cantidad de casos no nos lleva a la solución más satisfactoria por diversos motivos, el principal de ellos es restringirnos a un campo limitado de soluciones.

Para esta definición se tomaron en cuenta los comentarios acerca del problema por parte de los usuarios, entre los que incluían la jefatura de la planta de cal quien sería el usuario principal así como de la jefatura de mantenimiento quien sería el usuario secundario de la solución; todos los requerimientos de los usuarios fueron verificados por el

diseñador acudiendo a los sitios donde se encontraba el problema. Los objetivos de esta formulación del problema eran:

- ♦ Saber en qué consistía el problema.
- ♦ Determinar si dicho problema merecía nuestra atención.
- ♦ Obtener una buena perspectiva del problema para no restringirnos a un rango limitado de soluciones.

Nuestra metodología fue expresar el problema en los términos más generales posibles, identificando dos estados A y B. El estado A, inicial, que es donde nos encontramos en un principio; y el estado B, final, que es a dónde queremos llegar.

ESTADO A

Palets de ladrillos refractarios en
bodega de ladrillos refractarios
(ver figura 7)



ESTADO B

Palets de ladrillos refractarios en
la plataforma de trabajo del
horno.

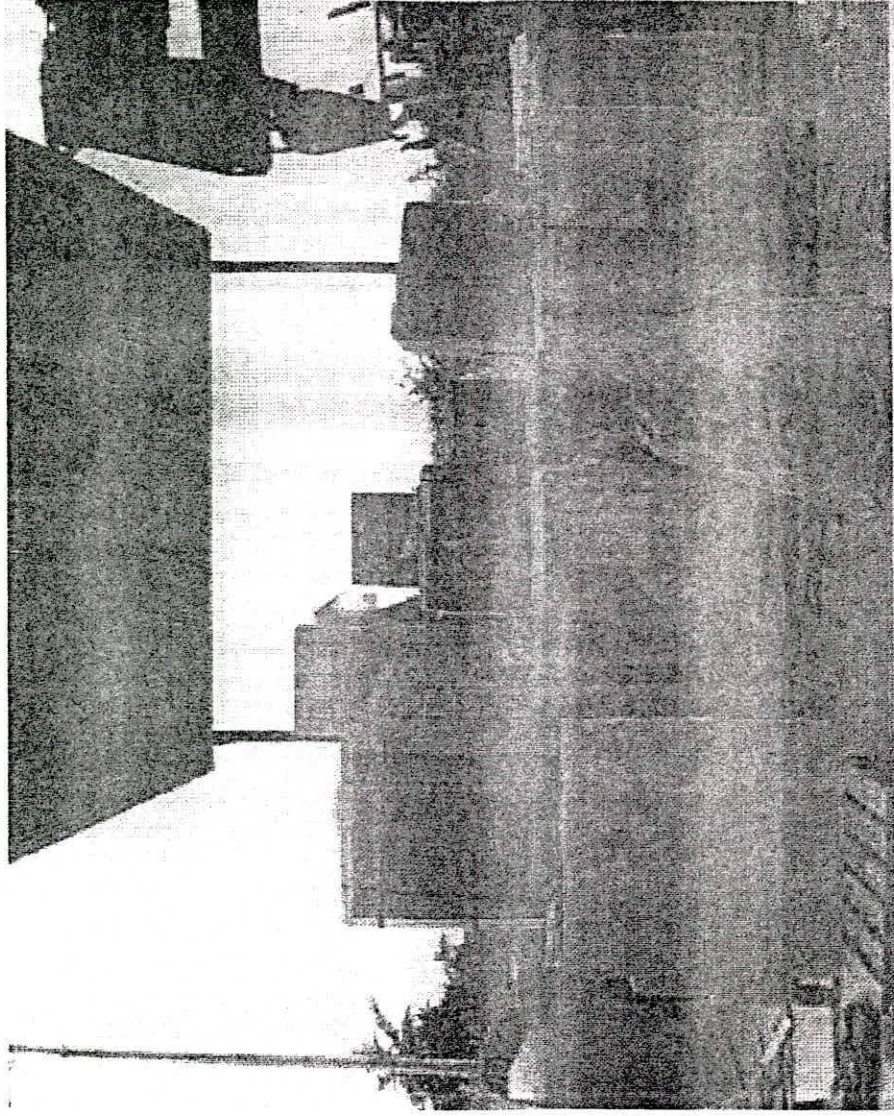


FIGURA 3.1. BODEGA DE LADRILLOS REFRACTARIOS

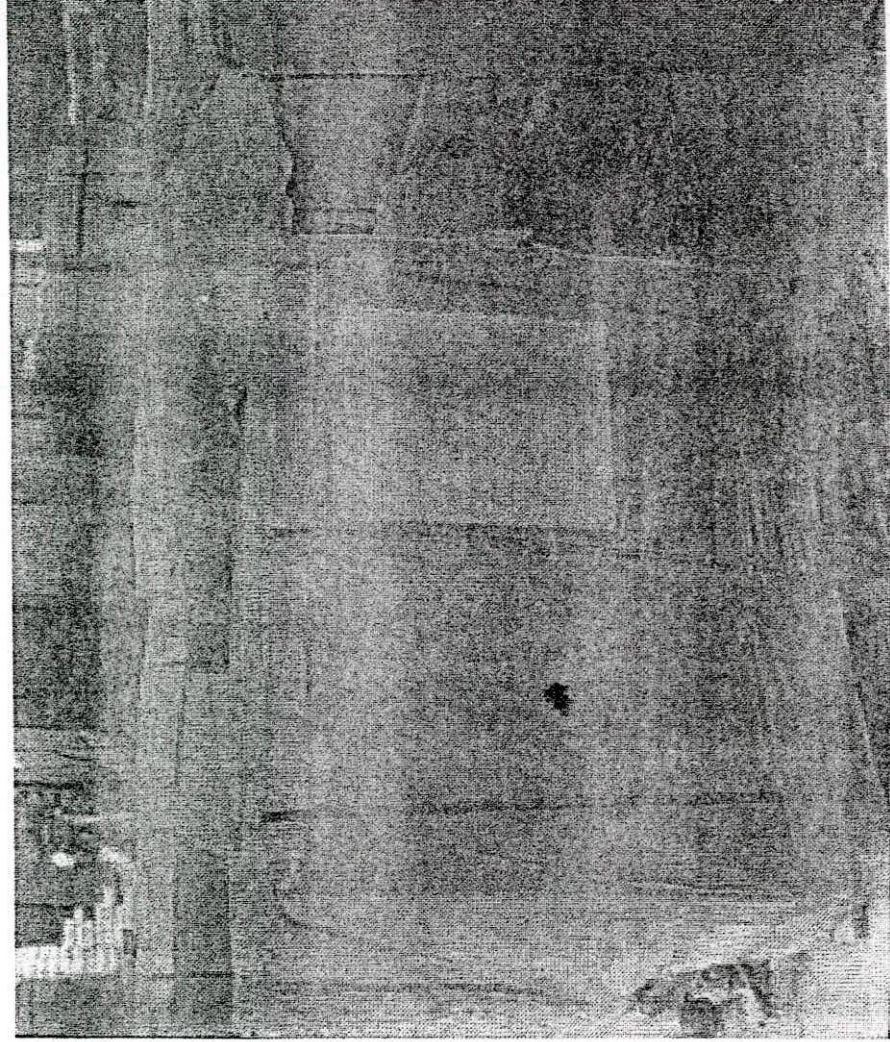


FIGURA 3.2. PALETS DE LADRILLOS REFRACTARIOS

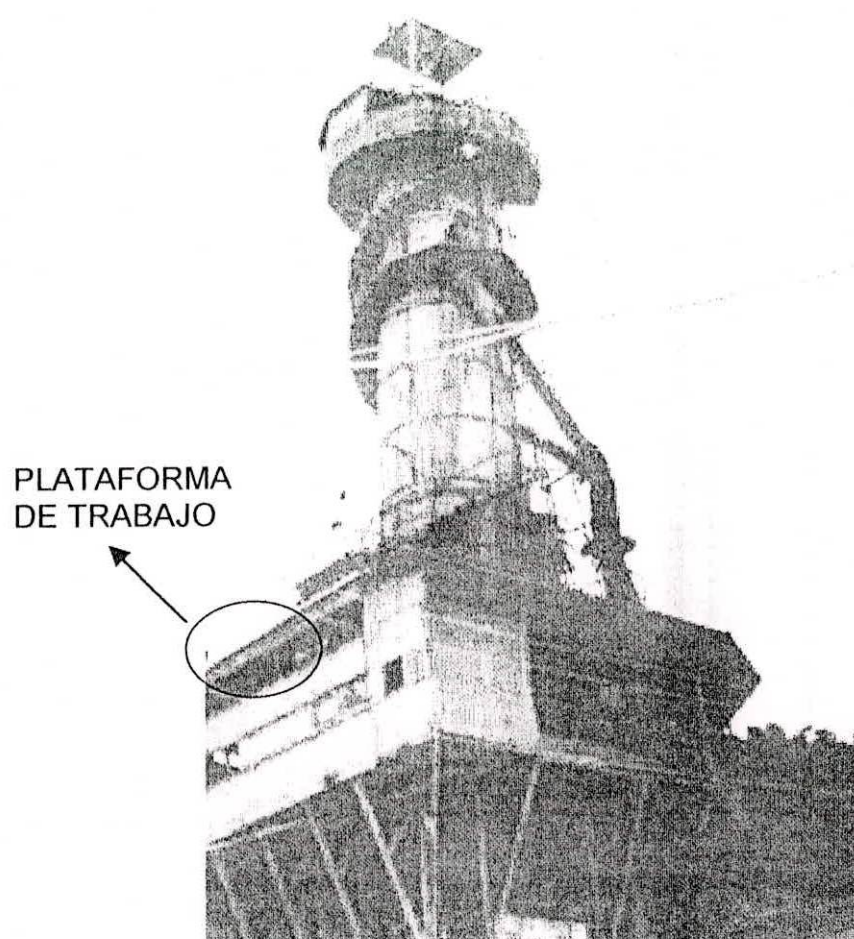


FIGURA 3.3. PLATAFORMA DE TRABAJO DEL HORNO.

3.2 Análisis del Problema.

En la formulación del problema es suficiente con identificar los estados A y B. Sin embargo, para resolver el problema es necesario saber más acerca de los estados inicial y final. Por lo tanto, durante esta etapa del proceso de diseño es necesario determinar y analizar las características de entrada y salida de los estados A y B. Dichas características pueden ser variables o constantes.

Sobre las características constantes, no podemos actuar, pero siempre van a estar presentes, inmutables e influyendo sobre el problema, debido a nuestra incapacidad de cambiarlas no se las considera para el análisis. En cambio sobre las características variables, se puede actuar ideando alguna manera de modificarlas.

Estas características dinámicas son las denominadas variables de entrada y variables de salida. En nuestro caso el análisis de estas características se lo realizó inmediatamente después de definir el problema.

Las variables de entrada, que son las características que permiten diferenciar entre los diferentes estados iniciales y que además influyen en la búsqueda y selección de soluciones, en nuestro caso serán:

♦ Número de palets a trasladar: 80

El número de palets a trasladar se considera una variable importante de entrada, porque modificaría la selección de la solución; así si tenemos un número pequeño de palets a trasladar probablemente utilizaríamos un método manual de trasladarlos, en cambio si es un número alto probablemente elegiríamos un método automatizado.

♦ Tamaño máximo del palet (H x W x L): 1.00 x 1.20 x 1.30 m.

Esta variable fue tomada midiendo los palets que habían llegado de la importación de ladrillos refractarios, se tomó como tamaño máximo las dimensiones del palet más grande.

El tamaño del palet puede ir variando, y dicha variación va a influir sobre la solución (método, dimensiones) escogida para realizar el traslado de los palets, si el palet es pequeño lo podría manipular una persona o

máquina pequeña, si el palet es grande las dimensiones del equipo utilizado para realizar el trabajo serían mayores.

♦ Peso máximo de Palet: 2011 Kg.

Esta variable fue tomada de los datos de aduana de los palets y reconfirmada pesando dicho palet en la balanza camionera de la empresa.

El peso del palet es definitivamente una variable de entrada con gran influencia en la selección de la solución del problema, su variación nos traería un gran espectro de soluciones; así si un palet pesara menos de 20 Kilogramos la fuerza de una persona bastaría para subir el palet, por el otro lado si el palet pesara varios miles de Kilogramos se necesitaría un método mecánico para lograr multiplicar la fuerza y de esta manera subir el palet.

♦ Ubicación de Palets Bodega de Ladrillos Refractarios

La ubicación de los palets es en apariencia una variable que no tiene influencia en la selección de la solución; pero dicha variable nos restringe el número de soluciones, así si los palets estuvieran ubicados



cerca de la plataforma del horno se podría usar un transporte directo de los palets, en el caso contrario tendríamos que usar dos o más etapas de transporte para el traslado de los palets.

Las variables de salida, que son las características que permiten diferenciar entre los diferentes estados finales y que además influyen en la búsqueda y selección de soluciones, en nuestro caso serán:

♦ Cantidad máxima de palets en sitio de trabajo: 6

Este valor fue dado por la jefatura de planta de cal tomando en cuenta la disposición de espacio para la realización de trabajos necesarios en la reparación del horno.

La cantidad de palets que se pueden almacenar en la plataforma de trabajo del horno es una variable de salida que va a modificar la selección de la solución, si tuviéramos una capacidad muy grande de almacenamiento se consideraría un método continuo de traslado de los palets, en cambio si la capacidad de almacenamiento fuera limitada utilizaríamos un método intermitente de trabajo.

◆ Ubicación de palet

Plataforma de trabajo del

horno.

La ubicación final del palet es quizás la variable más importante del proceso. La modificación de la altura de la ubicación final variaría la solución del problema, si la ubicación final del palet fuera al nivel del suelo se podría solucionar el problema con una banda transportadora horizontal o utilizar un método manual de traslado de los palets, por el otro lado si la ubicación final fuera en un punto de gran altura habría que utilizar una grúa para lograr el objetivo propuesto.

Así también será necesario definir las restricciones de nuestro sistema.

Una restricción es una característica que se fija previamente por una decisión, por la naturaleza, por requisitos legales o por cualquier otra disposición a la cual tenga que ajustarse la persona encargada de encontrar una solución al problema. En nuestro caso algunas restricciones estuvieron claras desde el principio del proceso de diseño, como la de la fecha de entrega de la obra; otras restricciones fueron apareciendo a medida en que nos adentrábamos en el análisis del

problema, como la del uso de malacate dado de baja; en resumen las restricciones a nuestro problema van a ser:

- ♦ La solución tendría que estar operativa a fines de la primera quincena del mes de Diciembre de 1998.(fecha impuesta desde el principio del proyecto por la gerencia de la empresa).
- ♦ En caso de usar energía eléctrica, debe de ser 440 Voltios, trifásica y utilizar una frecuencia de 60 Hertz. Esta es la alimentación eléctrica industrial más común en Ecuador.
- ♦ Debe en lo posible usar materiales que se encuentren en la empresa (malacate dado de baja anteriormente usado en una hormigonera, y perfiles recuperables ubicados en la chatarra).
- ♦ El costo de instalación no debe superar los U.S. \$ 5000, restricción impuesta por la gerencia.

Los criterios son las características o reglas que nos permitirán evaluar cada alternativa de solución, para poder escoger entre ellas la solución más óptima. Es de señalar que los criterios cambian muy poco entre los diferentes problemas, lo que varía significativamente es la importancia relativa de cada uno de estos criterios para evaluar las diferentes

opciones de solución. En nuestro caso los criterios para evaluación de las diferentes alternativas de solución serán:

- ♦ Costos de instalación, operación y mantenimiento
- ♦ Seguridad
- ♦ Operabilidad
- ♦ Disponibilidad

3.3 Búsqueda de Soluciones.

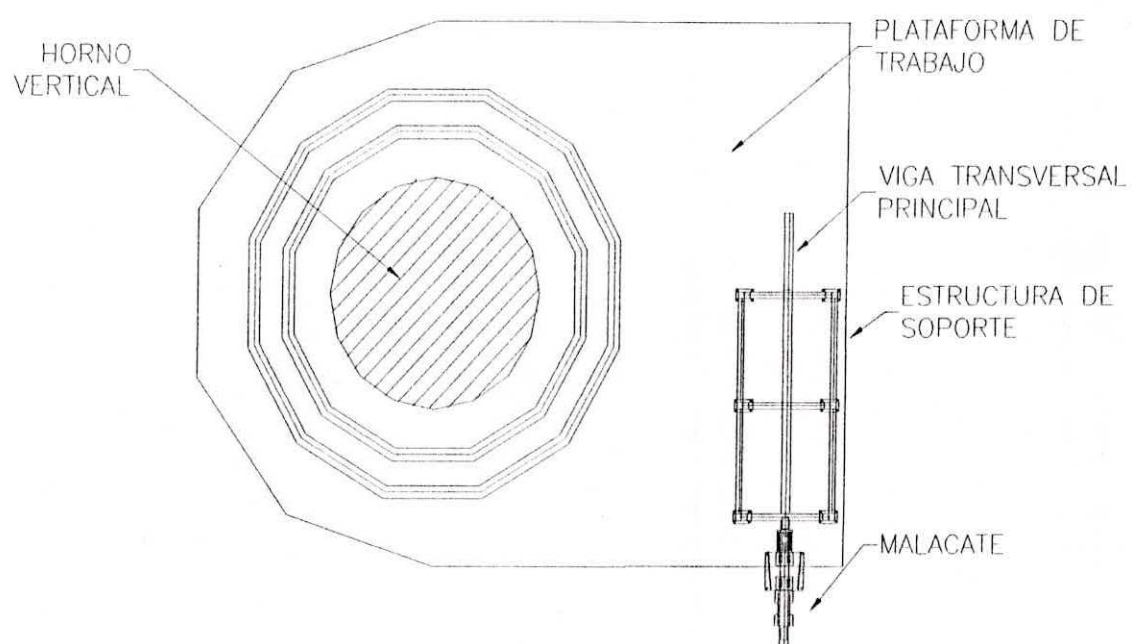
Una vez formulado y analizado el problema, se empezó a buscar alternativas que representaran una solución al problema. Esto se realizó en una sesión de trabajo del departamento técnico conjuntamente con el departamento de mantenimiento de la empresa. Las personas que participaron en esta sesión de trabajo fueron: Guillermo Soriano, ingeniero de operación y mantenimiento; Ing. Víctor Neira, ingeniero de operación y mantenimiento; Ing. Johnny Ramos, ingeniero eléctrico; Tnlgo. Gonzalo Herrera, jefe de mantenimiento. Es oportuno señalar que las diferentes opciones operarían en la plataforma de trabajo del horno (ver figura 9). Las soluciones propuestas fueron las siguientes:

1. **Instalación de grúa corrediza.** En esta alternativa la grúa se trasladará a lo largo de una viga transversal, la carga subirá a una altura superior a la de la plataforma de trabajo, y posteriormente se deslizará la grúa mediante ruedas en la viga transversal. Esta opción nos permitirá tener seis palets de ladrillos refractarios almacenados en la plataforma de trabajo del horno. Para ello es necesario montar una estructura en la plataforma de trabajo del horno (20 metros por encima del nivel del piso) que soporte la carga de la grúa corrediza más la del palet de mayor peso, y recuperar el malacate dado de baja por la empresa adaptándole unas ruedas que servirán para que el malacate se traslade a lo largo de la viga, así como cambiar el diseño del tambor recolector de cable. (Ver figura 3.4 y 3.5).

