

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**DISEÑO Y FABRICACION DE UNA PLATAFORMA
DE 1000 TONS DE CAPACIDAD NOMINAL
DE CARGA PARA VARADO Y LANZAMIENTO
DE EMBARCACIONES.**

Tesis

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

Ingeniero Mecánico

VICTOR MAXIMO ANAZGO MIRANDA

Promoción 1980 - 2

LIMA - PERU

1986

EXTRACTO

Tesis para optar el título profesional de Ingeniería
Mecánica

TITULO: Diseño y fabricación de una plataforma de 1000
Tons. de capacidad nominal de carga para varado
y lanzamiento de embarcaciones.

AUTOR : Víctor Máximo Añazgo Miranda

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Lima - Perú

1985

INTRODUCCIO .- Dada la necesidad de varar o lanzar atuneros de 600 y 1000 Tons, construidos en PIRSA ASTILLEROS S.A. urge contar con un varadero tipo ascensor, que haga posible las operaciones requeridas en forma segura. La plataforma actual del astillero no permite realizar las operaciones respectivas con los atuneros indicados, debido a su baja capacidad de izaje, aproximadamente 700TM (con atuneros).

Para solucionar el problema existente en el astillero, planteamos un nuevo diseño que más se ajuste a la realidad; se toma como carga máxima a un atunero de 1000 Tons, se dan además pautas para la fabricación, montaje, operación, mantenimiento, para lo cual se ha tomado

en consideración la experiencia. Como parte final incluimos un breve análisis económico, como guía para evaluaciones similares.

CAPITULO I: Descripción de la plataforma y sistema de Izaje

El varadero tipo ascensor, es un elevador de barcos, su elemento fundamental es una plataforma de acero estructural (suspendida por cables de acero especial), que se sumerge en el agua hasta una profundidad predeterminada.

El buque a varar se sitúa sobre los calzos ubicados en ella, y los cables de suspensión accionados por winches eléctricos izan la plataforma con el barco, hasta situarlo al nivel del área de trabajo del astillero.

CAPITULO II: Estudio analítico de las cargas sobre la plataforma

La carga nominal viva a levantar o bajar es un atunero de 600 Tons, cuyo desplazamiento de varado de lanzamiento es: 1160 TM.

La carga máxima considerada es un atunero de 1000 Tons, con desplazamiento de aproximadamente 1500 TM en condiciones de varado a lanzamiento.

Cabe señalar que depende del calzado y ubicación del bu

que en la plataforma, para que haya una correcta distribución de la carga en los winches, esto se obtiene en la práctica.

CAPITULO III: Diseño de la plataforma y sistema de izaje
Teniendo en consideración la condición más crítica, es decir el varado o lanzamiento de un atunero de 1000 Tons, se diseña la estructura metálica y elementos complementarios, esto se realiza por resistencia y se verifica por deflexión y además se compara con casos reales.

CAPITULO IV: Proceso de fabricación, montaje y control de calidad

Es conveniente realizar un eficiente y oportuno control de calidad durante la recepción de materiales, calificación de soldadores, proceso de fabricación y montaje de la plataforma.

El Control de Calidad durante la fabricación se realizará mediante inspecciones visuales, uso de instrumentos de metrología, instrumentos topográficos como nivel óptico y teodolito, y además se controlarán los cordones de soldadura mediante radiografía industrial.

Durante el montaje el Control de Calidad se realizará

análogamente a la fabricación, excepto no se utilizará radiografía industrial.

CAPITULO V: Operación y mantenimiento de la plataforma y sistema de izaje

Operación.- Antes de varar o lanzar una embarcación, deberá dragarse si fuera necesario el fondo marino, de acuerdo al calado del barco.

Antes del varado o lanzamiento de una embarcación se debe verificar:

- . El desplazamiento, carga y estabilidad en las condiciones de operación.
- . Las dimensiones: eslora, manga, calado y la forma de la quilla, para ver la factibilidad de la operación, si és necesario se preparará cama especial.
- . El varadero, en cuanto se refiere a la estructura de la plataforma y al sistema de izaje.

Luego de analizados los puntos anteriores y de ser factible, se procede a la operación, calzando adecuadamente a la embarcación, de tal forma que no se sobrecargue ni a los winches ni a la plataforma.

Mantenimiento.- La corrosión es la mayor fuente de dificultades para todos los equipos de la plataforma y sistema de izaje y puede ser controlada con una adecuada

capa de recubrimiento protector y lubricación.

La modalidad de mantenimiento recomendado para el varadero es, mantenimiento preventivo, por la importancia de los elementos, debe cumplirse estrictamente, para evitar posibles siniestros, los cuales son negativos, tanto por lo que el varadero deja de producir o por lo que cuesta su reparación o fabricación de una nueva plataforma, como veremos en el siguiente capítulo es un costo muy elevado.

CAPITULO VI: Análisis técnico-económico

Estamos presentando un breve análisis económico para la fabricación y montaje de la plataforma de nuestro proyecto, además estamos indicando costos de la implementación de un varadero tipo ascensor, incluyendo winches, sistema eléctrico y sistema de aire comprimido.

Estos costos nos permitirá guiarnos cuando se quiera desarrollar un proyecto similar.

	Pág.
CAPITULO III: DISEÑO DE LA PLATAFORMA Y SISTEMA DE IZAJE	35
3.1 Diseño de las vigas transversales principales (perpendiculares a la línea de crujía del barco)	35
3.2 Diseño de las vigas longitudinales (paralelas a la línea de crujía del barco)	47
3.3 Diseño de las vigas secundarias y malletes	55
3.4 Selección de rieles ferroviarios, cálculo de riel de transferencia y determinación de contraflecha de las líneas de rieles	58
3.4.1 Selección de rieles ferroviarios	58
3.4.2 Cálculo de riel de transferencia	62
3.4.3 Determinación de contraflecha de las líneas de rieles	70
3.5 Selección del sistema de izaje	90
3.6 Selección de la madera a utilizar en la cubierta	98
3.7 Análisis del sistema guía de la plataforma	100
3.7.1 Análisis del arriostramiento	104
3.7.2 Análisis de los tubos guías	109

	Página
CAPITULO IV: PROCESO DE FABRICACION, MONTAJE Y CONTROL DE CALIDAD	116
4.1 Comentarios sobre Control de Calidad	116
4.2 Calificación de Soldadores	118
4.3 Control de Calidad de Materiales	119
4.4 Prefabricado de vigas	120
4.4.1 Trazado y corte de planchas	120
4.4.2 Biselado o preparación de la junta	121
4.4.3 Soldado de Subensambles (alas, almas y refuerzos)	122
4.4.4 Enderezado de subensambles	125
4.4.5 Análisis de uniones soldadas	125
4.4.5.1 Defectos de Soldaduras	125
4.4.5.2 Defectos inaceptables en soldadura	130
4.4.5.3 Control de Calidad de uniones sol- dadas	131
4.4.5.3.1 Inspección visual	131
4.4.5.3.2 Inspección mediante ensayos no destructivos	132
4.4.5.3.2.1 Inspección mediante tintes pe- netrantes	132
4.4.5.3.2.2 Inspección mediante radiogra- fía industrial	133
4.4.5.3.2.3 Inspección ultrasónica y magne- tica	138
4.5 Armado y soldado de elementos principa- les	139

	Pág
5.1.4.1 Precauciones generales	157
5.1.4.2 Eliminación de dificultades	157
5.2 Mantenimiento de la plataforma y sistema de izaje	160
5.2.1 Generalidades	160
5.2.2 Los winches	162
5.2.2.1 Actividades Semanales	163
5.2.2.2 Actividades Mensuales	164
5.2.2.3 Actividades Semestrales	165
5.2.2.4 Actividades Anuales	166
5.2.2.5 Precauciones	167
5.2.3 La plataforma	167
5.2.4 Los cables de acero	168
5.2.5 Los rieles de la plataforma	171
CAPITULO VI: ANALISIS TECNICO ECONOMICO	172
6.1 Materiales	172
6.1.1 Aceros	172
6.1.1.1 Acero estructural ASTM A-36	172
6.1.1.2 Acero para tubos ASTM A-53	173
6.1.1.3 Acero SAE 1010	173
6.1.1.4 Acero SAE 1020	173
6.1.1.5 Acero SAE 1030	174
6.1.1.6 Acero inoxidable	174
6.1.1.7 Acero Cementado, para rieles ferroviarios	174
6.1.1.8 Grampas de acero para rieles	174
6.1.1.9 Poleas de acero especial (suminis-	

	Pág.
trado por Pearlson Eng° Co.)	174
6.1.1.10 Cables de acero galvanizado	174
6.1.1.11 Soldadura E-7018	174
6.1.2 Bronce	175
6.1.3 Madera (Lagarto o Huayruro)	175
6.1.4 Pintura (considerada: AMERCOAT)	175
6.1.5 Tintes penetrantes	175
6.1.6 Radiografía Industrial	175
6.1.7 Acetileno y Oxígeno	175
6.2 Mano de Obra	176
6.2.1 Mano de Obra en Fabricación	176
6.2.2 Mano de Obra en Montaje	176
6.2.3 Mano de Obra en Acabado	176
6.2.3.1 Arenado	177
6.2.3.2 Pintado	177
6.3 Winches, sistema eléctrico y sistema de aire comprimido	177
6.3.1 Winches	177
6.3.2 Sistema eléctrico	178
6.3.3 Sistema de aire comprimido	178
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	180
BIBLIOGRAFIA	185
ANEXOS	187

INTRODUCCION

Encontrándome en la ciudad de Chimbote, trabajando en PIRSA ASTILLEROS S.A. observé siniestros en su varadero tipo "SYNCROLIFT" (ascensor), es decir, la falla de la estructura de la plataforma y/o de sus cables de izaje, trayendo como consecuencia la destrucción de los mismos, en algunos casos se reparó una parte de la estructura metálica de la plataforma y se cambiaron algunos cables, en otros casos se construyó totalmente la plataforma nueva y se instalaron también cables nuevos.

La mayoría de los siniestros han ocurrido cuando se intentaba lanzar o varar un atunero de 600 Tons. de capacidad de bodegas (desplazamiento de varado aproximadamente 1160 TM) o buques similares.

Dada la necesidad de desvarar los atuneros mencionados y además atuneros de 1000 Tons construidos en el mismo astillero, urge contar con un varadero tipo ascensor que haga posible las operaciones requeridas en forma segura (la plataforma con que cuenta actualmente el astillero no permite hacer las operaciones respectivas con los atuneros indicados, esto por su baja capacidad real (aprox. 700 TM), para lo cual planteamos el diseño de una plataforma, tomando como carga nominal a un atu-

nero de 600 Tons. y como carga máxima de trabajo a un a tunero de 1000 Tons.

Además se darán pautas para fabricación, montaje, operación y mantenimiento y un breve análisis económico.

Para el diseño, fabricación, montaje, operación y mantenimiento de la plataforma y sistema de izaje se tendrán en consideración las conclusiones obtenidas del estudio de las diferentes plataformas construidas en PICSA ASTILLEROS S.A.

ANALISIS DE LAS PLATAFORMAS CONSTRUIDAS (SYNCROLIFT) EN PICSA ASTILLEROS S.A. (CHIMBOTE)

En 1970 se construyó la primera plataforma (Syncrolift) para varado y desvarado de pequeñas embarcaciones pesqueras.

Las características generales de esta plataforma son las siguientes:

Capacidad nominal	:	350 TM
Longitud	:	33.50 mt
Ancho	:	12.00 mt
Altura	:	1.829 mt
Nº de winches	:	04
Potencia del motor del winche	:	22.5 HP
Capacidad máxima del winche	:	137 TM
Voltaje, frecuencia y frecuencia angular del motor de winche	:	440 V, 60 Hz, 1800 RPM

Voltaje de control	: 115 V
Cables de acero	: de 1 1/4" ϕ tipo 6 x 36 con alma de acero
Distancia entre vigas transversales principales	: 21.30 mts

La plataforma estaba conformada por dos vigas transversales principales y dos vigas longitudinales soldadas a las primeras.

Los rieles ferroviarios estaban apoyados directamente sobre las vigas longitudinales.

La vida útil de esta plataforma fue de un año, la cual es muy corta, en promedio la duración de los syncrolifts es de 15 á 20 años, operándolos en su régimen nominal, y a carga máxima.

En el año de 1970 cuando se intentaba lanzar al mar un atunero (construido en PICA ASTILLEROS S.A.) de 300 Tons de capacidad de bodegas y 600 Tons aproximadamente de desplazamiento para el desvarado, falló la estructura metálica y también los cables de acero.:

La causa del siniestro fue la sobrecarga aplicada a la plataforma.

Como no se podían desvarar los atuneros de 300 Tons en este año (1970) se inició la construcción de una segunda plataforma cuyas características son las siguientes:

Capacidad nominal	: 940 Tons (según diseñadores)
Velocidad de izaje	: 2 pies/min
Longitud	: 65.45 mt
Ancho	12.57 mt
Altura	: 1.829 mt
N° de winches	: 12
Potencia del motor del winche	: 22.5 HP
Voltaje, frecuencia y frecuencia angular de los motores	: 440 V, 60 Hz, 1800 RPM
Voltaje de control	: 115 V
Cables de acero para izaje de la plataforma	: 6 x 36 de 1 1/4" ϕ con núcleo de acero

La segunda plataforma estaba conformada por seis transversales principales y vigas longitudinales unidas éstas a las primeras mediante uniones flexibles en las vigas centrales y rígidas en los extremos y en voladizo, es decir soldadas.

Sobre las vigas longitudinales se instalaron vigas transversales secundarios separadas 1500 mm, sobre estas vigas se instalaron los rieles ferroviarios directamente encima de las vigas longitudinales, la separación de 1.50 mt de los soportes de los rieles resultó ser demasiado, ya que según se sabe se fracturaban los rieles, en vista de este problema se disminuyó la distan -

cia entre puntos de apoyo de los rieles a 740 mm.

Ocurrieron varios siniestros a la segunda plataforma que a continuación detallamos:

En los años de 1973 y 1975 ocurrieron fallas de dos vigas transversales principales y uno o dos cables de izaje, esto al desvarar barcos de aproximadamente 1200 TM de peso.

Se tuvo que reparar la plataforma cambiando de vigas y cables respectivamente.

El 05 de Julio de 1978, mientras se subía un barco casi a dos pies del extremo superior se deslizó un calzo y la embarcación cayó a ese lado.

Al ocurrir esto se rompieron los cables 3A, 4A, 3B y 4B, probablemente debido al golpe la plataforma se rompió. Desde el winche N°5 hacia tierra tuvo que cambiarse la plataforma y los cables 3A, 4A, 3B y 4B.

El penúltimo siniestro de la penúltima plataforma construida en Chimbote fue el 25 de Setiembre de 1981 cuando se intentaba varar un atunero de 600 Tons de capacidad de bodegas, resultaron dañados los elementos estructurales de la plataforma y cables de izaje de ésta.

Se ha investigado las posibles causas del siniestro ocurrido, habiéndose llegado a las siguientes conclusiones:

- a) Los atuneros de 600 TM tipo Cubapesca tienen una quilla quebrada que proporciona un área de apoyo horizontal desde la sección maestra hasta popa y una sección de apoyo en gradiente desde la sección maestra hacia proa. Esto hace necesario una cama de varada que tome en consideración las respectivas porciones de quilla, lo cual se puede preparar con facilidad cuando se trata de bajar una embarcación, pues en ese caso, la cama se prepara siguiendo el contorno de la quilla que está a la vista.
- b) Cuando se trata de subir una embarcación de este tipo, no es posible asegurarse de que la embarcación asentará en la cama prevista con su porción de quilla horizontal y quilla inclinada, asentando en los calzos respectivos, pudiéndose dar el caso que la embarcación quede ligeramente corrida hacia proa con lo cual el barco quedará apoyado solamente en los calzos del extremo proa y del extremo popa, produciéndose en ellos cargas de considerable magnitud que serán transmitidas a la plataforma.

Asimismo, puede ocurrir que la embarcación al varar quede ligeramente desplazada hacia popa, con lo cual los calzos de proa quedarían sin uso, generándose una gran reacción en los calzos de la zona central que será igualmente transmitida a la estructura de la plataforma.

Estas eventualidades son de muy difícil control mientras se efectúa la maniobra de varada de embarcaciones de este tipo.

- c) Para evitar las cargas concentradas que se producen en cualquiera de las situaciones descritas en el párrafo anterior se debe preparar la cama de proa independiente de la cama de popa, unidas entre sí por un aparejo de pastecas y cables de acero en cada banda de manera de iniciar la varada de la embarcación, asentando primero su tramo de quilla horizontal sobre la cama de popa que ha sido fijada con cadenas - en forma usual, una vez conseguido esto, mientras la embarcación se encuentra todavía parcialmente a flote, cobrar el aparejo de manera de traer la cama de proa para que haga contacto con el tramo de quilla inclinado para continuar levantando la embarcación, una vez que esto último se ha conseguido.

El 28 de Mayo de 1982 ocurrió el último siniestro a la penúltima plataforma construida en Chimbote, el resultado fue el siguiente:

- Viga madre transversal N°1: aparentemente bien
- Vigas madres transversal N°2: dobladas en la parte central
- Viga madre transversal N°3 y N°4
- Viga madre transversal N°5: deformada en diversas partes

- Viga madre transversal N°6: deformada y con rotura en el alma, en las zonas de apoyo de las vigas longitudinales.
- Viga longitudinales : deformadas y rotas

El resto de estructura secundaria, doblada y rota en un 75% aproximadamente.

- Se nota que los cordones de soldadura han fallado en las zonas que no han sido biseladas las planchas.

CONCLUSIONES

- 1.- Antes de lanzar o varar un buque a través de un va
radero tipo ascensor, es importante verificar:
 - a) El desplazamiento o peso del buque en las condi
ciones de varado o lanzamiento, es importante -
verificar que la embarcación sea estable en es-
tas condiciones.
 - b) La geometría del buque: eslora, manga, calado -
para ver si es posible la operación respectiva.
 - c) La forma de la quilla del buque, se debe usar -
el plano de dique del barco: si es necesario se
preparará una cama especial.
- 2.- Los apoyos de los rieles ferroviarios deben estar
separados como máximo 740 mm para evitar su rotura.
- 3.- Durante la fabricación y montaje de las plataformas
se debe prestar atención a los cordones de soldadu

ra, preparación de las juntas, alineamiento y nivelación de la estructura.

- 4.- Durante la operación de la plataforma se debe evitar sobrecargar tanto a la plataforma como a los winches, para evitar la falla de la estructura metálica y de los cables de acero.
5. El mantenimiento de la plataforma y sistema de izaje debe ser programado y cumplirse estrictamente, para evitar posibles siniestros, los cuales son negativos para la empresa, tanto por lo que el varadero deja de producir como por lo que cuesta su reparación o fabricación de una nueva plataforma.

Teniendo en consideración las conclusiones obtenidas del estudio de las plataformas siniestradas en PICSA ASTILLEROS, en Agosto de 1982 se inició la fabricación de una nueva plataforma de características similares a la última siniestrada (se usaron los mismos planos), se prestó especial cuidado al control de calidad en sus diferentes etapas.

Luego de varias operaciones de varado y lanzamiento de embarcaciones (aproximadamente 8) de hasta 900 Tons de peso como máximo, se comprobó que las vigas transversales principales presentan deformación permanente, lo cual significa que la plataforma ha sido sobrecargada.

Una sobrecarga puede interpretarse como un exceso de carga respecto al valor máximo admisible, esto puede ser debido a una mala maniobra o que la plataforma tenga una capacidad menor a la especificada. Se ha verificado la capacidad de la plataforma actual, la cual es 700 Tons como máximo, esto quiere decir que la plataforma se sobrecargó, por tener menor capacidad de lo especificado

CAPITULO I
DESCRIPCION DE LA PLATAFORMA

1.1 Características generales

Capacidad nominal	: 1000 TM
Capacidad máxima de seguridad:	1500 TM
Velocidad de izaje	: 600 mm/min
Longitud de la plataforma	: 65.76 mt
Ancho de la plataforma	: 2.00 mt
Recorrido vertical de la plataforma	: 8.60 mt
Número de winches	: 16
Potencia del motor del winche:	35.00 HP
Voltaje y frecuencia de los motores	: 440V, 60 Hz, 3 ϕ
Voltaje de control	: 115V
Cable de izaje de la plata- forma	: de acero especial de 1 3/8" ϕ x 6 x 36 con alma de ace- ro.

1.2 Descripción general

El verdadero tipo ascensor es un elevador de barcos. Su elemento básico es una plataforma de ace-

ro que se sumerge en el agua hasta una profundidad predeterminada.

El buque a varar se sitúa sobre ella y los cables de suspensión, accionados por winches eléctricos, izan la plataforma con el barco hasta situarlo al nivel del área de trabajo del astillero.

Los winches se instalan sobre dos muelles de hormigón formando la fosa de varada que enmarca la plataforma.

La estructura de la plataforma está constituida por un conjunto de vigas transversales de acero, en cuyos extremos se alojan las roldanas por las que laborea el cable de suspensión. Estas vigas transversales son las que soportan todo el peso del barco y están trabados longitudinalmente por medio de articulaciones que permiten pequeñas diferencias de desplazamiento vertical entre ellas.

Cada viga transversal está suspendida por dos cables de acero, uno en cada extremo, y maniobrada por dos winches.

Los motores de los winches son síncronos y su velocidad constante es la que garantiza que las vigas permanezcan en un plano durante los movimientos de elevación y descenso.

Sobre la plataforma y en el área de trabajo se dis

ponen carriles (rieles de ferrocarril) para arrastrar el barco varado fuera de la plataforma y permitir los varados de otros barcos durante el tiempo de permanencia en seco. El buque varado descansa sobre calzos, cada uno de los cuales se apoya en un carro cuna (carro móvil de acero provisto de ruedas), que se desplaza sobre los carriles orientados en la dirección de la eslora. Los carros se ensamblan mediante conectores y constituyen la cama de varada.

1.3 Winches de accionamiento

Del número total de winches requeridos, la mitad se instalan a la mano izquierda y la otra a la mano derecha sobre los muelles de hormigón. Cada winche es impulsado por un motor eléctrico de diseño especial para corriente alterna, trifásico, tipo inducción sincrónica el cual está conectado por medio de un cople flexible y de engranajes de reducción a un tambor para el arrollamiento del cable de acero.

El tambor de arrollamiento pone en movimiento un sistema de cables de acero en tiras múltiples el cual va arrollado en poleas montadas sobre la base del winche y sobre las vigas transversales principales de la plataforma.

La conexión del extremo fijo del sistema de cables

está sobre el winche. El tambor de arrollamiento está acanalado y su longitud es suficiente para proporcionar el recorrido vertical especificado - (ver sección 1.0), con sólo una hilera de cables sobre el tambor.

Todos los winches operan a exactamente la misma velocidad independiente de la variación de carga de winche a winche causada por la distribución despareja del peso del barco. Todos los motores están interconectados y controlados en el Panel del Operador.

Cada winche tiene dos dispositivos de frenado:

1. Un freno magnético de disco montado en forma integral con el motor.
2. Un trinquete con uña de retención sobre el tambor del winche.

El freno de disco montado en el motor es el medio normal para detener el movimiento vertical de la plataforma y para mantener la plataforma en su posición detenida. El sistema de trinquete y una uña provee seguridad contra deslizamiento en el freno de disco y también permite retirar el conjunto del freno del motor y engranajes intermedios para su mantenimiento

El freno de disco se libera automáticamente cuando se aplica energía eléctrica al motor, y se conecta automáticamente por acción de unos resortes cuando la fuerza eléctrica es desconectada del motor.

Los frenos de disco son autoajustables.

Cuando el varadero es operado en la dirección de bajada las uñas son automáticamente retiradas de los trinquetes al admitirse aire comprimido a los cilindros neumáticos de los trinquetes. Bajo todas las demás condiciones de operación los cilindros neumáticos son descargados automáticamente y las uñas están mantenidas en contacto con los trinquetes por los resortes instalados dentro de los cilindros neumáticos.

1.4 Plataforma

La plataforma consiste de elementos de acero estructural con una cubierta de tablonos de madera colocada sobre los elementos de acero. Cada viga transversal principal está soportada por un winche en cada extremo. La capacidad total de izado del syncrolift se consigue mediante estas vigas transversales principales de izado.

Las vigas transversales principales teóricamente no tendrían que estar conectadas una con otra debido a que la velocidad constante de cada winche asegura que todas las vigas permanecerán al mismo nivel.

Un buque podría ser varado usando solamente estas vigas, sino fuera por el hecho de que el buque requiere soporte bajo la quilla a un espacio más corto que el que puede ser obtenido usando estas vigas principales.

El soporte adecuado de la quilla se consigue colocando vigas transversales intermedias entre las vigas transversales principales. Las vigas transversales intermedias están soportadas por vigas longitudinales y las últimas están soportadas en cada extremo por conexiones flexibles tipo pasador sobre la viga transversal principal.

De esta manera cada viga principal transversal retiene su habilidad de levantamiento de carga independiente.

A pesar de que las conexiones tipo pasador proveen una plataforma articulada, esta opera como si fuera una construcción de una sola pieza y el operador no se preocupa con la construcción articulada.

El propósito de las conexiones tipo pasador es dar independencia a cada winche de manera que la carga pueda ser compartida adecuadamente entre ellos.

Asimismo, las conexiones tipo pasador hacen posible eliminar cualquier estiramiento de cable de acero que podría ocurrir.

Esta compensación automática del estiramiento de los cables se realiza por el uso de los interruptores de fin de carrera que detienen cada winche cuando las vigas principales transversales alcanza un nivel predeterminado. Las vigas principales transversales siempre retornarán a sus niveles originales prefijados sin importar cualquier variación en la longitud del cable durante la operación de izado.

Se requiere experiencia práctica para establecer la capacidad de la cubierta de madera de la plataforma para soportar cargas concentradas, indicaremos la capacidad de las maderas.

1.5 Cables de izaje

El cable de acero de los winches de la plataforma es fabricado especialmente para ser usado en un ambiente marino.

La fuerza de rotura del cable es 330,000 libras, más alta que otro tipo de cable del mismo diámetro de cable usado en la práctica comercial. El cable se designa como: "cable de acero-syncrolift con núcleo independiente de cable de acero".

Este cable es fabricado en su totalidad de alambre especialmente estirados y galvanizados, resultando un cable de resistencia y tenacidad excepcionales, así como también resistente a la corrosión.

Cada cable está provisto con un socket del tipo abierto colocado en un extremo del mismo.

El método de instalación empleado para la fijación de los sockets resulta en un montaje que tiene garantizado el 100% de la resistencia a la rotura del cable.

Los cables son probados y clasificados.

Los cables sometidos a prueba fueron provistos de sockets en la misma forma como los cables que se usan para izaje de la plataforma.

1.6 Sistema de calzos

Los barcos pueden ser varados en la plataforma usando los procedimientos convencionales, con calzos de quilla colocados a las alturas correspondientes y colocando los calzos laterales después que el buque ha asentado sobre los calzos de quilla.

Los barcos pueden también ser varados con los calzos de quilla y calzos laterales colocados a las alturas correspondientes si así se desea.

Los calzos de quilla están ubicados directamente en la plataforma y deben ser colocados solamente sobre los miembros transversales de la plataforma.

Los calzos laterales pueden ser fijos o móviles a

la plataforma.

1.7 Controles de la plataforma

Los controles consisten esencialmente del centro de control de los motores (que contiene los arrancadores, interruptores y el equipo básico de control), los interruptores de fin de carrera y los sensores de sobrecarga en los winches.

El control total de la plataforma puede ser efectuado por una persona mediante el selector maestro, junto con los botones de reposición, arranque y parada.

Los sensores de sobrecarga permiten obtener lecturas de las cargas en cada winche y además detienen automáticamente la plataforma en el caso que cualquier motor se sobrecargue.

Los dispositivos de instalación además permiten detener la plataforma en caso de bajo voltaje o falla en el suministro de energía.

En el caso de parada por sobrecarga durante el levantamiento de un barco, la plataforma debe ser operada solamente en el sentido de bajada hasta que la sobrecarga sea eliminada mejorando el calzado de la embarcación.

Los interruptores de fin de carrera de los winches junto con el selector maestro proveen la nivela -

ción automática de la plataforma y la parada en los límites extremos permisibles para el recorrido superior e inferior de la plataforma.

Los interruptores de fin de carrera superiores e inferiores se regulan de acuerdo al nivel de la base del winche y a la profundidad del agua disponible en la zona de la plataforma.

Los interruptores de nivelación de la plataforma son regulados para nivelar los extremos de las vigas transversales principales.

Los sensores de sobrecarga de los winches permiten detectar cualquier sobrecarga en cada uno de ellos y de inmediato paralizar todo el sistema, bloqueándose automáticamente.

Las válvulas solenoides neumáticas controlan automáticamente el suministro de aire a los cilindros que operan las uñas de los trinquetes, de modo que estas uñas son retiradas cuando los trinquetes giran en la operación de bajada.

Los circuitos de control están dispuestos para prevenir la operación de bajada si cualquier uña está reteniendo al trinquete. Una luz blanca indicadora se ha previsto en el panel de control, para cada uña y estas luces se iluminan individualmente cuando las respectivas uñas son retiradas de sus trinquetes.

1.8 Sistemas auxiliares

Se proveerá al varadero, de un sistema de aire comprimido (para accionamiento de trinquetes, dragado, etc.), además se tendrá un sistema de agua salada para enfriamiento de tambores de molinetes, lastrado de embarcaciones, contra incendio, etc.

CAPITULO II

ESTUDIO ANALITICO DE LAS CARGAS SOBRE LA PLATAFORMA

ESTUDIO PRELIMINAR

A) Carga viva a levantar o bajar (buque)

Las características de los buques pesqueros de 600 Tons y 1000 Tons de capacidad de bodegas, son las siguientes:

Atunero de 600 Tons - 169' (tipo cuba pesca)

Eslora máxima : 51.5 mt

Manga máxima : 10.7 mt

Desplazamiento en
liviano : 875 TM

Lastre mínimo para
varar o lanzar el buque
(por estabilidad): 285 TM

Desplazamiento de
varado : 1160 TM

Calado de varado : 14.5' = 4.4 mt

Atunero de 1000 Tons (tipo pepesca)

Eslora máxima : 62.20 mts

Manga máxima : 11.30 mts

Desplazamiento en
liviano : 1200 TM

Peso de lastre necesario para lanzar o varar el buque (aprox.) : 300 TM

Desplazamiento promedio del buque en condiciones de varado : 1500 TM

Calado de varado : 13.5 pies = 4.10 mts

B) Peso de la plataforma, madera de la cubierta, rieles ferroviarios, carros cuna y módulos

El peso de la plataforma y su complemento, lo asumimos (De acuerdo a la experiencia en PICSA ASTILLEROS S.A.) como un 36% de la capacidad nominal, es decir:

$$W_p = 0.36 \times 1000 = 360$$

$$W_p = \underline{360 \text{ TM}} /$$

Dimensiones de la plataforma

Eslora (Lp):

$$L_p = 62 + 4 = 66$$

$$L_p = \underline{66 \text{ mts}} /$$

Manga (Bp):

$$B_p = 11.3 + 2 = 13.2, B_p = \underline{13.0 \text{ mts}} /$$

Altura (hp):

$$h_p = 0.15 \times B_p = 0.15 (13) = 1.95$$

$$h_p \cong \underline{1,950 \text{ mm}} /$$

Las dimensiones se han obtenido, considerando el buque de manga máxima (atunero de 1000 Tons) y las recomendaciones que da el Ingeniero Lloré¹.

Altura de agua necesaria para varar un buque (H)

Se considerará un buque de máximo calado que tenga un desplazamiento máximo de 1500 TM, de estadísticas, se obtiene un calado de 15 pies.

En consecuencia:

H = 8400 mm (ver figura N°01)

- C) Estudio de las condiciones más críticas
Carga distribuida por metro de eslora de buque
Atunero de 1000 Tons

a) Según nuestros datos:

W = 1500 TM (carga viva)

Wp = 360 TM (peso de la plataforma)

$q_{med} = 1500/62.2 = 24.11$

El 85% del peso de la plataforma está entre los winches extremos (53 mts), por lo cual podemos distribuir esta carga en esa longitud.

¹ Instalación de un carenero por el Ing°E. Lloré, Pág. 273.

$$q_{\text{plat}} = 360/53 = 6.8$$

$$q_{\text{plat}} = \underline{6.8 \text{ TM/mt}} /$$

b) Según tabla N°1 de la referencia N°1:

$$q_{\text{med}} = 0.40 \text{ Lt} = 0.40 (62.2) = 25$$

$$q_{\text{med}} = 25$$

$$\underline{q_{\text{med}} = 25 \text{ TM/mt}}$$

Atunero de 600 Tons

a) Según nuestros datos estadísticos:

$$W = \underline{1160 \text{ TM}} /$$

$$W_p = 360 \text{ TM}$$

$$q_{\text{med}} = \frac{1160}{51.5} = 22.5$$

$$q_{\text{med}} = \underline{22.5 \text{ TM/mt}} /$$

b) Según el Ing° Lloréñz (Tabla N°1)

$$q_{\text{med}} = 0.40 (51.5) = 20.6$$

$$q_{\text{med}} = \underline{20.6 \text{ TM/mt}} /$$

Se conseguirá una aproximación de la carga máxima que aparecerá en alguna viga de la plataforma aplicando los coeficientes que se indican en la tabla N°1 (Ing° Lloréñz) para buques pesqueros:

$$\underline{q_{\text{m\acute{a}x}}/q_{\text{med}} = 2.0 /}$$

La razón del elevado factor correspondiente a los pesqueros estriba en que tienen frecuentemente asiento de proyecto y para conseguir reducir su trimado, es necesario lastrar algunos tanques, con la consiguiente concentración de peso.

De acuerdo a los estudios realizados en PICSA ASTILLEROS, para atuneros se tiene que:

$$\underline{q_{\text{m\acute{a}x}}/q_{\text{med}} = 1.5 - 2.3 /}$$

Para el buque atunero de 600 Tòns, se ha trazado su curva de distribución longitudinal de pesos sobre la plataforma, esto se puede apreciar en la figura N°02, de la cual se obtiene

$$\underline{q_{\text{m\acute{a}x}}/q_{\text{med}} = 1.70 /}$$

Para el atunero de 1000 Tons es en forma similar (ver figura N°03)

Por lo tanto, se puede considerar que:

$$\underline{q_{\text{m\acute{a}x}} = 2 q_{\text{med}} /}$$

El caso crítico resulta el buque de 1000 Tons.

$$q_{m\acute{a}x} = 2 \cdot q_{med} + q_{plataforma}$$

$$q_{m\acute{a}x} = 2 \times \frac{25}{2} + \frac{6.8}{2} = 25 + 3.4$$

$$q_{m\acute{a}x} = 28.3 \text{ TM/mt}$$

(Para cada viga longitudinal)

$$\therefore \text{tomamos: } q_{m\acute{a}x} = 29 \text{ TM/mt}$$

De acuerdo a la experiencia obtenida en PICSA ASTILLEROS, para una capacidad máxima de 1500 TM, es conveniente utilizar 16 winches de izaje de la plataforma.

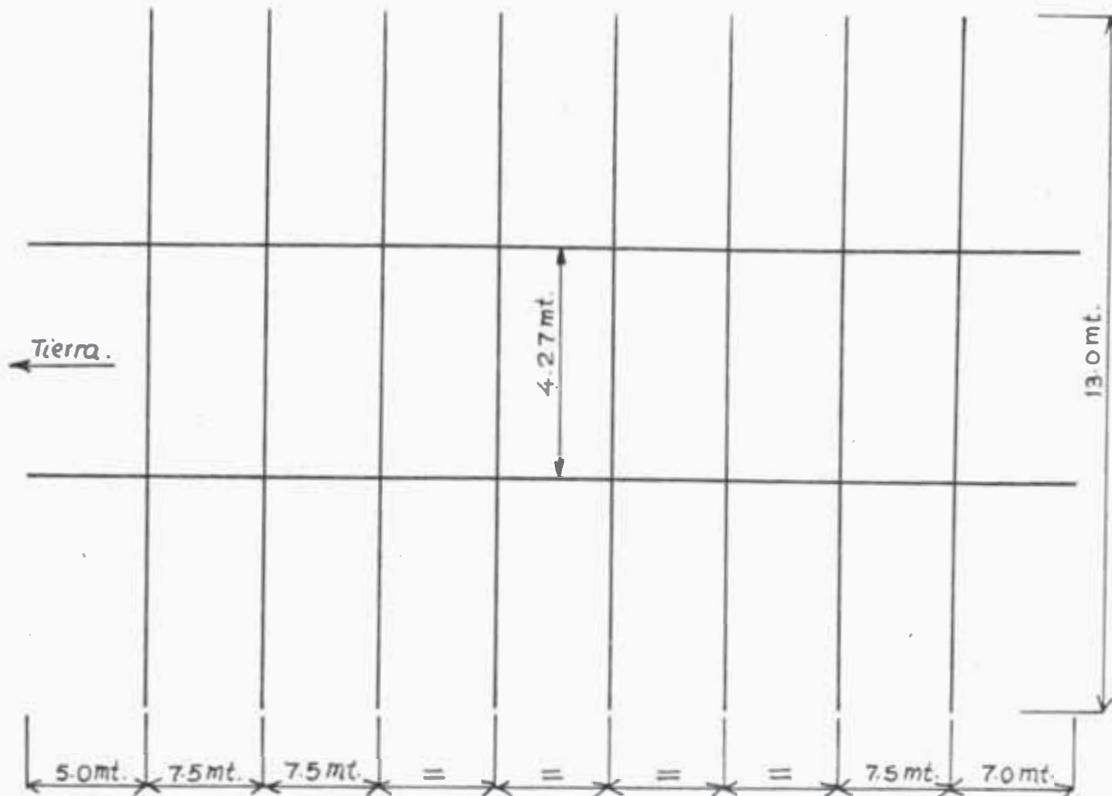
En la revista publicada por Pearlson Eng°Co.² se puede apreciar que para Syncrolift de 1660 TM (60 mt x 15 mt), hasta 2500 TM (63 mt x 15 mt), se utilizan 16 winches de accionamiento de la plataforma.

Teniendo en consideración las dimensiones del atunero de 1000 Tons se ha obtenido:

$$L_p \cong 65 \text{ mt (longitud de la plataforma)}$$

$$B_p \cong 13 \text{ mt (ancho de la plataforma)}$$

y las recomendaciones sobre cantidad de winches hacemos una distribución aproximada de los mismos:



ESTUDIO DEFINITIVO

2.1 Carga viva a levantar o bajar (buque)

Las características de los buques pesqueros de 600 Tons y 1000 Tons de capacidad de bodegas, son las siguientes:

Atunero de 600 Tons - 169' (tipo cubapesca)

Eslora máxima : 51.5 mt

Manga máxima : 10.7' mt

Desplazamiento en liviano : 875 TM

Lastre mínimo para varar o lanzar el buque (por estabilidad): 285 TM

Desplazamiento de varado : 1160 TM

Calado de varado : 14.5' = 4.4 mt

Atunero de 1000 Tons (tipo pepesca)

Eslora máxima : 62.20 mts

Manga máxima : 11.30 mts

Desplazamiento en
liviano : 1200 TM

Peso de lastre ne-
cesario para lan-
zar o varar el
buque (aprox.) : 300 TM

Desplazamiento pro-
medio del buque
en condiciones
de varado : 1500 TM

Calado de varado : 13.5 pies = 4.10 mts

2.2 Peso propio de la plataforma

Peso de acero : 255 TM

Peso de soldadura : se obtiene metrand y también
de acuerdo al consumo real obtenido en el Astillero
de PICSA S.A., se ha llegado a la conclusión de
que:

$$P_w = 1.5\% \times (\text{Peso de Acero})$$

$$P_w = \frac{1.5}{100} \times 255 = 3.8$$

$$P_w = \underline{3.8 \text{ TM}}$$

Peso de la estruc-
tura metálica
soldada : 259 TM

La soldadura que se utilizará es E7018.

2.3 Peso de la madera de la cubierta

La madera que se utilizará es Huairuro, cuyo peso específico es: $= 570 \text{ kg/m}^3$

Se ha calculado: $\text{Vol} = 52.7 \text{ m}^3$

$$W_M = 52.7 \text{ m}^3 \times 0.570 \text{ TM/m}^3 = 30$$

$$W_M = \underline{30 \text{ TM}} /$$

y si se utilizara manchinga, cuyo peso específico es $= 680 \text{ kg/m}^3$

$$W_M = 52.7 \times 0.680 = 36 \text{ TM}$$

$$W_M = \underline{36 \text{ TM}} /$$

2.4 Peso de los rieles de la plataforma

$$L = 131.52 \text{ mt}$$

$$w = 49.8 \text{ kg/mt (riel ASCE N}^\circ 100)$$

$$W_r = 131.5 \text{ mt} \times 49.8 \text{ kg/mt} = 6,548.7 \text{ kgs}$$

$$W_r = \underline{6.5 \text{ TM}} /$$

2.5 Peso de los carros cuna y calzos

Peso de cada carro cuna y calzos: 3,000 kg c/u

$$W_{cc} = 3.000 \times 23 = 69 \text{ TM}$$

$$W_{cc} = \underline{69 \text{ TM}} /$$

2.6 Peso de los módulos

Para el caso de atuneros de 600 Ton, se utiliza módulos en la zona de proa para el calzado debido a la forma quebrada de la quilla, son cuatro los módulos, cuyo peso total es 9 TM, el caso que estamos analizando corresponde al atunero de 1000 Tons, en el cual no se utilizará módulos, por tener quilla recta.

$$\underline{W_{\text{mod}} = 0 /}$$

2.7 Estudio de las condiciones más críticas

Pesos no considerados:

a) Cables de acero de 1 3/8" ϕ (Figura 01)

Cantidad de cable por winche: aprox. 57 mt.

$$L_c = 57 \times 16 = 912 \text{ mt (total)}$$

$L_c = 912 \text{ mt cable de } 1 \frac{3}{8}'' \phi \text{ con alma de acero}$

$$W_c = 5 \text{ kgs/mt (de tablas)}$$

$$W_c = w_c \times L_c = 5 \times 912 = 4,560 \text{ kgs}$$

$$\underline{W_c = 4.5 \text{ TM} /}$$

El peso total de la plataforma será:

$$W_{TP} = 259 + 36 + 6.5 + 69 + 4.5 = 375$$

$$\underline{W_{TP} = 375 \text{ TM} /}$$

Por lo tanto, la carga máxima de diseño recalculada será:

$$q_{\text{máx}} = 2 q_{\text{med}} + q_{\text{plat}}$$

$$q_{\text{máx}} = 2\left(\frac{25}{2}\right) + \frac{375}{2 \times 53} = 28.54$$

$$q_{\text{máx}} = \underline{28.54 \text{ TM/mt}} /$$

∴ Como $q_{\text{máx}} < 29 \text{ TM/mt}$... Bien

La carga de diseño para los atuneros de 600 Tons será:

$$q_{\text{máx}} = 2\left(\frac{22.5}{2}\right) + \frac{375}{2 \times 53} = 26$$

$$q_{\text{máx}} = \underline{26 \text{ TM/mt}} /$$

$$\frac{q_{\text{máx}}(600 \text{ Tons})}{q_{\text{máx}}(1000 \text{ Tons})} = \frac{26 \text{ TM/mt}}{29 \text{ TM/mt}} \quad 0.90$$

$$\frac{q_{\text{máx}}(600 \text{ Tons})}{q_{\text{máx}}(1000 \text{ Tons})} = 0.90 /$$

Factor de seguridad

Para atunero de 1000 Tons: 1.8 como se indicara más adelante

Para atunero de 600 Tons:

$$F_{\text{seg}} = \frac{1.8}{0.9} = 2.0$$

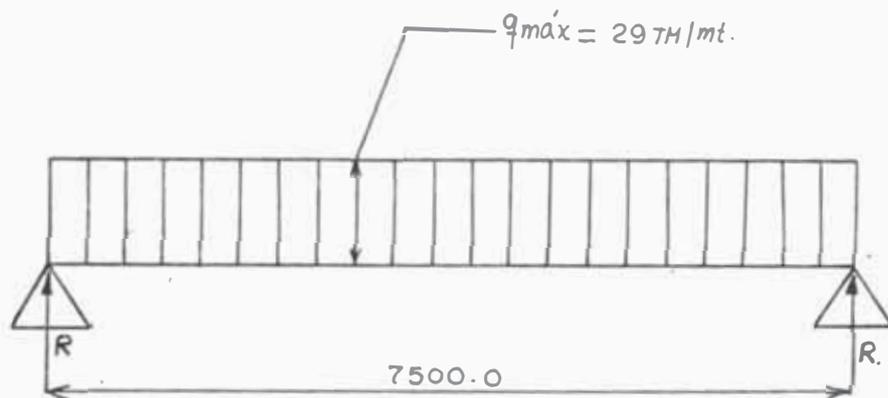
$$\underline{F_{\text{seg}} = 2.0 /}$$

Anteriormente habíamos determinado:

N° de winches : 16

N° de vigas transversales principales: 08

Carga distribuida sobre la viga longitudinal más crítica

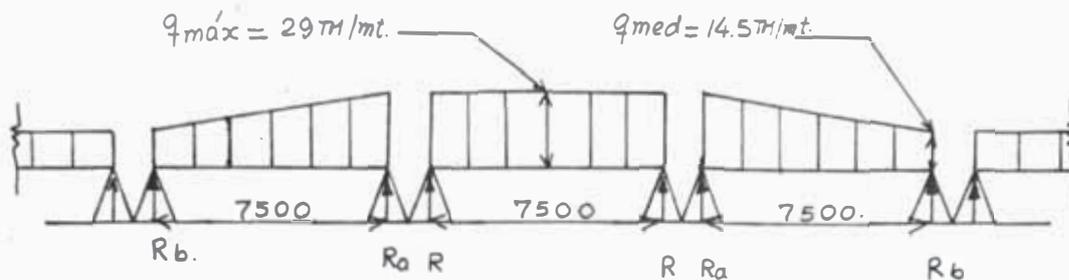


$$R = \frac{29 \times 7.5}{2} = 108.75$$

$$\underline{R = 108.75 \text{ TM} /}$$

Análisis de carga sobre la viga transversal principal más crítica

Para determinar las fuerzas sobre la viga transversal más crítica analizamos primero las fuerzas sobre las vigas longitudinales más críticas.
(De acuerdo a las recomendaciones del Ing° Llorénz).

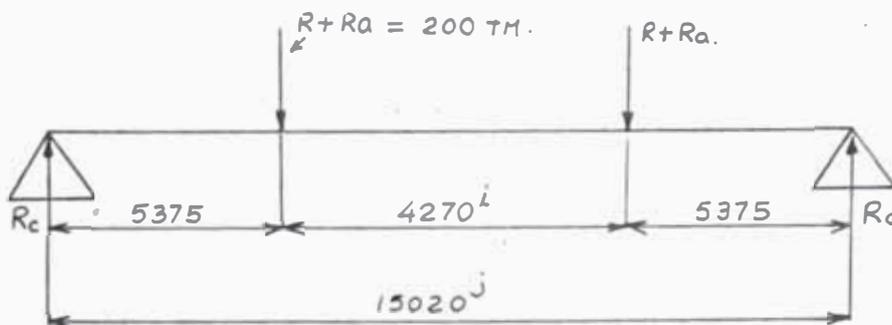


Resolviendo las ecuaciones para las vigas obtenemos:

$$R_a = 90.625 \text{ TM}$$

$$R_b = 72.50 \text{ TM}$$

Luego las cargas sobre la viga principal transversal será:



i : Distancia estándar, entre ejes de ruedas de carros cuna

j : se obtiene de acuerdo al ancho de la fosa, dimensiones de poleas, etc.

$$\underline{R_c = 200 \text{ TM}}$$

E B O 4 8 12

CUADERNAS Nº

PROA

LEYENDA

— PESO LIVIANO = 875 TM.

— PESO CON LASTRE EN CONDICIONES

DE VARADO = 1,160 TM.

APOYOS



L CG 0" = 26,00 Mts. (CON RESPETO CDNA. Nº 0")
(EMBARCACION CON LASTRE)

ESCALA 5 m.m. = 1 CUAD.

UNIVERSIDAD NACIONAL INGENIERIA
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

Nº: TITULO: ATUN RO 600 -00

FIG. 02 CURVA DE DISTRIBUCION LONGITUDINAL DE PESOS

Q3-12-84

CUADERNAS N°

PROA

LEYENDA

PESO CON LASTRE EN CONDICIONES DE VARADO = 1,500 TM.

APOYOS



A: 3mm. x 24"
B: 2mm. x 22"

CUADERNAS

UNIVERSIDAD NAC DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICIDAD

TÍTULO: ATUN 1000 NS-2 -II

FECHA:

FIG. 03 CURVA DE DISTRIBUCION LONGITUDINAL DE PESOS

03-12-84

5mm. x 1

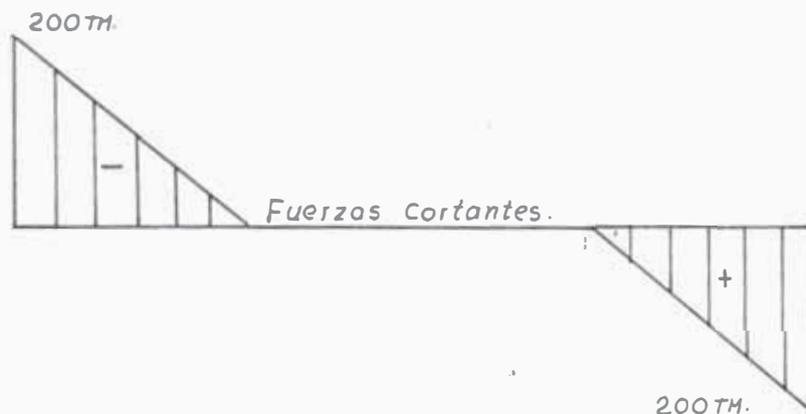
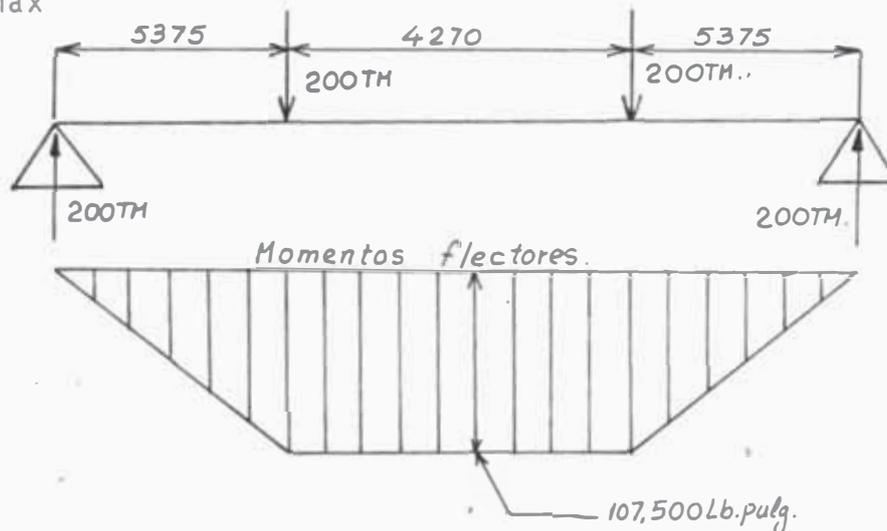
CAPITULO III

DISEÑO DE LA PLATAFORMA Y SISTEMA DE IZAJE

3.1 Diseño de las vigas transversales principales

$$M_{\text{máx}} = 200 \times 537.5 = 107,500 \text{ TM-cm}$$

$$M_{\text{máx}} = 107,500 \text{ TM-cm}$$



Módulo de sección requerido:

$$S_{re} = \frac{107,500}{\sigma_d}$$

Usando Acero Estructural ASTM A-36

Esfuerzos admisibles

∴ según AISC para edificios

$$d = 0.60 S_y = \frac{S_y}{1.67}$$

$$\underline{f_{seg} = 1.67 /}$$

∴ según Machinery's Handbook³

$$f_{seg} = 2.0$$

∴ tomamos el valor medio:

$$\underline{F_{seg} = 1.8 /}$$

$$\text{Luego: } \sigma_d = \frac{36,000}{1.8} = 20,000$$

$$\underline{\sigma_d = 20,000 \text{ psi} /}$$

$$\sigma_d = 1,360 \text{ kg/cm}^2 = 1.36 \text{ TM/cm}^2$$

$$S_{re} = \frac{107,500 \text{ TM-cm}}{1.36 \text{ TM/cm}^2} = 79,044$$

$$\underline{S_{re} = 79,044 \text{ cm}^3 /}$$

Después de varios tanteos obtenemos las dimensiones de la viga transversal principal:

$$\text{Peralte: } h = 2000 \text{ mm (78.74")}$$

³ Machinery's Handbook por Oberg y Jones, pág. 359.

Ancho de alas: $b = 1000 \text{ mm}$ (39.37")

Espesor de alas : 38 mm (1 1/2")

Espesor del alma : 16 mm (5/8")

Cálculo del momento de inercia:

$$I = \frac{1}{12} (100(200)^3 - 2(49.2) (192.4)^3)$$

$$I = \underline{8'264,487.00 \text{ cm}^4}$$

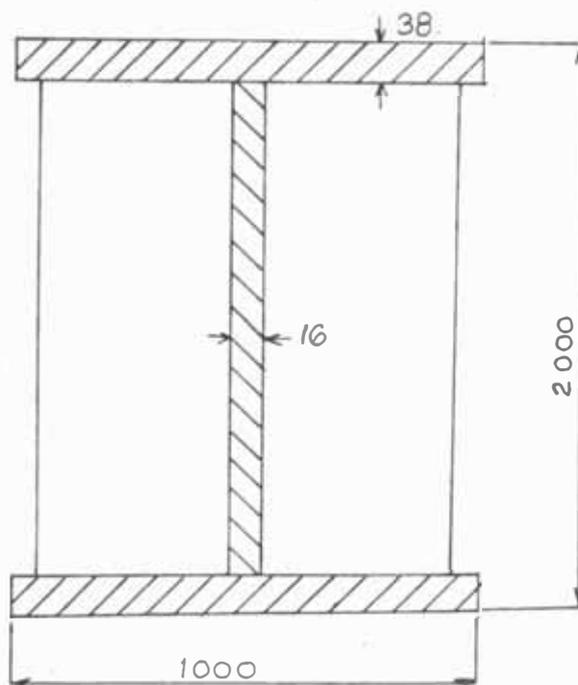
Módulo de sección calculado: (S_c)

$$S_c = \frac{I}{C} = \frac{8'264,487}{100} = 82,645$$

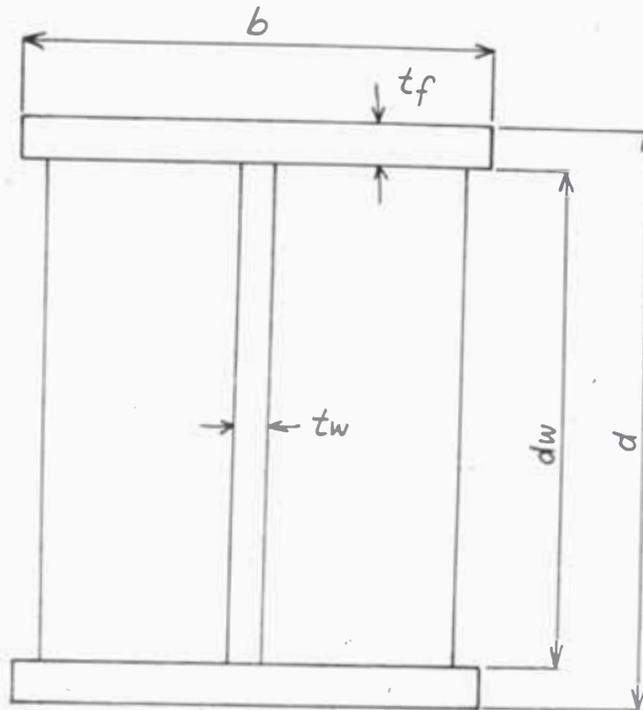
$$S_c = \underline{82,645 \text{ cm}^3}$$

$\therefore S_{re} < S_c$ Bien

La sección típica de la viga será:



Nomenclatura de una viga:



a : separación entre refuerzos (cartelas).

Verificación de la viga madre transversal:

Datos:

$$d_w = 1924 \text{ mm} = 75.75''$$

$$d = 78.74''$$

$$b = 39.37''$$

$$V \approx 200.0 \text{ Ton (fuerza cortante máxima)}$$

$$V = 440,000 \text{ Lbs}$$

$$A_w = t_w \cdot d_w$$

Tabulamos adecuadamente⁴:

TABLA N°1

A_w	t_w	actual $= V/A_w$	d_w/t_w	$a/d_w \leq \left(\frac{260}{d_w/t_w}\right)^2$
pulg ²	pulg.	PSI	pulg/pulg	pulg/pulg
37.87	1/2	11,617	151.5	3.0
43.34	5/8	9,294	121.2	4.6
56.81	3/4	7.745	101.0	6.6

Seleccionamos: $a/d_w \leq 4.6$

$$d_w = 1,924 \text{ mm}$$

sea : $a \cong 1000 \text{ mm}$ (de acuerdo al plano N°003)

$$a/d_w = 1000/1924 = 0.52$$

$$\underline{a/d_w = 0.52} /$$

⁴ Diseño de Estructuras Soldadas por Blodgett, pág. 41-14

TABLA N° 2

$d_w/t_w \backslash a/d_w$	0.50	0.60	0.70
110	-	-	14,500
120	14,500	14,400	12,800
130	14,500	13,300	12,400

Tomamos: $\tau_{ad} = 14,400$ PSI

Nota: Los valores indicados en esta tabla corresponden a los esfuerzos permisibles al corte del acero A-36.

$\therefore \tau_{ad} > \tau_{actual}$, Bien

$$\tau_{actual} = 9,294 \text{ PSI}$$

a : distancia entre carteles de la viga

V : fuerza cortante

Determinación de "a" para los extremos de la viga

$$a \leq \frac{11,000 \cdot t_w}{(\tau_{actual})^{0.5}}$$

$$t_w = 5/8$$

$$a \leq \frac{11,000 \times 5/8}{(9294)^{0.5}} = 1810 \text{ (71.3")}$$

$$a \leq 1810 \text{ mm}$$

Como se había determinado, $a = 1,000$ mm, esto de acuerdo a la necesidad en la viga madre, para alojar a vigas longitudinales, y soportes.

Número de paneles $\cong 15,950/1000 = 15$

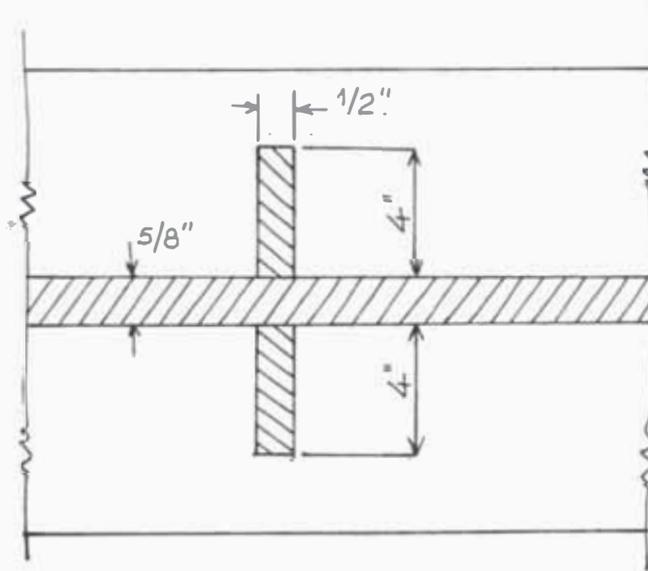
Número de paneles = 15 de 1000 mm cada uno

Dimensionado de las cartelas de la viga

$$I_s \geq \left(\frac{d_w}{50}\right)^4 = \left(\frac{75.75}{50}\right)^4 = 5.3$$

$$\underline{I_s \geq 5.3 \text{ pulg}^4}$$

Supongamos que se use cartelas de: 4" x 1/2"



$b_s = 4''$
 $t_s = 1/2''$

$$\frac{b_s}{t_s} = \frac{4}{\frac{1}{2}} = 8 < 16 \quad \text{Bien}$$

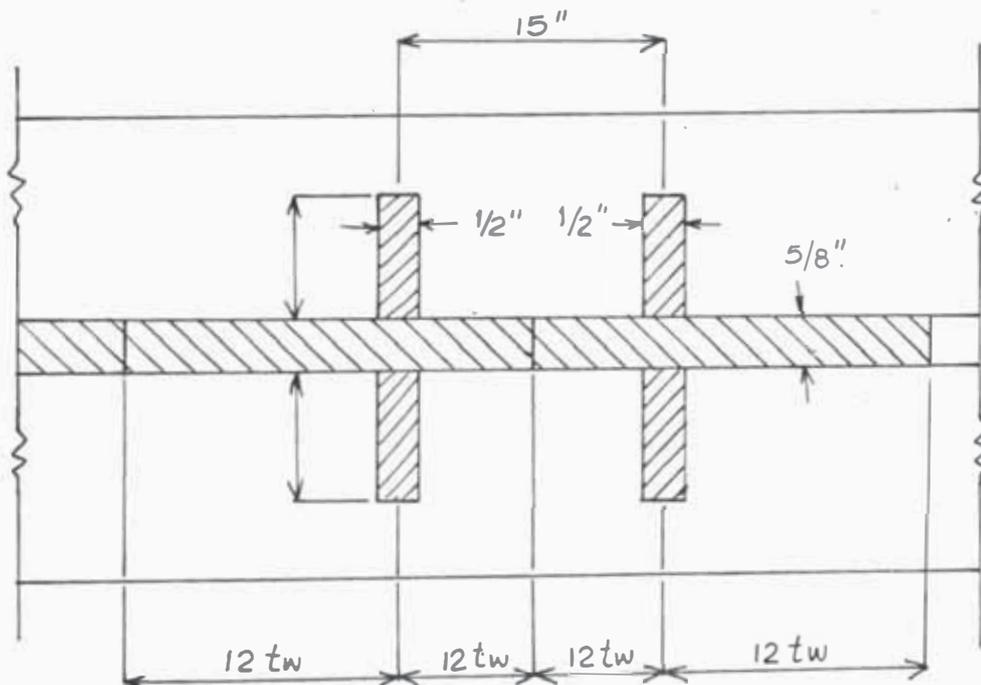
$$I_a = \frac{1}{12} (2 \times 4 + 5/8)^3 \times 1/2 = 26.73$$

$$I_a = 26.73 \text{ pulg}^4 /$$

$\therefore I_a > I_s$ Bien

De acuerdo al plano N°003, es necesario usar cartelas de 180 x 12.7 mm (7" x 1/2").