2. **Instalación de grúa estática.** En la cual el malacate quedará fijo en la parte superior de una estructura y con un sistema de poleas se subirán los palets. La carga quedará a una altura superior a la de la plataforma de trabajo y será asentada en un carrito que se moverá a lo largo de un par de vigas en voladizo, posteriormente los palets serán llevados en los carritos al sitio final de trabajo. Una vez que se

desocupe algún palet tendremos libre un carrito para volver a utilizarlo en subir otro palet. Para lograr esto era necesario montar una estructura en la parte superior del horno, instalar un sistema de poleas que nos permita subir la carga, recuperar el malacate dado de baja y construir seis carritos de apoyo de palets. (Ver figura 3.6 y 3.7).

3. **Alquilar grúa móvil**, la cual era la alternativa usada hasta ese momento, que consistía en alquilar uno de estos equipos a empresas proveedoras de este servicio (Mamut Andino, Quintana, Azar, etc.); una vez acordado la hora y fecha se procedía a subir los palets de ladrillos refractarios en coordinación con el jefe de la planta de cal. Este procedimiento producía bastantes tiempos muertos así como dificultad en la coordinación de las labores a llevar a cabo. (Ver figura 2.2).



VISTA DE PLANTA DE PLATAFORMA DE TRABAJO
DE HORNO VERTICAL. NIVEL +20.00 m

FIGURA 3.4. VISTA DE PLANTA DE GRÚA CORREDIZA.

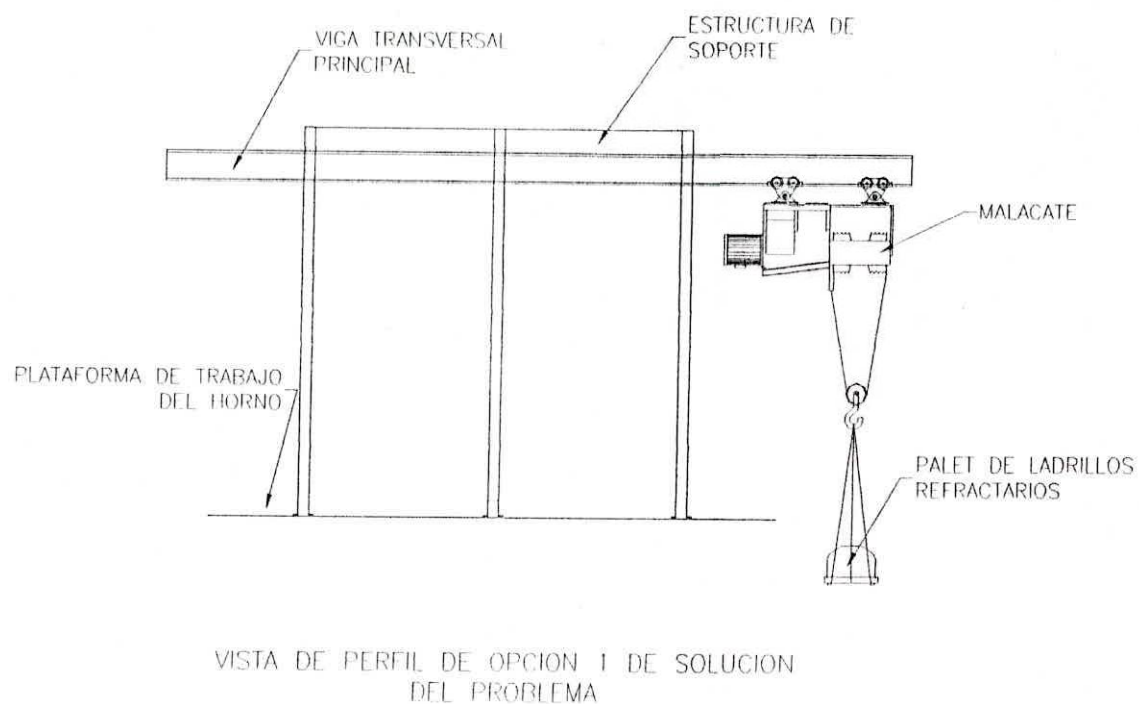
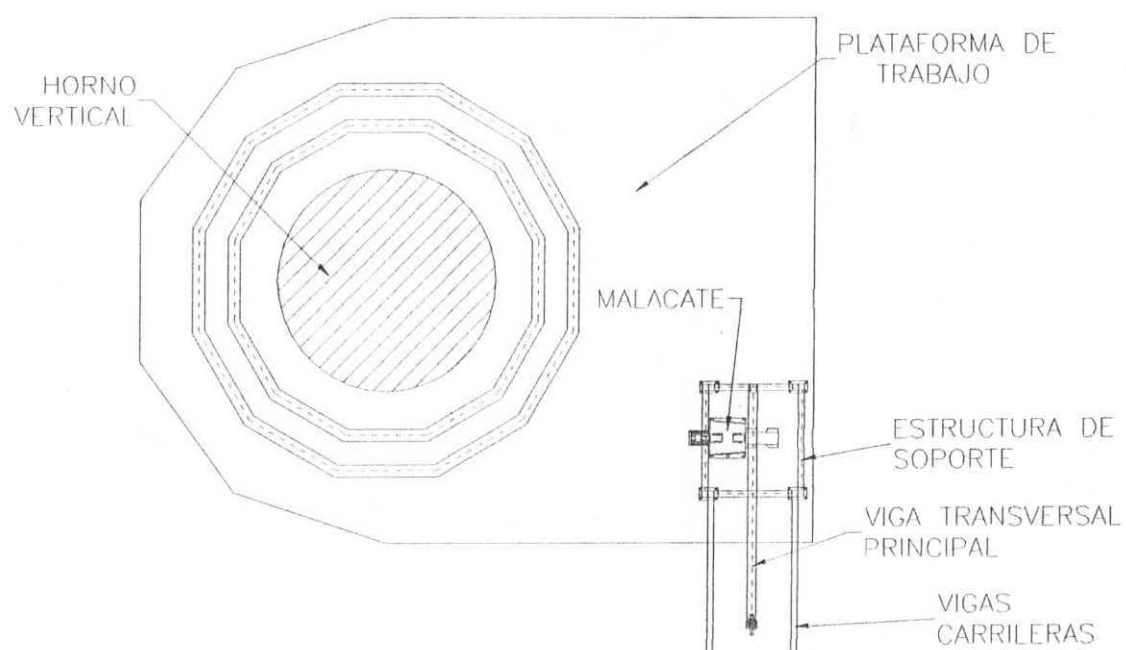
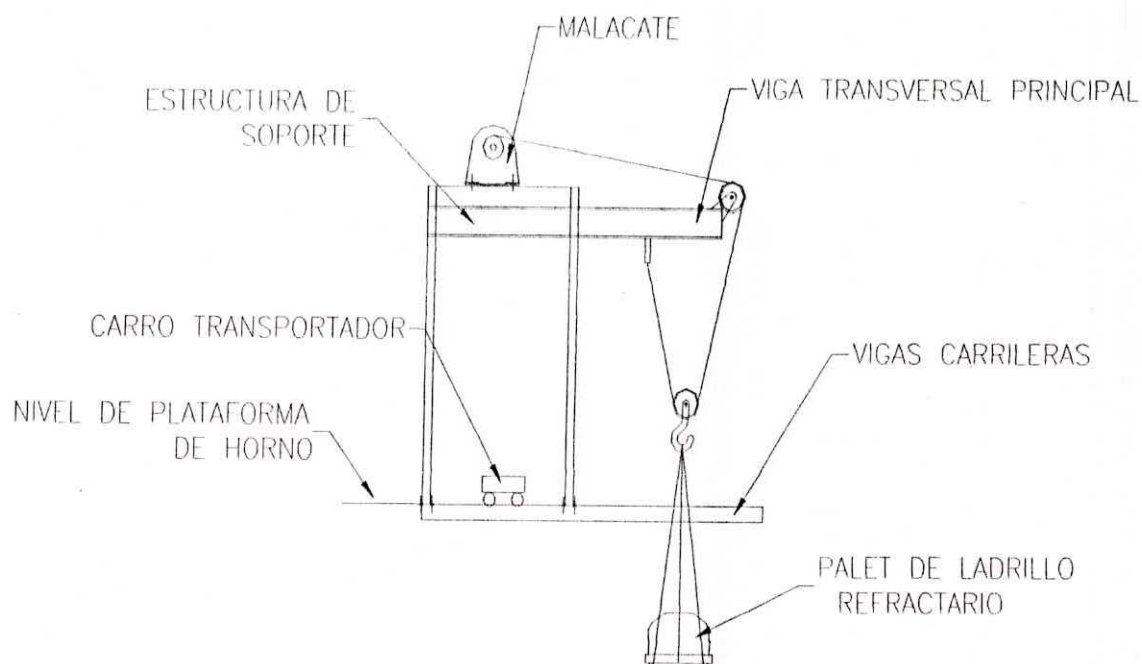


FIGURA 3.5. VISTA DE PERFIL DE GRÚA CORREDIZA.



VISTA DE PLANTA DE PLATAFORMA DE TRABAJO
DE HORNO VERTICAL. NIVEL +20.00 m

FIGURA 3.6. VISTA DE PLANTA DE GRÚA ESTÁTICA.



VISTA DE PERFIL DE OPCION 2 DE SOLUCION
DEL PROBLEMA

FIGURA 3.7. VISTA DE PERFIL DE GRÚA ESTÁTICA.

3.4 Selección de la Solución.

Una vez que se ha ampliado el número y la variedad de soluciones, es necesario contar con un procedimiento de selección que reduzca estas alternativas a la solución preferible.

Para esto nosotros vamos a utilizar el siguiente procedimiento de selección de la alternativa de solución:

1. Seleccionar los criterios y determinar su importancia relativa;
2. Predecir el funcionamiento de las soluciones alternativas con respecto a tales criterios;
3. Comparar las alternativas sobre la base de los funcionamientos predichos,
4. Hacer la elección de la alternativa más conveniente.

En nuestro caso los criterios con los cuales se van a analizar cada alternativa serán (en orden de importancia relativa):

- ♦ **Costos de instalación, operación y mantenimiento:** los cuales se van a analizar en un período de cinco años (es decir; dos reparaciones del horno), siendo más conveniente la alternativa que tenga los menores costos. Este criterio tendrá una importancia relativa de 40 sobre 100 puntos posibles.
- ♦ **Operabilidad:** en este criterio se analizará subjetivamente por parte del diseñador, la facilidad de operación de la alternativa sugerida. Su importancia relativa será de 20 sobre 100 puntos posibles.
- ♦ **Seguridad:** en este criterio se analizará subjetivamente que tan seguro es la alternativa para el ser humano y para el medio ambiente. Su importancia relativa será de 20 sobre 100 puntos posibles.
- ♦ **Disponibilidad:** aquí se analizará la disponibilidad que se tiene del equipo. Su importancia relativa será de 20 sobre 100 puntos posibles.

Es de notar que la suma de la importancia relativa de cada uno de los criterios anteriormente expuestos es de 100 puntos.

Análisis de la primera alternativa, Instalación de Grúa Corrediza.

Costos de Instalación, Operación y Mantenimiento.

Costos de Instalación

Costos de materiales: este ítem incluye 6 canales de 100 x 100 x 4 mm, 6 perfiles IPN-160, 40 metros de cable de ½", polea con su respectivo gancho, más la soldadura respectiva, se estima.

Total US\$1650

Costo de Mano de Obra: para este rubro se supone que se necesitarán 400 horas-hombre entre soldadores y mecánicos (250 de estas horas-hombre se utilizarán en la instalación de la estructura y 150 en la recuperación del malacate).

Total US\$500

Gran Total US\$2150

Costos de Operación

Costo de Energía Eléctrica: en este rubro se supone un costo de KWH. De \$0.02; se estima un consumo de 2000 KWH en cada reparación del horno

Total US\$40 en cada reparación, US\$100 cada cinco años.

Costos de Mantenimiento: este costo se basa en una inspección anual de ½ hora de duración \$ 4, cambio de aceite del reductor del malacate \$30 y lubricación continua del cable \$6, mantenimiento integral del equipo cada reparación del horno.

Total US\$144 cada reparación, US\$ 360 cada cinco años.

Total de Costos de Instalación, Operación y Mantenimiento.

US\$2610

Por esta ser la alternativa más barata se le asigna un puntaje de 40 puntos

Operabilidad, el sistema de grúa corrediza tiene una alta operabilidad por lo que se asigna una calificación de 18 puntos en este criterio.

Seguridad, el sistema de grúa corrediza tiene una alta seguridad tanto para los usuarios como para el medio ambiente por lo que se asigna una calificación de 20 puntos en este criterio.

Disponibilidad, el sistema de grúa corrediza tiene una disponibilidad total para su uso dentro de la empresa por lo que se asigna una calificación de 20 puntos en este criterio.

El puntaje total de esta alternativa es de 98 puntos

Análisis de la segunda alternativa, Instalación de Grúa Estática.**Costos de Instalación, Operación y Mantenimiento.****Costos de Instalación**

Costos de materiales: este ítem incluye 6 canales de 100 x 100 x 4 mm, 6 perfiles IPN-160, 40 metros de cable de ½", polea con su respectivo gancho y soldadura, además se incluye el material necesario para la construcción de los carritos de apoyo de los palets, se estima:

Total US\$1800

Costo de Mano de Obra: para este rubro se supone que se necesitarán 525 horas-hombre entre soldadores y mecánicos (250 de estas horas-hombre se utilizarán en la instalación de la estructura, 150 en la recuperación del malacate y 125 en la construcción de los carritos necesarios para apoyar los palets).

Total US\$600

Gran Total US\$2400

Costos de Operación

Costo de Energía Eléctrica: en este rubro se supone un costo de KWH. De \$0.02; se estima un consumo de 2000 KWH en cada reparación del horno

Total US\$40 en cada reparación, US\$100 cada cinco años.

Costos de Mantenimiento: este costo se basa en una inspección anual de ½ hora de duración \$ 4, cambio de aceite del reductor del malacate \$30 y lubricación continua del cable \$6, mantenimiento integral del equipo cada reparación del horno.

Total US\$144 cada reparación, US\$ 360 cada cinco

Total de Costos de Instalación, Operación y Mantenimiento.

US\$2860

Por ser esta alternativa 10% más cara que la alternativa 1 se la asigna un puntaje de 36 puntos

Operabilidad, el sistema de grúa estática tiene una operabilidad media debido a la dificultad que tiene la carga para pasar por las vigas en voladizo que hacen de asiento para los carritos (ver figuras 3.6 y 3.7), por lo que se asigna una calificación de 10 puntos en este criterio.

Seguridad, el sistema de grúa estática tiene una seguridad media debido a que el operario tendrá que caminar en las vigas en voladizo para llevar y sacar los carritos en donde se asientan los palets, por lo que se asigna una calificación de 10 puntos en este criterio.

Disponibilidad, el sistema de grúa estática tiene una disponibilidad total para su uso dentro de la empresa por lo que se asigna una calificación de 20 puntos en este criterio.

Esta alternativa tendrá un total de 76 puntos



Análisis de la Tercera alternativa, Alquiler de Grúa.

Costos de Alquiler

Horas aproximadas de uso en un período de 5 años: 104

Costo aproximado de la hora de grúa: US\$30 / hora.

Costo total: US\$3120

Por ser esta alternativa un 40 % más cara que la alternativa 1 se le asigna un puntaje de 24 puntos

Operabilidad, el alquiler de grúa tiene una operabilidad alta, por lo que se asigna una calificación de 20 puntos en este criterio.

Seguridad, el alquiler de grúa estática tiene una seguridad alta tanto para los usuarios como para el medio ambiente por lo que se asigna una calificación de 20 puntos en este criterio.

Disponibilidad, el sistema de grúa estática tiene una disponibilidad baja que depende de la coordinación a realizar entre el usuario y la empresa proveedora de este servicio por lo que se asigna una calificación de 5 puntos en este criterio.

Esta alternativa tendrá un total de 69 puntos.

Por ser la alternativa de instalación de grúa corrediza la que más puntaje acumuló (98 puntos) esta será la alternativa a implantar.

La Tabla II muestra un resumen del puntaje asignado a cada una de las alternativas.

Tabla II Evaluación de Alternativas de Solución

	Costos de Instalación, Operación y Mantenimiento	Operabilidad	Seguridad	Disponibilidad	Total
Grúa Corrediza	40	18	20	20	98
Grúa Estática	36	10	10	20	76
Alquiler de Grúa	24	20	20	5	71

3.5 Especificación de la Solución.

En este punto se realiza un diseño de forma más detallado, se realizan los cálculos, se dimensionan los elementos a utilizar, y se realizan los planos del diseño final.

Para lograr este objetivo se ha decidido dividir la obra en tres secciones, cada una de las cuales tendrá sus propios análisis, cálculos, dimensionamiento de los elementos a utilizar y sus planos de diseño; estas partes son:

- ♦ Estructural
- ♦ Mecánica
- ♦ Eléctrica

Especificación Estructural de Grúa Corrediza.

La estructura sobre la cual se va a apoyar la grúa corrediza va a tener la siguiente forma:

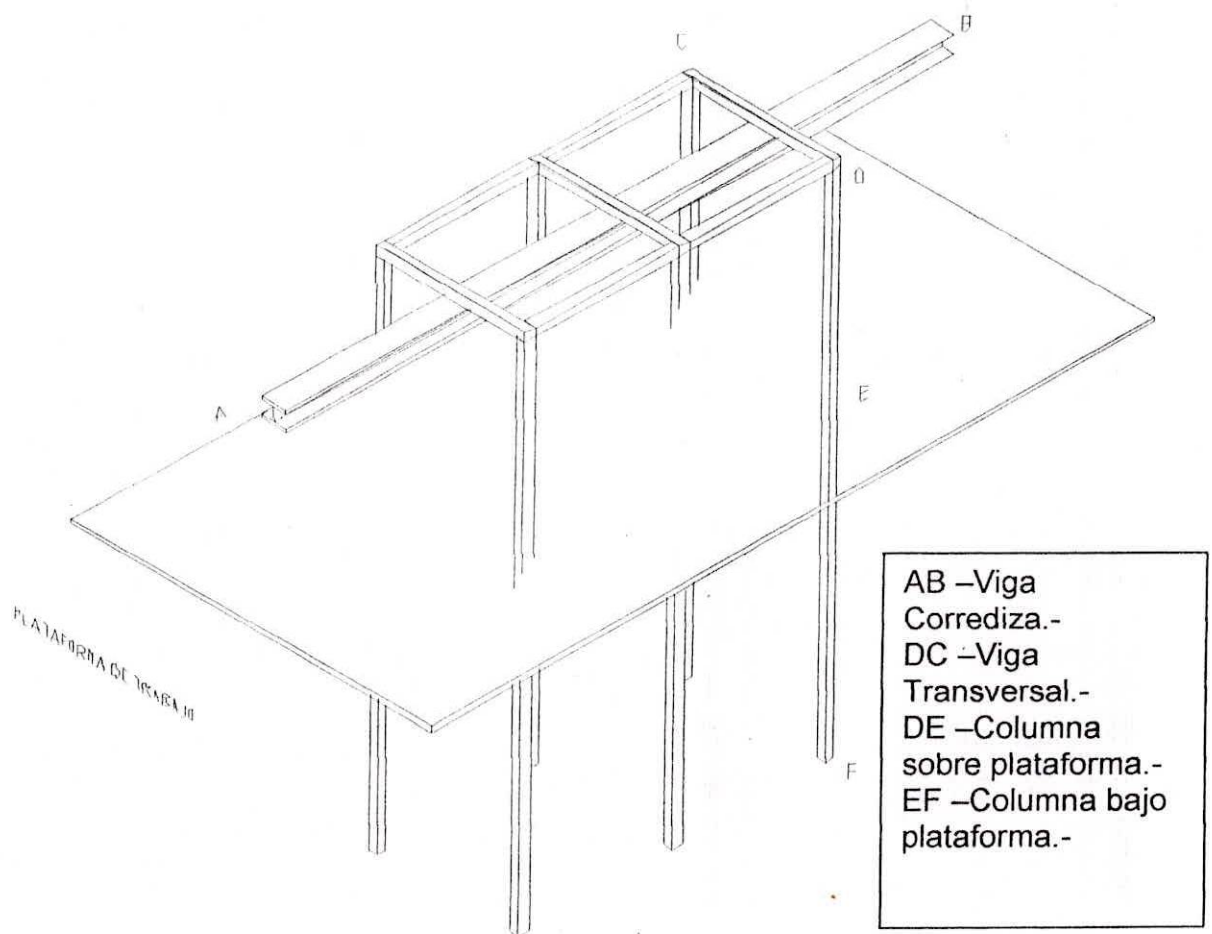


FIGURA 3.8. Vista en tres dimensiones de estructura de grúa corrediza

Cabe anotar que esta estructura será construida con perfiles que utilicen acero estructural A-36, se elige este acero por ser el de más amplio uso en el mercado y el más conveniente por su relación resistencia – costo, sus propiedades serán las siguientes:

$$S_y = 248 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ (Resistencia a la Fluencia).}$$

$$E = 207 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \text{ (Módulo de Elasticidad).}$$

Cálculo de Viga Corrediza

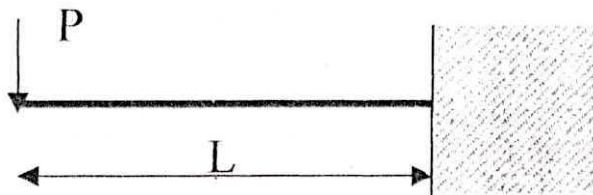


FIGURA 3.9. MODELO DE VIGA EN CANTILÍVER

Esta es la viga A-B, donde se deslizará el malacate, para efectos de dimensionamiento del referido elemento se lo modela como una viga empotrada o en cantiliver

$$P = 2800 \text{ Kg}$$

$$L = 2.00 \text{ m.}$$

$\eta = 2$ (factor de seguridad), para diseño de estructuras se considera normal un factor de seguridad de 1.4 a 2.0, nosotros hemos decidido irnos por el lado más conservador.