Determinación del tamaño de cartelas donde está aplicada una carga concentrada:



$$I = \frac{1}{12} \times \left((1/2) \times (2 \times 6.25)^3 \times 2 + (29) (5/8)^3 \right)$$

$$I = 1,244.95 \text{ pulg}^4 /$$

$$A = 24 \times 2 \times 1/2 + 30 \times 5/8$$

$$A = 24 + 18.75 = 42.75$$

$$\underline{A = 42.75 \text{ pulg}^2 /}$$

$$r = \left(\frac{1244.95}{42.75} \right)^{0.5} = 5.4''$$

$$\underline{r = 5.4'' /}$$

$$L_e = \frac{0.75 L}{r} = \frac{0.75 \times 75.75}{5.4} = 10.54$$

$$L_e \cong 11.0 \therefore \underline{\sigma_{adm} = 20,000 \text{ PSI} /}$$

La fuerza admisible es:

$$F_{adm} = 20,000 \times 42.75 = 855,000$$

$$F_{adm} = \underline{855,000 \text{ Libras} /} \quad \text{Bien}$$

$$F_{actual} = 440,000 \text{ libras}$$

$$\underline{F_{adm} > F_{actual} /} \quad \text{Bien}$$

Verificación de la viga madre transversal por de -
flexión

Según el AISC⁵:

La flecha máxima admisible, para viga de acero A-36
es:

$$\underline{f_{adm} = 0.02276 \frac{l^2}{d} /}$$

En donde:

l : luz de la viga (en pies)

d : peralte de la viga (en pulgs)

f_{adm} : flecha admisible (en pulgs)

$$l = 15,020 \text{ mm} = 49.28'$$

$$d = 2000 \text{ mm} = 78.72''$$

$$f_{adm} = 0.02276 \frac{(49.28)^2}{78.72} = 0.702$$

$$\underline{f_{adm} = 18 \text{ mm} /}$$

Cálculo de la flecha máxima durante la operación de la plataforma



$$a = 5375 \text{ mm}$$

$$l = 15,020 \text{ mm}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{P_a}{24EI} (3L^2 - 4a^2)$$

En donde:

$$P = 200,000 \text{ kgs}$$

$$a = 537.5 \text{ cms}$$

$$L = 15,020 \text{ mm}$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 8'264,487.26 \text{ cm}^4$$

$$Y_{\text{m}á\text{x}} = \frac{200,000 \times 537.5 (3(1502)^2 - 4(537.5)^2)}{24 \times 8'264,487.26 \times 2.1 \times 10^6}$$

$$Y_{\text{m}á\text{x}} = 14.5 \text{ mm} /$$

$$y \text{ como } f_{\text{admisible}} = 18 \text{ mm} /$$

$$\therefore \underline{f_{\text{admisible}} > y_{\text{m}á\text{x}}} \quad \text{correcto}$$

Cálculo de los cordones de soldadura

$$f_s = d_w \left(\frac{S_y}{3400} \right)^{1.5}$$

En donde:

$$f_s = \text{Lib/pulg de cartela}$$

$$d_w = 75.75''$$

$$S_y = 36,000 \text{ PSI}$$

$$f_s = 75.75 \left(\frac{36,000}{3,400} \right)^{1.5} = 2610$$

$$f_s = 2610 \text{ Lb/pulg (por ambos lados)}$$

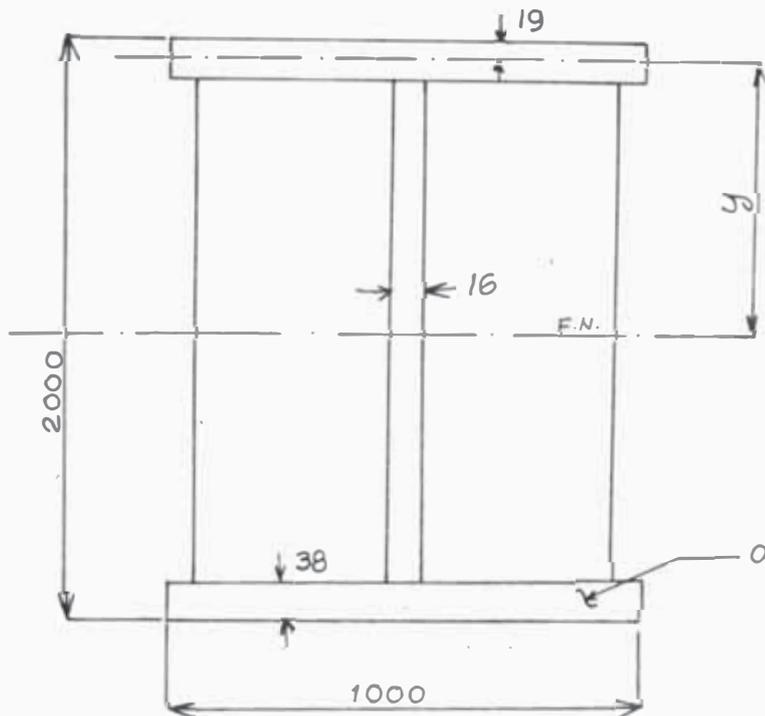
$$w = \frac{f_s}{11,200} = 0.11'' \quad w = 0.11''$$

$$\text{Por fatiga: } w = \frac{1305}{8800} = 0.15 \quad w = 0.15''$$

$$\text{Por recomendaciones de la AWS: } w = 1/4''$$

Cálculo de soldadura de alas y alma

$$f = \frac{V \cdot a \cdot y}{I \cdot n}$$



$$Y = 100 - 1.9 = 98.1$$

$$Y = 98.1 \text{ cms}$$

$$n = 2.0$$

$$a = 100 \times 3.8 = 380$$

$$a = 380 \text{ cm}^2$$

$$f = \frac{200,000 \times 380 \times 98.1}{2 \times 8'264,487.26}$$

$$f = 451 \text{ kg/cm}$$

$$f = 2520 \text{ lbs/pulg}$$

$$w = \frac{2520}{11200} = 0.225$$

$$\underline{w = 0.225" /}$$

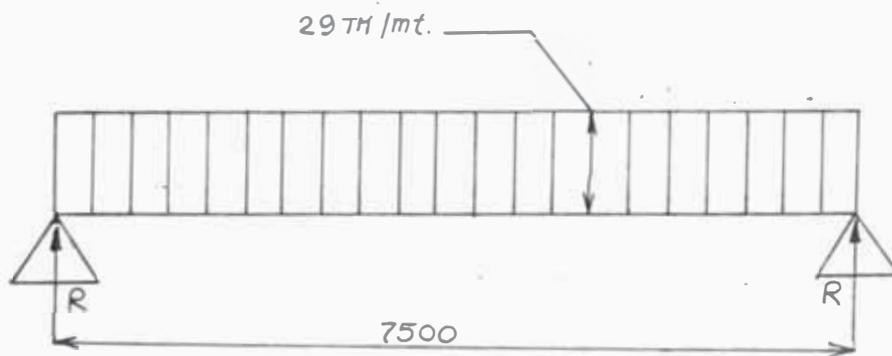
$$\text{por fatiga: } w = \frac{2520}{8800} = 0.286$$

$$\underline{w = 0.286" /}$$

Por recomendación de la AWS:

$$\underline{w = 3/8" /}$$

3.2 Diseño de las vigas longitudinales



$$w = 29 \text{ TM/mt} = 1620.52 \text{ lb/pulg}$$

$$\underline{R = 108.75 \text{ TM}}$$

Momento máximo:

$$M_{\text{máximo}} = \frac{1620.52}{8} (295.27)^2 = 17'660,502$$

$$M_{\text{máx}} = 17'660,502 \text{ lb-pulg}$$

$$\underline{M_{\text{máx}} = 20,390 \text{ TM-cm}}$$

Usando acero ASTM A36

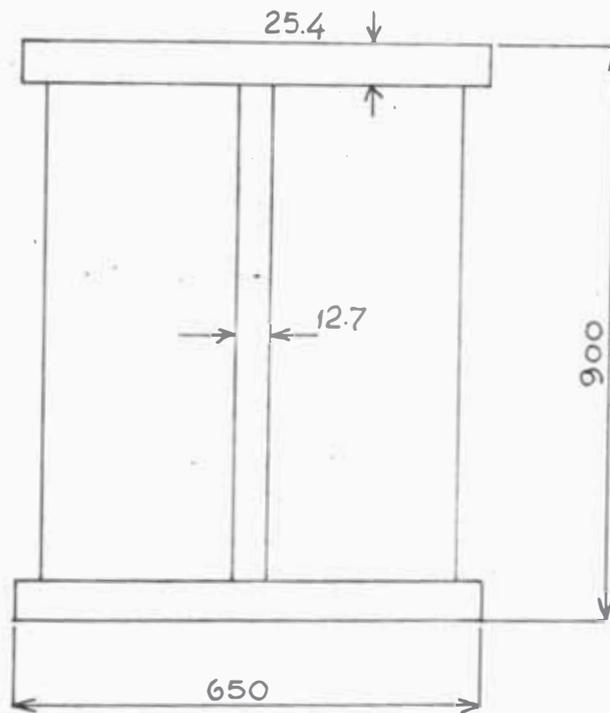
$$\sigma_d = 20,000 \text{ PSI} = 1.36 \text{ TM/cm}^2$$

Módulo de sección requerido: (S_{re})

$$S_{re} = \frac{20,390}{1.36} = 14,993$$

$$S_{re} = 14,993 \text{ cm}^3 /$$

Después de varios tanteos obtenemos:



Momento de inercia:

$$I = \frac{1}{12} (65(90)^3 - 2(31.865)(84.92)^3)$$

$$I = 696,435 \text{ cm}^4 /$$

Módulo de sección calculado: S_c

$$S_c = \frac{696,435}{45} = 15,476$$

$$\underline{S_c = 15,476 \text{ cm}^3}$$

$\therefore \underline{S_{re} < S_c}$... Bien

Verificación de las vigas longitudinales

$$dw = 849.20 \text{ mm (33.43")}$$

$$d = 900 \text{ mm (35.43")}$$

$$b = 650 \text{ mm (25.59")}$$

$$V = 108.75 \text{ TM (fuerza cortante máxima)}$$

$$\underline{V = 239,250 \text{ lbs}}$$

$$Aw = tw \cdot dw$$

Tabulamos adecuadamente⁶:

TABLA N° 3

Aw	tw	actual $= V/Aw$	dw/tw	$a/dw \leq (260/dw/tw)^2$
pulg ²	pulg	PSI	pulg/pulg	pulg/pulg
12.54	3/8"	19,079	89	8.5
16.71	1/2"	14,318	67	15.0
20.89	5/8"	11,453	53	24.0

6 Idem a referencia 4.

Tomamos:

$$tw = 1/2" , \frac{a}{dw} \leq 15, \text{ pero } \frac{a}{dw} \leq 3.0$$

$$a \leq 3 dw$$

$$a \leq 3(849.2) = 2547$$

$$\underline{a \leq 2,547 \text{ mm}}$$

De acuerdo a los apoyos de rieles se obtiene que

$$a = 625 \text{ mm}$$

$$\text{Entonces: } \frac{a}{dw} = \frac{625.0}{849.2} = 0.70$$

Tabulamos:

TABLA N°4

$\frac{a}{dw} \backslash \frac{dw}{tw}$	0.60	0.70	0.80
70	14,500	14,500	14,500
80	14,500	14,500	14,500
90	14,500	14,500	14,500

Luego:

$$\tau_{adm} = 14,500 \text{ PSI}$$

$$\tau_{adm} > \tau_{actual} \quad \text{Bien}$$

$$\tau_{actual} = 14,318 \text{ PSI}$$

Determinación de "a" para los extremos de la viga:

$$a \leq \frac{11,000 \times 0.5}{(14,318)^{0.5}} = 46$$

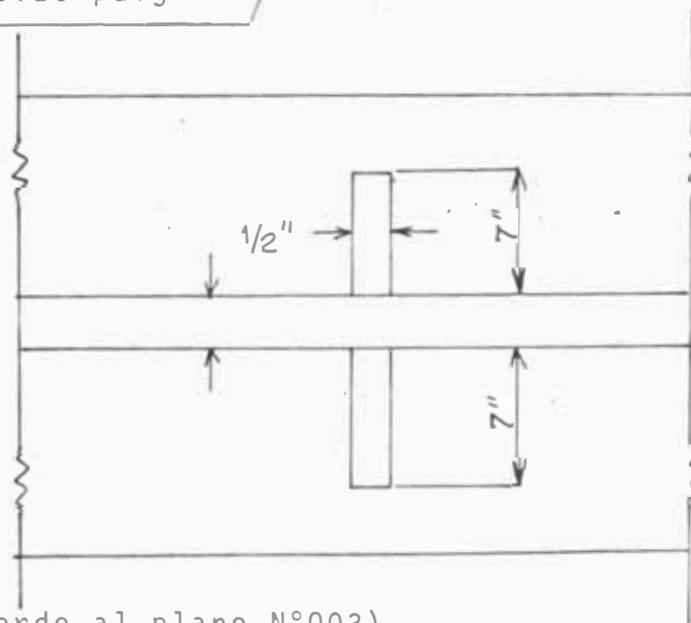
$$a \leq 46'' (1168 \text{ mm})$$

$$\underline{a \leq 1168 \text{ mm}} /$$

Dimensionamiento de las cartelas de la viga

$$I_s \geq \left(\frac{dw}{50}\right)^4 = \left(\frac{33.43}{50.00}\right)^4 = 0.20$$

$$\underline{I_s \geq 0.20 \text{ pulg}^4} /$$



(de acuerdo al plano N°003)

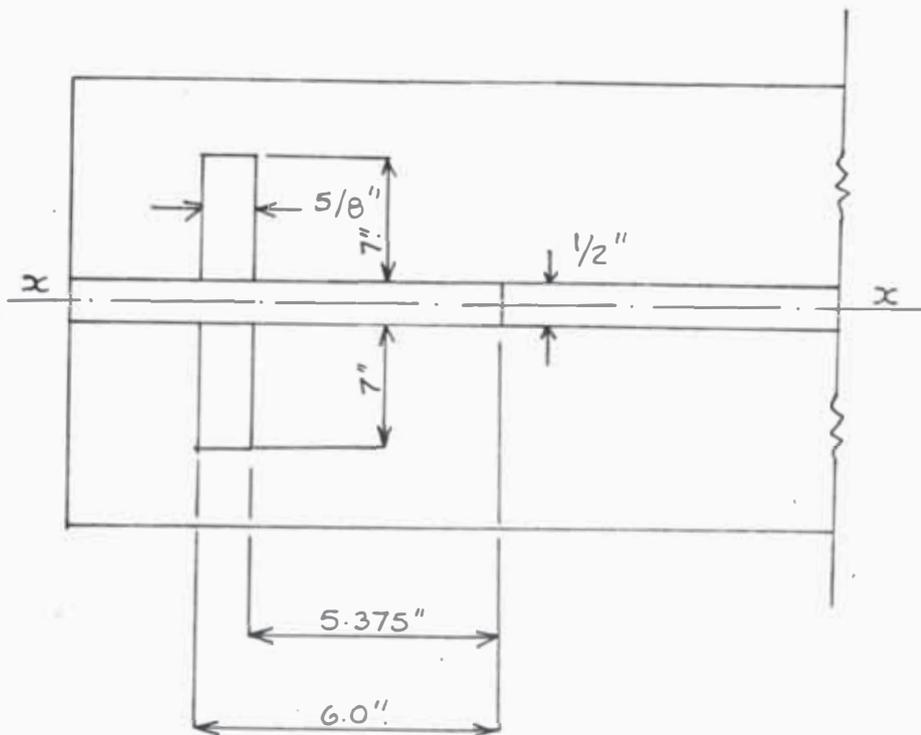
$$I_a = \frac{1}{12} (2 \times 7 + 1/2)^3 \times 1/2 = 127$$

$$\underline{I_a = 127 \text{ pulg}^4} \quad \text{Bien}$$

$$\frac{b_s}{t_s} = \frac{7}{\frac{1}{2}} = 14$$

$$\frac{b_s}{t_s} = 14 < 16 \quad \text{Bien}$$

Determinación de las cartelas de los extremos, don
de actúan las reacciones:



Area requerida:

$$A = \frac{F}{\sigma_a} = \frac{239,250}{20,000} = 11.96$$

$$A = 11.96 \text{ pulg}^2$$

$$\sigma_a = 20,000 \text{ (asumido)}$$

Area necesaria de refuerzos:

$$A = 11.96 - 3.0 = 8.96 \cong 9.0$$

$$A = 9.0 \text{ pulg}^2$$

$$9 = 2 \text{ ts} \times 7.0 \quad \text{ts} = \frac{9}{14} = 0,64''$$

$$\underline{\text{ts} = 5/8''}$$

$$\frac{bs}{ts} = \frac{7}{5/8} = 11 < 16 \quad \text{Bien}$$

Verificación de cartelas:

$$I_x = \frac{1}{12} (5/8) (14.5)^3 + \frac{1}{12} (5.375) (1/2)^3 = 159$$

$$\underline{I_x = 159 \text{ pulg}^4 /}$$

$$A = 14.5 \times 5/8 + 5.375 \times 0.5 = 11.75$$

$$\underline{A = 11.75 \text{ pulg}^2 /}$$

$$r_x = \left(\frac{I_x}{A} \right)^{0.5} = \left(\frac{159}{11.75} \right)^{0.5} = 3.7$$

$$r_x = 3.7 \text{ pulg}$$

$$\frac{Kl}{r_x} = \frac{0.75 \times 33.43}{3.7} = 7.0, \text{ con este valor obtene -}$$

mos del manual del AISC: $\sigma_{admc} = 21,300 \text{ PSI}$

$$\text{Luego: } F_{ad} = \sigma_{admc} \times A = 21,300 \times 11.75$$

$$F_{adm} = 250,275 \text{ lbs y como } F_{act} = 239,250 \text{ lbs}$$

Entonces $F_{adm} > F_{act} \quad \dots \text{ Bien}$

Verificación de las vigas longitudinales por de -
flexión

Según el AISC⁷:

$$f_{adm} = 0.02276 l^2/d \text{ (flecha admisible)}$$

7 Idem a referencia 5.

$$l = 7500 \text{ mm} = 24.6' \text{ (luz de viga)}$$

$$d = 900 \text{ mm} = 35.43" \text{ (peralte de la viga)}$$

$$f_{adm} = 0.02276 (24.6)^2 / (35.43) = 0.388"$$

$$f_{adm} = 0.388" = 9.8 \text{ mm}$$

$$\underline{f_{adm} = 9.8 \text{ mm} /}$$

Cálculo de la flecha máxima de trabajo:

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{5w L^4}{384 EI} = \frac{5 \times (29) \times (10) \times (750)^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 696,435}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = 0.82 \text{ cms}$$

$$\underline{Y_{m\acute{a}x} = 8.2 \text{ mm}} < f_{adm} \quad \text{Bien}$$

Cálculo de los cordones de soldadura:

Soldadura de cartelas:

$$f_s = dw (s_y/3400)^{1.5} = 33.43 (36,000/3400)^{1.5} = 1152$$

$$f_s = 1152 \text{ lb/pulg (por ambos lados)}$$

Por lado será:

$$f_s = 576 \text{ lb/pulg}$$

$$w = 576/11200 = 0.05"$$

$$Y \text{ por fatiga: } w = 576/8800 = 0.06"$$

De acuerdo a las recomendaciones de la AWS:

$$w = 1/4"$$

Soldadura de alas y alma:

$$f = \frac{Vay}{In}$$

$$V = 239,250 \text{ lbs}$$

$$Y = 17.22" = 43.73 \text{ cms}$$

$$a = 65 \times 2.54 = 165 \text{ cm}^2$$

$$n = 2.0$$

$$I = 896,435 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{239,250 \times 165 \times 43.73}{2 \times 896,435} = 1240$$

$$f = 1240 \text{ lb/mt} = 3149.6 \text{ lb/pulg}$$

$$f = 3,149.6 \text{ Lb/pulg}$$

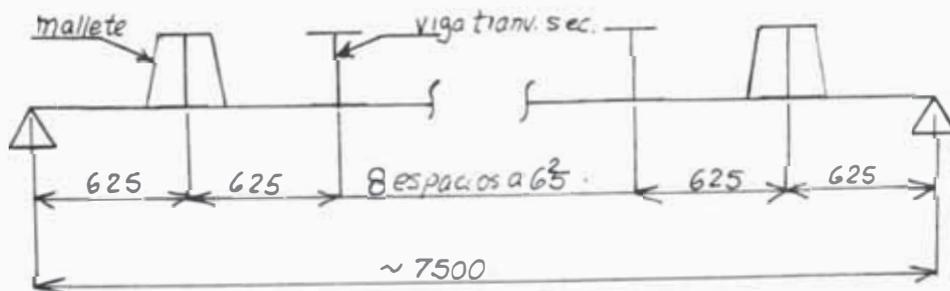
$$w = 3,149.6/11,200 = 0.28" \quad w = 0.28"$$

$$\text{Por fatiga: } w = 3,149.6/8800 \quad w = 0.36"$$

Y de acuerdo a la AWS : $w = 5/16"$

Por lo tanto usar: $w = 3/8"$

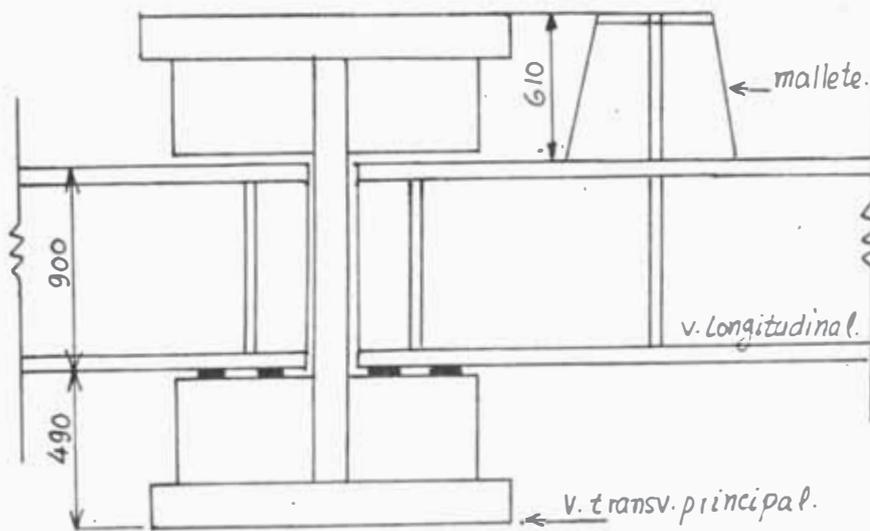
3.3 Diseño de las vigas secundarias transversales y malletes



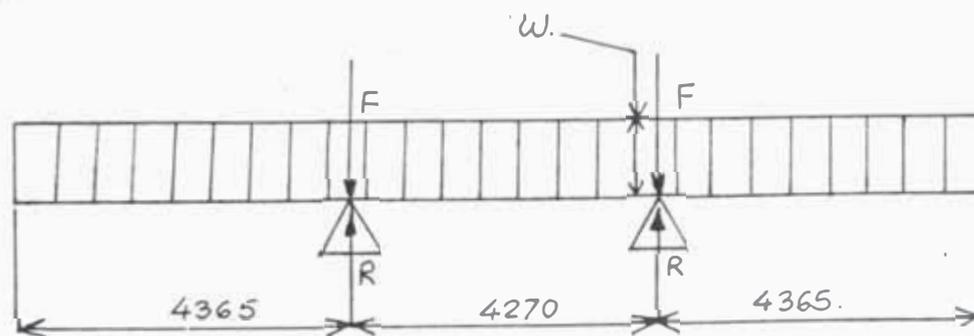
Calculamos de una manera análoga a las vigas anteriores, obtenemos las dimensiones siguientes:

Viga VST1

Para determinar el peralte es necesario un detalle típico de la unión de vigas transversales principales y longitudinales, a continuación lo mostramos:



Carga sobre la viga VST1

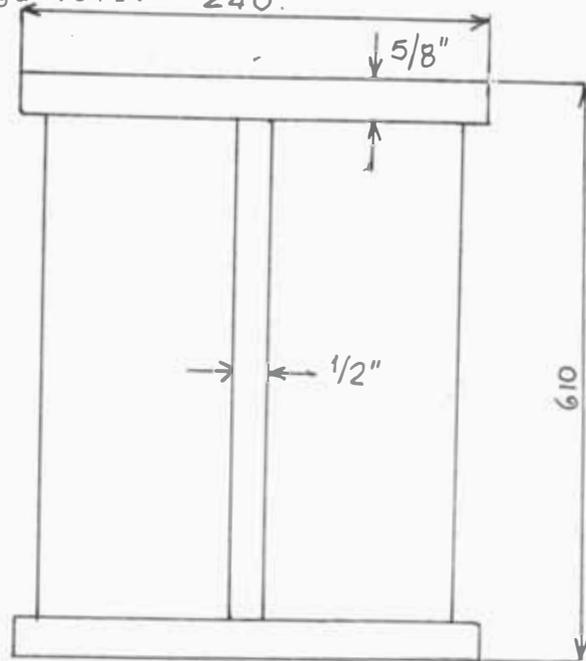


$$F = 43,500 \text{ lbs (fuerza debido a la carga)}$$

$$w = 15 \text{ kg/cm (carga máxima sobre la madera)}$$

$$R = 29,523 \text{ lbs}$$

Luego con estos valores obtenemos las dimensiones de la viga VST1: 240.

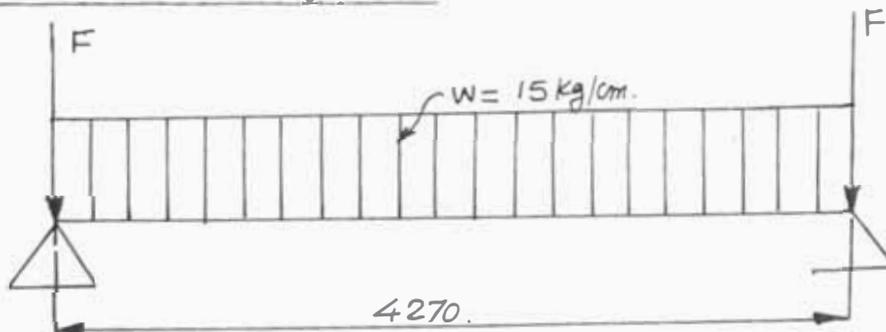


Soldadura: alas y alma: $w = 1/4''$

cartelas : $w = 3/16''$

Las vigas VST2 y VST3, son similares a la VST1.

Análisis de la viga VST4



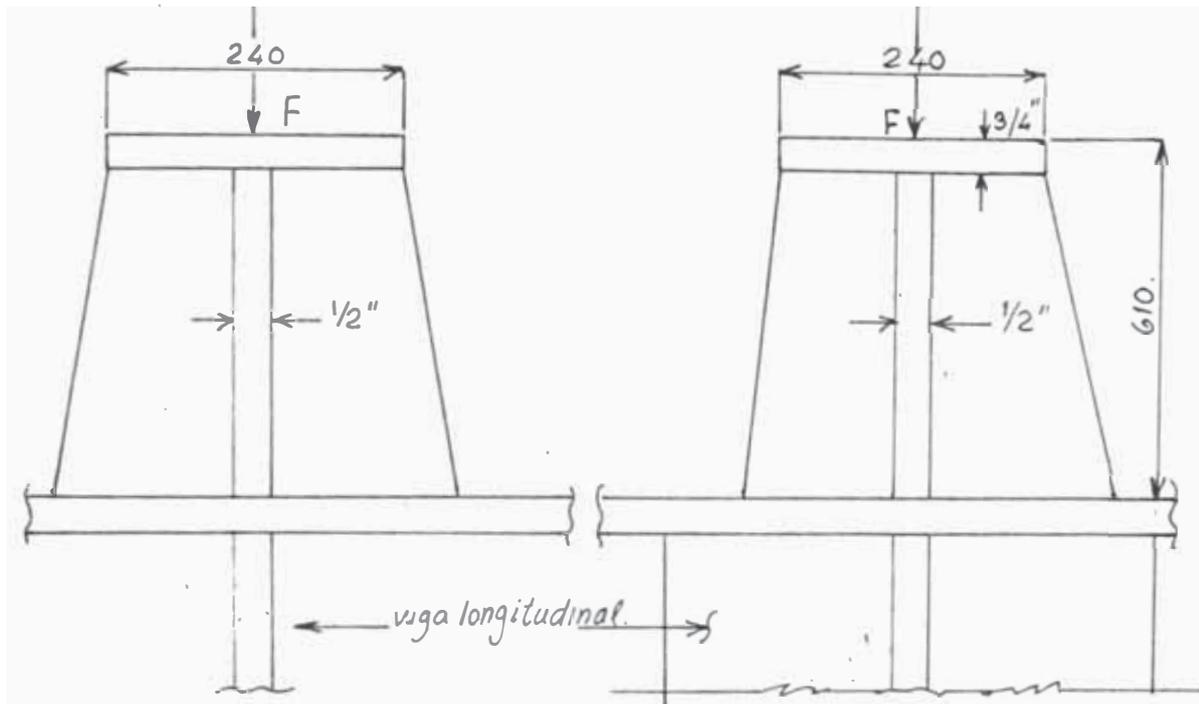
$$F = 43,500 \text{ lbs}$$

Las dimensiones son las mismas que las indicadas en la viga VST1.

Análisis de malletes:

En los malletes actúa la carga $F = 43,500$ lbs.

Su sección típica es:



3.4 Selección de los rieles ferroviarios, cálculo del riel de transferencia y determinación de la contraflecha de los rieles

3.4.1 Selección de los rieles ferroviarios

De acuerdo a las dimensiones de los carros cunas:

$$D = 18" \text{ } \phi$$

La máxima carga en las ruedas será:

$$C = 1,250 \text{ B.D.}$$

(según Machinery's Handbook⁸)

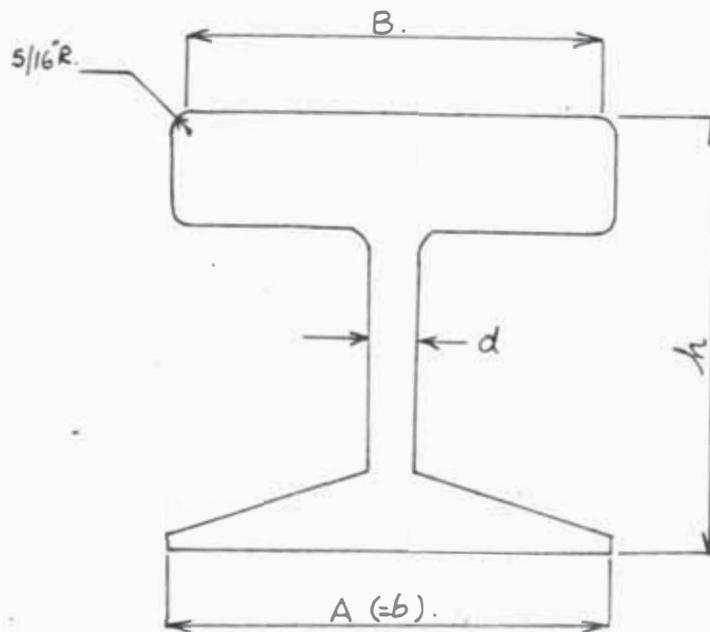
En donde:

C : carga en la rueda en lbs.