$M_{\max} = P * L$ (Fórmula 1- cálculo del momento flexionante máximo para una viga en cantílever)

$$M_{\max} = 2800 \text{ Kg.} * 9.8 \text{ m/s}^2 * 2 \text{ m} = 54880 \text{ N m}$$

$\eta = \sigma / S_y$ (Fórmula 2 – Definición de factor de seguridad)

$\sigma = M_{\max} / c$ (Fórmula 3 – Cálculo del esfuerzo máximo en una viga sometida a flexión),

despejamos c,

$$c = M_{\max} / (\eta * S_y) = 110,65 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el perfil escogido para viga corrediza deberá tener un módulo c mayor que $110,65 \text{ cm}^3$.

Al principio del análisis se eligió un perfil IPN-180 el cual tiene un módulo de sección transversal de 161 cm^3 , que cumplía las exigencias del modelo, pero por no encontrarse disponible en la bodega de la empresa, se decidió por buscar otra opción.

Posteriormente se procedió a buscar en el chatarrero de la empresa donde se encontró un perfil I W 10 x 49, el cual tiene un módulo c de $54,6 \text{ in}^3$, equivalente a 894 cm^3 lo cual excede los requerimientos de esta viga, dicho perfil fue elegido para esta viga.

A esta viga también se le deberá calcular la deformación mediante el método del momento de área considerando como inaceptable una deformación de 10 mm (este límite para la deformación fue elegido por nosotros) en el extremo de la viga. Para esto se le realiza el diagrama de cuerpo libre y el de momento flexionante.

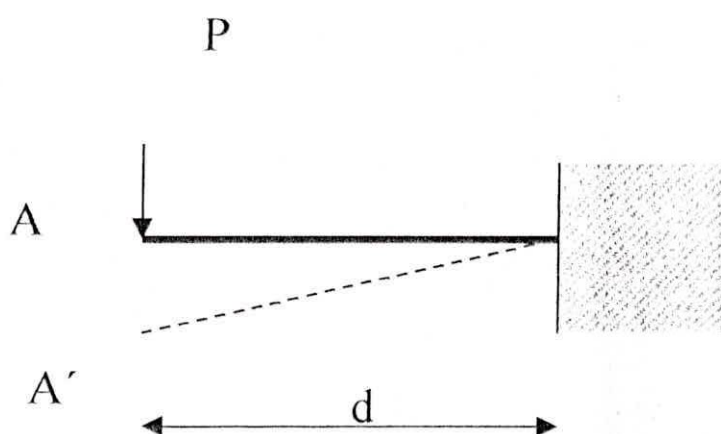


FIGURA 3.10. MODELO PARA CÁLCULO DE DEFORMACIÓN EN VIGA EN CANTILÍVER POR EL MÉTODO DEL MOMENTO DEL ÁREA.

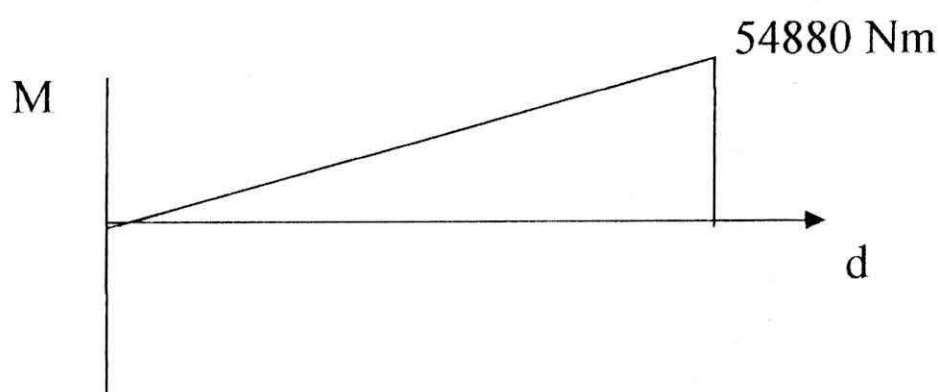


FIGURA 3.11. DIAGRAMA DE MOMENTO FLEXIONANTE DE VIGA CORREDIZA.

$(A-A') \times EI = \text{Área de Diagrama de Momento Flexionante} \times d'$ (Formula 4

– Cálculo de deformación de viga por el método de momento de área).

Donde $d' =$ Coordenada en eje d del centro de gravedad de figura formada en diagrama de momento flexionante.

$$(A-A') \times EI = (54880 \text{ Nm} \times 2\text{m}/2) \times 2 \times 2/3 \text{ m}$$

$$(A-A') = 73173 \text{ Nm} / (207 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \times 1.1321 \times 10^{-4} \text{ m}^4)$$

$$(A-A') = 0.00312 \text{ m} = 3.12 \text{ mm}$$

Como 3.12 mm es menor a los 10 mm impuestos como condición inicial podemos aceptar la viga como componente del sistema.

Cálculo de Vigas Transversales

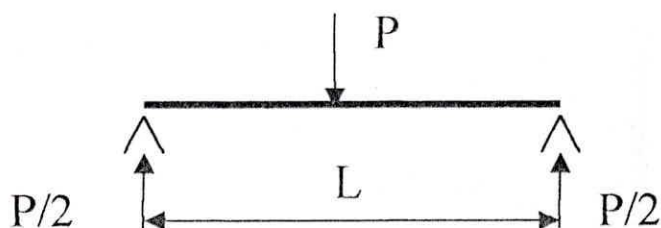


FIGURA 3.12. DIAGRAMA DE VIGA CON APOYOS SIMPLES CON CARGA EN MITAD DE LA VIGA.

Esta es la viga C-D, encontramos un total de tres vigas de este tipo en la estructura, para propósito de dimensionamiento se la modela como una viga empotrada en sus extremos con carga puntual en la mitad de la viga.

$$P = 2800 \text{ Kg.}$$

$$L = 1.60 \text{ m.}$$

$$\eta = 2$$

$M_{\max} = P * L / 4$ (Fórmula 5, Cálculo de momento flexionante máximo en viga empotrada con carga puntual en la mitad de la viga)

$$M_{\max} = 2800 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 * 1.60 \text{ m} / 4 = 10976 \text{ N m.}$$

$$\eta = \sigma / S_y \text{ (Fórmula 2 – Definición de factor de seguridad)}$$

$$\sigma = M_{\max} / c \text{ (Fórmula 3 – Cálculo del esfuerzo máximo en una viga sometida a flexión),}$$

despejamos c,

$$c = M_{\max} / (\eta * S_y) = 22.12 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el perfil escogido para viga corrediza deberá tener un módulo c mayor que 22.12 cm^3 .

Por encontrarse disponible en la chatarra de la empresa se elige para esta viga el perfil UPN 180, el cual se lo va a colocar en una posición doble. Este perfil tiene un módulo de sección transversal igual a 150 cm^3 el cual excede los requerimientos para dicha viga.

Cálculo de Columnas en la Plataforma de trabajo

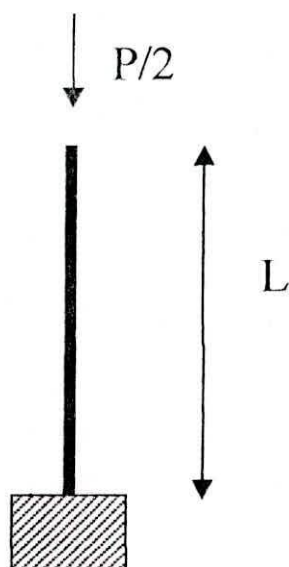


FIGURA 3.13. DIAGRAMA DE COLUMNA EMPOTRADA EN SU EXTREMO.

Esta es la columna D-E del gráfico adjunto, existen seis columnas de este tipo en la estructura, para propósito de dimensionamiento se la modela como columna empotrada.

Como primera etapa del cálculo se analiza si la columna resiste compresión pura:

$$P = 1400 \text{ Kg.}$$

$$L = 2.80 \text{ m.}$$

$$\eta = 2$$

$$\eta = \sigma / S_y \text{ (Fórmula 2 - Definición del factor de seguridad)}$$

$$\sigma = P / A \text{ (Fórmula 6 - Cálculo de esfuerzo para compresión o tensión pura)}$$

De fórmula 2 y 6, despejamos A

$$A = P / (\eta * S_y) = 1400 \text{ Kg.} \times 9.8 \text{ m/s}^2 / (2 \times 248 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \times 10000 \text{ cm}^2 / 1 \text{ m}^2 =$$

$$= 0.27 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto el perfil escogido para las columnas que se encuentran sobre la plataforma de trabajo del horno deberá tener una sección transversal mayor que 0.27 cm^2 .

A priori se elige para estas columnas un canal de $100 \times 50 \times 4$ el cual debe de ir en forma de tubo cuadrado.

Posteriormente se analiza el pandeo de la columna, lo que constituye un análisis de segundo orden.

$$P = 1400 \text{ Kg.}$$

$$L = 2.80 \text{ m.}$$

$$S_y = 248 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ (Resistencia a la fluencia)}$$

$$E = 207 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \text{ (Módulo de Elasticidad)}$$

$$\eta = 2$$

$$k = 3.88 \text{ cm. (Radio de giro de la columna).}$$

$$C = 1$$

$$\eta = \sigma / S_y$$



$$P_{cr} / A = C \pi^2 E / (l/k)^2 \text{ (Fórmula 7 – Fórmula de Euler para cálculo de pandeo en columnas)}$$

$$P_{cr} / A = 1 \times \pi^2 \times 207 \times 10^9 / (72,16)^2 = 392,35 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Como:

$$S_y / 2 < P_{cr} / A \text{ (Condición para usar fórmula de la parábola en el cálculo del Pandeo).}$$

$$124 \times 10^6 < 392,35 \times 10^6$$

Utilizo la fórmula de la parábola para calcular el pandeo,

$P_{cr} / A = a - b l/k$ (Fórmula 8 – Fórmula de la parábola para calcular la estabilidad de una columna).

Donde: $a = S_y$

$$b = (S_y / 2\pi)^2 1/CE$$

$$P_{cr} / A = 208,8 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$A = P_{cr} / 208,8 \times 10^6 = 1.31 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto el perfil escogido para viga corrediza deberá tener una sección transversal mayor que $1,31 \text{ cm}^2$.

El perfil U doble de $100 \times 100 \times 4$ tiene una sección transversal de $14,94 \text{ cm}^2$ por lo que cumple ampliamente los requerimientos de esta columna

Cálculo de Columnas en cabina del horno.

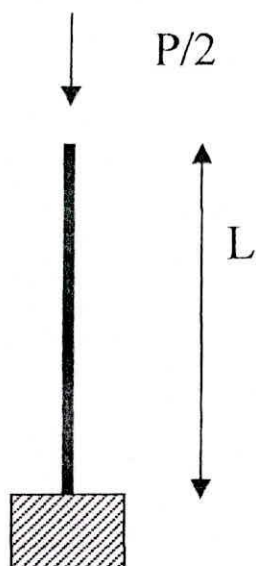


FIGURA 3.13. DIAGRAMA DE COLUMNA EMPOTRADA EN SU EXTREMO.

Esta es la columna E-F del gráfico adjunto, existen seis columnas de este tipo en la estructura, para propósito de dimensionamiento se la modela como columna empotrada.

Como primera etapa del cálculo se analiza si la columna resiste compresión pura:

$$P = 1400 \text{ Kg.}$$

$$L = 2.80 \text{ m.}$$

$$\eta = 2$$

$$\eta = \sigma / S_y \text{ (Fórmula 2 - Definición del factor de seguridad)}$$

$$\sigma = P / A \text{ (Fórmula 6 - Cálculo de esfuerzo para compresión o tensión pura)}$$

De fórmula 2 y 6, despejamos A

$$A = P / (\eta * S_y) = 1400 \text{ Kg.} \times 9.8 \text{ m/s}^2 / (2 \times 248 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \times 10000 \text{ cm}^2 / 1 \text{ m}^2 =$$

$$= 0.27 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto el perfil escogido para viga corrediza deberá tener una sección transversal mayor que 0.27 cm^2 .

Como parte de la estructura del horno (3 de estas columnas) ya estaba montada con columnas hechas de perfil IPN-160; se elige para construir las tres columnas faltantes un perfil IPN-160, el cual tiene una sección transversal de $22,8 \text{ cm}^2$.

Posteriormente se analiza el pandeo de la columna, lo que constituye un análisis de segundo orden.

$$P = 1400 \text{ Kg.}$$

$$L = 4.90 \text{ m.}$$

$$S_y = 248 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ (Resistencia a la fluencia)}$$

$$E = 207 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \text{ (Módulo de Elasticidad)}$$

$$\eta = 2$$

$$k = 1.55 \text{ cm. (Radio de giro de la columna).}$$

$$C = 1$$

$$\eta = \sigma / S_y$$

$$P_{cr} / A = C \pi^2 E / (l/k)^2 \text{ (Fórmula 7 – Fórmula de Euler para cálculo de pandeo en columnas)}$$

$$P_{cr} / A = 1 \times \pi^2 \times 207 \times 10^9 / (316,13)^2 = 20,4 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Como:

$$S_y / 2 > P_{cr} / A$$

Los resultados de la fórmula de Euler son válidos, por lo que en este caso:

$$P_{cr} = A \times 20,4 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 22,8 \text{ cm}^2 \times 20,4 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$P_{cr} = 46612 \text{ N}$$

$$P = 13720 \text{ N}$$

Como $P < P_{cr}$ el perfil IPN 160 se puede usar.

En resumen en la parte estructural tenemos:

Tabla III Resumen de Elementos de estructura de grúa corrediza.

Elemento	Cantidad	Perfil a usar	Sección Transversal (cm ²)	Módulo Sección Transversal (cm ³)
Viga corrediza	1	IW 10 x 49		894
Vigas transversales	3	UPN 180		150
Columna de plataforma de trabajo	6	Perfil U doble 100 x 100 x 4	14.94	
Columna de cabina del horno	6	Perfil IPN 160	22,8	

Especificación Mecánica de Grúa Corrediza.

En lo referente a la parte mecánica del conjunto será necesario enfocarnos en tres puntos:

- 1.- Verificar la capacidad del malacate dado de baja, el cual va a ser usado para transmitir potencia a la grúa.
- 2.- Seleccionar el tamaño del cable metálico a usar en el malacate.
- 3.- Dimensionamiento del tambor del malacate.

Verificación de la Capacidad del malacate dado de baja

Potencia del malacate = 10 hp = 7460 w = 7460 Nm/s

Velocidad de giro del tambor = 27 rpm = 2.827 rad/s

Diámetro del tambor = 0.245 m

$T = P/W$ (Fórmula 9 – Cálculo del torque a ser transmitido por el malacate).

$T = 7460 \text{ Nm/s} / 2.827 \text{ rad/s}$

$T = 2638.83 \text{ Nm}$

$T = F \times r$ (Fórmula 10 – cálculo de fuerza capaz de ejercer el malacate).

$F = T/r = 2638.83\text{Nm}/0.1225\text{m} = 21545\text{N}$ (Fuerza capaz de ejercer el malacate)

Cálculo de fuerza que se necesita del malacate Fr

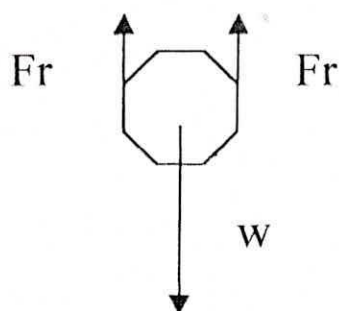


FIGURA 3.14. Diagrama de Fuerzas en Polea del malacate

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$2 Fr = W$$

Donde , $Fr = 2010 \times 9.8 / 2 = 9849\text{ N}$

Por lo que la razón entre la fuerza capaz de ejercer el malacate y la fuerza que se requiere del mismo es de 2.18, de lo que se deduce que

el malacate dado de baja cumplirá con los requerimientos para realizar el trabajo.

Selección del Cable a usar

Para este punto se utiliza las tablas que se encuentran en el Prontuario de máquinas, herramientas de Nicolás Larburu,

El coeficiente de seguridad escogido es de 10, por estar involucrados seres humanos en el manejo de la grúa,

Fuerza que va a manejar el cable es de = 1005 Kg.

Así que con un factor de seguridad de 10 , dicho factor es elevado porque la selección de cables de acero se lo hace sobre la base de la carga de ruptura y además porque en esta aplicación hay riesgo de accidentes a personas, con dicho factor se necesitaría un cable con una resistencia a la ruptura de 10050 Kg.

Elegimos un cable de 6x19 ϕ 14mm.

Dimensionamiento del tambor a usar

Para este punto se utiliza el catálogo de cables de la compañía Proinsa que para el particular recomienda el uso de la siguiente fórmula:

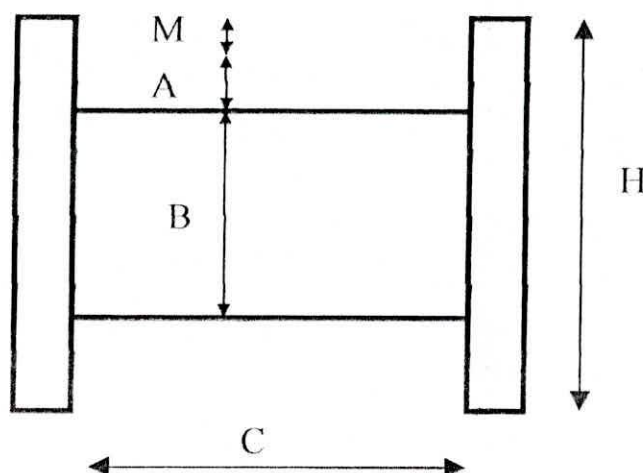


FIGURA 3.15. Tambor para cable

La formula es: $A = ((H-B)/2) - M$ (Fórmula 11).

Donde por prueba y error se asumen los siguientes valores:

$M = 15.9 \text{ mm}$

$C = 510 \text{ mm}$

$B = 350 \text{ mm}$

$H = 445.4 \text{ mm}$

De donde $A = 31.8 \text{ mm}$



Con el valor de A se halla la longitud del cable que se puede enrollar en el tambor.

$$L = (A+B) \times A \times C \times 0.0314 / (M)^2$$

De donde $L = 76.9 \text{ m}$

Especificación Eléctrica de Grúa Corrediza .

Una vez que se encuentra especificado tanto la parte estructural como la mecánica del conjunto de grúa corrediza, es necesario dimensionar y seleccionar los elementos que constituirán el sub-sistema eléctrico de la grúa corrediza.

En la especificación eléctrica nos enfocaremos en dos puntos:

- 1.- Selección de tipo y dimensionamiento de elementos de arrancador eléctrico del motor.
- 2.- Selección de cable conductor para la línea de fuerza.

Selección de Arrancador Eléctrico del Sistema

Para esta aplicación se utilizará un arrancador del tipo directo reversible, en este arrancador el acoplamiento con el sistema de alimentación eléctrica será directo, pero necesitará dos contactores, el primero para acoplar el motor cuando se necesite enrollar el cable, y el segundo para cuando se necesite que el cable se desenrolle.

En el arrancador se utilizará los siguientes elementos:

- (1) Disyuntor para proteger al sistema contra cortocircuitos.
- (1) Relé Térmico para proteger al sistema contra sobrecarga mecánica.
- (2) contactores para cerrar el circuito en los casos de enrollar y desenrollar el cable.

El control del sistema eléctrico se realizará con los siguientes dispositivos:

- (2) switches de fin de carrera, que controlarán la posición más alta y más baja de la carga de la grúa.
- (1) pulsador de marcha de tres posiciones: enrollar, desenrollar y parar.

Los elementos indicados anteriormente se seleccionaron en base a sus condiciones de trabajo: voltaje, fase, frecuencia y amperaje. De estas variables las tres primeras: voltaje, fase y frecuencia son fijas para propósito de cálculo en nuestro sistema, sólo el amperaje varía.

En nuestro caso el amperaje de nuestro circuito será:

$$I = \text{Pot} / (\sqrt{3} \times V) = 10 \text{ Hp} / (\sqrt{3} \times V) = 7460 \text{ w} / (\sqrt{3} \times V) = 9.36 \text{ A}.$$

Al disyuntor se lo selecciona en base al doble de la intensidad de corriente que recorre nuestro circuito, es decir 18.6 A, en el mercado existe disyuntores de 20A al cual se lo elige.

El relé térmico en el caso de motores de 10Hp., tiene un margen de ajuste de 12.5 a 20 A, por lo que se eligió para nuestro circuito un relé térmico con un rango de calibración de 10 – 16 A.

Los contactores se eligen con un rango de 1.15 veces el amperaje del circuito, en nuestro caso este valor sería 10.76 A, comercialmente existen contactores de 12 A que son los que elegimos.

El control de dicho arrancador será como sigue:

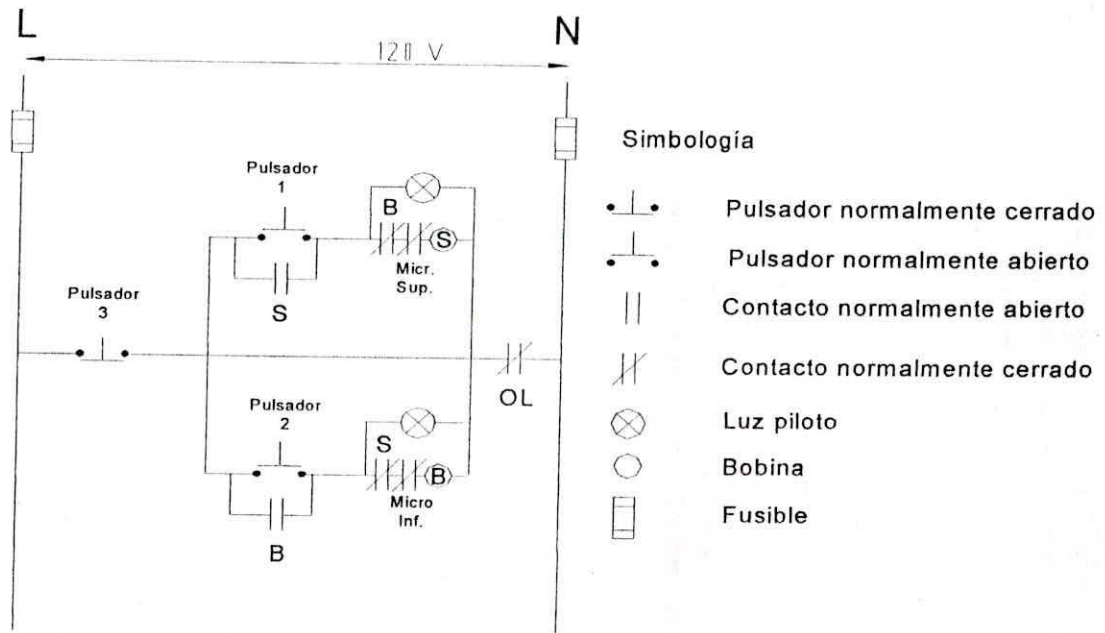


FIGURA 3.16. Control eléctrico de grúa para refractarios

EL arrancador es como sigue:

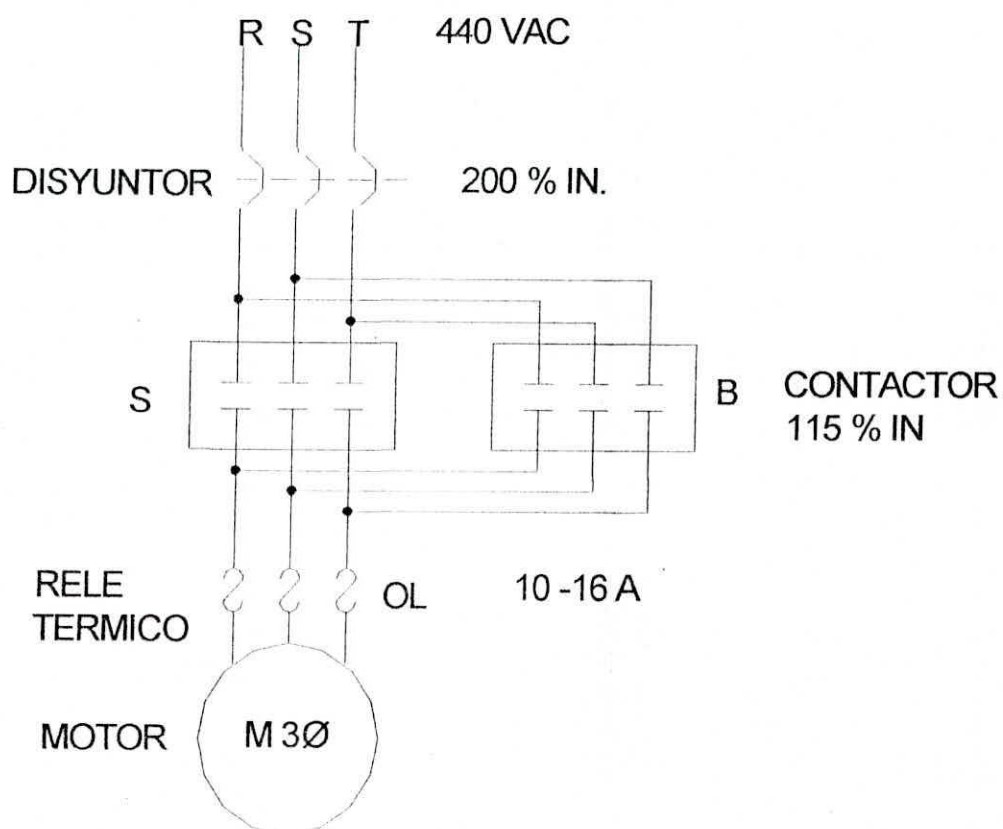


FIGURA 3.17. Arrancador de motor eléctrico de grúa para refractarios

Selección del Calibre de Cable a usar

$Pot = \sqrt{3} \times V \times I$ (Fórmula 12 – Cálculo de Potencia eléctrica en un sistema trifásico).

De la fórmula 12 despejamos I (intensidad de corriente en Amps).

$$I = Pot / (\sqrt{3} \times V) = 10 \text{ Hp} / (\sqrt{3} \times V) = 7460 \text{ w} / (\sqrt{3} \times V) = 9.36 \text{ A.}$$

Se elige cable de 4 * 12. Donde 4 significa el número de conductores que tiene el cable y 12 el calibre del cable.

3.6 Métodos alternativos de diseño.

Los métodos de diseño han ido cambiando con el avance tecnológico, especialmente informático, el cual permite facilitar el manejo de grandes cantidades de datos, esto ha permitido que se creen programas de diseño que manejen gran número de ecuaciones y que obtengan resultados más precisos. Así, el diseño aquí descrito, fue comparado con una corrida del modelo estructural en el programa de análisis de estructuras Dr. Frame v.01

El objetivo de este proceso es, certificar que los modelos matemáticos utilizados para el dimensionamiento de los elementos de la estructura de la grúa para palets de ladrillos refractarios, son válidos, es decir , cercanos a la realidad.

El uso de estos programas constituye una herramienta válida al momento de realizar un diseño, pero, es necesario puntualizar que siempre son imprescindibles conocimientos de ingeniería, los cuales proveen los criterios suficientes para la interpretación de los datos proporcionados por uno u otro método de trabajo.

El programa ayuda al diseñador a variar los factores que afectan a algún diseño y variar las condiciones de operación, sin tener que realizar laboriosos cálculos, para verificar la funcionalidad y desempeño del equipo, bajo un sinnúmero de variantes, en forma rápida y ordenada. Además su utilización, permite realizar el contraste de los resultados que se obtuvieron al usar el método tradicional para diseño mecánico de elementos de máquinas, donde se utilizan las teorías de esfuerzos con el objeto de dimensionar elementos y proveer factores de seguridad adecuados para el confiable desempeño del equipo.

Así se procedió a utilizar este método alternativo cuyos resultados se presentan y discuten más adelante. A continuación se hace una breve descripción del uso y forma de utilización del programa, así como de las variables necesarias para su óptimo funcionamiento.

El programa funciona de la manera siguiente:

- Se abre un nuevo un nuevo archivo.
- El programa pregunta sobre el tipo de estructura que se quiere modelar , que puede ser tipo cercha o tipo andamio, ingresando

datos tales como número de pisos, alturas, etc., el programa genera automáticamente la estructura; otro método es dibujando elemento por elemento y agregando el tipo de apoyos a utilizar

- Se procede a seleccionar el tipo, magnitud y ubicación de las cargas, las cuales pueden ser: cargas puntuales, cargas distribuidas, momentos o combinaciones de estas cargas.
- Es importante anotar que en cualquier etapa que nos encontremos del programa podemos editar la información ingresada.

Luego de ingresar estas variables el programa procesa esta información produciendo variedad de diagramas utilizados en ingeniería tales como: diagrama de cortante, diagrama de momento flector; también se generan análisis de segundo orden (para calcular la deformación), se analizan elementos en compresión y tensión. En nuestro caso utilizamos el diagrama del momento flector y de dicho diagrama nos interesa el máximo momento flector que soporta la estructura y la zona de ocurrencia.

Existe también la opción del cálculo de esfuerzos. Para esto es necesario proporcionar información acerca de las características del

elemento como medidas de la sección transversal, inercia y demás magnitudes asociadas.

A continuación se modela la viga transversal y las columnas que se encuentran tanto arriba como abajo del nivel de la plataforma del horno, para esto se utiliza el programa Dr. Frame.

En este punto se modela la viga transversal C-D, las columnas D-E que están por encima de la plataforma del horno, y las columnas E-F que se encuentran en el nivel de la cabina del horno. Para mejor visualización referirse a la figura 10 donde se muestra a la estructura del horno en tres dimensiones

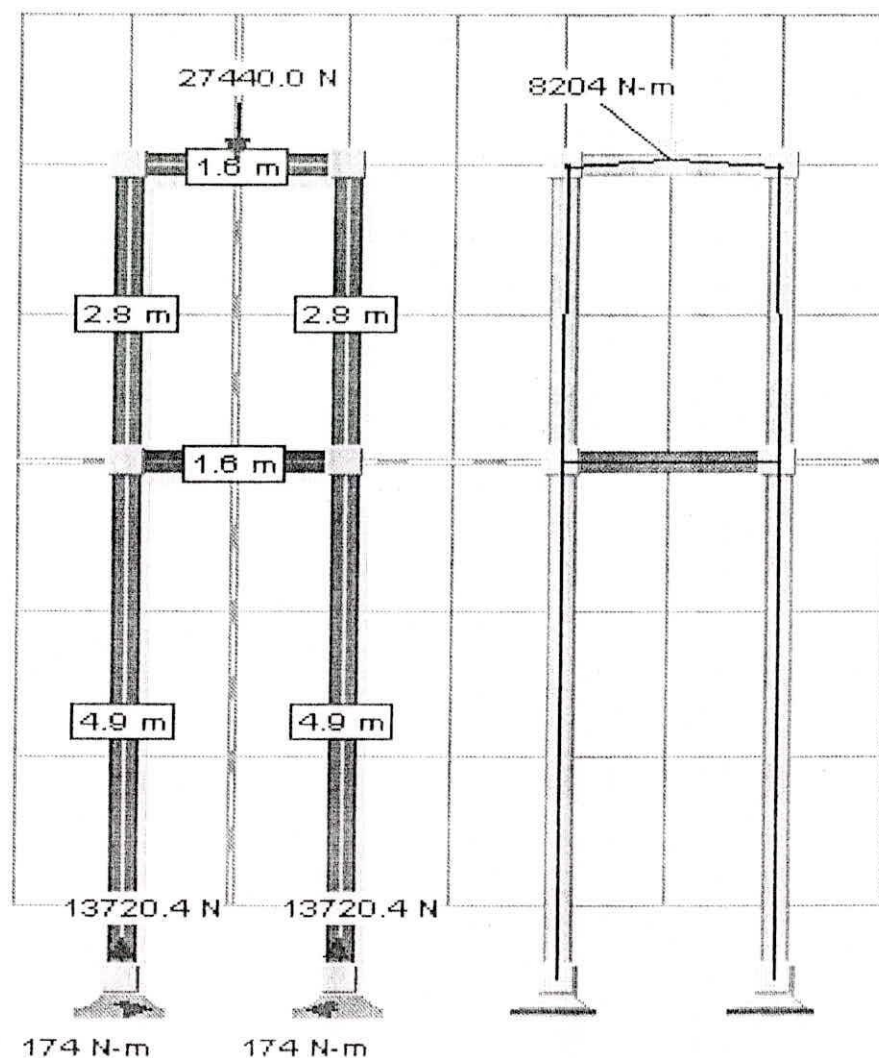


FIGURA 3.18. RESULTADOS DE PROGRAMA DR. FRAME – MODELO DE PÓRTICO –

Del gráfico se observa que sobre la viga superior se produce un momento

de 8203 Nm.

$\eta = \sigma / S_y$ (Fórmula 2 – Definición de factor de seguridad)

$\sigma = M_{\max} / c$ (Fórmula 3 – Cálculo del esfuerzo máximo en una viga sometida a flexión),

despejamos c,

$$c = M_{\max} / (\eta * S_y) = 8203 \text{ Nm} / (2 * 248 \times 10^6 \text{ N/m}^2) = 16.53 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el perfil escogido UPN 180 cumple con los requerimientos de este cálculo.

Por lo tanto, el perfil escogido para viga corrediza deberá tener un módulo c mayor que $110,65 \text{ cm}^3$.

En una segunda etapa, se procede a modelar la viga AB – viga corrediza – en el programa Dr. Frame



FIGURA 3.19. RESULTADOS DE PROGRAMA DR. FRAME – VIGA EN VOLADIZO –

Este modelo realizado en el programa Dr. Frame es el de una viga continua, su diagrama de cuerpo libre es siguiente

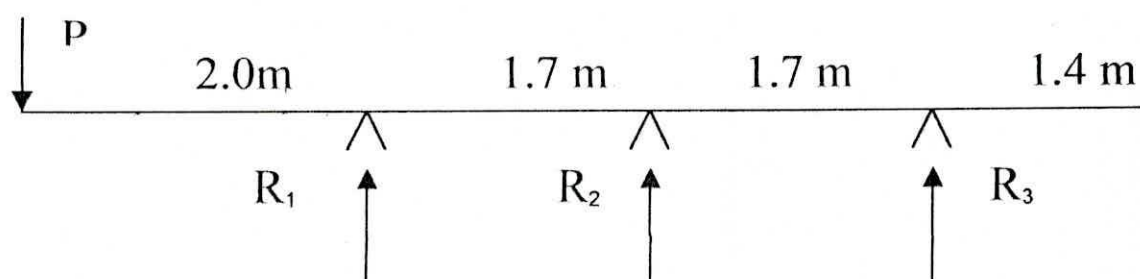


FIGURA 3.20. Diagrama de cuerpo libre modelo de viga continua

Para la resolución de este tipo de problemas estáticamente indeterminados se utilizan métodos numéricos especiales como el de Cross. Las reacciones halladas mediante dicho método son:

$$R_1 = 67796.4 \text{ N}$$

$$R_2 = -48421.8 \text{ N}$$

$$R_3 = 8075.2 \text{ N}$$

Del mismo método se obtiene el diagrama de fuerza cortante de dicha viga el cual se muestra a continuación.