B = A - 5/8" (pulg)

A : ancho de la cabeza del riel (pulg)

D : diámetro de la rueda (pulg)



$$B = \frac{C}{1250 D}$$

La máxima carga en la rueda es el 10% aproximadamente más que la carga media en las mismas (estudios realizados por PICSA)

De acuerdo a lo indicado:

$$C = 1500 \times 10^3 \times 2.2 \times 1.10 \text{ lbs}/23 \times 4$$

⁸ Machinery Handbook por Oberg & Jones, pág. 402.

$$C = 39,456.5 \text{ lbs}$$

Entonces:

$$B = \frac{39,456.5}{1,250 \times 18} = 1.76$$

$$\underline{B = 1.76''}$$

$$A = B + 5/8'' = 1.76 + 5/8'' = 2.385$$

$$\underline{A = 2.385''}$$

$$\underline{A = 60.5 \text{ mm}}$$

Con este valor ($A = 60.5 \text{ mm}$), seleccionamos un riel ferroviario de 100 lbs/Yard del manual de Marks⁹

Recálculo:

- . Peso de carros cuna y calzos de madera : 3000 kgs c/u
- . Peso adicional : $W_{ad} = 23 \times 3000 \times 1.10$

$$W_{ad} = 69,000 \text{ kgs} \times 1.10$$

$$\underline{W_{ad} = 166,980 \text{ lbs}}$$

$$C = 39,456.5 + 1815 = 41,271.5$$

$$\underline{C = 41,271.5 \text{ Lbs}}$$

⁹ Manual del Ing. Mecánico por L. Marks, pág. 1623.

$$B = \frac{41,271.5}{1250 \times 18} = 1.834$$

$$\underline{B = 1.834" /}$$

$$A = 1.834" + 5/8" = 2.46$$

$$A = 2.46" = 62.5$$

$$\underline{A = 62.5 \text{ mm} /}$$

$$\underline{\therefore A = 63 \text{ mm} /}$$

Con el valor $A = 63 \text{ mm}$, seleccionamos el riel ya mencionado, es decir:

ASCE N°100

Cuyas características son:

$$A = 69.8 \text{ mm}$$

$$I_x = 1831 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 264 \text{ cm}^3$$

$$\text{Peralte: } h = 146 \text{ mm}$$

$$\text{Base : } b = 146 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor del alma: } d = 14.3 \text{ mm}$$

$$\text{Peso métrico: } w_r = 49.8 \text{ kg/mt}$$

o podría elegirse un equivalente:

Del Manual Dubbel¹⁰ obtenemos que según DIN 1256-58 tenemos un riel: 148/49 de las siguientes ca -

10 Manual del Constructor de Máquinas por Dubbel, tomo I, pág. 1041.

racterísticas:

$$A = 67 \text{ mm}$$

$$I_x = 1797 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 237 \text{ cm}^4$$

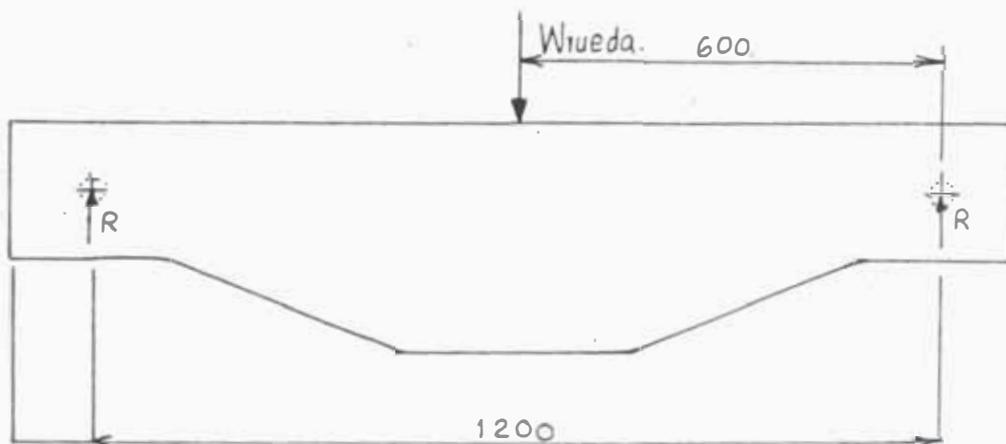
$$h = 148 \text{ mm}$$

$$b = 125 \text{ mm}$$

$$d = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Peso métrico} = 49.05 \text{ kg/mt}$$

3.4.2 Diseño del Riel de transferencia y Pines



$$Wrueda = \left(\frac{1569}{23 \times 4} \right) \times 1.10 = 19$$

$$Wrueda = 19 \text{ TM} = \underline{19,000 \text{ Kgs}} /$$

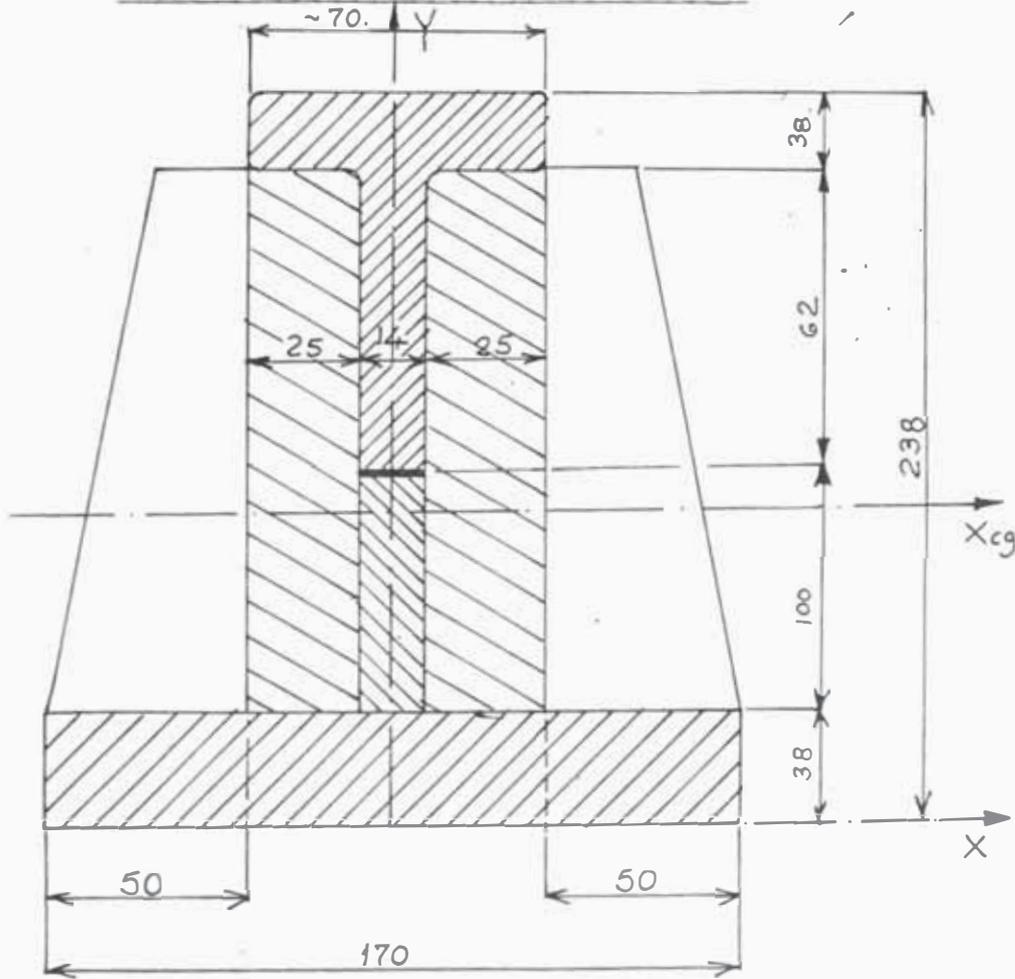
$$R = \frac{Wrueda}{2} = \frac{19,000}{3} = 9500$$

R = 9,500 kgs /

Wembarcación : 1,500 TM

Peso de carros cuya y calzos : 69 TM

Diseño del riel de transferencia



(Secc. crítica).

Las planchas que se utilizarán serán de acero ASTM-A36.

Determinación del Y_{Cg} :

$$Y_{Cg} = \frac{23.8 \times 7.0 \times 11.9 + 2 \times 5.0 \times 3.8 \times 1.9}{23.8 \times 7.0 + 2 \times 5.0 \times 3.8}$$
$$= \frac{2054.74}{204.6}$$

$$Y_{cg} = 100 \text{ mm}$$

$$I_x = I_{cg} + Ad^2$$

$$I_x = 31,639.2 \text{ cm}^4$$

$$31,639.2 = I_{cg} + (10)^2 \times 204.6$$

$$I_{cg} = 11,179.2 \text{ cm}^4$$

$$S_{\text{actual}} = \frac{I_{cg}}{C_1} = \frac{11,179.2 \text{ cm}^4}{13.8} = 810$$

$$S_{\text{actual}} = 810 \text{ cm}^3$$

$$L = 1200 \text{ mm (entre apoyos)}$$

$$F = 19,000 \text{ kgs}$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{Fl}{4} = \frac{19,000 \times 120}{4}$$

$$M_{\text{máx}} = 570,000 \text{ kg-cm}$$

$$t = \frac{M_{\text{máx}}}{S_{\text{act}}} = \frac{570,000}{810}$$

$$t = 703.7 \text{ kg/cm}^2$$

Para el riel se recomienda (Pearson Engineering).

$$S_{y_{\text{min}}} = 2,800 \text{ kg/cm}^2$$

Luego el factor de seguridad (n) será:

$$n = \frac{S_y}{t} = \frac{2800 \text{ kg/cm}^2}{703.7 \text{ kg/cm}^2} = 3.98$$

$$\underline{n = 3.98}$$

Este factor está de acuerdo a las recomendaciones del Machinery's Handbook¹¹

De acuerdo a la experiencia (15 años en PICSA ASTILLEROS S.A.) el factor de seguridad calculado ha garantizado un trabajo seguro del riel de transferencia.

Cálculo de la flecha máxima:

$$Y_{\text{máx}} = \frac{F l^3}{48.EI}$$

$$Y_{\text{máx}} = \frac{19,000 \times (120)^3 \text{ kg} \cdot \text{cm}^3}{48 \times 2.1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 11,179.2 \text{ cm}^4}$$

$$\underline{Y_{\text{máx}} = 0.29 \text{ mm}}$$

$$\underline{Y_{\text{máx adm}} = 0.02276 \frac{l^2}{d}}$$

$$Y_{\text{máx adm}} = 0.02276 \frac{4^2}{9.37} = 0.0388''$$

¹¹ Idem a Referencia N°3.

$$\underline{Y_{\text{m\u00e1x adm}} = 0.98 \text{ mm}}$$

$$\therefore Y_{\text{m\u00e1x}} < Y_{\text{m\u00e1x adm}} \quad \dots \text{ Bien}$$

C\u00e1lculo del esfuerzo de corte:

$$\tau_m = \frac{F}{A} = \frac{19000 \text{ kg}}{204.6 \text{ cm}^2}$$

$$\underline{\tau_m = 92.86 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\tau_{\text{m\u00e1x adm}} = 0.45 S_y$$

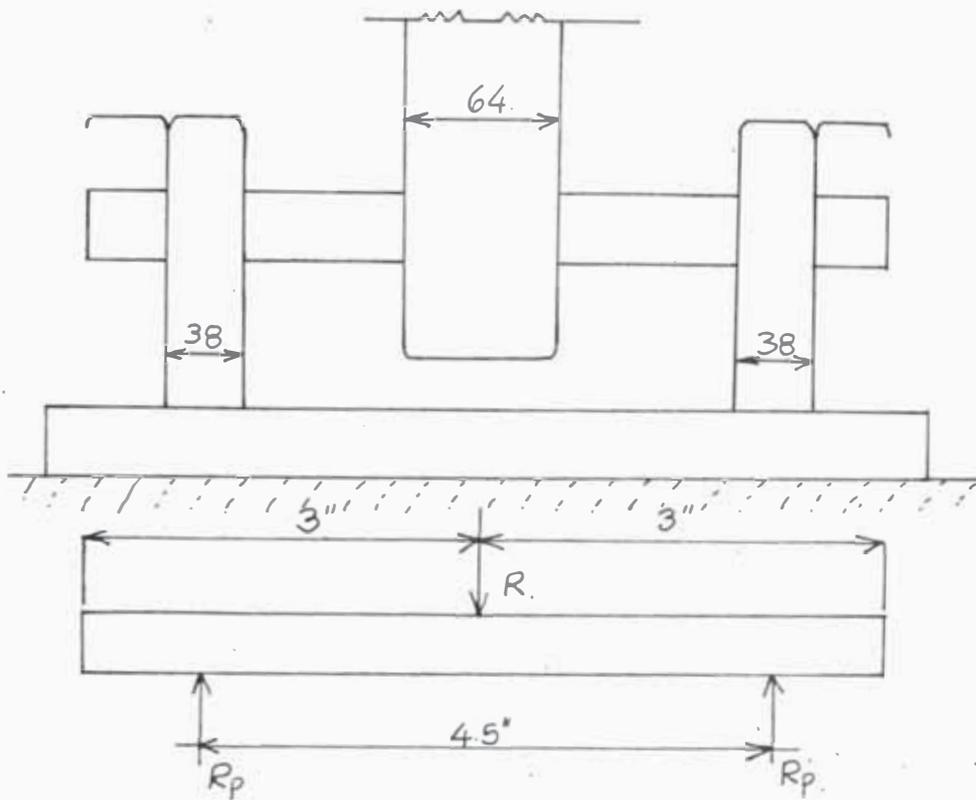
$$\tau_{\text{m\u00e1x adm}} = 0.45 \times 2800 = 1260$$

$$\underline{\tau_{\text{m\u00e1x adm}} = 1,260 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\underline{\therefore \tau_m < \tau_{\text{m\u00e1x adm}}} \quad \text{Bien}$$

Cálculo de los pines:

Pin del extremo izquierdo del plano N°009



$$R_p = \frac{R}{2} = \frac{9500}{2} = 4750 \quad R_p = 4,750 \text{ kgs} /$$

$$M_{\text{máx}} = 4750 \text{ kg} \times 5.715 \text{ cm} = 27,146.25$$

$$M_{\text{máx}} = 27,146.25 \text{ kg-cm} /$$

usando acero SAE 1020:

$$S_y = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_t = 4,100 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de los pines por el método de la ASME:

$$d^3 = \frac{16 M}{\pi S_{sd}}$$

$$S_{sd} = 0.30 S_y = 0.30 (2100) = 630$$

$$S_{sd} = 0.18 S_t = 0.18 (4100) = 738$$

$$\therefore S_{sd} = 630 \text{ kg/cm}^2 /$$

$$d = \left(\frac{16 \times 27,146.25}{\pi \times 630} \right)^{1/3} = 6.0$$

$$\underline{d = 60 \text{ mm } \phi}$$

Usando acero SAE 1030:

$$S_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_t = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.30 S_y = 0.30 (2400) = 720 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.18 S_t = 0.18 (4200) = 756 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore S_{sd} = 720 \text{ kg/cm}^2 /$$

$$\underline{d = 58 \text{ mm } \phi}$$

Verificación por aplastamiento:

$$\sigma_a = \frac{F}{A_a} = \frac{F}{dt}$$

$$\sigma_a = \frac{4750}{5.8 \times 3.8} = 215.5$$

$$\underline{\sigma_a = 215.5 \text{ kg/cm}^2 /}$$

$$S_{a \text{ ad}} = 0.80 S_y = 0.80 (2400) = 1920$$

$$\underline{S_{a \text{ ad}} = 1,920 \text{ kg/cm}^2 /}$$

$$\underline{\therefore \text{ como } \sigma_a < S_{a \text{ ad}} \quad \underline{\underline{\text{Bien}}}}$$

Por lo tanto el pin del extremo izquierdo (lado tierra) del riel de transferencia será de las siguientes características:

$$d = 58 \text{ mm } \phi$$

Material: Acero SAE 1030

Cálculo del pin del extremo derecho (en el plano N°009)

Se calcula en forma análoga al anterior y obtenemos:

$$d_o = 60 \text{ mm } \phi \text{ (exterior)}$$

$$d_i = 20 \text{ mm } \phi \text{ (interior)}$$

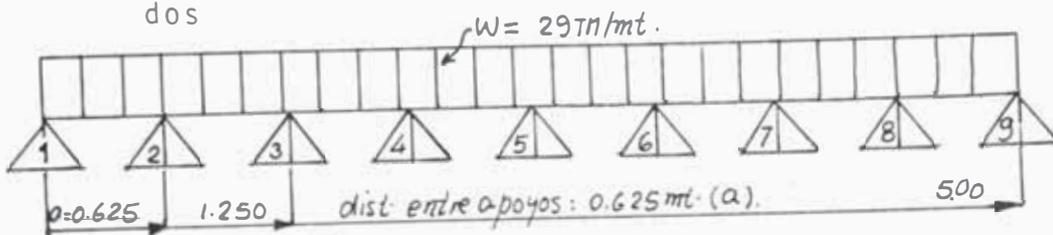
Material: Acero SAE 1030

El agujero será para alojamiento de una barra de ojo de 19 mm ϕ , SAE 1020.

3.4.3 Determinación de la contraflecha de los rieles

Análisis del riel extremo ($l = 5 \text{ mt}$ y 9 apoyos)

A) Considerando carga distribuida y apoyos rígidos



aplicando el teorema de los 3 momentos sucesivamente obtenemos que:

$$M_1 = M_9 = 0$$

$$M_2 = M_8$$

$$M_3 = M_7$$

$$M_4 = M_6$$

$$4M_2 + M_3 = \alpha \tag{1}$$

$$M_2 + 4M_3 + M_4 = \alpha \tag{2}$$

$$M_3 + 4M_4 + M_5 = \alpha \tag{3}$$

$$M_4 + 4M_5 + M_6 = \alpha \tag{4}$$

$$2M_4 + 4M_5 = \alpha$$

Donde: $\alpha = -wa^2/2$

$$w = 29 \text{ TM/mt}$$

$$a = 0.625 \text{ mt}$$

formamos la matriz ampliada:

$$\begin{bmatrix} 4 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{matrix} M_2 \\ M_3 \\ M_4 \\ M_5 \end{matrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \alpha$$

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 4 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 4 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 & 4 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{matriz ampliada}$$

Resolviendo, haciendo transformaciones elementales por filas a la matriz ampliada obtenemos:

$$A' = \begin{bmatrix} 1 & -11 & -3 & 0 & 2 \\ 0 & -1 & -4/15 & 0 & -1/5 \\ 0 & 0 & 0 & -97 & -16 \\ 0 & 0 & 2 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Luego: } 97 M_5 = 16 \alpha$$

$$\underline{\underline{v_5 = 0.165 \alpha}}$$

Reemplazando este último valor en (4) obtenemos:

$$\underline{M_4 = 0.170\alpha}$$

De la matriz A' obtenemos:

$$M_3 + \frac{4}{15} M_4 = \alpha/5 \quad \underline{M_3 = 0.155}$$

De (1): $\underline{M_2 = 0.2112\alpha}$

$$= -w_1^2/2 = -\frac{29}{2} (0.625)^2 = \underline{-5.664 \text{ TM-mt}}$$

Dando valores, tabulamos:

Tabla N° 5

Momento	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
f(α)	0.2112α	0.155α	0.170α	0.165α
TM-mt	-1.1962	-0.8779	-0.9628	-0.9345
Lib-pulg	-103,608.0	-76,038.6	-83,392.0	-80,941.0

Para determinar las reacciones en los apoyos se debe plantear las ecuaciones de momentos - flectores, tal como se verá a continuación.

Cálculo de R_1

$$M = R_1 x - w x^2/2 \quad \dots \quad 0 \leq x \leq a \quad (5)$$

$$0.2112 = R_1 a - w/2 (a^2) = - 0.2112 a^2/2$$

$$\underline{R_1 = 0.3944 wa} \quad \text{y como } w = 29 \text{ TM/mt,}$$
$$a = 0.625 \text{ mt}$$

$$\text{Luego: } \underline{R_1 = 715 \text{ TM}} /$$

Análogamente calculamos y tabulamos las demás reacciones:

TABLA N°6

R_1	R_2	P_3	R_4	R_5
7.15	20.55	17.48	18.30	18.04

(R en T.M.)

B) Considerando carga distribuida y el riel como una viga apoyada sobre fundación elástica¹²

En este caso la fundación está en voladizo

$$K = \frac{3 E.I.v}{a^3} = \frac{3 \times 2.1 \times 10^6 \times 696,435}{62.5 \times (500)^3} = 561.6$$

$$\underline{K = 561.6 \text{ kg/cm}^2} /$$

12 Resistencia de Materiales por Timoshenko Tomo II, Capítulo I.

$$\beta = \left(\frac{561.6 \text{ kg/cm}^2}{4 \times 2.1 \times 10^6 \times 1831 \text{ cm}^4 \times \text{kg/cm}^2} \right)^{0.25}$$

$$\beta = 0.0138 \text{ cm}^{-1}$$

$$\underline{\beta = 1.38 \text{ m}^{-1}} \quad \underline{\beta^2 = 1.90 \text{ m}^{-2}}$$

Aplicamos la siguiente fórmula¹³:

$$K_y = \frac{w}{2} \cdot (2 - e^{-c\beta} \cos c\beta - e^{-b\beta} \cos \beta b)$$

(para el cálculo de flechas)

Las reacciones se calculan con la fórmula:

$$\underline{R_i = K \cdot Y_i \cdot a}$$

i) Cuando $c = 0$, $b = l = 5.0 \text{ mt}$

$$Y_1 = w/2K \quad Ky_1 = w/2$$

$$R_1 = \frac{w}{2} \times a = \frac{29}{2} \times 0.625 = 9.06$$

$$P_1 = 9.06 \text{ TM}$$

ii) Cuando $c = 62.5 \text{ cms}$ $c = 0.8625$

$$b = 437.5 \text{ cms} \quad b' = 6.0375$$

$$\underline{Ky_2 = 0.8615 w}$$

$$\underline{R_2 = 15.61 \text{ TM}}$$

¹³ Resistencia de materiales por Timoshenco, Tomo II, Capítulo I.

iii) Análogamente calculamos y luego determinamos las demás reacciones:

TABLA N° 7

R_i	R_1	R_2	R_3	R_4	P_5
TM	9.06	15.61	18.35	18.67	18.67
Ky_i	Ky_1	Ky_2	Ky_3	Ky_4	Ky_5
kg/cm	w/2	0.8615 w	1.0012 w	1.03 w	1.03 w

$$R_i = 2 (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) + P_5 = 142.05$$

$$\underline{R_i = 142.05} \quad \text{Bien}$$

Cálculo de momentos flectores:

$$d^2 M = -EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{w dx}{4\beta} e^{-\beta x} (\text{sen } \beta x - \text{cos } \beta x)$$

$$-M = \frac{w}{4\beta} \left(\int_0^b e^{-\beta x} (\text{sen } \beta x - \text{cos } \beta x) dx + \int_0^c e^{-\beta x} (\text{sen } \beta x - \text{cos } \beta x) dx \right)$$

Integrando obtenemos:

$$M = \frac{w}{4\beta^2} \left(e^{-\beta b} \text{sen } \beta b + e^{-\beta c} \text{sen } \beta c \right)$$

$$w = 29 \text{ TM/mt}$$

$$\beta^2 = 1.90 \text{ m}^{-2}$$

$$\frac{w}{4\beta^2} = \frac{29 \text{ TM/mt}}{4 \times 1.90 \text{ m}^{-2}} = 3.815 \text{ TM-mt}$$

$$M = 3.815 \cdot (e^{-\beta b} \text{sen } \beta b + e^{-\beta c} \text{sen } \beta c)$$

a) $c = 0, b = 5.0$

$$M_1 \approx 0 \quad (\text{despreciable})$$

b) $c\beta = 0.8625$

$$b\beta = 6.0375$$

$$M_2 = 3.815 \cdot (e^{-0.8625} \text{sen}(0.8625) + e^{-6.0375} \text{sen } 6.0375)$$

$$M_2 = 1.22 \text{ TM-mt} /$$

Calculamos en forma similar:

c) $M_3 = 0.652 \text{ TM-mt}$

d) $M_4 = 0.104 \text{ TM-mt}$

e) $M_5 = -0.0735 \text{ TM-mt}$

Tabulamos:

TABLA N°8

Punto	1	2,8	3,7	4,6	5
Momento (lb.pulg)	0	105,669.3	56,472.4	9,007.8	-6,366
Flecha (mm)	2.6	4.4	5.2	5.3	5.3

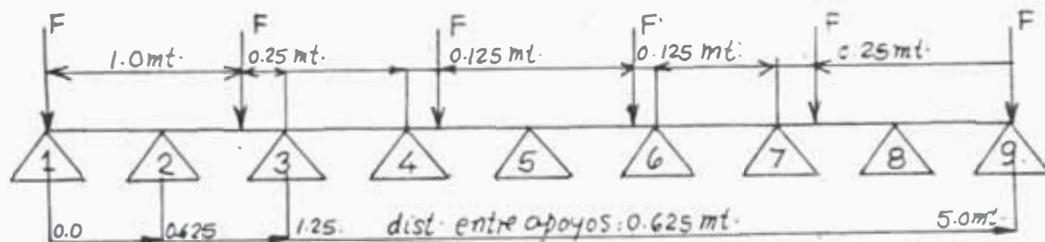
C) Considerando las cargas, igual en cada rueda (por facilidad de cálculo).

La variación de la carga entre ruedas, es un 10% respecto a la carga media por rueda, esto de acuerdo a los cálculos efectuados en PICSA ASTILLEPOS S.A.

$$F = \frac{145}{6} = 24.16$$

$$F = 24.16 \text{ TM}$$

A continuación se ilustra la distribución de cargas en el riel:



$$a = 0.625 \text{ mt}$$

aplicando el teorema de los tres momentos sucesivamente obtenemos de la ecuación:

$$(M_1 + 4M_2 + M_3) a = \sum \frac{P_1 \cdot a_1}{a} (a^2 - a_1^2) - \sum \frac{P_2 \cdot b_2}{a} (a^2 - b_2^2)$$

$$P_1 = P_2 = F$$

Las ecuaciones siguientes:

$$4M_2 + M_3 = -5.073 \quad (1)$$

$$M_2 + 4M_3 + M_4 = -5.798 \quad (2)$$

$$M_3 + 4M_4 + M_5 = -4.348 \quad (3)$$

$$M_4 + 4M_5 + M_6 = -5.798 \quad (4)$$

Resolviendo las ecuaciones indicadas, tabulamos:

TABLA N°9

Momento	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
TM-mt	1.045	0.890	1.189	1.710
Lb.pulg	90,512.0	77,086.6	102,984.0	148,110.0

Planteando las ecuaciones de momentos flectores, obtenemos las reacciones en los apoyos, las cuales son:

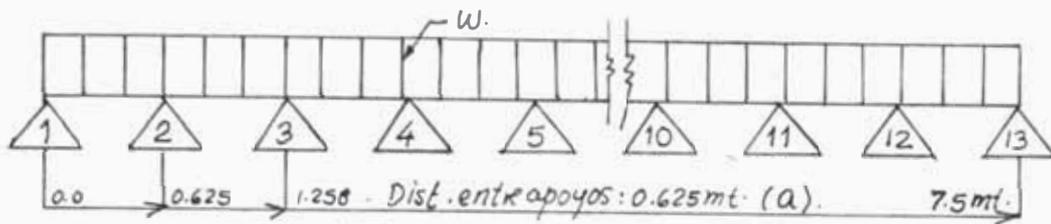
TABLA N°10

R _i	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
TM	22.48	11.60	17.56	11.37	18.98

Análisis de un riel típico entre dos vigas -
transversales principales

$$L = 7.50 \text{ mt}$$

13 apoyos



$$a = 0.625 \text{ mt}$$

A) Considerando carga uniformemente distribuida
y apoyos rígidos.

Aplicamos el teorema de los tres momentos:

$$4M_2 + M_3 = \alpha \quad (1)$$

$$M_2 + 4M_3 + M_4 = \alpha \quad (2)$$

$$M_3 + 4M_4 + M_5 = \alpha \quad (3)$$

$$M_4 + 4M_5 + M_6 = \alpha \quad (4)$$

$$M_5 + 4M_6 + M_7 = \alpha \quad (5)$$

$$2M_6 + M_7 = \alpha \quad (6)$$

$$M_8 = M_6, M_9 = M_5, M_{10} = M_4$$

$$M_{11} = M_3, M_{12} = M_2, M_{13} = M_1 = 0$$

$$\alpha = - wa^2/2$$

Resolviendo las ecuaciones anteriores obtenemos:

TABLA N°11

Momentos flectores						
M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7
$f(\alpha)$	0.220α	0.154α	0.170α	0.165α	0.168α	0.166α
TM-mt	1.246	0.872	0.962	0.934	0.951	0.940
Lb.pulg	107921.2	75527.5	83409.4	80897.6	82370.0	81417.3
Reacciones en los apoyos (TM)						
R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
11.05	15.54	19.10	17.47	18.43	18.08	18.16

$$R_8 = R_6, R_9 = R_5, R_{10} = R_4$$

$$R_{11} = R_3, R_{12} = R_2, R_{13} = R_1$$

B) Considerando carga distribuida y el riel como una viga apoyada sobre cimentación elástica¹⁴.

$$l = 7.50 \text{ mts}$$

$$a = 0.625 \text{ mts}$$

$$K = \frac{48 EIV}{a l^3} = \frac{48 \times 2.1 \times 10^6 \times 694,435}{62.5 \times (750)^3}$$

$$K = 2,654.7 \text{ kg/cm}^2 /$$

¹⁴ Idem a referencia N°12.

$$\beta = \left(\frac{2654.7}{4 \times 2.1 \times 10^6 \times 1831} \right)^{0.25} = 0.020$$

$$\beta = 0.020 \text{ cm}^{-1}$$

$$\beta = 2.0 \text{ m}^{-1}$$

$$\beta^2 = 4.0 \text{ m}^{-2}$$

Calculando en forma análoga al riel anterior obtenemos los siguientes valores:

TABLA N°12

Tabla de reacciones y momentos

Reacciones (TM)

R_i	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
	9.06	17.31	18.72	18.28	18.12	18.12	18.12

Momentos flectores (TM-mt)

M_i	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7
	0	0.492	0.089	0.024	0.012	3.5×10^{-5}	0.002

Cálculo del momento máximo:

$$M_2 = 0.492 \times 2200 \times 100 / 2.54$$

$$M_2 = 42,614.2 \text{ lb.pulg} /$$

Analizando los rieles calculados se puede apreciar que el más crítico es el extremo tierra, los valores máximos obtenidos son:

Considerando cargas iguales en las ruedas (apoyos rígidos)

$$R_{\text{máx}} = 22.48 \text{ TM}$$

$$M_{\text{máx}} = 148,110 \text{ lb.pulg}$$

Considerando un 15% más de lo calculado debido a que las cargas en las ruedas no son iguales (la variación entre ellas es 10% máximo, según estudios realizados en PICSA ASTILLEROS S.A.), en consecuencia:

$$R_{\text{máx}} = 1.15 (22.48) = 25.85$$

$$M_{\text{máx}} = 1.15 (148,110) = 170,326$$

$$R_{\text{máx}} = 25.85 \text{ TM}$$

$$M_{\text{máx}} = 170,326 \text{ lb.pulg} /$$

Considerando carga distribuida (fundación elástica)

$$R_{\text{máx}} = 18.67 \text{ TM}$$

$$M_{\text{máx}} = 105,669 \text{ lb-pulg.}$$

Considerando carga distribuida (fundación rígida)

$$R_{\text{máx}} = 20.55 \text{ TM}$$

$$M_{\text{máx}} = 103,608 \text{ lb.pulg.}$$

Verificación de los rieles por resistencia

$$M_{\text{máx}} = 170,326 \text{ lb.pulg}$$

$$S_{\text{riel}} = 264 \text{ cm}^3 = 16.11 \text{ pulg}^3$$

$$\sigma_t = \frac{M_{\text{máx}}}{S_{\text{riel}}} = \frac{170,326}{16.11}$$

$$\sigma_t = 10,572.7 \text{ lb/pulg}^2$$

Considerando un riel ferroviario de

$$S_{y_{\text{min}}} = 2,800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Recomendación de Pearson Eng° Co.)}$$

$$f_{\text{seg}} = \frac{41,160}{10,572.7} = 3.9$$

$$f_{\text{seg}} \approx 4.0$$

El valor del factor de seguridad es correcto de acuerdo a Machinery's Handbook¹⁵, y a la experiencia vivida en PIRSA ASTILLEROS S.A.