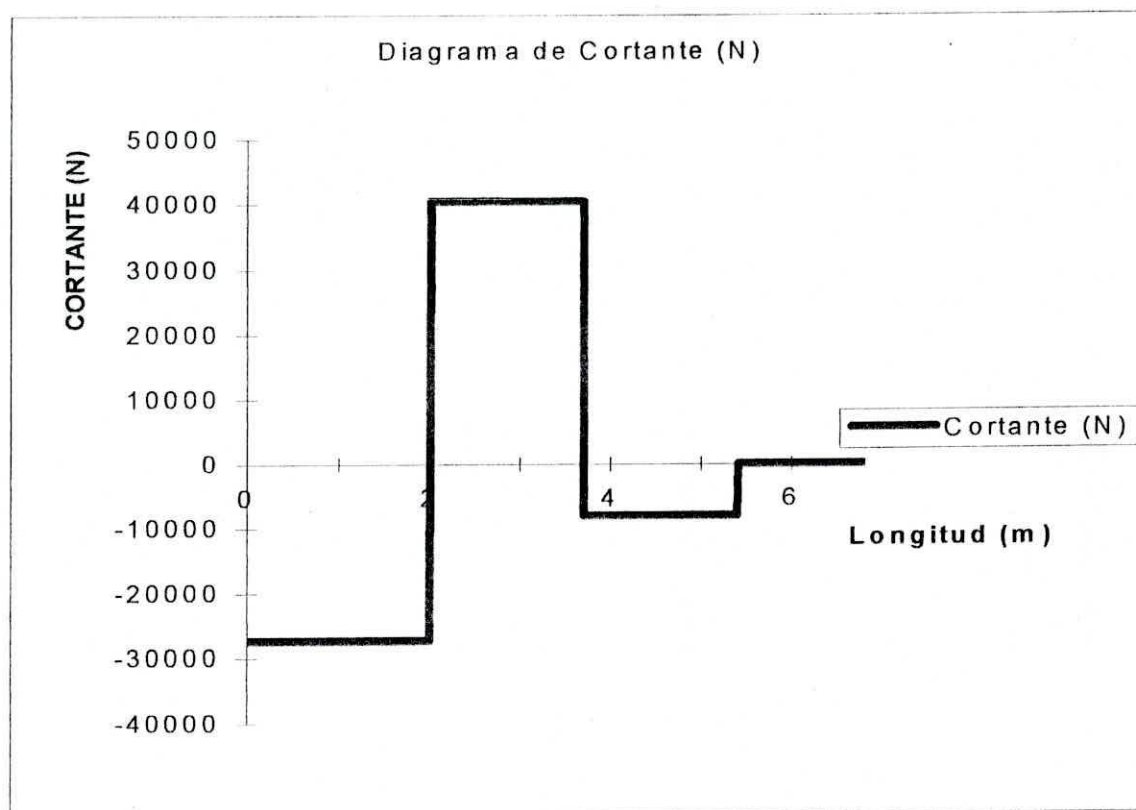


FIGURA 3.21. Diagrama de cortante de viga corrediza

Así también el diagrama de momento flector para dicha viga será:

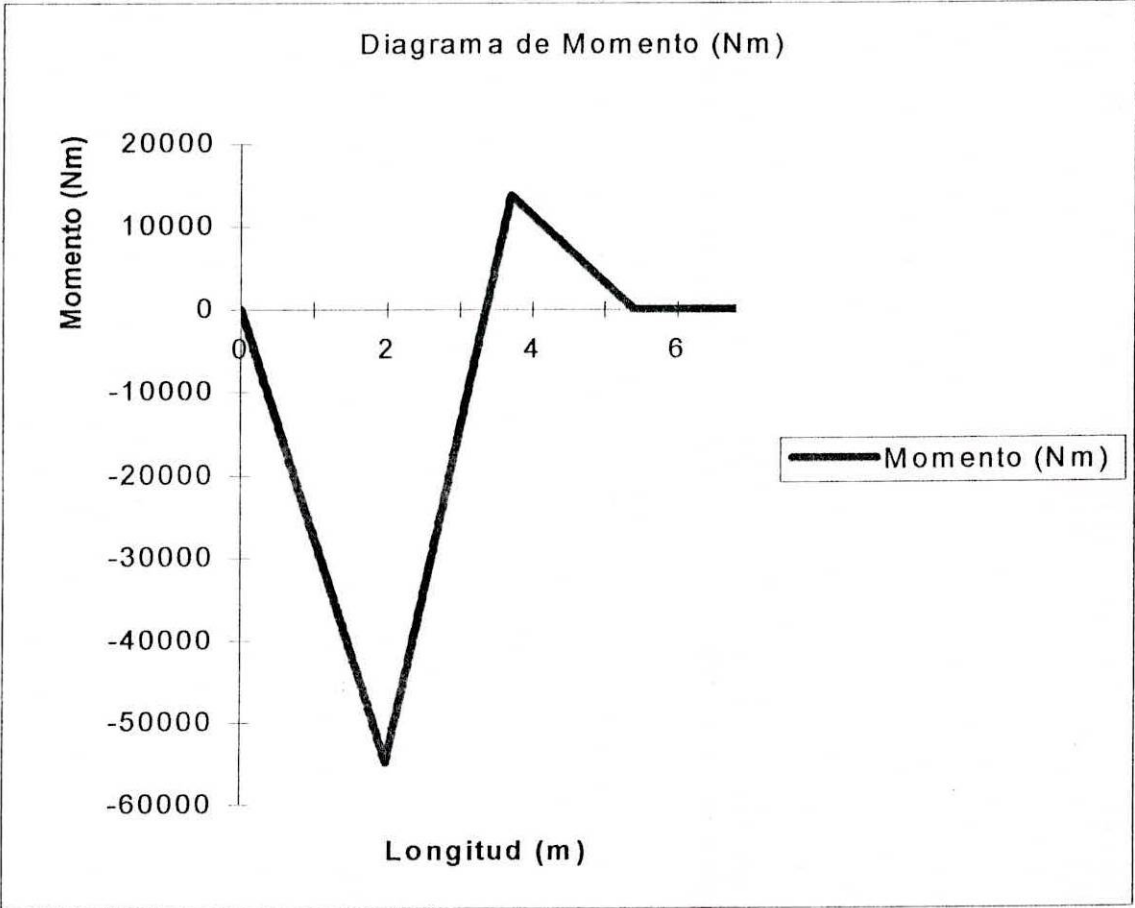


Figura 3.22. Diagrama de Momento flector en viga corrediza

Los datos obtenidos luego del análisis de esta viga pueden ser resumidos en la siguiente tabla:

Tabla IV Valores de Fuerza Cortante y Momento Flector en Viga corrediza

LONGITUD (m)	FUERZA CORTANTE (N)	MOMENTO FLECTOR (Nm)
0	-27440	0
2.0	-27440	54880
2.0	40352	54880
3.7	40352	13720
3.7	-8070	13720
5.4	-8070	0
5.4	0	0
6.8	0	0

De la FIGURA 3.20. y de la tabla IV se observa que sobre la viga superior se produce un momento de 55000 Nm.

$\eta = \sigma / S_y$ (Fórmula 2 – Definición de factor de seguridad)

$\sigma = M_{\max} / c$ (Fórmula 3 – Cálculo del esfuerzo máximo en una viga sometida a flexión),

despejamos c,

$$c = M_{\max} / (\eta * S_y) = 55000 \text{ Nm} / (2 * 248 \times 10^6 \text{ N/m}^2) = 110.88 \text{ cm}^3$$

Del resultado se comprueba que el perfil IW 10x49 escogido para esta viga sirve para esta aplicación.

Los resultados se pueden resumir en la siguiente tabla

Tabla V Comparación de resultados entre cálculo manual y programa

Elemento	Módulo de sección C (cm ³) Cálculo Manual	Módulo de sección C (cm ³) Programa Dr. Frame	Error
Viga C-D	22.12	16.53	25.27%
Viga A-B	110.88	110.65	0.2%

De los resultados de la tabla se puede inferir que el modelo usado en el cálculo manual de la viga C-D, es decir modelo de viga apoyada simplemente en ambos extremos y con carga puntual en el centro de la

viga, fue demasiado conservador con un error del 25%, pero el perfil escogido sirve para los propósitos de diseño.

En el modelo de la viga corregida transversal, viga C-D el modelo utilizado fue el correcto.

CAPÍTULO 4.

4. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.

4.1 Implantación de la solución.

El proceso de diseño ha finalizado. Ahora, para poder implantar la solución encontrada se requiere empezar un nuevo proceso: el proceso de construcción.

En el proceso de construcción se realizan las labores de organización, planificación, dirección y control de la obra. Dentro de estas labores se efectúan o verifican tópicos tales como: disposición de recursos, materiales a utilizar en la construcción, tiempo de ejecución, requerimientos de mano de obra, evaluación de avances, retroalimentación de proceso y manejo de imprevistos.

La construcción de la solución escogida en el capítulo anterior, será realizada en tres etapas:

- Construcción de la estructura de soporte de la grúa, la cual será realizada por personal externo, y bajo la dirección de la persona encargada de la realización del diseño.
- Trabajos de tipo mecánico, tales como mantenimiento del malacate, fabricación de tambor colector de cable, montaje de trolleys, serán realizados por el personal propio de mantenimiento mecánico de la empresa y bajo la dirección de la persona encargada de la realización del diseño.
- Trabajos de tipo eléctrico, que incluyen instalación de la alimentación eléctrica, del arrancador del motor y su control respectivo, serán realizados por el personal propio de mantenimiento eléctrico de la empresa y bajo la dirección de la persona encargada de la realización del diseño.

Mientras se desarrolle este capítulo, se justificará la importancia de cada uno de los puntos arriba nombrados y su exposición se la realizará en forma detallada en las siguientes páginas.

4.2 Planificación de la construcción.

En el contexto administrativo, planificación o planeación es el proceso en el que se establecen metas y se fija el mejor procedimiento para lograr dichas metas.

En este caso práctico planificar consiste en asignar los recursos tales como mano de obra, materiales, tiempo; para lograr resolver el problema planteado.

La importancia de la planificación radica en que permite evaluar el progreso en una actividad determinada. Esto es, si se tiene una meta claramente establecida y cuantificable (construcción de un equipo que cumpla la función para la que fue diseñado, con un uso óptimo de recursos y en el plazo previsto), el plan se convierte en un estándar de desempeño, que permite evaluar la obra, en cada instante, determinando que tan lejos o cerca están de los objetivos previamente establecidos, convirtiéndose así también en una herramienta de control y retroalimentación para encauzar las acciones hacia lo inicialmente propuesto.

Sin planificación no existe una forma de definir donde se quiere llegar, menos aún saber el avance o retraso en las actividades desarrolladas.

El presupuesto de tiempo para la obra en cuestión, se lo detalla en la tabla siguiente:

Tabla VI Asignación de tiempo a diferentes actividades de construcción de grúa para horno vertical

ACTIVIDAD	TIEMPO
Diseño de grúa de dos toneladas	2 semanas
Proceso de Obtención de materiales	3 semanas
Proceso de Contratar mano de obra externa	1 semana
Construcción de estructura	3 semanas
Trabajos Mecánicos	2 semanas
Trabajos Eléctricos	1 semana
Pruebas con carga	3 días

La tabla anterior muestra la asignación de cierta cantidad de tiempo para una actividad específica. En ella no se detalla la importancia de las

labores, el orden que se debe seguir , así como tampoco las tareas dependientes y aquellas que pueden realizarse de manera paralela.

La planificación involucra el establecimiento de fechas de entrega de los trabajos específicos. Muchos trabajos compiten por los recursos en forma simultánea. Así, la aparición de trabajos imprevistos en planta, el estado de los equipos de taller, la ocupación de los recursos por parte de otros trabajos, son factores que alteran la programación inicial. Por lo tanto, la asignación de cierta cantidad de tiempo para realizar una labor, no asegura que el trabajo se desarrollará de acuerdo a lo previsto. Con esto se aclara que la planificación o programación de una obra, no es una "camisa de fuerza", sino una herramienta que permite la evaluación de los avances del trabajo mientras éste se desarrolla.

La carga de trabajo es la asignación de labores a los centros de trabajo. Es decir, que es lo que se va a hacer, tomando en cuenta la disponibilidad de los recursos y la capacidad del taller.

Para la planeación de la carga de trabajo se cuenta con diagramas de Gantt. Los diagramas de Gantt son herramientas útiles en la

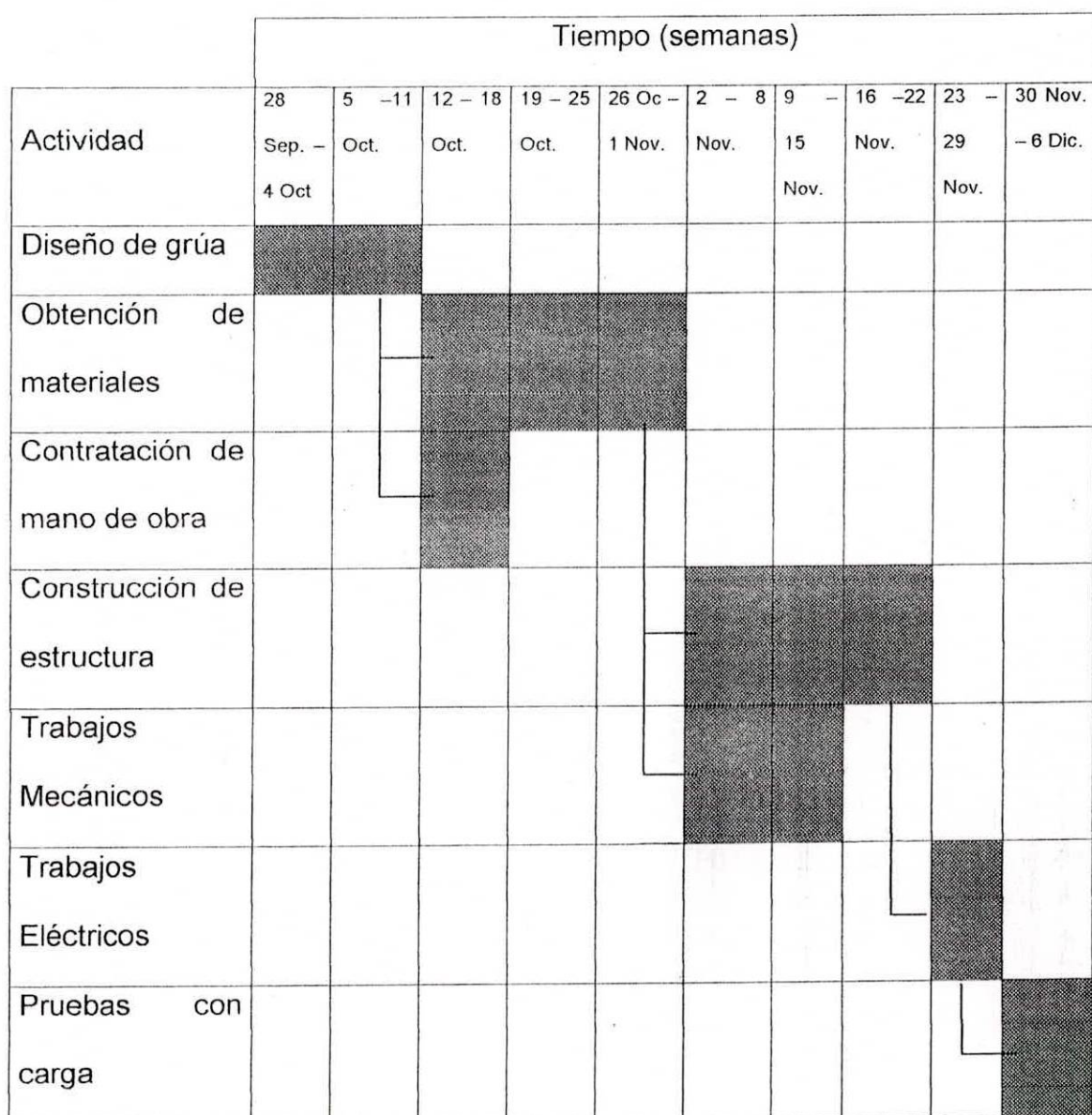
programación de las operaciones de taller. El diagrama ayuda a describir la utilización de los recursos. Un diagrama de Gantt se utiliza para dar seguimiento a los trabajos que se están desarrollando. Indica los trabajos que están en el programa y su avance o retroceso del mismo. Existen cuatro razones fundamentales para su uso, las cuales son:

- 1) En un solo paquete se planean todas las actividades relacionadas con la obra;
- 2) Se considera su orden de realización;
- 3) Se registran las estimaciones de duración de cada actividad; y,
- 4) Se desarrolla el tiempo global de la obra.

Esto permite observar el progreso de cada actividad y aislar y atacar las áreas problemáticas. Sin embargo, los diagramas de Gantt tienen ciertas limitaciones como la falta de actualización automática cuando ocurre la presencia de imprevistos o la revisión de las estimaciones de tiempos, por lo que deben ser actualizados regularmente; y, la más importante, no ilustra la manera adecuada de las interrelaciones entre las actividades y los recursos. Estos diagramas son métodos de

planificación de bajo costo y pueden ser utilizados para proyectos pequeños o simples.

FIGURA 4.1. Planificación de construcción de grúa de ladrillos refractarios



Las actividades descritas en la tabla anterior, pueden ser desglosadas en labores puntuales, produciendo un diagrama más preciso para el seguimiento del proyecto, pero estos detalles son analizados por el encargado de la obra a escala particular.



4.3 Organización de la construcción.

El proceso de organizar un evento requiere respuestas a varias interrogantes como: ¿Qué se va a hacer?, ¿Quién lo va a hacer?, ¿Dónde se hará?, ¿Cuándo se hará?. Estas inquietudes son reveladas mediante la aplicación de un proceso ordenado de organización de la obra, es decir, la efectiva disposición de los escasos recursos con los que se cuenta, procurando maximizar la ganancia, que por la obra, obtendrá la compañía.

Los recursos que se necesitan para la ejecución del proyecto son: materiales, mano de obra, tiempo, todo esto asociado al respectivo costo de cada factor nombrado anteriormente. Vale la pena destacar que la búsqueda constante en la reducción de costos, hace que los encargados del manejo de estos recursos, se vuelvan muy prolijos en la aplicación de métodos de trabajo cuyo objetivo sea la optimización de los disponibles, maximizando la operación en su conjunto. Esta práctica es común en compañías, donde la gerencia ha sabido infundir en los colaboradores la importancia de la reducción de costos como factor

clave dentro de las ventajas competitivas que conducen al posicionamiento de la empresa frente a sus competidores.

En lo concerniente a materiales, luego de efectuarse el diseño del equipo se obtuvo un listado de requerimientos para la construcción. Cabe resaltar que dicho listado solamente enumera las necesidades para la ejecución del proyecto, mas no, la forma como se obtengan. Este proceso será descrito posteriormente. El listado de materiales se detalla a continuación en la tabla siguiente:

Tabla VII Listado de materiales para construcción de grúa para ladrillos refractarios

Item	Descripción	Cant.	Unidad	Status	COSTO US\$
1	Perfil en I W10x49	1	C/U	En chatarrero	-
2	Canal 80x70x5 mm	4	C/U	En chatarrero	-
3	Canal 100x50x4 mm	4	C/U	Por adquirir	\$123,75
4	Perfil IPN 160	2	C/U	Por adquirir	\$104,75
5	Pernos M16x50	16	C/U	En bodega	\$6,50
6	Soldadura AWS 7018 ϕ 5/32"	12	Kg.	Por adquirir	\$22,50
7	Pintura anticorrosiva	2	Gl	En bodega	\$26.5
8	Cable de acero 5/8"	70	Mts.	Por adquirir	\$390
9	Trolley mecánico de 2000 Kg.	2	C/U	Por adquirir	\$398,50
10	Polea para cable con gancho	1	C/U	Por adquirir	\$100
11	Grilletes para cable de 5/8"	4	C/U	En bodega	\$10
12	Cable 4 hilos calibre 12	50	Mts.	Por adquirir	\$55
13	Contactores 15 A, bobina 120V	2	C/U	En bodega	\$56,25
14	Relé térmico 8 -12 A	1	C/U	En bodega	\$32,80
15	Disyuntor de 3 polos , 30 A	1	C/U	En bodega	\$38,60
16	Fin de carrera	2	C/U	Por adquirir	\$78
17	Pulsador de marcha	1	C/U	En bodega	\$9
18	Tablero OT-3	1	C/U	Por adquirir	\$47

En lo referido a mano de obra, los requerimientos para la construcción se detallan a continuación en la tabla siguiente:

Tabla VIII Requerimiento de personal para construcción de grúa para refractarios

Personal	Cantidad	Horas-hombre requeridas
Mecánico soldador (para estructura)	2	150
Mecánico montaje (para trabajos mecánicos)	2	100
Electricista	1	30
Encargado de proyecto	1	-

El personal está dispuesto en turnos de 8 horas diarias, cinco días a la semana, durante el periodo de tiempo que durará la construcción de la grúa.

Se dispone de un período de cinco semanas que corren a partir de la obtención de los planos constructivos hasta el uso del equipo para subir los palets de ladrillos refractarios en la reparación del horno.

4.4 Dirección y control de la construcción.

La dirección de una empresa, departamento o proyecto; es el proceso mediante el cual se deben manejar los recursos disponibles en la organización para lograr los objetivos previamente planificados. El control de una empresa, departamento o proyecto; es el proceso mediante el cual medimos o verificamos nuestra situación actual, lo comparamos con lo planificado, y tomamos las medidas correctivas para encauzarnos nuevamente hacia nuestro objetivo, es en esta etapa que se produce la retroalimentación de los resultados del proyecto.