Verificación del riel por deflexión

. Según Machinery's Handbook¹⁶:

15 Idem a referencia N°3.

16 Machinery's Handbook por Oberg y Jones, Pág. 423.

$$f_{adm} = 1/1200 = 625/1200 = 0.52$$

$$f_{adm} = 0.52 \text{ mm (entre apoyos)}$$

. Según manual Dubbel¹⁷:

Para vigas carrileras:

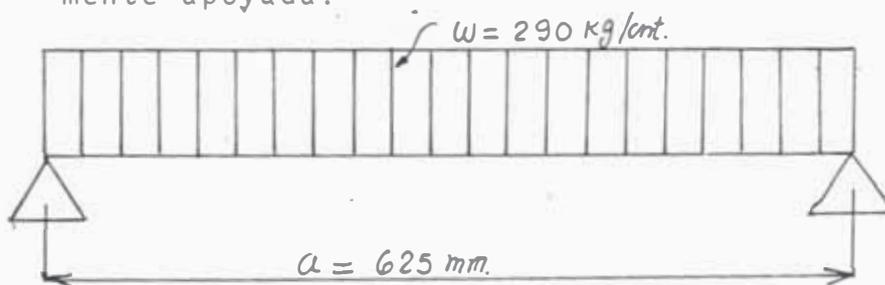
$$f_{adm} = 625/1000 = 0.625 \text{ mm}$$

$$\underline{f_{adm} = 0.625 \text{ mm}}$$

tomando un valor promedio:

$$\underline{f_{admisible} = 0.57 \text{ mm, entre apoyos}}$$

Si consideramos una viga con 2 apoyos simplemente apoyada:



$a = 625 \text{ mm}$ (distancia entre apoyos de riel).

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{5}{384} \frac{w a^4}{EI_r}$$

$$w = 290 \text{ kg/cm}$$

17 Manual del Constructor de Máquinas por Dubbel, tomo II, pág. 669.

$$I_r = 1831 \text{ cm}^4$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\underline{Y_{\text{máx}} = 0.16 \text{ mm} /}$$

Considerando 3 apoyos:

$$\underline{Y_{\text{máx}} = 0.068 \text{ mm} /}$$

y como los rieles tienen mínimo nueve apoyos:

$$\underline{Y_{\text{máx riel}} \ll 0.068 \text{ mm} /}$$

$$\underline{\therefore Y_{\text{max riel}} \ll Y_{\text{adm(riel)}}} \quad \text{Bien}$$

Análisis de flechas para determinar las con -
traflechas necesarias en los apoyos de los -
rieles

Considerando 50% de la carga, es decir:

$$w = 7.25 \text{ TM/mt} \quad (\text{carga media})$$

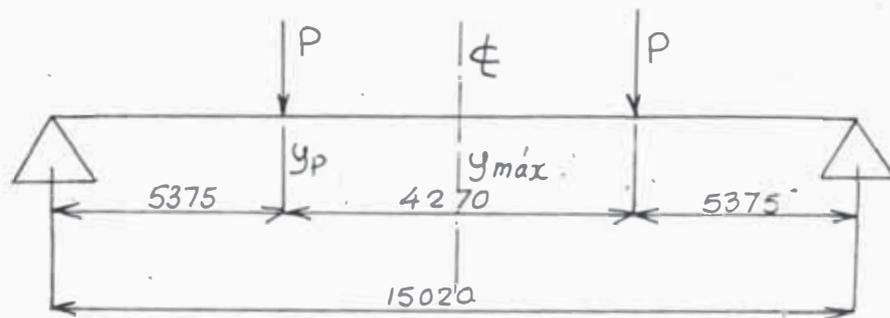
Dividiendo entre 4, los valores de las fle -
chas obtenidos en el cálculo inicial del riel
extremo (el más crítico) obtenemos:

TABLA N°13

Flechas (mm)				
Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
0.65	1.10	1.30	1.30	1.30
Y_9	Y_8	Y_7	Y_6	-

$$Y_{\text{máx}} = 1.30 \text{ mm.}$$

Cálculo de la flecha de vigas transversales principales



$$Y_{\text{máx}} = \frac{Pa}{24 EI} (3L^2 - 4a^2)$$

$$P = 50.000 \text{ TM}$$

$$a = 5.375 \text{ mm}$$

$$L = 15.020 \text{ mm}$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 8'264,487.26 \text{ cm}^4$$

$$Y_{\text{máx}} = \frac{50,000 \times 537.5 \times (3(1502)^2 - 4(537.5)^2)}{24 \times 2.1 \times 10^6 \times 8'264,487.26}$$

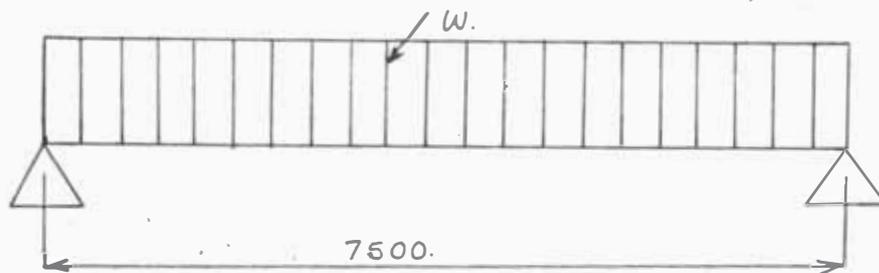
$$Y_{\text{máx}} = 3.7 \text{ mm}$$

$$Y_p = \frac{P l^3}{2 EI} \times \frac{a^2}{l^2} \left(1 - \frac{4a}{3l}\right)$$

$$Y_p = 3.3 \text{ mm} \quad (\text{apoyo del riel})$$

Cálculo de flechas de las vigas longitudinales, fundación elástica de los rieles

Considerando carga distribuida:



$$Y_{\text{máx}} = \frac{5wL^4}{284 EI}$$

$$w = 72.5 \text{ kg/cm}$$

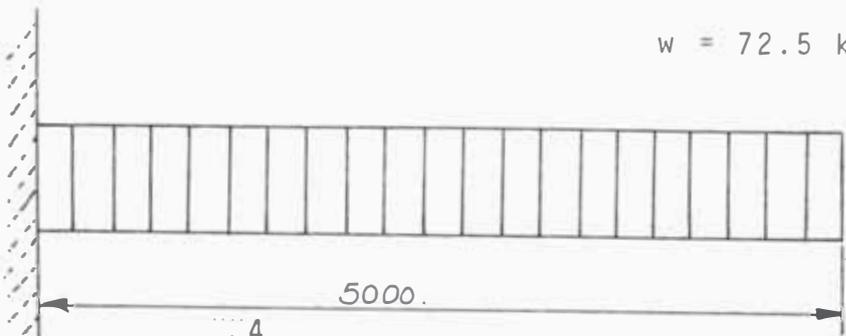
$$L = 750 \text{ cms}$$

$$I = 696,435 \text{ cm}^4$$

$$Y_{\text{máx}} = \frac{5 \times 72.5 \times (750)^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 696,435}$$

$$Y_{\text{máx}} = 2.0 \text{ mm}$$

Cálculo de la flecha de la viga longitudinal
en voladizo (lado tierra)



$w = 72.5 \text{ kg/cm}$

$$Y_{\text{máx}} = \frac{wL^4}{8EI}$$
$$Y_{\text{máx}} = \frac{72.5 \times (500)^4}{8 \times 2.1 \times 10^6 \times 696,435}$$
$$Y_{\text{máx}} = 0.38 \text{ cms}$$

$$Y_{\text{máx}} = 3.8 \text{ cms}$$

Tomamos el valor promedio de las flechas de las vigas longitudinales, como flecha representativa de estas, es decir

$$Y_{\text{máx}} = 3.0$$

Por lo tanto, la máxima contraflecha que deben llevar los rieles será:

$$Cf_{\text{máx}} = 1.30 + 3.0 + 3.3 = 7.6$$

$$Cf_{\text{máx}} = 8.0 \text{ mm}$$

Para obtener la curva de contraflecha de los rieles (plano N°006), entre las vigas transversales principales se ajusta a una parábola, teniendo en consideración que la flecha de las vigas longitudinales son provenientes de una parábola.

$$Y_{\min} = 4.0 \text{ mm (en la viga madre transversal)}$$

$$Y_{\max} = 8.0 \text{ mm (en el centro de la viga longitudinal)}$$

Con los valores anteriormente calculados ajustamos a la siguiente parábola:

$$Y = \alpha \sqrt{X} + 4.0 \quad \begin{array}{l} x : \text{ mt} \\ y : \text{ mm} \end{array}$$

$$\text{Para } x = 0 \quad y = 4.0 \quad 0 \leq X \leq 3.75 \text{ mt}$$

$$x = 3.75 \text{ m5} \quad y = 8.0$$

$$Y = 8 = 4 + \alpha \sqrt{3.75} \quad \alpha = \frac{4}{\sqrt{3.75}}$$

Por lo tanto:

$$y = \frac{4}{\sqrt{3.75}} X^{0.5} + 4 = 2.06 X^{0.5} + 4$$

$$\underline{Y = 2.06 X^{0.5} + 4} \quad 0 \leq X \leq 3.75 \text{ mt}$$

x : en mt

y : en mm.

Los valores de la ecuación obtenida se tomarán con un decimal por facilidad en el montaje.

Para los rieles extremos la contraflecha se ajusta a una recta, cuya ecuación será:

$$y = mx + b$$

$$\text{para: } x = 0 \quad y = 4 \text{ mm}$$

$$x = 5 \text{ mt} \quad y = 8 \text{ mm}$$

$$8 = m(5) + 4 \quad m = \underline{4/5}$$

$$\underline{y = \frac{4}{5}x + 4} \quad 0 \leq X \leq 5.0 \text{ mts}$$

x : en mt

y : en mm

Las curvas de contraflecha graficadas en base a las ecuaciones obtenidas se puede apreciar en el plano N°006.

3.5 Selección del sistema de izaje

$$F_{\text{máx}} = 200 \text{ TM} = 6F$$

$$F = 33.33 \text{ TM} \text{ (tensión en el cable)}$$

Cálculo de la fuerza de flexión equivalente (F_b)

Se usará la fórmula¹⁸:

¹⁸ Diseño de elementos de máquinas por Ing. J. Hori, pág. 288.

$$F_b = \frac{A \cdot E_r \cdot d_w}{D} /$$

En donde:

D : diámetro de la polea o tambor (D = 18" ϕ)

E_r : 12 x 10⁶ PSI

A : área neta del cable

$$A = 0.38 d^2 \quad \text{según Ing}^\circ \text{Hori}^{19}$$

$$A = 0.47 d^2 \quad \text{según Machinery's Handbook}^{20}$$

$$A_{\text{media}} = 0.43 d^2 /$$

d : diámetro del cable

d_w : diámetro de alambres

$$d_w = 0.045 d$$

Seleccionamos un cable de 1 3/8" ϕ

$$A = 0.43 (1.375)^2 = 0.813$$

$$A = 0.813 \text{ pulg}^2$$

$$d_w = 0.045 d = 0.045 \times 1.375 = 0.0618$$

$$d_w = 0.0618" \phi /$$

19 Idem al 18 excepto, la página: 293.

20 Machinery's Handbook por Öberg y Jones, pág. 489.

$$F_b = \frac{0.813 \times 12 \times 10^6 \times 0.0618}{28} = 21,533$$

$$F_b = 21,533 \text{ lbs} = 9.8 \text{ TM}$$

$$\underline{F_b = 9.8 \text{ TM}}$$

$$F_{\text{cable}} = 33.33 + 9.80 = 43.13$$

$$\underline{F_{\text{cable}} = 43.13 \text{ TM}}$$

Fuerza de rotura del cable de 1 3/8" ϕ 6 x 36 alma de acero:

$$\underline{F_u = 150 \text{ TM}}$$

$$f_{\text{seguridad}} = \frac{150}{43.13} = 3.5$$

$$\underline{f_{\text{seguridad cable}} = 3.5}$$

El factor de seguridad de 3.5, es correcto de acuerdo a la experiencia en PICSA y a Diseño de Elementos de Máquinas²¹.

Si consideramos un factor de seguridad mínimo de

$$f_{\text{seg}} = n = 3.0$$

$$\underline{F_u = 150 \text{ TM}}$$

²¹ Diseño de Elementos de Máquinas por Ing° Hori, Pág. 291.

$$F_{\text{cable}} = \frac{150}{3.0} = 50$$

$$F_{\text{tensión}} = 50 - 10 = 40 \text{ TM}$$

$$\underline{F_{\text{tensión}} = 40 \text{ TM}}$$

$$\underline{F_{\text{tensión winche}} = 240 \text{ TM}}$$

Luego el factor de seguridad en la plataforma será aproximadamente:

$$f_{\text{seg}} = \frac{1.8}{1.2} = 1.5$$

$$\underline{f_{\text{seg}} = 1.5}$$

$$\underline{P = \frac{2T}{Dxd}}$$

En donde:

P : presión radial (PSI)

T : tensión en el cable (lb)

D : diámetro de la polea (pulg)

d : diámetro del cable (pulg)

Para nuestro problema, en el caso crítico:

$$F_{\text{tot}} = 240 \text{ TM} = 6F \quad F = 40 \text{ TM} = 40,000 \text{ kgs}$$

$$\underline{F = 88,000 \text{ lbs}}$$

$$P_{\text{máx}} = \frac{2 \times 88000}{28 \times 1.375} = 4570$$

$$\underline{P_{\text{máx}} = 4,570 \text{ PSI}} /$$

Como $P_{\text{máx}} < P_{\text{adm}} = 4,700 \text{ PSI}$ correcto

Las poleas son fabricadas de acero especial, por
Pearlson Eng° Co.

Sistema de izaje

$$F_{\text{máx}} = 240 \text{ TM (winche)}$$

Con los valores obtenidos seleccionamos del catálogo de winches FALK, fabricados especialmente para Syncrolifts.

Las características principales son:

- . Capacidad de izaje máximo : 240 TM
- . Velocidad de izaje de la plataforma : 1 cm/seg
- . Cable de acero de 1 3/8" ϕ 6 x 36 con núcleo de acero, especial para ambiente marino, cuya carga de rotura es:

$$F_u = 150 \text{ TM}$$

Cálculo de la potencia del motor de accionamiento

$$HP = \frac{F \times V}{33,000} = \frac{79,200 \times 12}{33,000} = 28.8$$

$$F = 0.9 \times 40 = 36 \text{ TM} = 79,200 \text{ lbs}$$

$$\underline{HP = 28.8 /}$$

Velocidad del cable: 6 cm/seg (12 pies/min) en el tambor.

Eficiencias de transmisión:

- . Rodamientos : 99% (doce)
- . Tornillo sin fin rueda dentada: 96%
- . Engranajes: 99% (3 juegos)

$$\eta_T = \eta_R \cdot \eta_{TSF} \cdot \eta_E$$

$$\eta_T = 0.96 (0.99)^{12} (0.99)^3 = 0.96 (0.99)^{15}$$

$$\eta_T = 0.825$$

$$HP_{\text{motor}} = \frac{28.8}{0.825} = 35.0$$

$$HP_{\text{motor}} = 35.0$$

En consecuencia los winches a usar serán:

- . números : 16
- . tipo de motor: de inducción sincrónica, trifásico para corriente alterna.
- . potencia del motor: 35.0 HP
- . voltaje y frecuencia del motor: 440V, 60 Hz
- . frecuencia angular: 1800 RPM con freno de discos
- . caja reductora: tren de engranajes helicoidales (2 juegos), y rueda dentada-tornillo sin fin.

- . reducción total: 1131:1
- . reducción tornillo sin fin rueda dentada: 7.500:1
- . reducción 1er juego de engranajes: 4.824:1
- . reducción 2do juego de engranajes: 5.154:1
- . reducción 3er juego de engranajes: 6.067:1
(engranajes expuestos)
- . n (tambor) : 1.58 PPM.

Características del tambor del winche

- . N° de canales : 26
- . paso de canales: 1.393" para cable de 1 3/8" \varnothing
- . diámetro de paso del tambor: 29" \varnothing
- . máxima fuerza de tiro en el tambor: 40 TM.

Cada viga transversal principal lleva tres poleas en cada extremo, en la base de los winches se instalan dos poleas de acero, de manera que la plataforma quede suspendida mediante seis cables en cada winche.

3.6 Selección de la madera para la cubierta de la plataforma

Las maderas que podrían utilizarse son aquellas - que se comportan bien tanto en el agua como fuera de ella, así tenemos maderas peruanas tales como Huayruro, lagarto o manchinga.

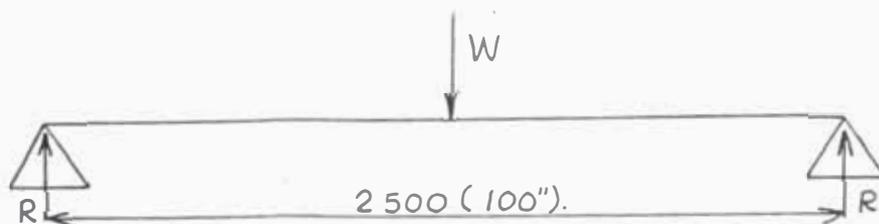
$$S_F \text{ huayruro} = 435 \text{ kg/cm}^2 \text{ (resistencia elástica respecto a flexión)}$$

$$S_F \text{ manchinga} = 570 \text{ kg/cm}^2$$

(obtenido de catálogo de maderas peruanas)

$$\sigma_d \text{ (flexión)} = 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo de diseño}^{22}\text{)}$$

Del plano N°007 buscamos la viga más crítica, la cual es:



Considerando una carga puntual de 700 kgs, sobre un tablón de madera.

$$W = 700 \text{ kgs} = 1540 \text{ lbs}$$

²² Manual del constructor de máquinas, por Dubbel, tomo I, pág. 745.

$$\underline{R = 770 \text{ lbs}}$$

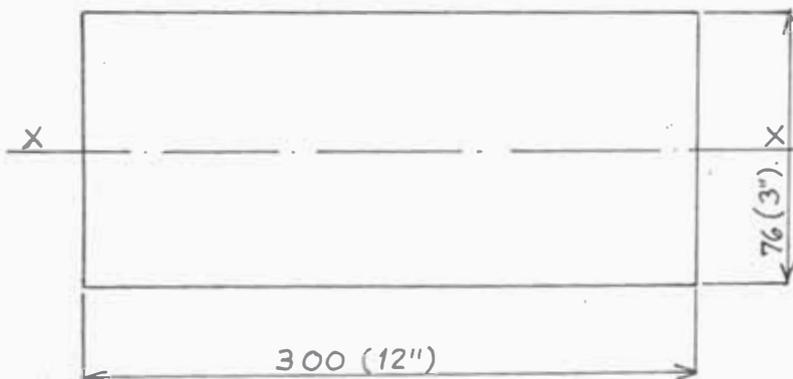
$$M = 770 \text{ lb} \times 50 \text{ pulg} = 38,500 \text{ lb.pulg.}$$

$$\underline{M = 38,500 \text{ lb.pulg.}}$$

$$S_{re} = \frac{M}{d} = \frac{38,500}{150 \times 14.7} = 17.5$$

$$\underline{S_{re} = 17.5 \text{ pulg}^3 /}$$

Después de varios tanteos obtenemos la siguiente -
sección (de dimensiones comerciales):



$$I_x = \frac{1}{12} \cdot bh^3 = \frac{1}{12} \cdot 12(3)^3 = 27$$

$$\underline{I_x = 27 \text{ pulg}^4}$$

$$S_{cal} = \frac{I_x}{3/2} = \frac{27}{3/2} = 18$$

$$\underline{S_{cal} = 18 \text{ pulg}^3 /}$$

$$\text{y como: } \underline{S_{re} < S_{cal}}$$

Bien

Cabe señalar que a la viga de madera se le puede aplicar una carga de seguridad de 1400 kgs, es decir: $w_{ad} = 5.6 \text{ kg/cm}$.

Conviene en la práctica apoyar pesos, en más de un tablón de la cubierta de madera, para aliviar la carga.

Verificación de la cubierta de madera considerando la fuerza de las olas

$$F = 10,000 \text{ kgs}$$

$$w = \frac{10,000}{6,500} = 1.54$$

$$\underline{w_{ag} = 1.54 \text{ kg/cm} /}$$

como:

$$\underline{w_{ad} > w_{ag} /} \quad \text{Bien}$$

3.7 Análisis del sistema guía de la plataforma

Estudio de la fuerza ejercida por las olas sobre la plataforma

Es necesario que la plataforma cuente con un sistema guía con su respectivo arriostamiento, para evitar el penduleo de la plataforma durante el varado de las embarcaciones.

Del manual estabilizador flume²³ obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$L_w = 5.12 T_w^2 \quad (1)$$

$$L_w = V_w \cdot T_w \quad (2)$$

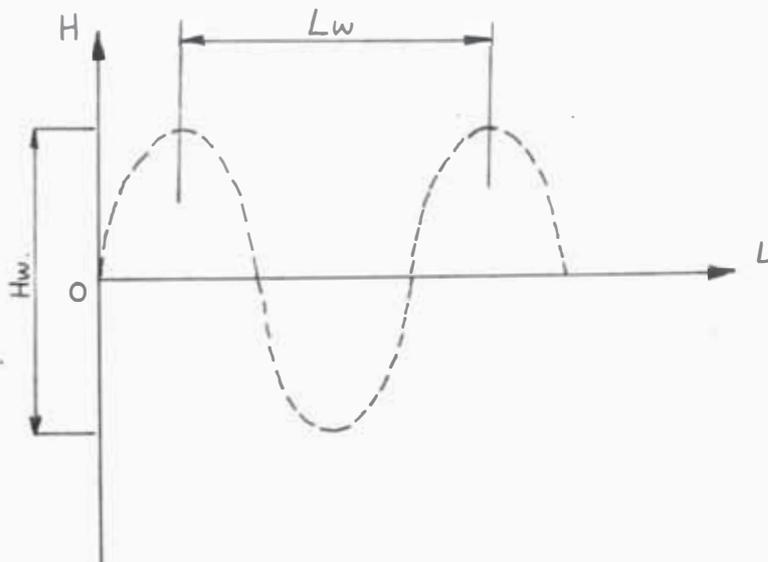
En donde:

T_w : período de la ola en segundos (tiempo transcurrido entre el paso de una cresta a otra a través de un punto fijo)

V_w : velocidad de la ola en pies/seg.

L_w : longitud de la ola en pies.

H_w : altura de la ola en pies.



Para nuestro problema consideramos ondulaciones marinas de altura aproximada, $H_w = 900$ mm y una velocidad 630 mm/seg (Norma DIN 236A).

Igualando las ecuaciones (1) y (2) obtenemos:

$$L_w = 5.12 T_w^2 = V_w \cdot T_w$$

$$T_w = V_w / 5.12$$

$$V_w = 630 \text{ mm/seg} = 2.066 \text{ pies/seg}$$

$$V_w = 2.066 \text{ pies/seg}$$

$$T_w = 2.066 / 5.12 = 0.4035$$

$$T_w = 0.4035 \text{ seg}$$

$$L_w = 5.12 (0.4035)^2 = 0.8336$$

$$L_w = 0.8336 \text{ pies}$$

$$L_w = 254.2 \text{ mm}$$

$$L_p = 65.76 \text{ mts (longitud de la plataforma)}$$

Caudal de agua movido por las olas:

$$Q = \text{volumen/tiempo}$$

$$Q = 65.76 \text{ mt} \times 0.90 \text{ mt} \times 0.2542 \text{ mt} \times 0.50 / 0.4035$$

$$Q = 18.64 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Flujo de masa (\dot{m}_a)

$$\dot{m}_a = \rho a = 1,025 \frac{\text{kgm}}{\text{m}^3} \times 18.64 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$\dot{m}_a = 19,106 \text{ kgm/seg.}$$

Fuerza total ejercida sobre la plataforma (F_T)

$$F_T = K_1 \cdot K_2 \cdot \dot{m}_{ag} \cdot V_w$$

En donde:

K_1 : coeficiente de impacto de las olas ($K_1=2.0$)

K_2 : coeficiente de impacto que prevee colisiones de embarcaciones con la plataforma ($K_2=2.0$)

\dot{m}_{ag} : masa de agua desplazada por las olas

V_w : velocidad de las olas ($V_w = 630 \text{ mm/seg}$)

$$F_T : 4 \times 19.10 \times 0.630 \times 2$$

$$F_T : 96.3 \text{ KN}$$

$$F_T = 9.8 \text{ TM} \quad (21,617 \text{ lbs})$$

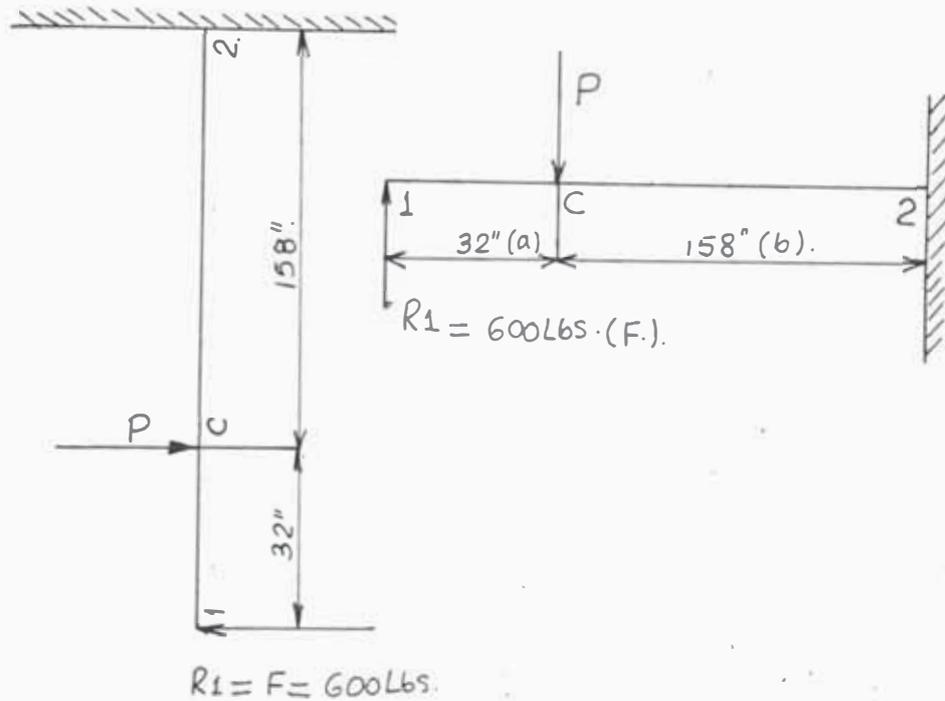
Como se tienen 36 tubos guía (plano N°008) la fuerza sobre cada uno de ellos es:

$$F = 21,617/36 = 600$$

$$F = 600 \text{ lbs}$$

3.7.1 Análisis del arriostramiento

De la figura N°04 obtenemos los siguientes datos:



$$P_1 = \frac{P \cdot b^2}{2 L^3} (a + 2L) \quad (3)$$

en donde: $a = 32''$, $b = 158''$, $L = 190''$

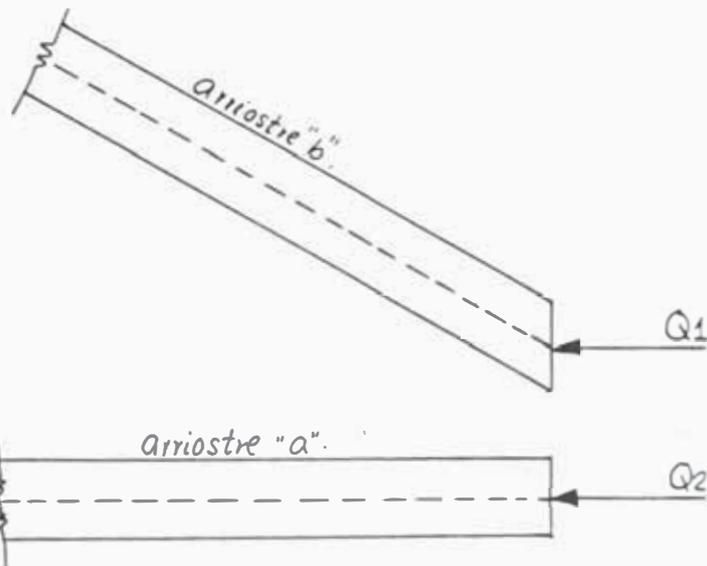
Reemplazando valores en (3) obtenemos: $P = 800 \text{ lbs}$

$$M_2 = \frac{800(32)}{2(190)^2} (190^2 - 32^2) = 12,436$$

$$\underline{M_2 = 12,436 \text{ lb. pulg}}$$

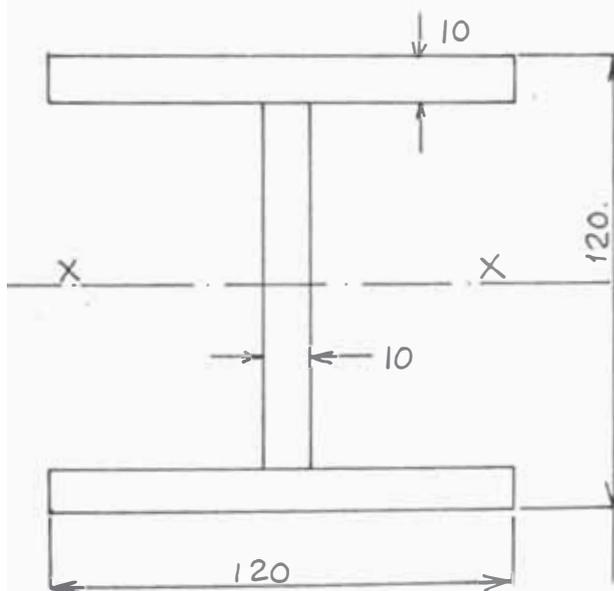
$$M_c = 600 \text{ lb} \times 32 \text{ pulg} = 19,200 \text{ lb. pulg.}$$