En la mayoría de proyectos, incluyendo al nuestro, tres son los tipos de recursos a dirigir y controlar: recurso humano, recursos materiales (en nuestro caso se incluyen herramientas, repuestos y materiales) y el tiempo; cada uno de dichos recursos requieren de diferentes actitudes y habilidades para manejarlos.

Así para la gestión de repuestos y materiales; se requiere de gran minuciosidad y prolijidad, para evitar desperdicios y utilizar solamente lo estrictamente necesario; también se buscará evitar la falta o escasez de materiales y repuestos, que puede ser más perjudicial que el desperdicio de material..

En el manejo de recursos humanos son otras las habilidades necesarias, entre las que tenemos: liderazgo, comunicatividad, capacidad de trabajo en equipo, etc. En este caso se busca que el personal con el cual se va a realizar la obra se apropie de la misma, es decir que compartan los mismos objetivos que el director del proyecto; el manejo de este recurso es más complicado que el manejo de los recursos materiales, pero si se logra manejar bien este recurso se tiene asegurado un gran avance de la obra.

El manejo del tiempo depende en gran medida de cómo logremos manejar los otros dos tipos de recursos: humano y material, además de cómo coordinemos con las otras actividades y departamentos de la

organización. Un manejo eficaz de este recurso nos permitirá cumplir con los plazos inherentes a cualquier proyecto.

Resumiendo, en nuestro proyecto el primer paso fue establecer el problema y en base a este problema diseñar una solución, los pasos transcurridos para llegar al diseño final de una alternativa de solución están convenientemente explicados en el capítulo tres.

Como producto del diseño original se realizó una lista de materiales ideales a usar; es decir estableciendo como criterio de selección únicamente los resultados de los cálculos de diseño, el listado original fue el siguiente:

Tabla IX Listado original de materiales de grúa de ladrillos refractarios del horno

Item	Descripción	Cant.	Unidad
1	Perfil IPN 300	1	C/U
2	Canal 100x50x4 mm	4	C/U
3	Canal 100x50x4 mm	4	C/U
4	Perfil IPN 160	2	C/U
5	Pernos M16x50	16	C/U
6	Soldadura AWS 7018 ϕ 5/32"	12	Kg.
7	Pintura anticorrosiva	2	Gl
8	Cable de acero 5/8"	70	Mts.
9	Trolley mecánico de 2000 Kg.	2	C/U
10	Polea para cable con gancho	1	C/U
11	Grilletes para cable de 5/8"	4	C/U
12	Cable 4 hilos calibre 12	50	Mts.
13	Contactores 12 A, bobina 120V	2	C/U
14	Relé térmico 10-16 A	1	C/U
15	Disyuntor de 3 polos , 30 A	1	C/U
16	Fin de carrera	2	C/U
17	Pulsador de marcha	1	C/U
18	Tablero OT-3	1	C/U

El primer paso propiamente dicho de la implantación de la solución fue encontrar materiales alternativos que cumplan los requisitos de diseño y que se encuentran disponibles en la empresa, ya sea en la bodega o en el chatarrero de materiales, después de realizar un análisis exhaustivo se encontró:

- Los ítems 1 y 2 de la tabla VII, podrían ser remplazados por materiales que se encontraban en el chatarrero de la empresa. El ítem 1 que era el perfil IPN-300 fue sustituido por un perfil IW 10x49, el cual había sido usado en una estructura de soporte de una trituradora, estaba en buenas condiciones y cumplía con los requerimientos de diseño. El ítem 2 que era el canal 100x50X4 mm fue sustituido por un canal 80x70x5mm, el cual también se encontraba en el chatarrero de la empresa y como era requerido cumplía con lo requerido por el diseño.
- Los ítems 13, 14 y 15 de la tabla VII, fueron reemplazados por materiales que se encontraban en la bodega de repuestos de la empresa. El ítem 14, al que inicialmente se especificó un relé térmico de 10-16 A a calibrarse en 13 A, fue reemplazado por un relé

térmico de 8-12 A al cual se lo iba a calibrar en 12 A, esta diferencia de calibración no afectaba en casi ninguna medida al funcionamiento del sistema eléctrico. El ítem 15 que era un disyuntor de 3 polos de 20 A, fue reemplazado por un disyuntor de 3 polos de 30 A que se encontraba en la bodega, al realizar este reemplazo se desprotege en algo el circuito eléctrico contra cortos, pero se decidió tomar dicho riesgo. En el caso del ítem 13 no se encontraron en bodega contactores de 12 A por lo que se decidió usar contactores de 15 A que se encontraban sin uso en la bodega, lo cual no afectaba de ninguna manera al circuito.

Los ítems 5, 7, 11, 13 y 17, es decir los pernos M16x50, la pintura anticorrosiva, los contactores de 15 A con bobina de 120 V, y el pulsador de marcha; fueron encontrados en la bodega de materiales tal y como habían sido especificados originalmente, por lo que en estos puntos, el diseño original no fue modificado.

Los ítems 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 16 y 18 fueron adquiridos en los almacenes de la localidad, entre estos ítems constan: canales de 100x50x4mm, perfil IPN 160, soldadura AWS 7018, cable de acero de

5/8", dos trolleys mecánicos de 2000 Kg., una polea (garrucha) para cable de 5/8", cable conductor de 4 hilos calibre 12, dos fines de carrera, y un tablero eléctrico OT-3. Para realizar las compras, en primer lugar, se tenía que realizar una solicitud de orden de compra, donde se especificaba el ítem a adquirir, la cantidad de dicho ítem, de ser posible información técnica y precios referenciales; una vez que esta solicitud de orden de compra era aprobada por la gerencia, el departamento de compra confirmaba los precios y coordinaba con el departamento de contabilidad y el proveedor la forma de pago; después de esto se establecía la forma y fecha del despacho del proveedor, y la recepción de parte de la bodega de repuestos y materiales. El proceso en su totalidad duraba un promedio de dos semanas, para materiales que se encontraban dentro del stock del proveedor. Los precios a los cuales fueron adquiridos dichos ítems constan en la Tabla VII

Especial atención requería el ítem # 9, trolley mecánico de 2000 Kg., del cual hubieron cotizaciones de las empresas Antonio Pino Icaza & Cía; y de Espinoza Paez, cada cotización vino con su hoja técnica respectiva.

Posterior a realizar las cotizaciones, y por motivos de disponibilidad del producto en el mercado, se decidió comprar (2) trolley modelo HTP/G de dos toneladas tipo A, cuyo proveedor era la empresa Antonio Pino Icaza & Cía; dicho trolley presentaba el problema de que podía operar máximo con una anchura de viga de 220 mm, mientras que el ala del perfil IW 10x49 a usar en la viga corrediza tenía una dimensión de 250 mm.

Para resolver el problema se decidió cortar 20 mm a cada lado de una de las alas del perfil, se volvió a calcular las propiedades geométricas del perfil (inercia con respecto al centro de gravedad, y módulo de la sección del perfil), después de hallar dichas propiedades geométricas se realizaron nuevamente los cálculos de diseño para revisar si el perfil con la nueva forma cumplía con las especificaciones.

El detalle del cálculo está a continuación:

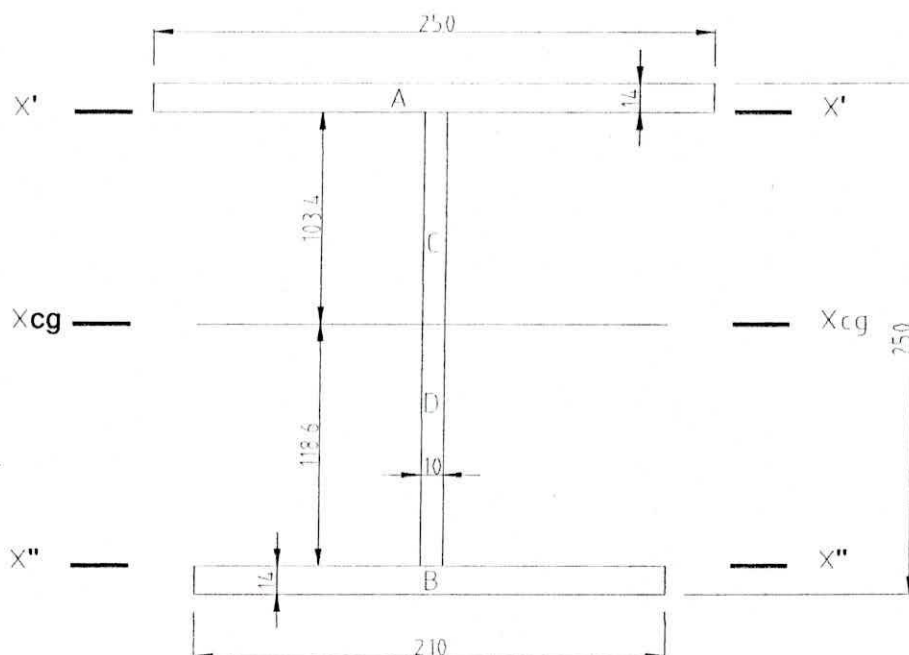


FIGURA 4.2. Modelo de Viga transversal

$$\bar{Y} = \frac{(250 \times 14) \times 243 + (222 \times 10) \times 125 + (210 \times 14) \times 7}{(250 \times 14) + (222 \times 10) + (210 \times 14)} = 132.6 \text{ mm} \quad \text{Fórmula 13}$$

$$I_{X'A} = \frac{bh^3}{12} = \frac{250(14)^3}{12} = 57166.66 \text{ mm}^4 \quad \text{Fórmula 14}$$

$$I_{X''B} = \frac{bh^3}{12} = \frac{210(14)^3}{3} = 48020 \text{ mm}^4$$

Para hallar el momento de inercia con respecto al centroide de la nueva geometría del perfil utilizado como viga corrediza, utilizamos el teorema de los ejes paralelos:

$$I_{x_{CD}} = \frac{bh^3}{12} = \frac{10(222)^3}{12} = 9117540 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} I_{cg} &= 9222726.66 + A_1 d_1^2 + A_2 d_2^2 + A_3 d_3^2 = 9222726.66 + (250 \times 14) \\ &\quad (103.4 + 7)^2 + (210 \times 14) (118.6 + 14)^2 + (10 \times 222) (7.6)^2 \text{ (Fórmula 15)} \\ &= 103702828.3 \text{ mm}^4 = 10370 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Debido al carácter asimétrico de esta nueva sección transversal, el esfuerzo máximo debido a la flexión soportado por la viga se dará en el punto más alejado del centro de gravedad de la sección, el cual es el punto inferior del perfil, así tenemos:

$C = I/d$ (Cálculo del módulo de sección transversal)

Donde d = distancia vertical del centro de gravedad al extremo del perfil

$$C = 10370 \text{ cm}^4 / 13.26 \text{ cm} = 782 \text{ cm}^3$$

Como el módulo de sección transversal requerido es de $110,67 \text{ cm}^3$, nos damos cuenta de que el perfil cumple los requerimientos de diseño.

Recursos Humanos

Otro punto de importancia en la realización del proyecto fue el manejo de los recursos humanos. En el transcurso del proyecto se requirieron tres grupos humanos claramente definidos:

- Soldadores y cortadores, los cuales se iban a encargar del montaje de la estructura que soportaría la carga de trabajo.
- Mecánicos, los cuales iban a participar en el mantenimiento del malacate, modificaciones al tambor del malacate, montaje del malacate en los trolleys y calibración mecánica final.
- Electricistas, quienes iban a realizar la conexión eléctrica y montar el arrancador del sistema.

Para cada uno de los casos citados anteriormente existía la posibilidad de realizarlo con personal propio o con personal externo contratado. Los criterios de decisión para seleccionar una u otra alternativa fueron los siguientes:



1. ¿Requiere este trabajo algún conocimiento especial de la planta y de los equipos existentes allí?
2. ¿Existe disponibilidad en la empresa de personal con habilidades y conocimientos suficientes para realizar el trabajo?
3. ¿Existe disponibilidad en el mercado de personal con habilidades y conocimientos suficientes para realizar el trabajo?
4. Entre las opciones de usar personal de la empresa ó personal externo. ¿Cuál es la más económica?

Para el primer grupo de trabajadores, soldadores y cortadores; no se requería ningún conocimiento especial de la planta y equipos; la disponibilidad de personal propio era limitada ya que se encontraban preparando materiales para el mantenimiento del horno; la disponibilidad en el mercado de personas que realicen este tipo de trabajo es amplia. Estos fueron los criterios por los cuales se decidió contratar mano de obra externa para realizar dicho trabajo.

El primer paso para contratar mano de obra externa fue pedir ofertas en el mercado; en dichas ofertas se detallaba el tipo de trabajo, los plazos de entrega y demás información inherente al trabajo. Para este trabajo

se receptaron dos ofertas, la del contratista 1 por un valor de \$500 y la del contratista 2 por un valor de \$800 (ver anexos B y C). La oferta del contratista 1 fue la elegida por ser la más económica.

En el caso del segundo grupo de trabajadores; mecánicos, no se requería conocimiento especial de la planta y equipos, existía la disponibilidad de personal calificado propio para la realización de dicho trabajo, en el mercado también existía la disponibilidad de dicho personal pero no necesariamente calificado. Existiendo disponibilidad tanto de personal propio como externo, nos decidimos realizar dicho trabajo, que requería precisión en el montaje y desmontaje de elementos mecánicos, con personal propio para asegurarnos la calidad del mismo.

En el tercer grupo humano, electricistas, se requerían conocimientos especiales de la planta para poder realizar dicho trabajo con eficacia, razón por la cual se decidió realizar estos trabajos con personal propio.

Una vez resuelto el problema de la asignación de recursos, se procedió a seguir lo planificado en el diagrama de Gantt.

Se continuó con la construcción de la estructura metálica, esto se realizó del 2 al 22 de Noviembre de 1998. Este punto se lo realizó una vez que se encontraban los materiales, los que se adquirieron y los que se sacaron de la bodega y el chatarrero, en el sitio y se había contratado la mano de obra.

El mayor problema para la realización de esta etapa de la obra fue coordinar con otros usuarios la utilización de la grúa para subir los perfiles necesarios para la estructura. Para esto se esperó a que hubieran en la planta al menos tres trabajos que requirieran de uso de grúa, lo cual ocurrió el 16 de Noviembre de 1998, una vez resuelta esta dificultad el resto de esta etapa transcurrió tal y como se había planificado.

Paralelo a la construcción de la estructura metálica, se realizaron los trabajos de mantenimiento y construcción mecánica, estos trabajos fueron hechos durante el período del 2 al 15 de Noviembre de 1998.

El primero de la lista de trabajos mecánicos fue el darle mantenimiento al reductor del malacate, para esto se realizaron los siguientes pasos:

1. Drenar el aceite
2. Destapar el reductor
3. Desmontar rodamientos
4. Revisar rodamientos, especialmente estado de elementos rodantes.
5. Revisar tolerancias entre cajera y pistas externa de los rodamientos, y entre eje y pista interna de los rodamientos.
6. Revisar estado de los engranajes, desgaste de algún diente, rotura de algún diente
7. Cambio de retenedores y elementos a los cuales se les ha encontrado algún daño.
8. Tapar reductor.
9. Completar aceite al reductor.

En el reductor de nuestro malacate, se encontró que un rodamiento 22209C estaba dañado, no habiendo este rodamiento disponible en la bodega de materiales se lo procedió a adquirir con el carácter de

urgente, luego de esto se terminó el trabajo siguiendo los pasos arriba mencionados.

El segundo de los trabajos mecánicos realizados fue construir y montar un nuevo tambor para enrollar el cable metálico. El diseño del nuevo tambor fue entregado a los mecánicos y los materiales utilizados para el mismo fueron sacados del chatarrero de la empresa, en este punto no hubo mayor novedad.

El tercero de los trabajos mecánicos realizados fue el montaje del conjunto (motor, reductor, malacate) en una base y esta base a su vez montarla sobre los trolleys.

Una vez que estos tres trabajos mecánicos fueron realizados, se procedió a subir el conjunto ya montado a nivel de la plataforma de trabajo del horno, para lo cual se utilizó la misma grúa usada para subir los perfiles de la estructura.

El comienzo de las labores de la etapa eléctrica del proyecto, se la realizó en la semana del 23 al 29 de Noviembre, una vez que se terminó

de montar la estructura y que se terminaron los trabajos de montaje mecánico.

Los trabajos realizados en esta etapa fueron:

- Conexión del motor al sistema eléctrico.
- Montaje del arrancador con sus respectivos mandos.

Después de realizados estos trabajos se procedió a enrollar el cable y colocar la polea con gancho; una vez que se realizó esto se colocaron los micros para restringir la subida y bajada de la grúa.

La etapa final fue la de pruebas y calibraciones realizada del 30 de Noviembre al 6 de Diciembre de 1998

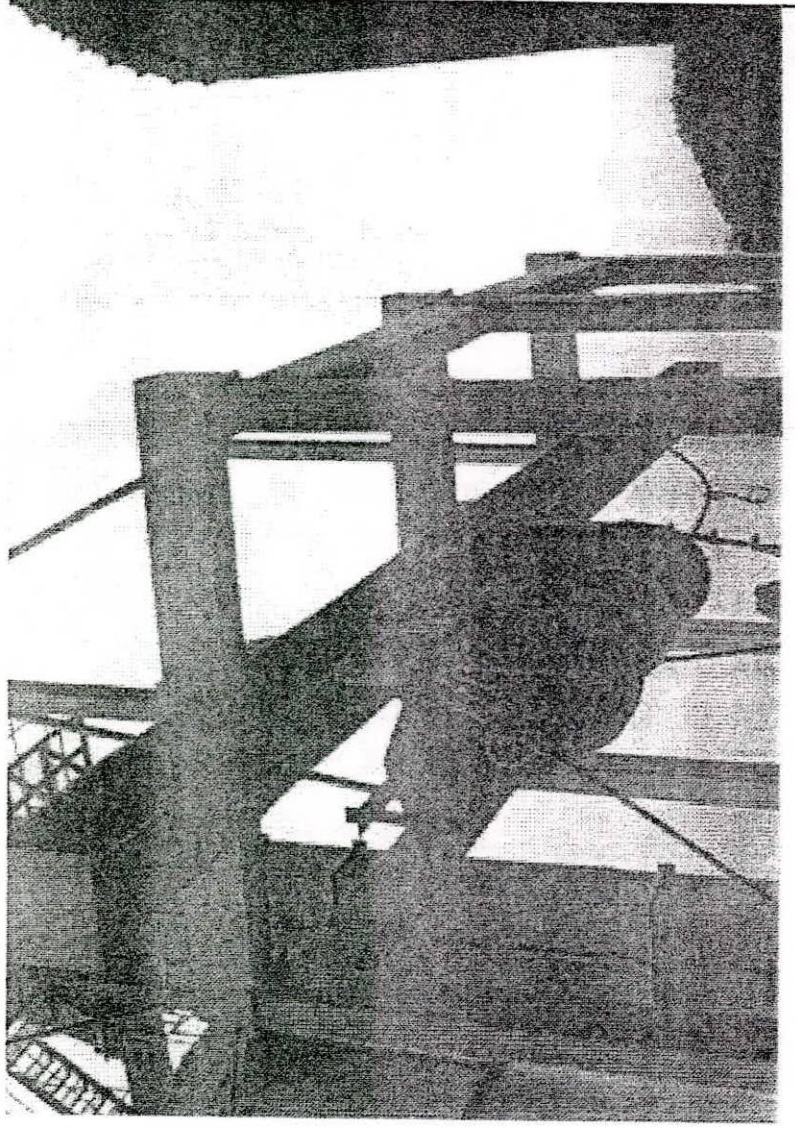


FIGURA 4.3. VISTA POSTERIOR DEL MALACATE USADO EN LA GRÚA.

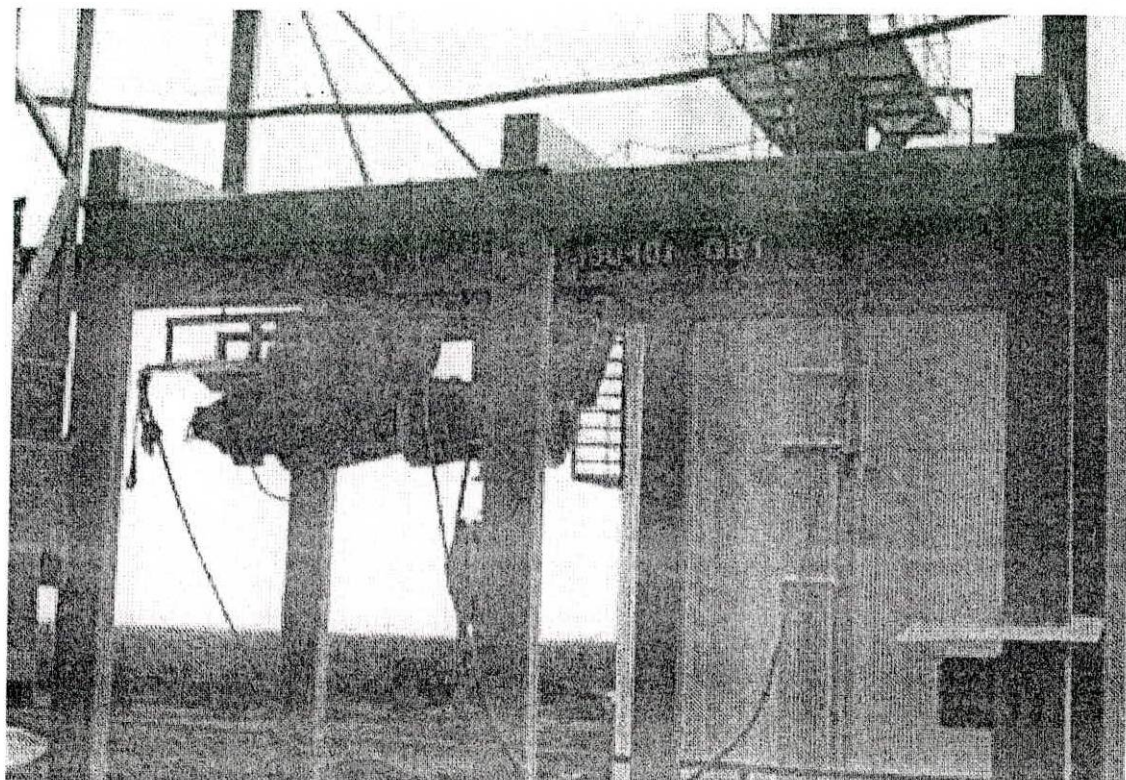


FIGURA 4.4. VISTA LATERAL DEL MALACATE USADO EN LA GRÚA

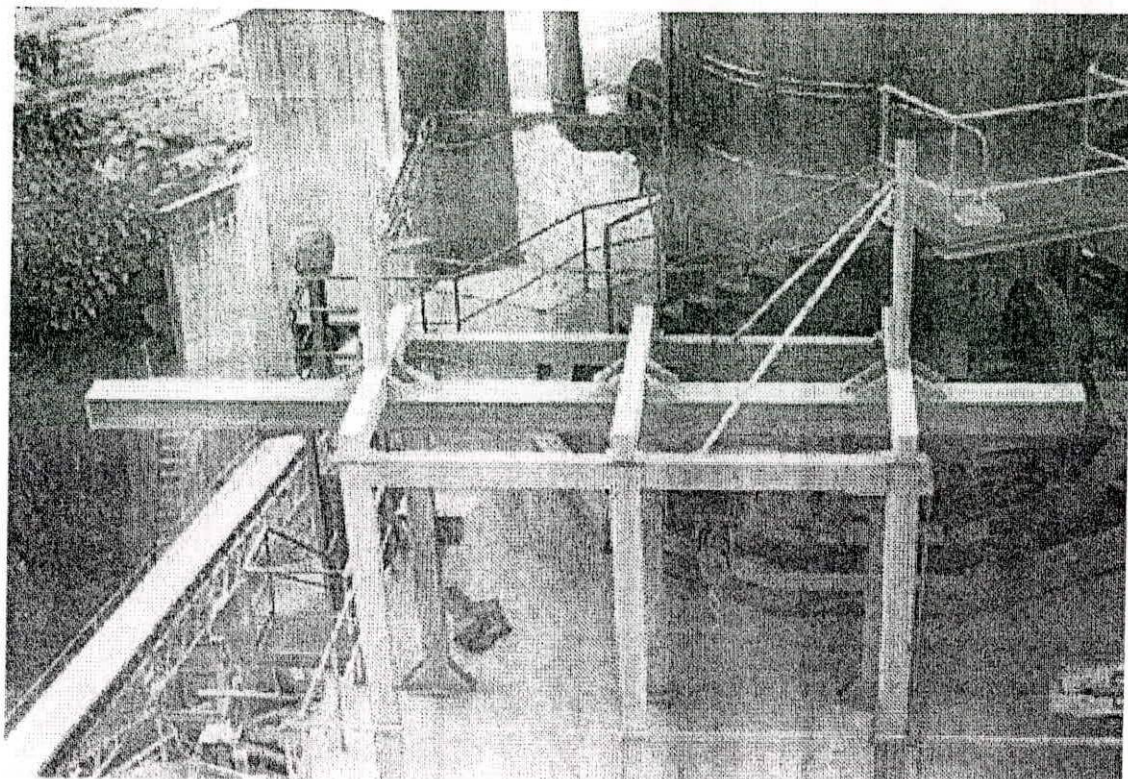


FIGURA 4.5. VISTA SUPERIOR DE LA GRÚA

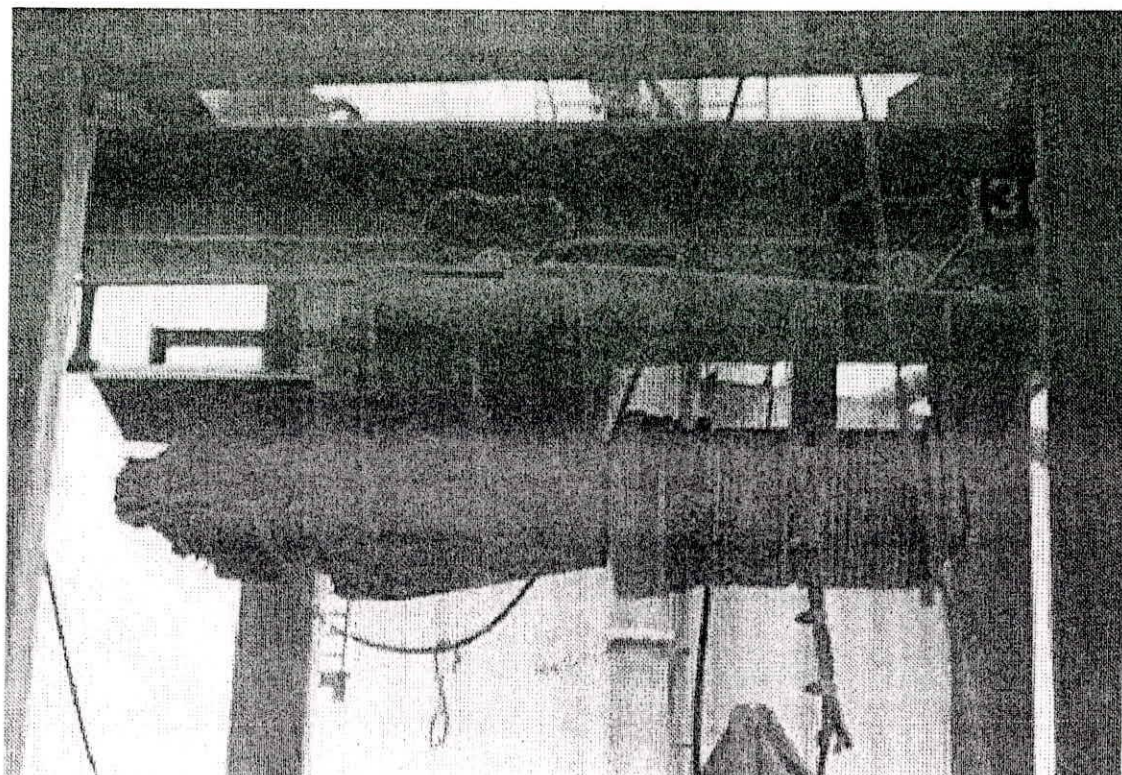


FIGURA 4.6. VISTA FRONTAL DEL MALACATE USADO EN LA GRÚA

CAPÍTULO 5.

5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS.

5.1 Controles y Retroalimentación.

Una vez finalizada la construcción de la grúa para ladrillos refractarios, esta se encuentra lista para realizar las pruebas con carga de trabajo y ser utilizada para subir los palets de ladrillos refractarios.

Es de anotar que a lo largo de todo el proceso, es decir desde la etapa de concepción de la idea hasta tener la solución totalmente operativa, se realizaron controles que nos permitieron evaluar el progreso de nuestro proyecto y compararlo con lo planificado, en los casos en que se presentó alguna brecha se tomaron las medidas correctivas pertinentes para encauzarnos nuevamente en lo planificado.

Ejemplos de retroalimentación la tuvimos cuando se modificaron los listados originales de materiales para utilizar los que habían disponibles en la bodega y en el chatarrero de la empresa; otro ejemplo fue cuando se decidió cortar las alas de la viga transversal, sobre la cual se iba a desplazar el malacate, para que pudiera ajustarse a las especificaciones de los trolleys.

Al momento de finalizar la construcción de la grúa , es necesario realizar un control final de las condiciones de entrega de la obra. Para esto los controles ideales a utilizar eran los siguientes:

1. Inspección visual, revisando estado de uniones soldadas, de equipo mecánico.
2. Pruebas con carga de trabajo consistentes en:
 - 2.1. Deslizar manualmente el equipo, y hacerlo enrollar y desenrollar el cable en vacío. En esta etapa se debería de medir la deformación en las vigas y el consumo de energía en el motor. Medir la deformación en la viga nos permitiría conocer el comportamiento estructural de la grúa. La medición del consumo de energía del

motor nos permitiría evaluar el desempeño del sistema eléctrico - mecánico usado por la grúa.

- 2.2. Hacer funcionar al equipo aumentando progresivamente las cargas de trabajo , volviendo a tomar mediciones de la deformación y del consumo eléctrico del motor.
3. Una vez tomadas las mediciones en el campo y después de haberlas tabulado, se procede a analizarlas para inferir el comportamiento del equipo.

Lo expuesto anteriormente es un procedimiento ideal, para lo cual es necesario contar con equipos, como medidores de deformación, raramente disponibles en las industrias del medio.

En nuestro caso el procedimiento seguido para realizar las pruebas finales al equipo fue el siguiente:

1. Se realizó una inspección visual del trabajo concluido
2. Se realizaron pruebas con la grúa en vacío y con palets de ladrillos refractarios que tenían los siguientes pesos: 500, 1000 y 2050 Kg.



2.1. La prueba en vacío consistió en deslizar el malacate a través de la viga corrediza, y probar las acciones de enrollar y desenrollar el cable.

2.2. Las pruebas con carga se las realizó con os palets de 500, 1000 y 2050 Kg., respectivamente. Dicha prueba consistió en:

- Subir la carga a una altura de tres metros y suspender el suministro de energía eléctrica para probar los dispositivos de seguridad, especialmente el freno del motor, en cada una de estas pruebas hubo que calibrar el freno, pero la grúa cumplió a satisfacción.
- Subir la carga todo el trayecto, y colocar la carga en la plataforma de trabajo, deslizando el malacate con carga a lo largo de la viga transversal, esto se lo realizó para analizar el comportamiento electro-mecánico del dispositivo con carga y la facilidad de la acción de deslizar el malacate con carga.

Las pruebas a la grúa se la realizaron del 30 de Noviembre de 1998 al 6 de Diciembre de 1999, cumpliendo a satisfacción lo planeado.

La grúa estuvo en funcionamiento del 18 de Diciembre de 1998 al 21 de Enero de 1999, período en el cual subió 50 palets de ladrillos refractarios, las herramientas necesarias para la reparación del horno y otros materiales.

El rendimiento del equipo fue óptimo, únicamente está sujeto de mejora el método de deslizar el malacate a través de la viga transversal, el cual es manual y requería dos personas para hacerlo con cargas superiores a 1500 Kg., para mejorar este método se va a instalar un polipasto doble para deslizar más suavemente el malacate cuando este maneje cargas altas.

Se espera que en la próxima reparación del horno , prevista en el 2001, se recupere totalmente la inversión realizada en la grúa.

5.2 Análisis Económico.

En este punto se analizan económicamente los resultados de la solución implantada y los comparamos con los obtenidos con el método anterior de trabajo.

Para realizar esta comparación realizamos un flujo de caja de cada uno de los métodos, y hallamos utilizando las herramientas de la ingeniería económica el tiempo en que recuperaremos nuestra inversión.

En el flujo de caja de la alternativa implantada, calculamos el desembolso inicial de la grúa construida, este desembolso inicial será igual al desembolso por materiales y por mano de obra.

El desembolso por materiales que lo obtenemos de la tabla 6 , es de US\$ 1499.15.

El desembolso por mano de obra lo obtenemos de los contratos de obra en el caso de personal subcontratado, y en el caso de personal propio cuantificando las horas hombre de personal usadas en la construcción

del proyecto y multiplicando por el valor de la hora hombre de mano de obra.

Costo de mano de obra de soldadores US\$500 (de contrato)

Costo de mano de obra de mecánicos: 90 Horas Hombre de mecánicos
 $\text{US\$ } 0.80 / \text{HH} = \text{US\$ } 72$

Costo de mano de obra de electricistas: 30 Horas Hombre de electricistas
 $\text{US\$ } 0.80 / \text{HH} = \text{US\$ } 24$

Total de costo de mano de obra US\$ 596

Total de desembolso inicial US\$2095.15

Los gastos operativos que se van a repetir cada 2 años son debido a:

Energía Eléctrica, en este rubro se supone un costo de KWH. De \$0.02;

se estima un consumo de 2000 KWH en cada reparación del horno

Total US\$40 en cada reparación (cada 2 años)

Costos de Mantenimiento; este costo se basa en una inspección anual de ½ hora de duración \$ 4, cambio de aceite del reductor del malacate \$30 y lubricación continua del cable \$6, mantenimiento integral del equipo cada reparación del horno.

Total US\$144 cada reparación (cada dos años)

Total de costos operativos US\$184

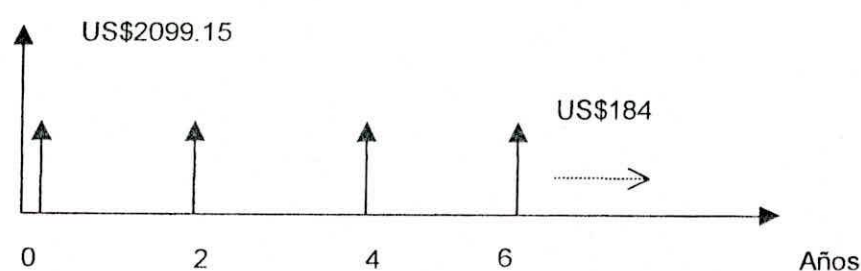


FIGURA 5.1. FLUJO DE CAJA DE SOLUCIÓN IMPLANTADA

Esta solución implantada debe de ser contrastada con el método anterior de subir los ladrillos refractarios, es decir con alquilar grúa para tal propósito.

Este método solamente tiene los gastos de alquiler que se van a repetir cada 2 años y sus costos van a ser los siguientes:

Horas aproximadas de uso en cada reparación del horno: 40

Costo aproximado de la hora de grúa: US\$30 / hora.

Costo total: US\$1200

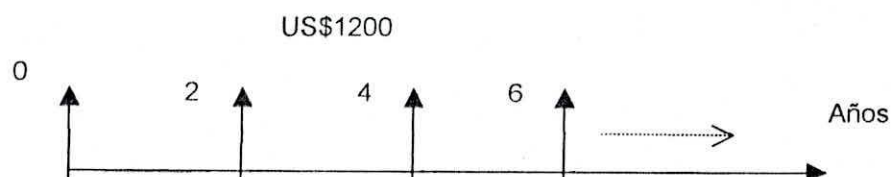


FIGURA 5.2. FLUJO DE CAJA DE ALQUILAR GRÚA

Una vez que tenemos los dos flujos de caja, tenemos que compararlos y hallar en cuanto tiempo vamos a recuperar la inversión original de la instalación de la grúa, es decir vamos a comparar los valores presentes de las alternativas y hallar en cuanto tiempo recuperaremos .

$$(V.P. , n_{PERÍODOS}, i \%)_{\text{flujo de caja 1}} = (V.P. , n_{PERÍODOS}, i \%)_{\text{flujo de caja 2}}$$

en este caso:

$i_{2a} = 16,24\%$, este valor se lo obtiene de,

$$i_n = (1 + i_{anual}/n (\text{períodos}))^n - 1$$

$i_{anual} = 15.63\%$ (tasa activa referencial del Banco Central, Septiembre del 2000)

$$i_{bianual} = 16.24\%$$

El valor presente del dinero en el año cero no tendrá variación, pero en lo que se refiere a las perpetuidades el valor presente estará dado por la siguiente fórmula:

$$VP = R (1 - (1 + i/p)^{-np}) / (i/p)$$

Donde:

VP: valor presente

R: anualidad o perpetuidad

I: interés bianual

P: período, en nuestro caso dos años.

La ecuación será:

$$2095.15 + 184 + 184 (1 - (1 + 0.1624)^{-n}) / 0.1624 = 1200 + 1200 (1 - (1 + 0.1624)^{-n}) / 0.1624$$

después de realizar algunas iteraciones tenemos:

$n = 1.258$ periodos, esto es: 2 años con 6 meses que nos va tomar recuperar la inversión.

Cabe anotar que para la realización de este cálculo no se tomaron en cuenta la depreciación de los equipos, esto se lo hizo debido a que los equipos utilizados fueron recuperados y ya se habían depreciado en la compañía.

En resumen tenemos:

Tabla X Resumen de Costos de Grúa Instalada y Alquiler de Grúa.

	Construcción de Grúa	Alquiler de Grúa
Costos de Materiales en Instalación	US\$ 1499.15	--
Costos de Mano de Obra en Instalación	US\$ 596	--
Costos de Operación y/o alquiler (por cada reparación)	US\$ 184	US\$ 1200

Conclusiones y Recomendaciones

1. Usar una metodología definida para analizar un problema encontrar una solución al mismo, especificar una solución e implantarla; nos dará mejores resultados que abordar un problema sin orden ni planificación.
2. La disponibilidad de dinero y otros factores como tiempo de entrega de parte de proveedores locales nos impidieron implantar una solución técnicamente mejor (con un malacate más pequeño, una estructura más liviana y con un sistema automatizado). Por lo que en la vida profesional como ingenieros tenemos que adaptarnos a la disponibilidad de los recursos.
3. Los modelos matemáticos usados para la selección de los elementos estructurales, contrastados con modelos más desarrollados, nos dan resultados razonablemente cerca de los reales.

4. Las habilidades en el manejo de los recursos (tiempo, material, mano de obra) son fundamentales en la vida profesional de un ingeniero.
5. Las pruebas realizadas al equipo demostraron que el diseño logró solucionar el problema.
6. Los conocimientos adquiridos en Mecánica de Sólidos y Estática fueron de gran utilidad en el análisis de la estructura.
7. En la especificación mecánica del proyecto fueron necesarios conocimientos adquiridos en las materias: Diseño Mecánico y Estática
8. En la especificación eléctrica se utilizaron conocimientos de electricidad y electrónica.