$M_c = 19,200 \text{ lb pulg.}$



Análisis del arriostre "a"

$Q_2 = 800 \text{ Lbs}$ (condición más crítica)



Sección típica del arriostre considerado

Area de la sección:

$$A = (2 \times 4.8 + 4) \times 3/8 = 5.0$$

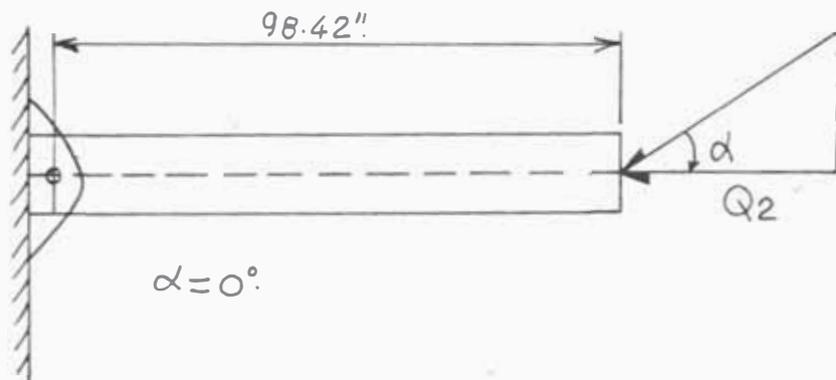
$$\underline{A = 5.10 \text{ pulg}^2}$$

$$I_x = \frac{1}{12} (4.8(4.8)^3 - 2(2.2)(4)^3) = 20.77$$

$$\underline{I_x = 20.77 \text{ pulg}^4}$$

$$S = 20.77/2.4 = 8.65$$

$$\underline{S = 8.65 \text{ pulg}^3}$$



$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{(20.77)^{0.5}}{5.10} = 2.0$$

$$r = 2.0''$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{2 \times 98.42}{2} = 98$$

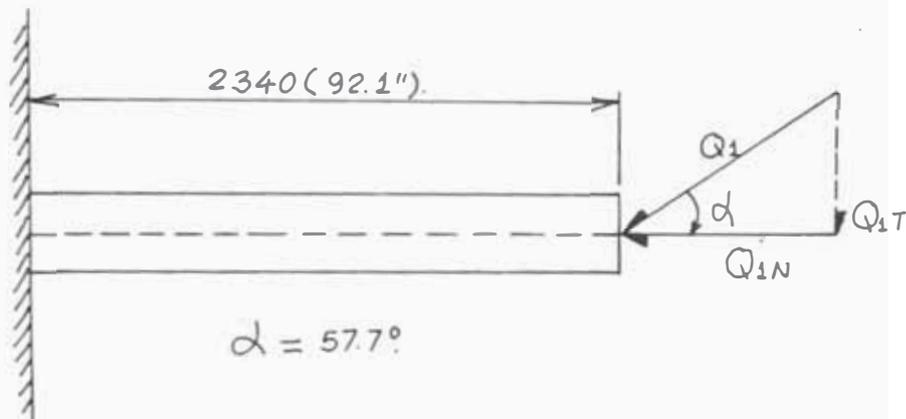
$$\text{con } (Kl/r) = 98 \quad \underline{\sigma_{adm c} = 13,285 \text{ PSI}}$$

$$F_{adm} = \sigma_{adm c} \times A = 13,285 \times 5 = 66,425$$

$$F_{adm} = 66,425 \text{ lbs}$$

y como $Q_2 < F_{adm}$ Bien

Análisis del arriastre "b"



$$Q_{1N} = Q_1 \cos \alpha = 800 \cos 57.7^\circ = 428$$

$$Q_{1N} = 428 \text{ lbs}$$

$$Q_{1T} = Q_1 \sin \alpha = 800 \sin 57.7^\circ = 676$$

$$Q_{1T} = 676 \text{ lbs}$$

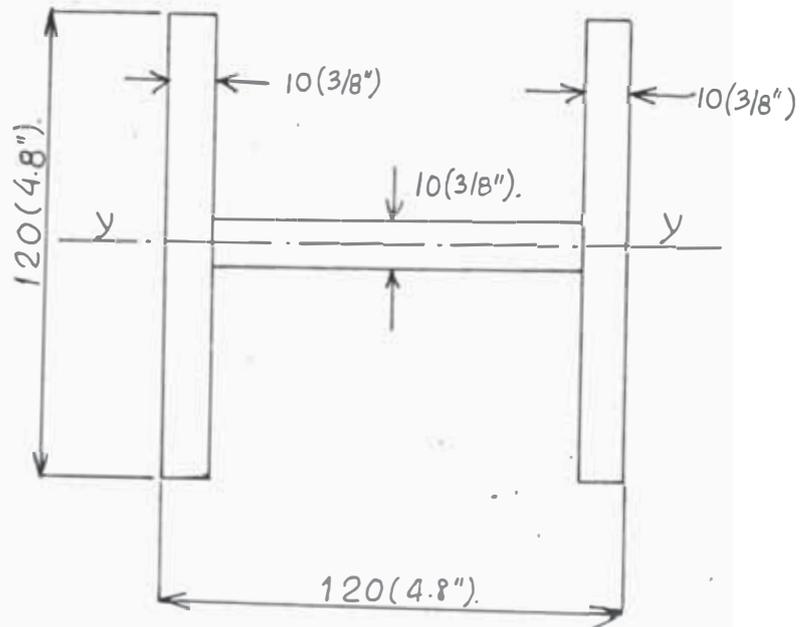
$$\sigma_c = \frac{F_c}{A} = \frac{428}{5.1} = 84 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\sigma_c = 84 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\sigma_F = \frac{M}{S}$$

$$M = Q_{1T} \times 92.1 = 676 \times 92.10 = 62,260$$

$$M = 62,260 \text{ lb. pulg.}$$



$$I_y = \frac{1}{12} \times \left(\frac{3}{8} (4.8)^3 \times 2 + 4 \left(\frac{3}{8} \right)^3 \right) = 7.0$$

$$I_y = 7.0 \text{ pulg}^4$$

$$S = 7.0 / 2.4 = 3.0$$

$$S = 3.0 \text{ pulg}^3$$

$$\sigma_F = \frac{M}{S} = \frac{62,260}{3} = 20,754$$

$$\sigma_F = 20,754 \text{ lb/pulg}^2 /$$

Para flexo compresión debe cumplirse que:

$$\frac{f_a}{F_a} + \alpha \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0 \quad (1)$$

En donde:

$$f_a = 84 \text{ lb/pulg}^2$$

$$f_b = 20,754 \text{ lb/pulg}^2$$

$$F_a = 13,970 \text{ lb/pulg}^2 \quad \text{se obtiene con}$$

$$\frac{K l}{r} = 92$$

$$F_b = 0.60 S_y = 0.6 \times 36,000$$

$$F_b = 21,600 \text{ PSI}$$

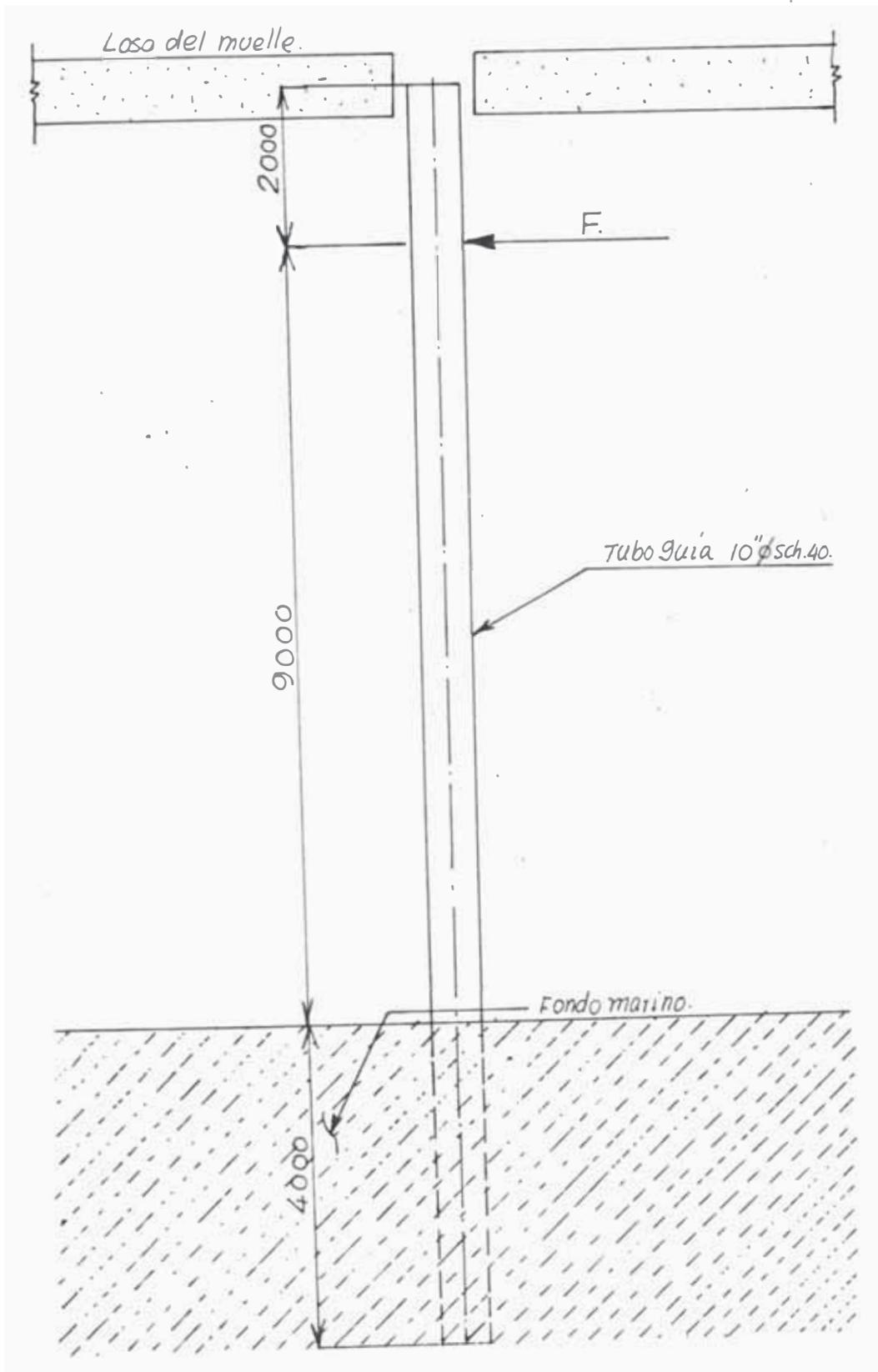
Reemplazando en (1):

$$\frac{84}{13,970} = 0.006 < 0.15 \quad \therefore \alpha = 1.0$$

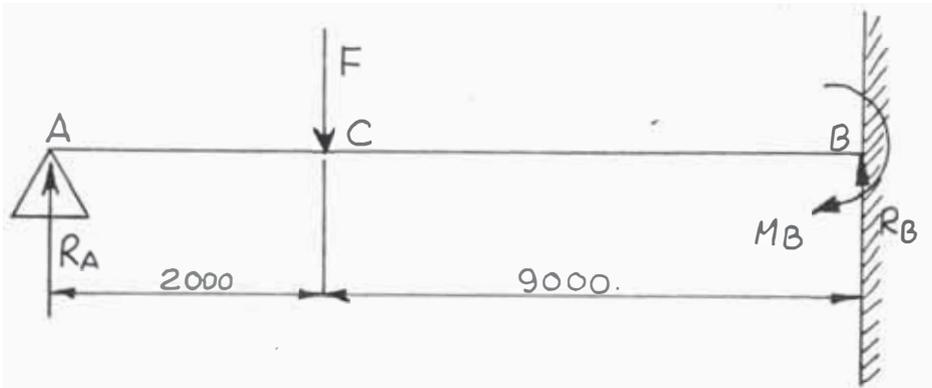
$$0.006 + \frac{20,754}{21,600} = 0.96 < 1.0 \quad \text{Bien}$$

3.7.2 Análisis de los tubos guía

Consideramos el tubo guía vertical (ya que su inclinación hacia el mar es aproximadamente 0.9°) y la fuerza aplicada horizontal



Disponiendo el tubo guía como viga obtenemos:



$$F = 600 \text{ lbs}$$

$$L = 440''$$

$$a = 80''$$

$$b = 360''$$

$$R_A + R_B = 600$$

$$M_B = \frac{Fa}{2L^2} (L^2 - a^2)$$

$$M_B = \frac{600 \times 80}{2(440)^2} (440^2 - 80^2)$$

$$M_B = 23,206 \text{ lb.pulg.}$$

$$R_A = \frac{Fb^2}{2L^3} (a + 2L)$$

$$R_A = \frac{600(360)^2}{2(440)^3} (80 + 2 \times 360)$$

$$R_A = 365 \text{ lbs}$$

$$\underline{R_B = 235 \text{ lbs/}}$$

$$M_c = 235 \text{ lbs} \times 80 \text{ lbs} = 29,200$$

$$\underline{M_c = 29,200 \text{ lb. pulg/}}$$

Seleccionamos un tubo guía de 10" ϕ SCH 40, teniendo en consideración que deben ser clavados en el fondo marino, mediante martillo neumático y guías; para darle mayor rigidez a los tubos se les llena de concreto cuya resistencia a la compresión sea: 100 kg/cm²

Tomamos tubos de acero ASTM A-53 de 10" ϕ SCH 40, cuyas características son:

$$S_y = 30,000 \text{ PSI}$$

$$S_t = 45,000 \text{ PSI}$$

$$A = 11.9 \text{ pulg}^2$$

$$S = 29.9 \text{ pulg}^3$$

$$r = 3.67 \text{ pulg}$$

longitud : 15 mts.

Cálculo del módulo de sección requerido:

$$f_{\text{seg}} = 2.0$$

$$\sigma_d = 15,000 \text{ PSI}$$

$$S_{re} = \frac{M}{\sigma_d} = \frac{29,200}{15,000} = 1.95$$

$$\underline{S_{re} = 1.95 \text{ pulg}^3 /}$$

Teniendo en cuenta que los tubos deben ser clavados en el fondo marino, es necesario considerar tubos adecuados y además deben ser llenados de concreto para mejorar su resistencia.

Resistencia a la compresión del tubo guía lleno de concreto:

Del texto: Resistencia de Materiales de W.Nash²⁴, obtenemos la fórmula de la Norma del Joint Committee on Standard Specifications Para hormigón armado, la carga admisible P en un pilar, está dado por:

$$P = 0.80 (0.225 f'_c A_g + f_s A_s)$$

En donde:

f'_c : resistencia del hormigón a los 28 días (100 kg/cm²)

A_g : sección total del hormigón

f_s : 0.40 S_y ($S_y = 30,000$ PSI)

A_s : sección de la armadura de acero

$$f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_g = 506.70 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 816 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 76.77 \text{ cm}^2$$

24 Resistencia de Materiales por Mash, páq. 294.

Luego:

$$P = 0.80 (0.225 \times 100 \times 506.7 + 816 \times 76.77)$$

$$P = 59.00 \text{ Tons}$$

En consecuencia, la carga admisible en los tubos guía es de 59 Tons.

Cálculo de la fuerza necesaria para clavar los tubos guía en el fondo marino

$$F = P_u \times A$$

En donde:

F : fuerza necesaria para clavar un pilote

P_u : presión de rotura del terreno (fondo marino)

A : área o sección del tubo guía

P_u : 56 kg/cm². (del manual de Marks²⁵)

$$F = 56 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times \frac{\pi}{4} (27.3)^2 \text{ cm}^2 = 32,779 \text{ kgs}$$

$$F = 33 \text{ TM}$$

y como la carga admisible en el tubo guía:

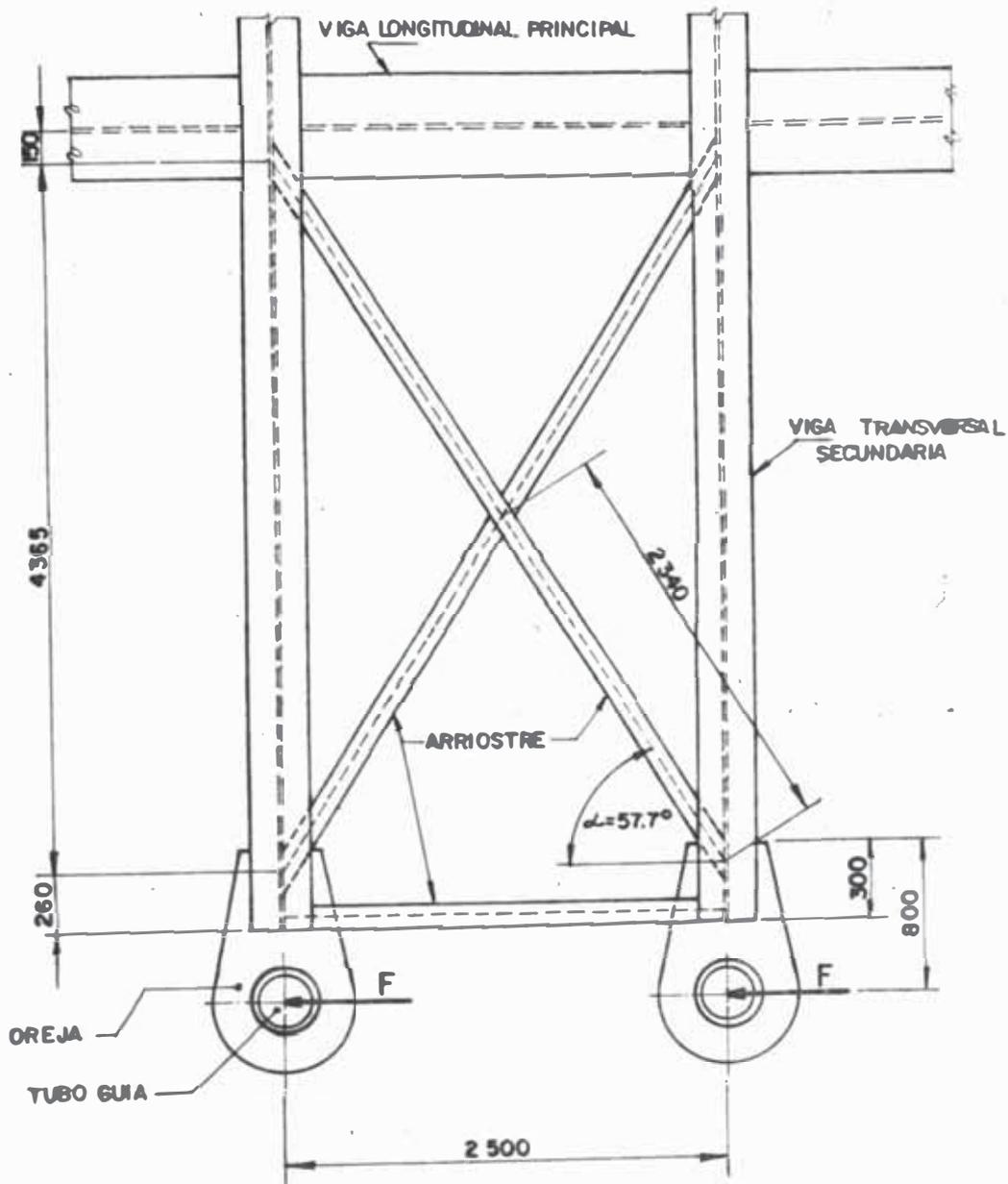
$$P > F$$

Bien

Los tubos guías son adecuados.

25 Manual del Ing^o Mecánico por Marks, pág. 1758.

Además se tendrá en consideración que los tubos guías deben estar bien protegidos de la corrosión, la cual es permanente.



ESQUEMA DEL SISTEMA GUIA - DETALLE TIPICO

CAPITULO IV

PROCESO DE FABRICACION, MONTAJE Y CONTROL DE CALIDAD

Es muy importante, primeramente revisar las Especificaciones Técnicas del Proyecto (ver Anexo A), antes de proceder a la ejecución del mismo.

4.1 Comentarios sobre Control de Calidad

El control de calidad en general comprende:

- a) Control de Calidad del Proyecto.- Revisión general del proyecto: planos, Especificaciones Técnicas, etc.
- b) Control de Calidad de la mano de obra.- El personal a utilizar en la fabricación y montaje, debe ser calificado de acuerdo a la importancia del trabajo a ejecutar.
- c) Control de Calidad de los materiales.- Los materiales se deben adquirir de acuerdo a las requisiciones de materiales, es decir en cantidad y calidad especificadas.

Los materiales que no se ajusten a las requisiciones (obtenidas de planos y especificaciones técnicas), deben ser rechazados.

- d) Control de calidad del Proceso.- Comprende: fabricación y montaje, en cada caso se tendrán en cuenta las tolerancias especificadas.
- e) Control de Calidad del producto.- El producto terminado si se ajusta a las normas de calidad establecidas, estará disponible para su venta - de lo contrario será rechazado.

En nuestro caso particular el producto terminado es la plataforma, como es una sola unidad no podrá ser rechazado, debido a la importancia y a la utilidad que prestará inmediatamente.

Como no podrá ser rechazado el producto terminado (final), es necesario hacer un control de calidad eficiente y oportuno, de manera que la plataforma quede dentro del rango de tolerancias del proyecto, alineamiento, nivelación, de formación, etc.

Producto terminado (parcial).- El producto terminado parcial es una viga, se le debe controlar adecuadamente para evitar rechazar totalmente una viga, debido a su elevado costo y a la pérdida de tiempo.

Es importante verificar las deflexiones de las vigas individuales y las deflexiones de las vigas cuando la plataforma esté montada.

4.2 Calificación de Soldadores

La mano de obra a utilizar debe ser calificada. La Sociedad Americana de Soldadura (AWS) ha desarrollado procedimientos estándar de calificación, consistentes en dos partes:

- a) Calificación de los procedimientos
- b) Calificación del operario.

a) Calificación de los procedimientos:

Trata de las propiedades del metal base y del de aportación, del tipo y tamaño de los electrodos, del tipo de preparación y de la posición de soldar, de la corriente y voltaje a usar y de los usos posibles del precalentamiento o del tratamiento térmico, de las partes después de soldar.

b) Calificación del Operario:

Requiere que el soldador realice ciertos especímenes de prueba, los cuales deberían tener una resistencia y ductilidad especificadas. Las soldaduras de prueba deben simular el tipo las condiciones de la soldadura en el campo, y se suministran diferentes calificaciones para los distintos tipos de soldadura, numerosas comparaciones hechas entre los resultados obtenidos con especímenes de prueba y especímenes rea

les de campo, indican que los operarios que hacen buenos especímenes de prueba también hacen en general buenos cordones de soldadura en el campo. Sin embargo, no es suficiente confiar en las pruebas de calificación, sino que debe mantenerse una inspección adecuada y permanente de todos los cordones de soldadura en la estructura, para asegurarse de que sean de buena calidad.

En el texto Diseño de Estructuras Soldadas²⁶, se encuentra un resumen de las pruebas requeridas para la calificación de soldadores según la AWS.

Además de las probetas indicadas anteriormente por la AWS, se puede verificar la resistencia y ductilidad, mediante el ensayo de tracción²⁷.

Antes de hacer el ensayo de tracción se pueden verificar los cordones de soldadura mediante rayos X.

4.3 Control de Calidad de Materiales

Todos los materiales deben ser adquiridos de acuerdo a las Normas Técnicas establecidas para el proyecto. El acero que se utilizará es: ASTM A-36, - cuyas propiedades mecánicas principales son:

²⁶ Diseño de estructuras Soldadas por Blogdett, pág.7-9.6
²⁷ Reglas para construcción y clasificación de buques de acero por L.R. of Shipping., pág. 532.

Resistencia a la fluencia mínima: 36,000 PSI
Resistencia a la tracción mínima : 58,000 á
80,000 PSI
Elongación en 2" : 25-30%
(según el AISC)

El electrodo de soldadura a utilizar, según el AISC es: E-7018, por ser de alta resistencia, sus propiedades mecánicas principales son:

Resistencia a la fluencia mínima: 70,000 PSI
Resistencia a la tracción mínima: 81,000 PSI
Elongación en 2" : 22-30%

Todos los materiales adquiridos deben ser clasificados, es decir tener certificados de garantía (haber sido probados en presencia de inspectores), en caso contrario deben ser ensayados, para verificar su calidad.

4.4 Prefabricado de Vigas

El prefabricado comprende:

4.4.1 Trazado y corte de planchas

Esto debe realizarse de acuerdo a los planos de corte, (planos N°010 1/2 v 2/2).

Los planos de corte permiten minimizar el consumo de planchas de acero y además permiten cumplir con las exigencias técnicas en los procesos de soldadura y montaje.

En el corte de planchas, que serán soldados se debe tener en cuenta, que luego de ser soldadas se contraen tanto longitudinal como transversalmente, por lo cual se dan tolerancias para ambos casos, para mayor información se puede ver: Guía para estructuras de buques²⁸.

En la práctica, antes de dar las dimensiones finales se procede a soldar, luego de haberse contraído se dan las dimensiones reales.

Durante el corte de las planchas se debe verificar la calidad del corte, es decir el surco recomendado para el caso de oxicorte, y la ausencia de irregularidades.

Asimismo, debe verificarse el material durante el corte de las planchas, podrían existir porosidades, sopladuras, etc.

Planchas delgadas (hasta de 3/8" de espesor) se pueden cortar en la cizalla, espesores mayores - mediante oxicorte (dependiendo de la capacidad de la cizalla).

4.4.2 Biselado o preparación de la junta

El biselado de planchas hasta 3/8" de espesor se debe hacer mediante un medio mecánico y para es-

28 Guía para estructura de buques por M. D' Arcangelo, pág. 125.

pesores mayores se usará electrodo especial para biselar²⁹ (Chamfercord: DIN E900) u oxícorde.

El biselado se debe hacer de acuerdo con las normas del AISC, esto se puede apreciar en la figura N°05.

4.4.3 Soldado de Subensambles (alas, almas, refuerzos)

Antes de proceder a soldar se debe verificar que:

- a) Las juntas estén lisas, limpias, libre de óxidos, lubricantes, etc.
- b) El ambiente de trabajo debe ser limpio y libre de vientos fuertes.
- c) Fijar los elementos a soldar, mediante pesos y puentes (ver fig. 07)

El proceso de soldadura comprende los siguientes pasos:

1. Precalentamiento.- El objetivo del precalentamiento es evitar una disipación demasiado rápida del calor proporcionado por el arco eléctrico, es decir, evitar un enfriamiento brusco que ocasione una transformación estructural en el acero.

El precalentamiento será más o menos fuerte

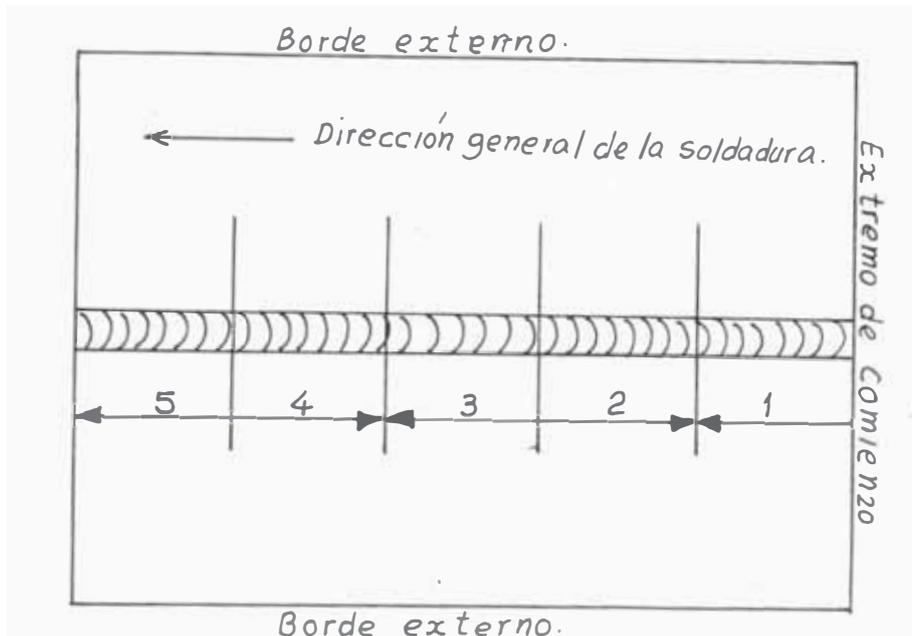
²⁹ Manual OERLIKON, - Soldaduras especiales, pág. 65.

de acuerdo al tamaño de la pieza y del espesor a unir. En piezas pequeñas el precalentamiento muchas veces será innecesario.

El AISC recomienda precalentar el metal base cuando el espesor de plancha a soldar sea más de 1" (acero A-36) y cuando el electrodo sea E70XX, de la siguiente forma:

Más de 1" hasta 2"	93°C
Más de 2"	149°C

2. Soldadura.- Seleccionar el electrodo más adecuado, de menor diámetro posible para usar el menor amperaje posible. Soldar con cordones cortos y alternados para no elevar excesivamente la temperatura de la pieza, este método se denomina de "paso atrás", transforma una soldadura larga en una serie de incrementos (1, 2, 3, 4, 5, etc.). Generalmente, cada uno de estos incrementos es depositado por un electrodo. La dirección de la soldadura dentro de cada incremento, es opuesta a la dirección general de la soldadura, como se muestra en el croquis:



Método de soldadura de "paso atrás", para reducir la distorsión en una junta soldada.

Se debe martillar cada cordón de soldadura para aliviar las tensiones internas provocadas por la contracción del cordón de soldadura, cuando éste se comienza a enfriar, se recomienda no martillar la primera y la última pasada, se debe efectuar con mucho cuidado, por un operario experimentado, pues de otra forma puede dañarse el material de la soldadura.

3. Enfriamiento lento: Tiene como objetivo no permitir un enfriamiento brusco que produzca un cambio estructural en la zona soldada. El enfriamiento lento asegura que este sea uni -

forme en toda la pieza, equilibrando una contracción pareja. La pieza soldada se deja en un recipiente con asbesto, ceniza, cal, carboncillo, etc.

Para el caso de fabricación de vigas de acero A-36 con electrodos E7018, luego de soldar se deja enfriar en el medio ambiente y donde no haya corriente de aire.

En caso de que se repare cordones de soldadura de las vigas es recomendable usar el enfriamiento lento.

4.4.4 Enderezado de subensambles

Luego de concluir el proceso de soldadura se debe proceder al enderezado de alas y almas, el método de enderezado es en frío.

4.4.5 Análisis de uniones soldadas

4.4.5.1 Defectos de soldadura

Los defectos pueden clasificarse en tres grupos generales:

- . Discrepancias dimensionales
- . Discontinuidades estructurales
- . Propiedades defectuosas.

Discrepancias dimensionales:

La ejecución de uniones soldadas satisfactorias

depende entre otras cosas de la estricta observación de dimensiones dadas y de formas prescritas:

1. Distorsión: Estos defectos son generalmente controlables durante el proceso de soldadura empleando ya sea fijaciones apropiadas, secuencias correctas de trabajo o dándole a los elementos una deformación elástica previa tal, que una vez soldado quede en su posición prescrita.
2. Desalineamiento: Indica el desfase que existe entre los ejes de los elementos soldados.
3. Tamaño de cordón: Frecuentemente la sección de un cordón de soldadura no corresponde a la especificación del proyecto, es decir son cóncavos o convexos, se debe verificar el cordón mediante calibradores de soldadura.
4. Forma de cordón: La forma de un cordón de soldadura tiene importancia fundamental en el comportamiento de la unión, tomando en consideración que pueden producirse diferentes desviaciones de líneas de fuerza.

Discontinuidades estructurales

En uniones soldadas se pueden encontrar cierta clase de defectos relacionados con interrupcio

ciones del cordón, porosidad, fisuras, penetración inadecuada en la unión, inclusión de escoria, etc.

1. Porosidad: Este término se aplica a bolsas de gas o burbujas que no contienen material sólido, si las porosidades son aisladas no representan un defecto serio desde el punto de vista de resistencia. Las denominadas "Sopladuras" y "porosidades tubulares" son huecos un poco más grande, de naturaleza similar. Las sopladuras son redondeadas, mientras que las porosidades tubulares son alargadas y en apariencia como gusanos. Existe concentración de tensiones en la zona de estos defectos, pero como los huecos tienen son redondeados, el efecto en entalladura estructural con relación a la fractura, no es muy importante cuando se encuentran dispersos.

2. Inclusiones de escoria: Por ello se entienden óxidos y otros elementos no metálicos que están atrapados entre la soldadura o entre ellas y el metal base. En la mayoría de los casos, las inclusiones pueden evitarse con limpieza cuidadosa entre pares y/o mejorando el diseño de las juntas.

3. Falta de Fusión: Describe este término la falta de fusión entre cordones superpuestos o entre cordón de soldadura y metal base. El defecto puede deberse a: demasiada baja temperatura en el material base, deficiente remoción de escoria, capa de laminación, óxidos u otros elementos extraños. El resultado de la falta de fusión, es la formación de entalladuras, las cuales son peligrosas cuando la soldadura es sometida a esfuerzos de tracción.

4. Falta de Penetración: No debe confundirse con la falta de fusión. Se aplica este término a la condición en la que la penetración es menor a la especificada.

La causa más frecuente de este problema tiene su origen en la preparación insuficiente de la junta. Otros motivos pueden ser: empleo de tamaños de soldadura inapropiados, velocidad de avance demasiado rápida, corriente insuficiente, etc.

La penetración incompleta, da lugar a la formación de serias entalladuras en la soldadura, y son de peligro cuando los cordones son sometidos a esfuerzos de trabajo.

5. Socavación: Se entiende por sacavación a una ranura que aparece adyacente al cordón de soldadura, es decir que el metal base es quemado; su causa es generalmente elevadas corrientes y falta de habilidad para soldar.

6. Fisuras: son roturas lineales debido a tensiones. Se diferencian dos grupos fundamentales: fisuras en caliente y en frío. Todas pueden presentarse en el metal base y/o en el metal de aporte.

Las fisuras en caliente aparecen a elevadas temperaturas muy poco después de haberse depositado la soldadura y cuando ésta comienza a solidificarse y por lo general inter-cristalinos.

Las fisuras en frío se presentan en aceros más que en otros metales y se producen a temperaturas cercanas a la ambiental. Son por lo general transcristalino y pueden aparecer horas e incluso días después de haberse concluido el trabajo.

En todos los casos, las causas de las fisuras deben ser investigadas y las condiciones que las determinan deben ser corregidas.

También es vital que las partes agrietadas de la soldadura sean descubiertas, localizadas y removidas completamente, para luego resoldar como corresponde.

Propiedades Defectuosas

En todo tipo de unión por soldadura se requiere ciertas características mecánicas y químicas. Ellas dependen de las Especificaciones Técnicas y toda variación con respecto a éstas significa un defecto.

Entre las propiedades mecánicas que pueden presentar problemas tenemos: resistencia a la tracción, ductibilidad, resistencia al impacto, dureza, etc. En forma similar sucede con las propiedades químicas.

4.4.5.2 Defectos inaceptables en soldadura

Las discontinuidades estructurales de soldadura inaceptables, es decir considerados como graves son:

- . Falta de Fusión
- . Falta de Penetración
- . Fisuras o grietas
- . Grandes socavaciones
- . Porosidad agrupada.

Ver figura N°06, para mayor aclaración.

4.4.5.3 Control de calidad de uniones soldadas

Existen varios métodos para la inspección de cordones de soldadura, como el visual, el de partículas magnéticas, el de tintes penetrantes, el ultrasónico y el radiográfico. Todos estos métodos requieren que la supervisión sea efectuada por personal competente que pueda interpretar los resultados.

4.4.5.3.1 Inspección visual

Es uno de los sistemas más importantes y probablemente el más ampliamente usado. Su ventaja principal reside en que es fácil de aplicar, rápido, de muy bajo costo y requiere muy pocos elementos auxiliares.

Inspección previa a la soldadura

Las caras y cantos del material base deben examinarse para detectar fallas de laminación, insuficiente limpieza de óxido, capas de laminación, grasas, pinturas, aceites. Asimismo, debe controlarse la proporción de las piezas incluyendo biseles, alineamiento y sistemas de sujeción.

Control durante el trabajo

Se emplea para observar durante el proceso de soldadura los siguientes aspectos:

- a) Procedimiento de soldadura y parámetros de operación
- b) Limpieza de las juntas
- c) Pre calentamiento del metal base
- d) Preparación de la junta
- e) Post-calentamiento del metal base
- f) Material de aporte
- g) Eliminación de escoria
- h) Martilleo.

Inspección del trabajo terminado

Por simple observación se pueden controlar los siguientes aspectos:

1. Exactitud dimensional (incluye deformaciones térmicas)
2. Distribución de los cordones de soldadura
3. Fallas superficiales como fisuras, porosidad, cráteres, socavaciones, etc.

4.4.5.3.2 Inspección mediante ensayos no destructivos

4.4.5.3.2.1 Inspección mediante tintes penetrantes

La inspección no destructiva con tintes penetrantes se emplea para hacer visibles discontinuidades que llegan a la superficie del elemento examinado.

Se limpian los cordones a examinar, con un líquido limpiador-removedor (N°1 y N°3),

luego se aplica el tinte penetrante (N°2) de color rojo, se espera aproximadamente unos 20 minutos (para el acero según norma ASTM E-165-63).

Posteriormente se limpia el exceso de penetrante, con el limpiador-removedor y finalmente, se aplica el líquido revelador (N°4), con el cual aparecerá el líquido que se encuentra en los probables defectos.

El sistema es particularmente útil en metales no magnéticos, y se emplea frecuentemente para inspeccionar aluminio, magnesio y aceros inoxidables austeníticos.

Es de bajo costo y de aplicación rápida. - El procedimiento es simple y no requiere de gran experiencia.

Además de los tintes coloreados indicados existen tintes fluorescentes, que se hacen visibles con "luz negra" (luz invisible - muy cercana al ultravioleta).

4.4.5.3.2.2 Inspección radiográfica

Se trata de un método de inspección no destructivo que muestra la presencia y naturaleza de defectos en el interior de una unión soldada.

El procedimiento se basa en las propiedades fundamentales de las ondas electro-magnéticas ultra-cortas, generadas por equipos rayos X o provenientes de isótopos radio-activos. Las cualidades básicas de esas ondas son:

- . atraviesan cualquier material y son parcialmente absorbidas por él.
- . ennegrecen la capa foto-sensible de películas.
- . excitan a ciertas sales a la fosforescencia.
- . dañan las células vivas.

En base a las tres primeras propiedades indicadas trabaja la inspección radiográfica. Ahora bien, la absorción de radiación depende de:

- . espesor del material
- . densidad del material (absorción creciente, madera, aluminio, hierro, cobre, plomo)
- . de la longitud de onda, esto es, cuanto más corta la onda, tanto menor es la absorción.

Si en el interior de un cordón de soldadura existe alguna cavidad como, por ejemplo,

un poro, el haz de radiación tendrá que atravesar en ese sector un espesor de material menor, lo que a su vez significa menor absorción o sea, mayor intensidad de la radiación que atraviesa el material. Esta ennegrece más intensamente la película fotográfica o excita más fuertemente a las sales fosforescentes.

En general, el sistema radiográfico produce películas con una sensibilidad de a lo menos 2% . Esto es, el mínimo porcentaje de diferencia de espesor que puede detectarse con una radiografía.

Calidad de radiografías

Antes de evaluar una radiografía determinada, es necesario establecer su calidad.

Esto se logra por medio de algún tipo de comparador conocido que se radiografía junto con el cordón de soldadura que se desea examinar. Un buen elemento para este efecto es, el comparador de alambre.

También se emplea habitualmente (especialmente en USA) una placa de metal del mismo tipo del material base y de espesor igual al 2% de él.

Otro factor importante de establecer es el contraste que queda determinado por la densidad relativa de la imagen en comparación con áreas adyacentes de la misma película. Los factores más importantes que afectan el contraste son: tipo de radiación emplea da y tipo de película.

Defectos que muestra la radiografía

Escorias.- La imagen en la película es generalmente como manchas oscuras.

Porosidad.- En la película suele reflejarse s como pequeños puntos negros.

Fisuras.- Aparecen como una línea oscura - irregular a lo largo o transversal al cordón de soldadura.

Socavación.- Se caracteriza como mancha - más oscura que el cordón de soldadura y - que el metal base.

Falta de fusión.- Cuando existe falta de fusión, aparece en la radiografía una línea oscura pero que a diferencia de una grieta, suele ser menos irregular.

Falta de penetración.- La imagen es muy similar al caso anterior, apareciendo una lí

nea oscura en la zona central del cordón de soldadura.

Evaluación de radiografía

Una buena guía para su evaluación es la siguiente:

1. Se fija calidad en base al comparador empleado
2. Se fija importancia del elemento examinado.
3. Se ubican las fallas.
4. Se aplica atlas de calidad de IIW (International Institute of Welding), que califica las soldaduras según colores y proporciona para cada caso diversos ejemplos.

Color	Estado de la soldadura	N° de Ejemplos
Negro	Homogénea	06
Azul	Fallas muy leves	10
Verde	Fallas leves	13
Café	Fallas importantes	14
Rojo	Fallas groseras	10

Observación.- La técnica de radiografía se aplica mejor en las soldaduras a tope, en donde la radiografía mostrará únicamente el material de aportación. No es acepta -

ble a soldaduras filete, porque el material base también se proyectará en la fotografía.

4.4.5.3.2.3 Inspección ultrasónica y magnética

Para nuestro estudio no consideramos estas inspecciones, ya que se requiere rapidez y simplicidad, para mayor información ver catálogo de conceptos fundamentales de Metalurgia, referencia N°1.

En el Control de Calidad de uniones soldadas en el presente proyecto es más conveniente realizar los siguientes tipos de inspecciones:

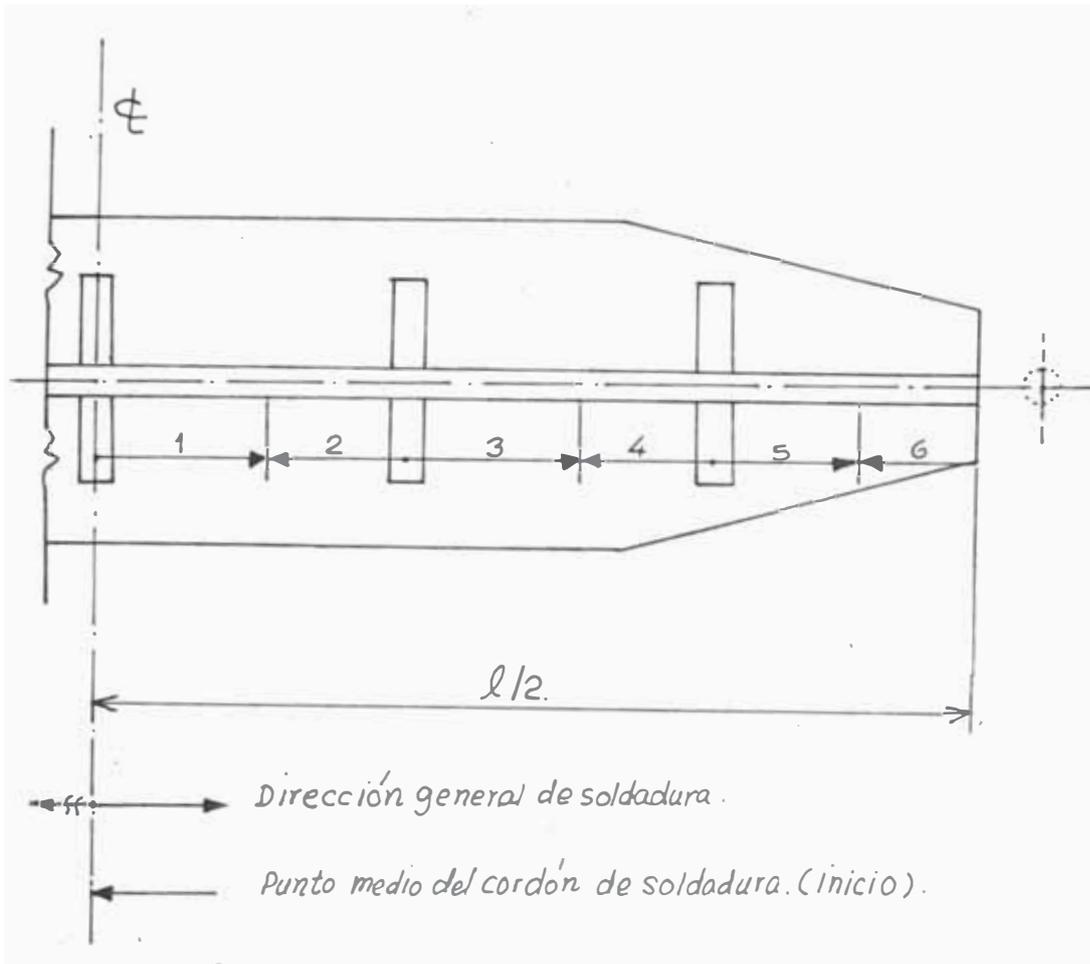
- . Inspección visual - Rapidez y simplicidad
- . Inspección con tintes penetrantes - Rapidez y sencillez.
- . Inspección mediante radiografía industrial- Las placas radiográficas serán tomadas en las zonas más críticas de las vigas, para su evaluación se aplicará Atlas de Calidad del I.I.W.

La inspección mediante radiografías permite tener documentos que indican la calidad de las soldaduras, este método es exigido por las Sociedades Clasificadoras: LR, GL, etc

4.5 Armado y soldado de elementos principales

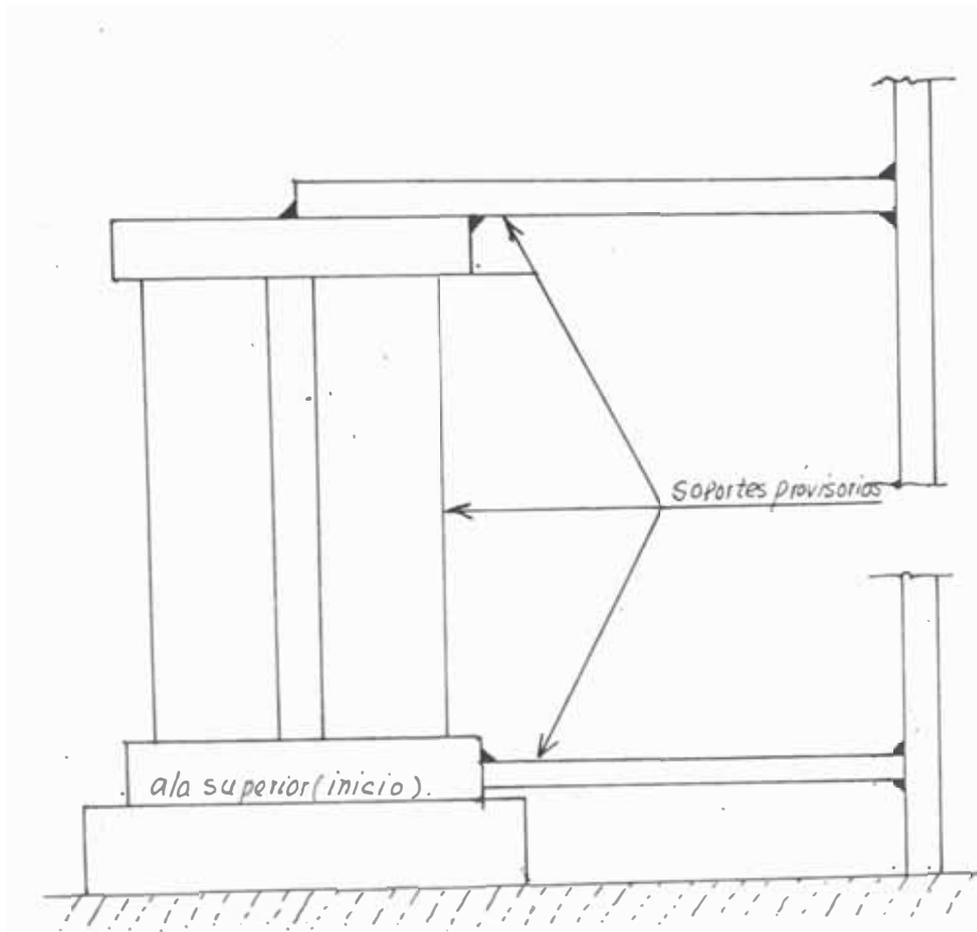
Teniendo preparados correctamente los subensambles (alas, almas, refuerzos, etc.), se procederá al armado de las vigas, teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- 1.- Trazar una recta horizontal en un piso plano, mediante el uso de un teodolito, trazar una recta que pase por el punto medio del ala inferior de la viga, luego colocar el ala indicada de modo que coincida su eje trazado con la recta trazada en el piso.
- 2.- Instalar el alma de la viga correctamente biselada y enderezada, de manera que su eje coincida con el eje del ala inferior, antes de comenzar a soldar, fijar el ala al piso mediante soportes provisionales o puentes, para reducir la distorsión angular, de igual forma se fijan ala y alma, tal como se puede apreciar en la figura N°07.
- 3.- Soldar el ala al alma, mediante el método de soldadura de paso atrás, simétrico o paso peregrino, como se indica a continuación:



- 4.- Instalar el ala superior sobre la base en el piso de acuerdo con lo indicado en el punto N°2.
- 5.- Sobre el eje del ala superior, colocar la T (ala inferior soldada al alma) correctamente, se sueldan soportes provisionarios de manera similar a lo indicado en el punto 2, verificando el alineamiento del alma con respecto a las alas (ver figura N°08).

Para lograr un alineamiento dentro de tolerancia³⁰, (Norma AWS.407), es necesario usar soportes provisionales o puentes adecuadamente, tal como se indica:



Cabe destacar que por facilidad de soldado se coloca el ala superior en la parte inferior.

6.- Proceder a soldar el ala superior, la soldadura de apuntalamiento debe ser eliminada antes de soldar esas zonas.

7.- Quitar todos los soportes provisionales (luego de soldar las alas al alma) y enderezar las -

30 Diseño de estructuras soldadas por Blodgett, pág.4.3-11.

alas de acuerdo con la norma AWS 407 (máxima tolerancia dimensional). El enderezado debe ser ejecutado en frío.

- 8.- Verificar la flecha de la viga y el alineamiento (ver figura 9), de acuerdo con la Norma AWS 407, Máxima tolerancia dimensional.

Luego se procederá al apuntalamiento de cartelas de la viga y al soldado correspondiente, el alineamiento se puede corregir instalando adecuadamente las cartelas y además soportes provisionarios.

- 9.- Luego de concluir la fabricación de la viga se verificará el alineamiento del alma con respecto a las alas, y la flecha, para obtener datos de fabricación que formará parte del historial de la viga, finalmente se esmerilan aristas vivas y agujeros.

- 10.- Arenar la viga al metal blanco (Norma: SSPC-SP-5), es decir, obtener una superficie libre de óxidos, escama de laminación, y todo material extraño. La superficie debe quedar brillante.

- 11.- Pintar las vigas, siguiendo el plan de pintura que se especifica en el Anexo A o utilizar otro similar.

12.- Después de pintar cada capa, calibrar el espesor de película seca, tomando como valor promedio un punto por metro cuadrado, en concordancia con los fabricantes de pinturas.

4.6 Montaje de winches y plataforma

4.6.1 Montaje de winches

4.6.1.1 Alineamiento

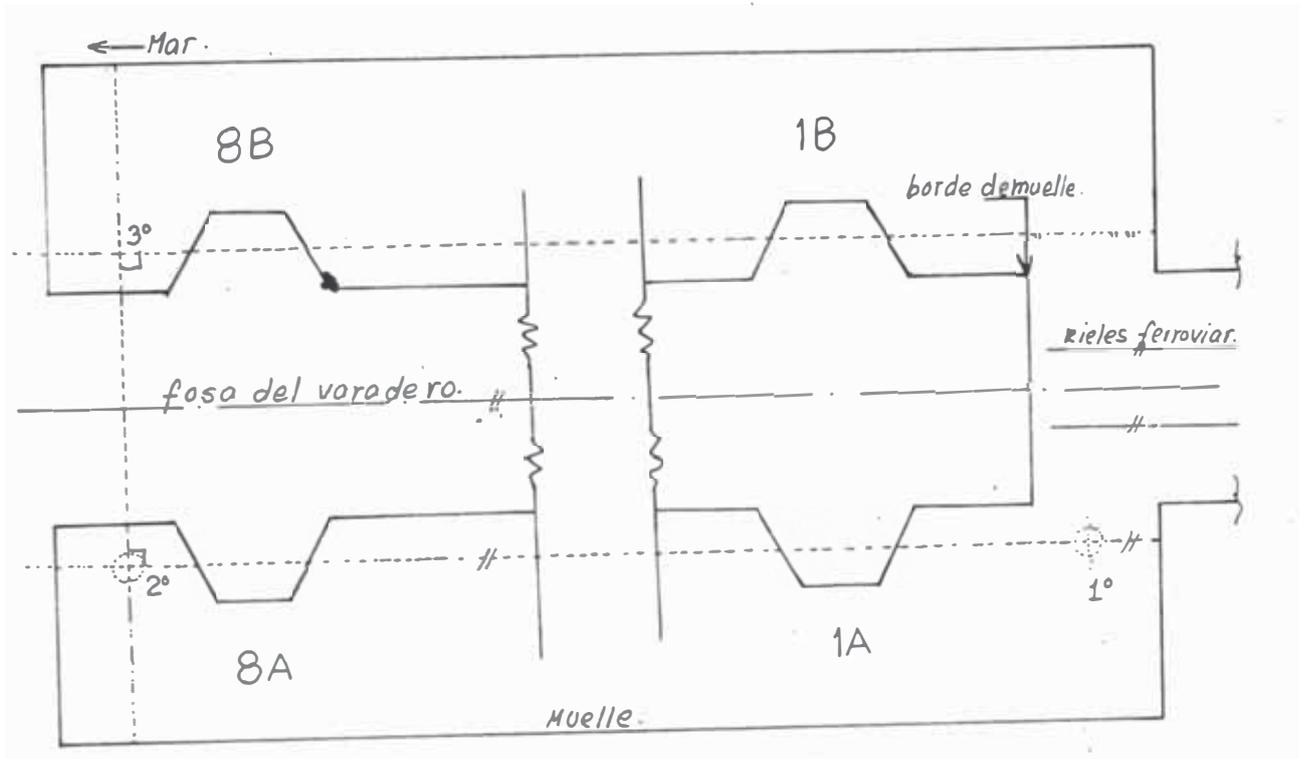
En el lado "A" del muelle, trazar una recta paralela a los rieles de ferrocarril de tierra, que pase por los centros de las poleas de las vigas (ejes), en base a esta recta se alinean todos los winches del lado "A" utilizando cuerda y teodolito.

Posteriormente, se traza una recta perpendicular a la trazada en el lado "A", haciendo uso del teodolito, 2° punto.

Teniendo esta recta, se traza en el lado B del muelle una recta perpendicular a ella, la cual resulta ser paralela a los rieles ferroviarios de tierra. En base a la segunda recta paralela se alinean los winches del lado B del muelle, de manera similar a los del lado A.

La tolerancia de alineamiento será: ± 1.00 mm.

A continuación mostramos lo indicado mediante un esquema:



Estación de teodolito.

4.6.1.2 Nivelación

Teniendo los winches sobre sus bases de concreto, se nivelan tomando cuatro puntos de su base y dos puntos en los ejes de poleas y tambor. La tolerancia de nivelación será: ± 1 mm.

4.6.2 Montaje de plataforma

El montaje de la plataforma se realiza de la siguiente manera:

- 1.- Se instalan las cuatro vigas transversales -

principales del lado mar, sobre soportes temporales, y las vigas longitudinales entre ellas, se alinean (con teodolito) y nivelan (con teodolito o nivel óptico) provisionalmente.

2.- Se instalan las cuatro vigas transversales principales restantes sobre soportes temporales, y las vigas longitudinales entre ellas, se alinea y nivela provisionalmente.

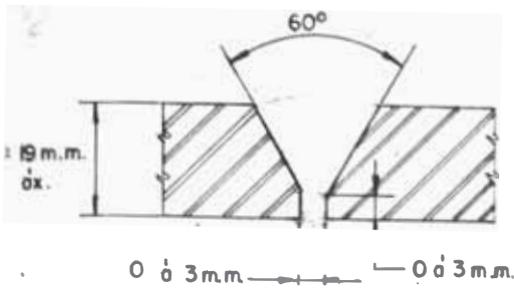
3.- Teniendo toda la plataforma montada provisionalmente, se procede a su nivelación, haciendo uso del nivel óptico (o teodolito), con un error de ± 1 mm, los puntos de nivelación están en el alma de las vigas transversales principales a 75 mm del extremo de la cubierta de madera.

4.- Se alinea la plataforma teniendo como referencia los ejes de las vigas longitudinales y los puntos de referencia en las vigas transversales principales, el error de alineamiento será: ± 1 mm. Se usará teodolito - ver plano N°005.

5.- Soldar las vigas en valadizo de la plataforma, asimismo soldar los refuerzos adicionales faltantes de las vigas transversales principales (alojamiento de las vigas longi-

tudinales, apoyos de rieles, etc.), ver plano N°005.

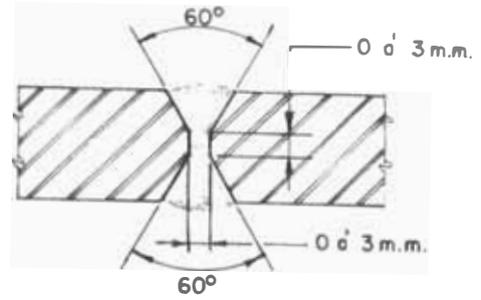
- 6.- Instalación de vigas transversales secundarias y soldado de ellos - ver plano N°005.
- 7.- Instalación de arriostres, ángulos, guías, y soldado de ellos - ver plano N°008.
- 8.- Montaje de la cubierta de madera - ver plano N°007
- 9.- Instalación y alineamiento de rieles, darle la contraflecha a los rieles tal como se indica en el plano N°006.
- 10.- Una vez concluido el montaje de la plataforma se debe dar un retoque de pintura a las zonas deterioradas.



BL-2

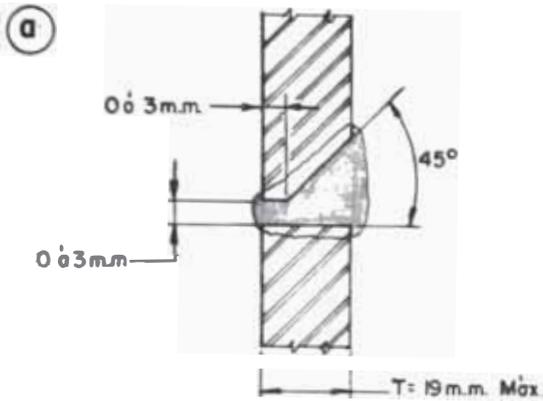
SOLDADURA TOPE DE ALMAS

T=16 m.
Min.