9. En la concepción general del proyecto, los conceptos utilizados fueron de la materia: Administración de empresas e Introducción a la Ingeniería Mecánica.

TALLER MECANICO INDUSTRIAL

DEL TIO. MANUEL RIVERA.

El presente es un documento que se emite para dar fe de la existencia de un taller mecanico industrial en el domicilio de la persona que se indica a continuacion.
El presente es un documento que se emite para dar fe de la existencia de un taller mecanico industrial en el domicilio de la persona que se indica a continuacion.
El presente es un documento que se emite para dar fe de la existencia de un taller mecanico industrial en el domicilio de la persona que se indica a continuacion.

PROFORMA

Chaparral, Octubre 20 1978

Mr. Vladimir Bermudez

Estado

Por medio de la presente, le otorgo facultades y
Habilito de platero para metalisteria que para
nuestro cliente en el Honor.

Los materiales de metales y los servicios para
proporcionarlos por el cliente, tambien los
planes.

Esto

Hago de ahora y adelante

Tiempo de Entrega: 12 dias.

Otro.

2/ 1'800.000

ANEXO C COTIZACION DE CONTRATISTA 2

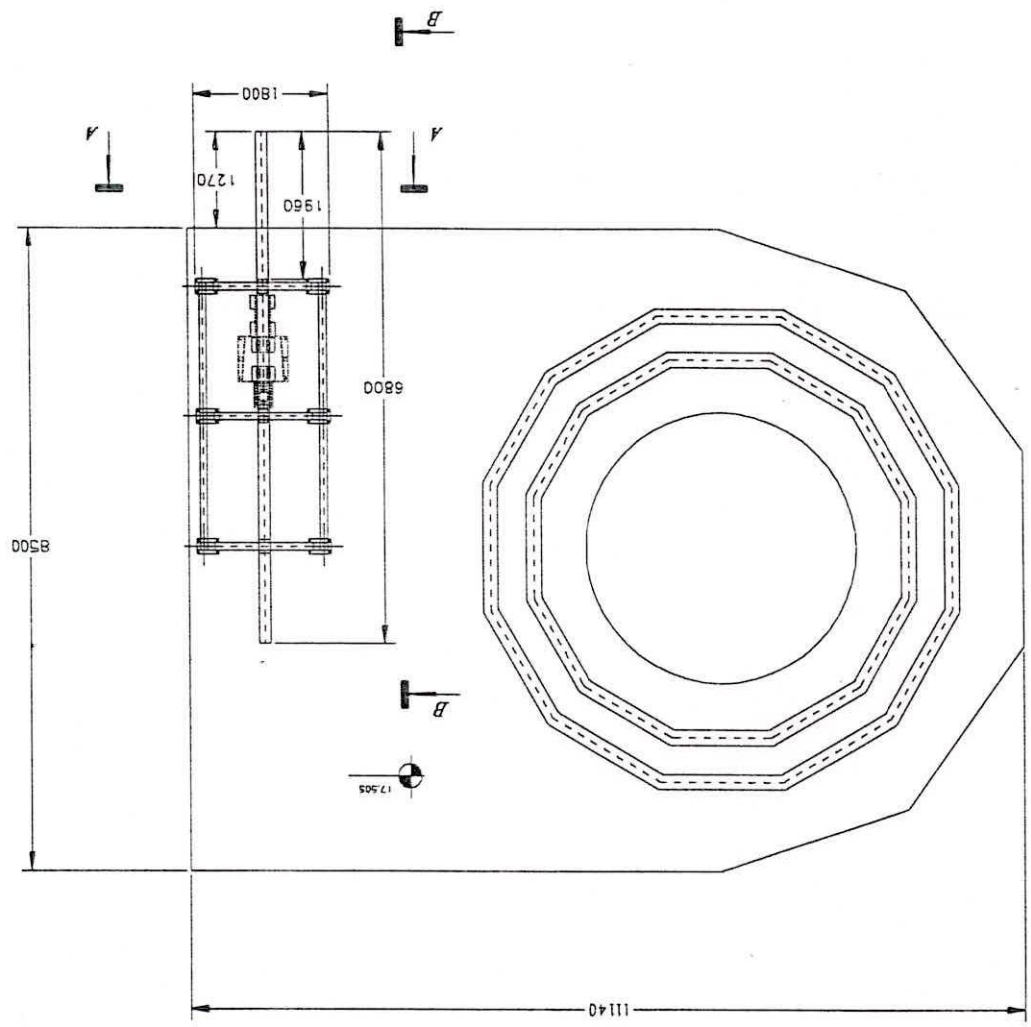
Glosario de Términos

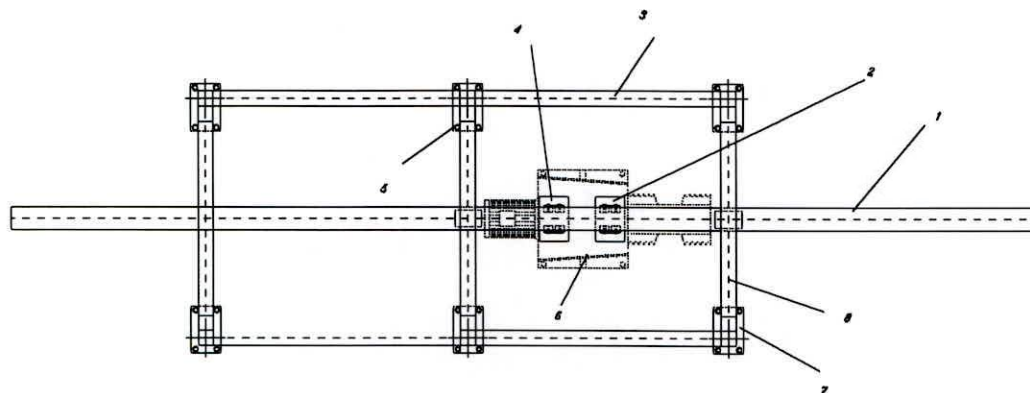


ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

IMPLANTACION

CODIGO		ESCALA	1:100	PLANTILLA DMC	
DISEÑO		REVISOR	ING. V. GONZALEZ	FECHA	
DISEÑO		REVISOR	ING. V. GONZALEZ	FECHA	
DISEÑO		REVISOR	ING. V. GONZALEZ	FECHA	



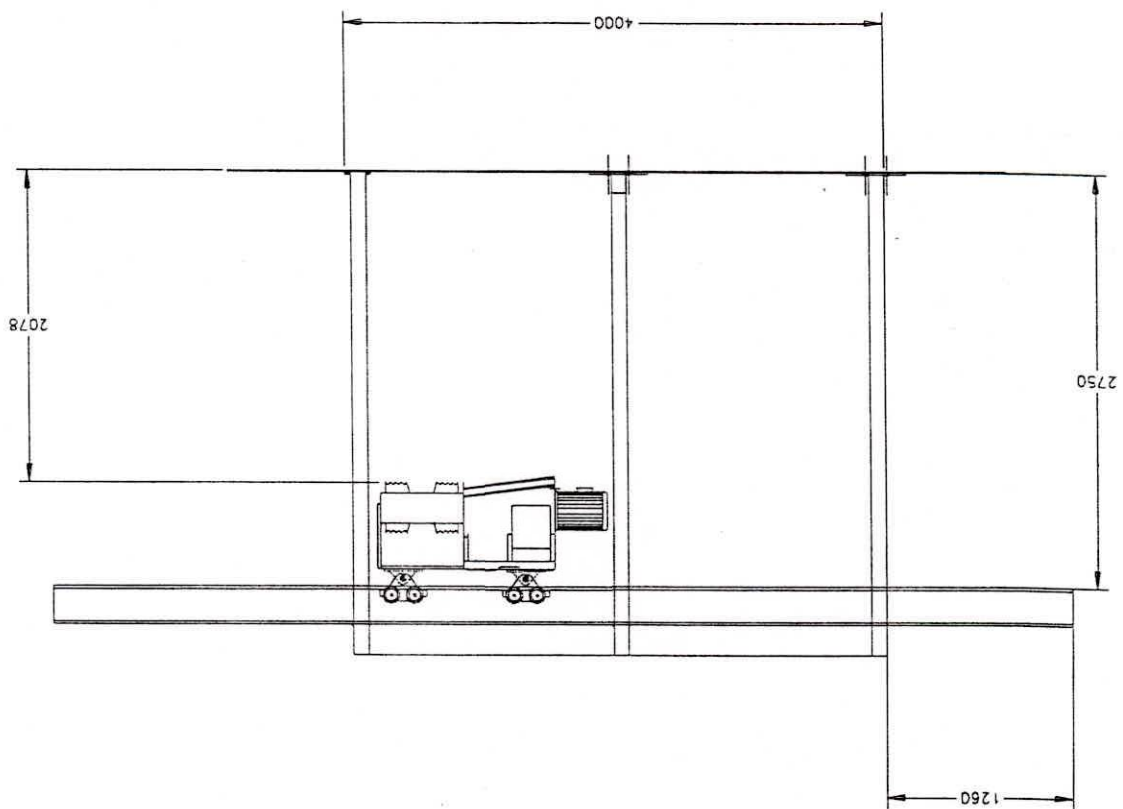


8	VIGA SECUNDARIA	(2)PERFIL U180x70x5
7	PLACA DE ANCLAJE	
6	MOTOR	
5	PERNOS DE ANCLAJE	M16x60
4	TROLLEY IMPULSOR	
3	VIGA SECUNDARIA	PERFIL U 200x50x4
2	TROLLEY IMPULSADO	
1	VIGA PRINCIPAL	PERFIL I 250x250
#	DENOMINACION	DESCRIPCION

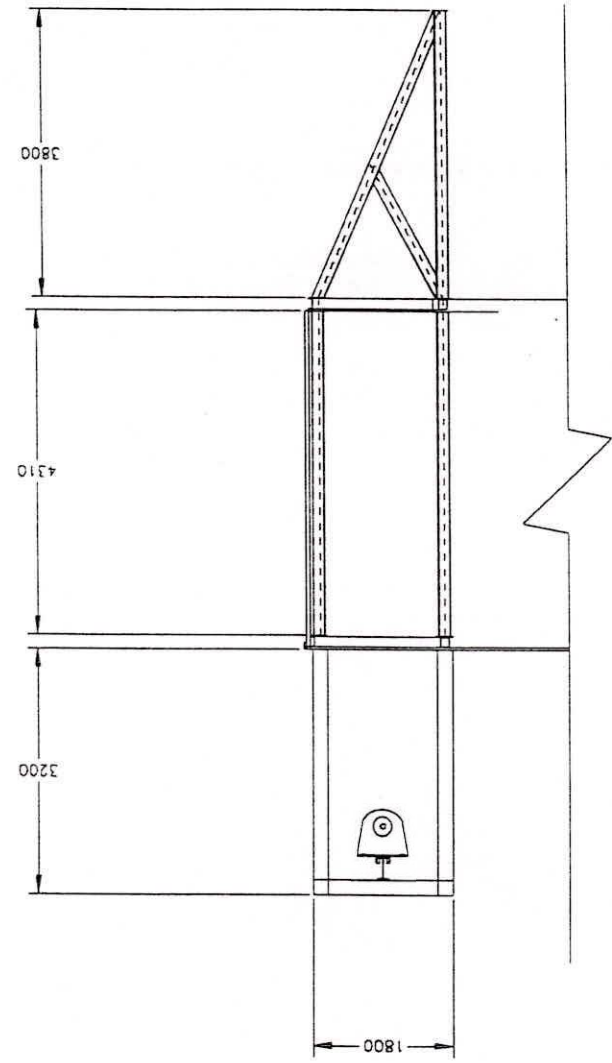
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

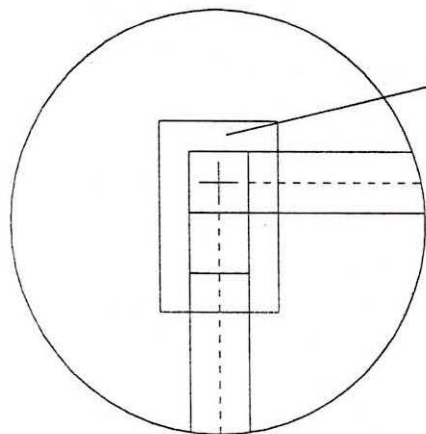
CODIGO		ESCALA		N°	
		1:50		PLATFORM.DWG	
DIBUJO:	REVISO:	APROBO:	REVISION No.		
G.SORIANO	ING.VLADIMIR BERNUDEZ	ING.VLADIMIR BERNUDEZ	1		
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:		

FECHA:		FECHA:		FECHA:	
DIBUJO: G. SORIANO		REVISO: ING. ALVARO G. GONZALEZ		REVISO: ING. ALVARO G. GONZALEZ	
AUTOR: M. J. RAMOS		AUTOR: M. J. RAMOS		AUTOR: M. J. RAMOS	
TITULO: PLANTAS		TITULO: PLANTAS		TITULO: PLANTAS	
Escala: 1:50		Escala: 1:50		Escala: 1:50	
CORRIGIDO		CORRIGIDO		CORRIGIDO	
CORTE B - B					
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL					



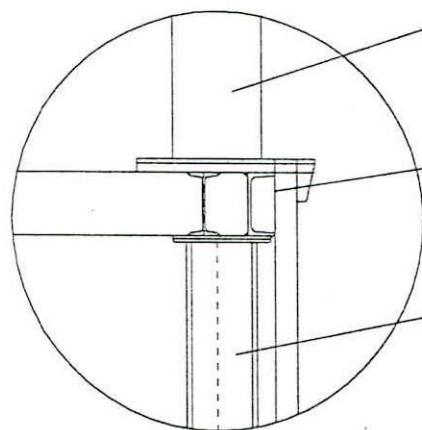
FECHA:		FECHA:		FECHA:	
DISEÑO:		REVISIÓN:		APROBADO:	
O. SORIANO		ING. A. GARCÍA		ING. A. GARCÍA	
REVISIÓN No. 1		REVISIÓN No. 1		REVISIÓN No. 1	
COORDINADOR:		ESCALA:		PLANTILLA:	
M-1		1:100		PLANTILLA	
CORTE A-A					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					





PLACA 300 x200 x 6
SOLDADA A COLUMNA Y A CARTELA

DETALLE DE ANCLAJE DE COLUMNAS



COLUMNA (2 CANALES 200x50x4)

CARTELA

COLUMNA (PERFIL IPN160)

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DETALLE DE ANCLAJE DE COLUMNAS

CODIGO		ESCALA		N°:	
				PLATFORM.DWG	
DISEÑO: G.SORIANO		REVISÓ: ING.VLAOMIR BERNALDZ		APROBÓ: ING.VLAOMIR BERNALDZ	
FECHA:		FECHA:		FECHA:	

GLOSARIO

Agregados: Materiales minerales sólidos inertes, que con los tamaños adecuados se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla íntima con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cales, cementos, etc.)

Ala: Zona ancha de los perfiles en I.

Alimentadores vibratorios: Máquina que entrega material en cantidades adecuadas a través de una superficie inclinada y que está controlada magnéticamente o por vibración de una superficie.

Alma: Zona central de los perfiles en I.

Arrancador: Dispositivo usado para acoplar el sistema de distribución eléctrica con un motor.

Banda transportadora: Máquina que transporta piezas o materiales de un lugar a otro, normalmente a través de una corta distancia y/o desnivel, en una banda continua.

Bobina: Rollo de cable conductor.

Búnker: Combustible pesado obtenido como subproducto de la refinación del petróleo.

Cal: Sustancia blanca, ligera, cáustica y alcalina. Al contacto con agua se hidrata con desprendimiento de calor. La cal se prepara por calcinación del carbonado de calcio en un horno.

Carbonato: Elemento del cual está formada la piedra caliza.

Contactador: Dispositivo que produce el enlace entre dos conductores para dejar pasar la corriente eléctrica.

Disyuntor: Dispositivo eléctrico que tiene por objeto proteger contra cortocircuitos al sistema eléctrico.

Engranaje: Sistema mecánico constituido por ruedas dentadas que transmite movimiento.

Envasadora: Máquina que dosifica un producto en su envase.

Fusible: Dispositivo de seguridad constituido por una aleación que se funde si la intensidad de corriente es demasiado alta, cortando así el circuito.

Grúa: Máquina para levantar y bajar pesos utilizando ruedas de engranaje, tambor de cadena/cable y cadena/cable.

Hidratación: Acción de combinar un cuerpo con agua.

Hormigonera: Aparato en el que los componentes del hormigón son mezclados mecánicamente por la rotación continua en un contenedor.

Horno: Aparato de forma muy variada que sirve para trabajar y transformar con la ayuda del calor las sustancias minerales.

Ladrillo refractario: ladrillos que resisten la acción del fuego sin cambiar de estado ni descomponerse.

Malacate: Conjunto de tambor, motor y reductor.

Molienda: Acción de quebrantar algún material hasta hacerlo polvo.

Molino de bolas: Moledora de finos, ligeramente inclinada u horizontal, que hace girar un cilindro que contiene bolas, generalmente de cerámica o acero, que muele el material hasta la finura deseada, mediante el roce y el impacto de las bolas.

Motor eléctrico: Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Comprende una parte fija (estator) y una parte móvil (rotor). Las fuerzas que provocan el movimiento son las resultantes de la acción de un campo magnético.

Piedra caliza: Piedra sedimentaria, con alto contenido de calcio, formada por depósitos fósiles.

Pulsador de marcha: Elemento usado para iniciar un dispositivo o sistema eléctrico.

Quemador: Dispositivo donde se produce la mezcla de combustible y comburente, para crear una llama.

Reductor: Elemento que sirve para reducir la velocidad de rotación de un eje.

Relé térmico: Aparato que tiene por objeto proteger el circuito contra sobrecarga.

Rodamientos: Soportes que usan el principio de rodadura para mantener a un eje rotatorio en su posición correcta.

Separador: Máquina que mediante movimiento rotatorio clasifica por tamaño a materiales finos.

Silo: Estructura en cuyo interior se almacena un material.

Switch: Dispositivo usado para abrir o cerrar un circuito eléctrico.

Tambor: Cilindro, que puede ser ranurado o liso, sobre el cual se enrolla y desenrollar el cable al subir o bajar la carga.

Trituración: Acción y efecto de reducir de tamaño una materia sólida.

Trituradora: Máquina para la subdivisión mecánica de sólidos.

Trolley: Dispositivo que mediante ruedas hace deslizar un peso a través de una carrilera.

Zaranda: Máquina que mediante un movimiento vibratorio clasifica el material debido al paso del mismo a través de mallas.



BIBLIOGRAFÍA

1. Catálogo Allen – Bradley, Controles Industriales, 1997.
2. Blank Leland T. - Tarquin Anthony J., Ingeniería Económica, , McGraw – Hill, tercera edición, México, 1992.
3. Carrillo Gonzalo, Oleas Pablo, Estudio de Impacto Ambiental áreas mineras El Huayco, El Huayco II, El Huayco IV; Guayaquil, 1999.
4. Krick V. Edward, Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería, Limusa Noriega Editores, tercera edición, México, 1994.
5. Larburu Nicolás, Máquinas Prontuario, , Editorial Paraninfo, séptima edición, Madrid, 1995.
6. Nayler J.L.– . Nayler G.H:F, Diccionario de Ingeniería Mecánica, Editorial Grijalbo, segunda edición, Barcelona, 1985.
7. Prodinsa, Catálogo de cables de acero, 1993.
8. Shigley Joseph Edward – Mischke Charles R., Diseño en Ingeniería Mecánica , McGraw – Hill, quinta edición (cuarta en español), México, 1995.