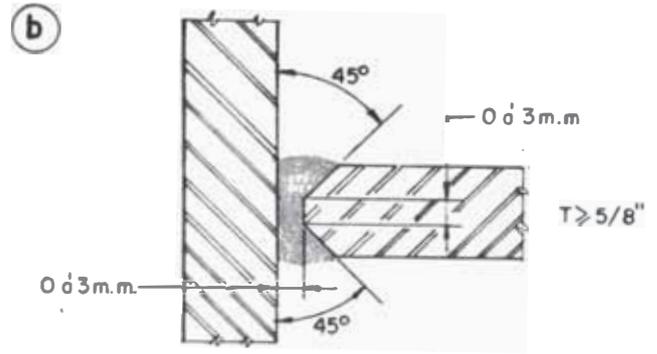


B-U3b

SOLDADURA TOPE DE ALMAS

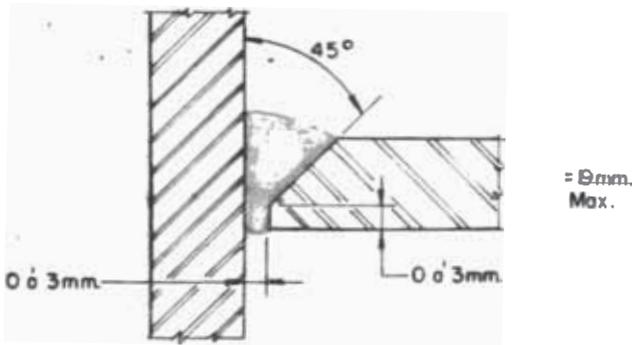


BL-4

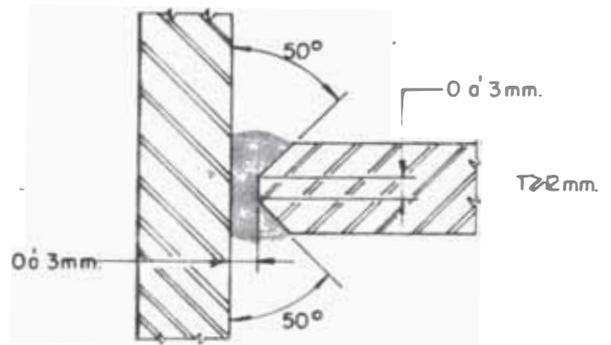


TC-U5b

SOLDADURAS a y b



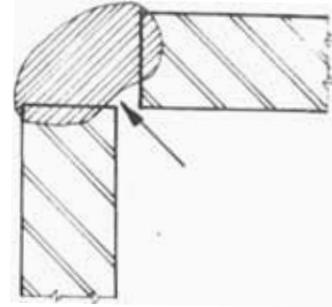
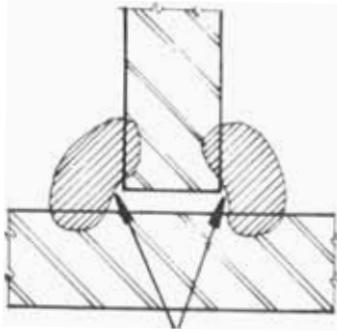
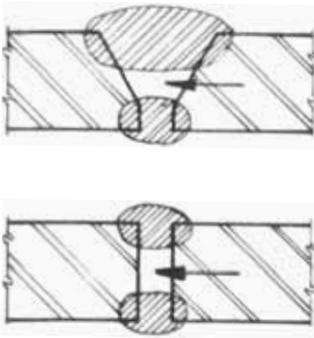
TC-L4a



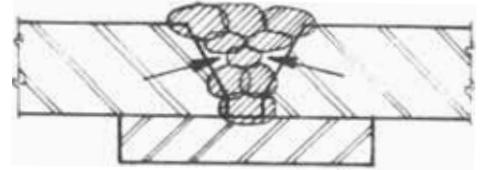
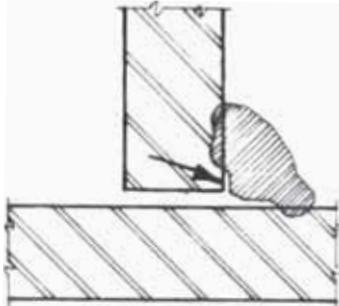
PARA SOLDADURA FILETE

NOTAS:

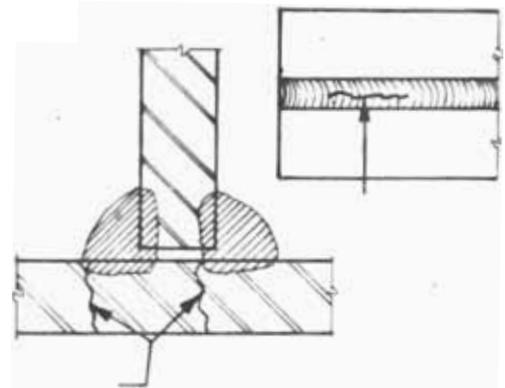
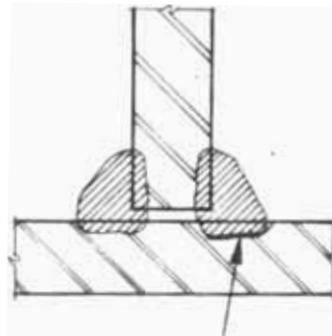
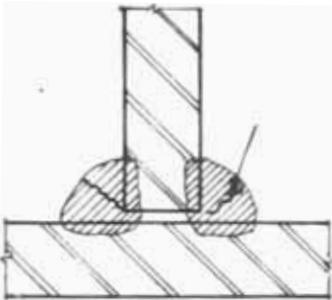
- 1- PARA DETALLES DE UNIONES SOLDADAS Y BOLSOS DE SOLDADURA USAR LAS DESIGNACIONES DEL AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION.
- 2- EL PROCESO DE SOLDADURA USAR RA AL ARCO ELECTRICO MANUAL.
- 3- LAS PLANCHAS BISELARAN SIN EXCEPCION A PARTIR DE 3/8" YA SEA PARA SOLDADURA A TOPE O FILETE.
- 4 - EL ELECTRODO DE SOLDADURA A USAR ES E 70XX, DE ACUERDO A LAS RECOMENDACIONES A.I.S.C.(PARA SOLDADO PLANCHAS DE CERO A-36).
- 5-PARA EL PROCESO DE SOLDADURA SE USARA PERSONAL CALIFICADO.



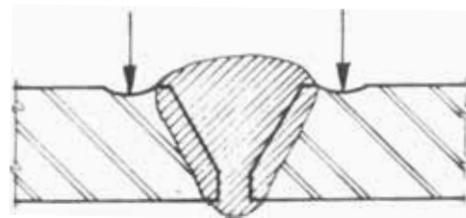
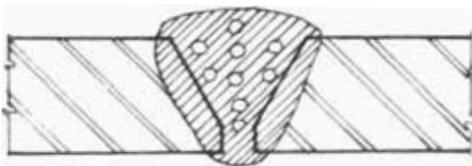
FALTA DE PENETRACION



FALTA DE FUSION



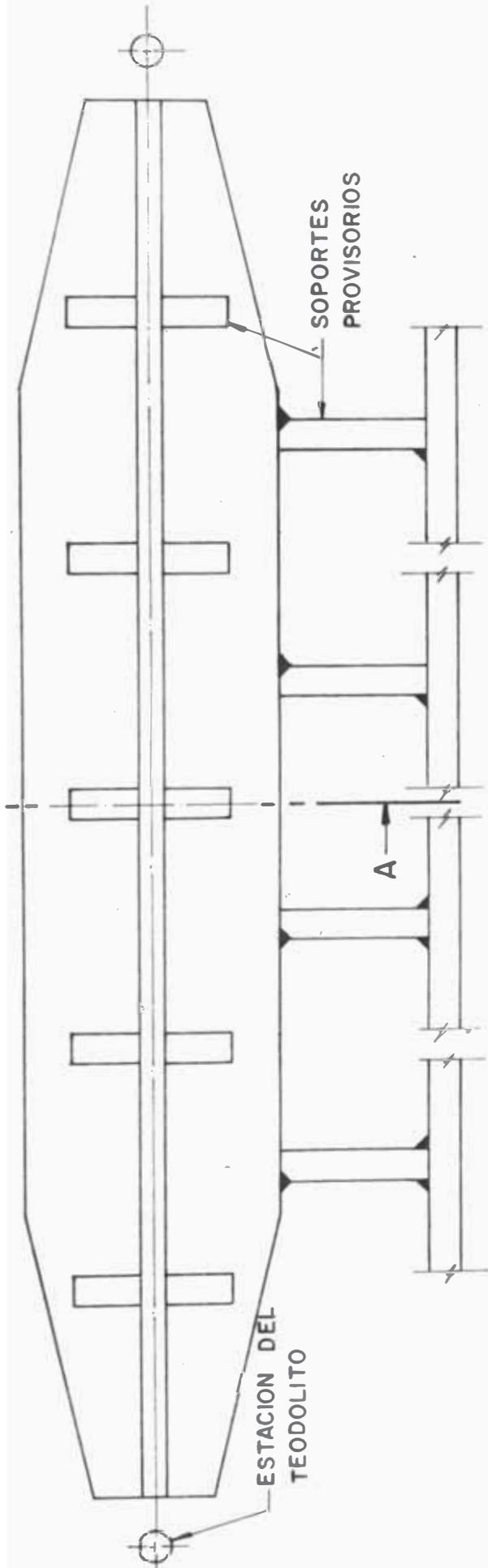
FISURAS



POROSIDAD AGRUPADA

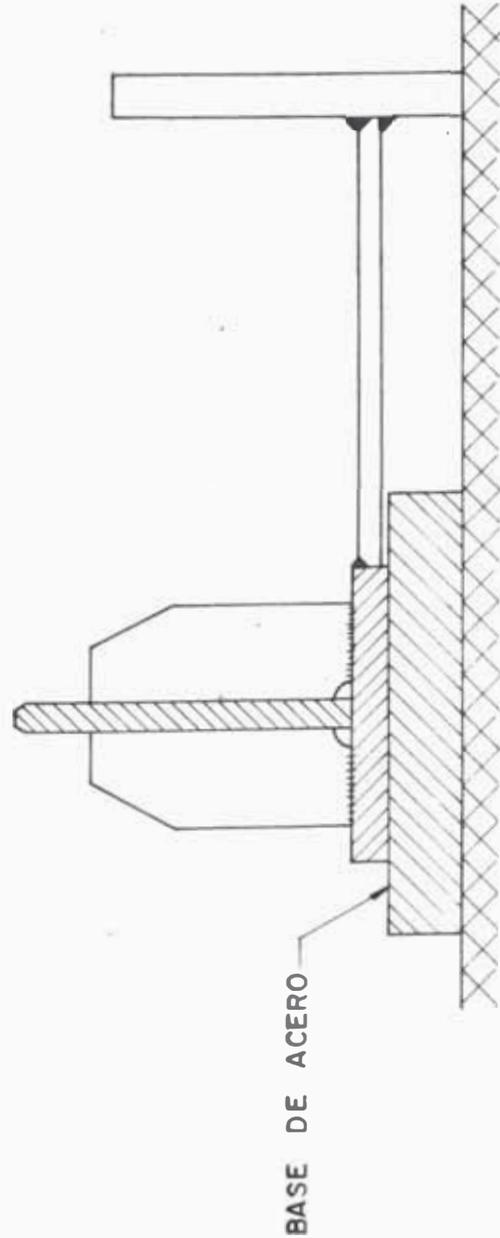
GRANDES SOCAVACIONES

A



NOTA:

TODOS LOS ELEMENTOS SON FIJADOS MEDIANTE SOLDADURA DE APUNTA-LAMIENTO.



SECCION A-A

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TITULO:

ARMADO Y SOLDADO DE ELEMENTOS PRINCIPALES

FECHA:

03-12-84

CAPITULO V
OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA PLATAFORMA Y SISTEMA DE
IZAJE

5.1 Operación de la plataforma y sistema de izaje

5.1.1 Procedimiento preparatorio y operación

5.1.1.1 Condiciones de dragado del muelle

Antes de las operaciones de varada ó lanzamiento de una embarcación, deberá dragarse el fondo marino, hasta conseguir una profundidad mínima de 6100 mm. entre el nivel de la plataforma sumergida y la superficie del mar, como se muestra en la figura N°01 (para el caso de atuneros de 1000 TON).

5.1.1.2 Seguridad de operación

- 1.- Antes de cada maniobra de la plataforma, se verifica que no exista ningún material u objeto que obstaculice la operación tanto de subida como de bajada.
- 2.- Se verifican los frenos, cables, winches, los cuales deben estar en perfecto estado de operatividad.

- 3.- Comprobar que los circuitos de aire comprimido se encuentran en buen estado, la botella de aire comprimido para el buen funcionamiento de los trinquetes debe estar como mínimo con una presión de 100 PSI como máximo 125 PSI, tomando en cuenta que en cada operación se debe purgar la tubería respectiva.
- 4.- Verificar que todas las luces blancas normalmente se encuentren encendidas, esto nos indica que los trinquetes se encuentran levantados, listos para la operación de bajada.
- 5.- Chequear que las luces verdes estén encendidas en su totalidad. Una vez realizadas estas pruebas se procederá a operar la plataforma en posición bajada como mínimo 600 mm y luego volverá a subir en posición automático, una vez llegado a la posición de parada se hará la nivelación correspondiente, quedando en perfectas condiciones de operación, este procedimiento será repetido para cualquier operación tanto de subida como de bajada.

5.1.1.3 Estadísticas de operaciones

Normalmente al inicio de las operaciones de

- 3.- Comprobar que los circuitos de aire comprimido se encuentran en buen estado, la botella de aire comprimido para el funcionamiento de los trinquetes debe estar como mínimo con una presión de 100 PSI y como máximo 125 PSI, tomando en cuenta que en cada operación se debe purgar la tubería respectiva.
- 4.- Verificar que todas las luces blancas normalmente se encuentren encendidas, esto nos indica que los trinquetes se encuentran levantados, listos para la operación de bajada.
- 5.- Chequear que las luces verdes estén encendidas en su totalidad. Una vez realizadas estas pruebas se procederá a operar la plataforma en posición bajada como mínimo 600 mm y luego volverá a subir en posición automático, una vez llegado a la posición de parada se hará la nivelación correspondiente, quedando en perfectas condiciones de operación, este procedimiento será repetido para cualquier operación tanto de subida como de bajada.

5.1.1.3 Estadísticas de operaciones

Normalmente al inicio de las operaciones de

varado o lanzamiento de embarcaciones, se anota el peso de la plataforma y de los carros cuna, la cantidad de carros cuna y su ubicación en la plataforma, las lecturas de los amperímetros (consumo de corriente para cada motor), - asimismo, las lecturas de los sensores (cargas en cada winche en TONS).

Los sensores son calibrados a 240 Tons métricas, la calibración de los sensores nos obliga previamente a tomar medidas de seguridad antes de cualquier tipo de operación, considerando que en la operación subida se tiene que respetar la lectura de los sensores, los cuales al llegar a las 240 TM desconectarán en automático los sistemas de mando y fuerza, esta determinación nos obliga a suspender dicha operación por el exceso de carga, se procederá a distribuir mejor el peso del barco hasta no sobrecargar la plataforma.

En la operación bajada no actúan los sensores.

5.1.1.4 Existencia de operadores de la plataforma

La plataforma normalmente es operada por dos maestros electricistas calificados, preparados para este tipo de trabajo.

5.1.2 Procedimiento de Varada

Los barcos pueden ser varados sobre calzos asegurados a la plataforma o sobre carros cuna, los cuales son transferidos al patio del astillero.

5.1.2.1 Condiciones de Varada

5.1.2.1.1 Para un barco cualquiera

Antes de varar un barco se debe verificar:

- 1.- Su geometría: Eslora, manga, calado de varado.
- 2.- La forma de la quilla, esto se puede ver en el plano de dique, si es necesario se preparará cama especial.
- 3.- Condiciones del buque para que permanezca estable durante el varado: desplazamiento adecuado y lastrado.

Teniendo en cuenta las consideraciones indicadas se determinará si es posible o no varar el buque en cuestión.

5.1.2.1.2 Para un atunero de 600 Tons - 169'

Considerando que el atunero de 600 Tons, tipo Cubapesca tiene una porción de quilla quebrada (Apoyo horizontal: de la sección maestra a popa y apoyo en gradiente de la sección

maestra a proa), en maniobras de varada debe
rán tenerse en cuenta lo siguiente:

1.- No siendo posible asegurarse que la em-
barcación asiente en la cama prevista -
con su porción de quilla horizontal y
quilla inclinada, asentando los calzos
respectivos, puede darse el caso que la
embarcación quede ligeramente corrida ha-
cia proa, con lo cual el barco quedará -
apoyado solamente en los calzos del ex-
tremo de proa y del extremo de popa,
produciéndose en ellos cargas de conside-
rable magnitud que serán transmitidas a
la plataforma. Asimismo, puede ocurrir
que la embarcación al varar quede ligera-
mente desplazada a popa, con lo cual los
calzos de proa quedarán sin uso, generán-
dose una gran reacción en los calzos de
la zona central del barco, que será igual-
mente transmitida a la plataforma.

2.- Para evitar las cargas concentradas que
se podrían producir en cualquiera de las
situaciones descritas en el punto ante-
rior, se debe preparar una cama de proa
y una cama de popa independientes, am-
bas unidas entre sí mediante un aparejo

de pastecas y cables en cada banda (ver figura N°09), de manera que al iniciar la varada de la embarcación primero se asienta el tramo de quilla plana sobre la cama de popa que ha sido fijada con cadenas en la forma usual, y una vez con seguido esto, mientras la embarcación se encuentre todavía parcialmente a flote, cobrar el aparejo de manera que la cama de proa haga contacto con el tramo de quilla inclinada.

- 3.- Antes de trasladar la embarcación a la cama preparada en la plataforma, se hará descansar sobre cubierta superior la plu ma principal y auxiliares, el power block. Asimismo, se debe verificar que la canti dad de lastre sea lo que se indica a con tinuación:

Lastre (agua salada):

Bodega N°3 BR/ER	14% (20 TM)
Bodega N°4 BR/ER	40% (60 TM)
Bodega N°5 BR/ER	100% (130 TM)
Bodega N°6 BR	30% (15 TM)
Bodega N°6 ER	50% (27 TM)

Los demás tanques y bodegas deben estar vacíos.

Calado sobre línea base : 14'03"
GM disponible : 0.78'
Trimado : 4.37" (a popa)

4.- Una vez que la embarcación se encuentre estacionada sobre la plataforma, se procederá a vararla, teniendo en cuenta las indicaciones recomendadas. La disposición de carros cuna se indica en el plano 002.

5.1.2.2 Varada de la Embarcación

Después que la plataforma ha sido nivelada y todos los calzos están posicionados, la plataforma debe ser bajada en operación "Bajada automática".

La plataforma debe ser detenida cuando la profundidad del agua sobre los calzos es igual al calado del buque más aproximadamente 700 mm.

Después que el barco ha sido posicionado correctamente sobre los calzos sumergidos, los controles deben ser puestos en "subida automática" y la plataforma será levantada hasta que el barco se apoye sobre los calzos de quilla.

El operador de la plataforma, puede observar que el barco se ha apoyado en los calzos, también puede ubicar el punto de contacto de la

quilla y los calzos observando los amperímetros y sensores, en el panel de control.

La plataforma debe detenerse en ese momento y los calzos laterales deben ser ajustados en su posición contra el barco en todas las ubicaciones donde se ha producido el apoyo de la quilla.

Puede ser necesario levantar y parar la plataforma varias veces mientras se pone en seco un barco que tiene considerable trimado.

Cuando todos los calzos laterales están en posición la plataforma puede ser levantada al nivel de transferencia en la operación "subida automática" y se detendrá automáticamente cuando los rieles de la plataforma se encuentren en línea con los rieles de tierra. Antes de la transferencia del barco, la plataforma debe ser nivelada usando la operación "Nivelación automática", en este momento se debe verificar la estabilidad de los calzos, también se debe quitar el lastre para aliviar el peso.

5.1.3 Procedimiento de lanzamiento

El proceso de lanzamiento (botadura, desvarado) de una embarcación es lo opuesto al varado, por lo cual es muy similar.

5.1.3.1 Condiciones de lanzamiento

5.1.3.1.1 Para un barco cualquiera

Como ya se tiene toda la información técnica necesaria, se procede de manera análoga al varado.

5.1.3.1.2 Para un atunero de 600 Tons - 169'

- 1.- La disposición de los carros cuna para la cama de lanzamiento, será como se muestra en el plano N°002.
- 2.- Antes de trasladar la embarcación para su lanzamiento debe retirarse todos los equipos utilizados para realizar trabajos en ella, del mismo modo se debe verificar que tanques y bodegas se encuentren vacíos.
- 3.- Una vez que la embarcación se encuentre estacionada sobre la plataforma tal como se indica en el plano N°002.

Se procederá a lastrar la embarcación con la misma cantidad de lastre (agua salada) indicada para el varado de la embarcación.

Para realizar este trabajo en una hora - aproximadamente, se deberán disponer de

4 bombas autocebantes Hidrosta1 D4C con motor de 12.5 HP a 3,450 RPM, CA-440V, con un caudal de 1,400 lt/min a 20 mts - de altura.

4.- Terminado el lastrado de la embarcación se procede a su lanzamiento.

5.1.3.2 Lanzamiento de la embarcación

Si el barco está sobre la plataforma y si ha terminado el lastrado, entonces solamente es necesario colocar los controles en "Bajada automática" y proceder según se indicó en 5.1.1. Los motores de los winches deben permanecer funcionando 3 á 5 minutos después que el barco está a flote para que no se produzca interferencia entre calzos y el buque cuando éste es retirado.

Si el barco va a ser lanzado sobre carros cuna, la plataforma debe ser nivelada antes que el buque sea transferido a ella.

Cuando el barco se encuentre completamente sobre la plataforma y se han instalado los cabos de amarre, los controles se ponen en "Bajada automática" y el elevador funcionará como se ha explicado anteriormente.

5.1.4 Precauciones generales y corrección de dificultades

5.1.4.1 Precauciones generales

Mientras la plataforma está en operación es necesario que el operador observe siempre los amperímetros, sensores, en el panel de control.

Observando los sensores y amperímetros es posible predecir una parada debido a sobrecarga.

En muchos casos, todo lo que se necesita es un cambio en la posición del barco en la plataforma, para izarlo cuando se presentan sobrecargas en los winches.

5.1.4.2 Eliminación de dificultades

La siguiente lista de síntomas, causas y soluciones para los problemas que se presentan con el centro de control de motores, panel de control y sistema eléctrico.

1.- Síntoma.- La luz blanca de las uñas de los trinquetes no encienden.

Causas probables:

- a) El foco puede estar quemado
- b) Ha fallado el suministro de aire comprimido o la presión del aire es muy baja

- c) La uña no se ha movido lo suficiente como para accionar su interruptor
- d) El trinquete puede estar reteniendo la uña bajo presión impidiendo que se retire.

Si este es el caso, es posible que el - freno eléctrico necesite mantenimiento, pues indica que la carga mueva el win - che y el trinquete se apoye en la uña.

- e) El interruptor de fin de carrera de la uña puede estar flojo, defectuoso, ave - riado o requiere regular
- f) Falta lubricación a la uña
- g) El cilindro de aire puede necesitar re -gulación o reemplazo.
- h) El varillaje entre la uña y el cilindro de aire comprimido puede estar flojo, desconectado o roto.
- i) El cableado entre la luz blanca y el interruptor de la uña puede estar defectuoso.

2.- Síntoma: Los winches no funcionan cuando - el botón "arranque" es presionado.

Causas probables:

- a) Los relays pueden estar abiertos o de -

fectuosos, las fases de entrada han sido invertidas.

b) Cables deteriorados.

c) Ningún interruptor principal está abierto o accionado.

3.- Síntoma: Los motores de los winches arrancan, pero cuando se suelta el botón de arranque se detiene o lo hacen segundos después.

Causas probables:

a) Uno o más arrancadores no están cerrados.

b) Un interruptor limitador hacia arriba, en uno o más winches está abierto.

c) Uno o más winches pueden estar levantando su carga total o una carga próxima a la máxima, de manera que los motores no sincronizan (un bajo voltaje puede contribuir a esta condición).

4.- Síntoma.- Los winches no funcionan para bajar cuando se presiona el botón "arranque".

Causas probables:

a) Algunos interruptores de fin de carrera de bajada, o sus contactor están abiertos.

- b) Algunas uñas no se han retirado de sus trinquetes. Las luces piloto blancas encendidas indica que las uñas se han retirado.
- c) Ningún interruptor principal está abierto o accionado.
- d) El interruptor de desconexión está abierto o fusibles quemados.

5.- Síntoma: Los interruptores no se mantienen cerrados.

Causas probables:

- a) El interruptor selector de pruebas del panel de control puede estar en la posición "Pruebas" colocando en la posición "Normal".
- b) Uno o más interruptores de carrera de subida puede estar abierto. Colocar el selector maestro en "Bajada Automática", "Bajada manual" o en "apagado".

5.2 Mantenimiento de la plataforma y sistema de izaje

5.2.1 Generalidades

La corrosión es la mayor fuente de dificultades para todo equipo de la plataforma y sistema de izaje. La corrosión puede ser controlada con una adecuada lubricación y recubrimiento de pro-

tección. En muchos casos una inspección visual cuidadosa revelará la necesidad de un mantenimiento adicional.

Los fabricantes de recubrimientos protectores y lubricantes proveen por lo general asesoramiento técnico libre de costo para los consumidores de sus productos.

Se debe dar atención particular a las especificaciones del fabricante sobre la aplicación de sus productos.

Cuando se lubrica rodamientos debe tenerse mucho cuidado, para mantener la limpieza, siempre debe limpiarse los accesorios de lubricación antes de aplicar lubricante.

Las partes deterioradas o gastadas y los elementos de fijación sueltos son fuentes de dificultades, que pueden ser detectadas con una verificación de rutina y por la observación continua del equipo

No se puede dejar de insistir sobre la importancia del mantenimiento y lubricación continuos de los cables de acero, rodamientos de poleas inferiores, y de los engranajes expuestos. Una lubricación programada, con el lubricante adecuado, asegura una larga vida a estos componentes.

A lo largo del tiempo de operación de la plataforma, la profundidad de la fosa del muelle varía, debido a los depósitos de lodo y arena, por lo cual es necesario tomar sondajes frecuentes.

Se debe mantener la profundidad del agua tal como se indica en la figura N°01, para conseguir - este propósito es necesario bombear el material acumulado en el fondo marino.

Es muy importante impedir que la plataforma se apoye en el fondo marino, esto si ocurre aflojará la tensión en los cables de acero, haciendo posible que los cables se salgan de sus canales en las poleas inferiores y se enrollen alrededor de la polea menor y su eje cuando se levante la plataforma. Si esto sucediera arruinaría los cables.

La modalidad de mantenimiento recomendado para la plataforma y sistema de izaje es: Mantenimiento Preventivo -por la importancia de los elementos, dentro de la plataforma.

5.2.2 Los winches

La inspección y observación general de los winches debe ser continua. Todo el personal que opera la plataforma debe ser instruido para informar inmediatamente al operador principal, de

cualquier condición anormal tales como:

- 1.- Ruidos anormales en el funcionamiento.
- 2.- Desperdicios en el agua que pueden interferir con el sistema de cables o dañar los accionadores de los interruptores de fin de carrera.
- 3.- Partes dañadas o desalineadas, particularmente los aparatos que contienen los interruptores de fin de carrera.

Durante los primeros seis meses de operación, después de cada varada, verificar los engranajes expuestos para comprobar la retención de lubricante, el alineamiento y desgaste. - Se debe reponer el lubricante según se requiera, corregir rápidamente cualquier desalineamiento de los engranajes.

La experiencia que se gane durante este período indicará la frecuencia de lubricación necesaria para los engranajes expuestos.

5.2.2.1 Actividades Semanales

- 1.- Los rodamientos de las poleas inferiores - deben ser lubricados después de cada cuatro varadas o semanalmente, lo que ocurra primero. Se ha previsto accesorios para

inyección de grasa en un extremo del eje de poleas.

El conjunto de poleas de la plataforma está dispuesto de tal forma que el lubricante de los rodamientos provea también un sello de grasa que los proteja contra la entrada de agua. Es importante que las cavidades de los rodamientos se encuentren 100% llenos de grasa.

2.- Los cables de acero deben ser inspeccionados para relubricar las partes que lo necesiten.

3.- Los engranajes expuestos deben ser inspeccionados y relubricados según se requiera.

La caja reductora debe recibir un cambio de lubricante después de los seis meses iniciales de operación y de allí en adelante el aceite debe cambiarse cada año.

5.2.2.2. Actividades mensuales

1.- Megar los motores eléctricos y sus fases - (U, V, W) y (R, S, T), siendo el valor mínimo del aislamiento: 1 M .

Si el aislamiento es menor que este valor, se debe labar con SS-25, se seca al horno y luego se pinta.

2.- Controlar el ajuste de los frenos de disco, esto se realiza con un torquímetro de golpe, se tratará de mantener el torque nominal de 100 lb.pie, el torque crece cuando la fibra de los discos de frenos está desgastada.

Es necesario adquirir un torquímetro nuevo, por ejemplo: un torquímetro FACOM S.203, (France), cuyo rango es: (0-150) pie.lb.
(0-20) mt.kg.

y con alargadera se llega a 300 pie.lb.

5.2.2.3 Actividades semestrales

1.- Lubricar los rodamientos de los descansos, los rodamientos de poleas montadas en los winches, y los mecanismos de las uñas.

2.- Verificar el acoplamiento del motor en cuanto a cantidad de lubricante y alineamiento.

El freno debe ser aflojado para esta inspección.

3.- Quitar la tapa del freno de disco de cada motor y verificar si existe corrosión interna de los frenos, soplar el polvo con aire comprimido seco. No aflojar el freno para esta inspección.

- 4.- Verificar las uñas de cada winche referente a su enganche con el trinquete y asimismo el funcionamiento adecuado del interruptor de fin de carrera de la uña. Las uñas deben caer libremente en una posición de contacto total con los dientes del trinquete.
- 5.- Sacar muestras de lubricantes de rodamientos, engranajes expuestos y cables, para hacerle un análisis.

5.2.2.4 Actividades anuales

- 1.- Verificar la base del winche y el accionamiento de los interruptores de fin de carrera, observando la presencia de corrosión, el buen estado de la soldadura y las condiciones generales.
- 2.- Verificar todas las conexiones mecánicas y neumáticas en el sistema de las uñas y comprobando la estanqueidad.
- 3.- Verificar los engranajes expuestos, comprobando su alineamiento, nivelación, desgaste, lubricación y contacto de los dientes.
- 4.- Verificar el ajuste de todos los pernos y tornillos, esto de acuerdo a las recomendaciones.

5.- Inspeccionar y limpiar los frenos, verificar el entrehierro del electroimán y los discos de fricción y de bronce, el freno debe aflojarse para la inspección.

6.- Lubricar los rodamientos de los motores.

7.- Cambiar de aceite a la caja reductora y sacar muestras para hacer análisis de aceite.

5.2.2.5 Precauciones

1.- Antes de desconectar mecánicamente el motor eléctrico de un winche o de verificar el acoplamiento flexible, aflojar el freno del motor manualmente y transferir la carga del winche al sistema de trinquete y uña, se debe aflojar lentamente el freno.

2.- Si se debe efectuar arenado en la vecindad de los winches estos y el sistema de cables deben ser cubiertos completamente.

5.2.3 La plataforma

La plataforma debe ser mantenida en buenas condiciones, libre de corrosión.

Mensualmente debe verificarse la soldadura, la estructura, desgaste y deformaciones.

Asimismo, cada mes debe verificarse la deflexión de las vigas transversales principales y longitudu

dinales en cinco puntos, en las vigas principales se tomarán en el centro, en los apoyos de rieles y en los puntos de nivelación. En las vigas longitudinales se tomarán en su centro, extremos y los otros puntos equidistantes del eje central. Las deflexiones se medirán haciendo uso de un nivel óptico o teodolito.

Cualquier miembro estructural que indique haber perdido 15% o más de su resistencia original o que presente deformación plástica debe ser reemplazado o reparado.

Las soldaduras defectuosas deben ser separadas inmediatamente con soldadura de sellado y continua.

Las maderas deterioradas de la cubierta deben ser reemplazadas inmediatamente.

5.2.4 Los cables de acero

El mantenimiento de los cables de acero debe ser severo y cumplirse cabalmente, tal como se indica a continuación:

- 1.- Semanalmente.- Verificar la lubricación y aplicar lubricante en las zonas donde sea necesario.

2.- Verificar la lubricación de las poleas según la sección 5.2.2 cuando se lubrican las poleas asegurarse que deban quedar 100% llenas de lubricante.

3.- Semestralmente.- Se debe inspeccionar un conjunto completo de cables de acero, por un Ingeniero especialista en cables. Se debe elegir un cable distinto en inspecciones sucesivas, se comenzará con el más crítico (el que trabaja más) esto se obtiene de las estadísticas.

El cable a inspeccionar debe quedar completamente limpio y debe ser examinado en la mayor longitud posible. No es necesario retirar el cable del winche porque las últimas vueltas del cable en el tambor no son críticas.

El Informe del Ingeniero debe contener:

- a) Evidencias de corrosión interna o externa
- b) Diámetro actual del cable medido por lo menos en seis lugares distintos, incluyendo las áreas en contacto con las poleas cuando la plataforma está al nivel de transferencia.

- c) Presencia de alambres rotos.
- d) Evidencia de desgaste en el cable.
- e) Evidencia de desgaste en las poleas.
- f) Cualquier otra condición no común.

Anualmente se debe retirar un cable para examinarlo como se ha indicado. Probar a la rotura por lo menos tres muestras de este cable, tomadas en los lugares más críticos.

Si la resistencia a la rotura de cualquier muestra ha disminuido en 10% o más con respecto a la original, reemplazar todos los cables que tienen un mismo tiempo de servicio similar.

Cualquier cable de acero con dos o más alambres rotos, se debe reemplazar inmediatamente.

Para la confección de la probeta para el ensayo de tracción de los cables de acero usar la norma L.R. of Shipping³¹ o similar.

31 Reglas para la construcción y clasificación de buques de acero, pág. 527.

5.2.5 Los rieles de la plataforma

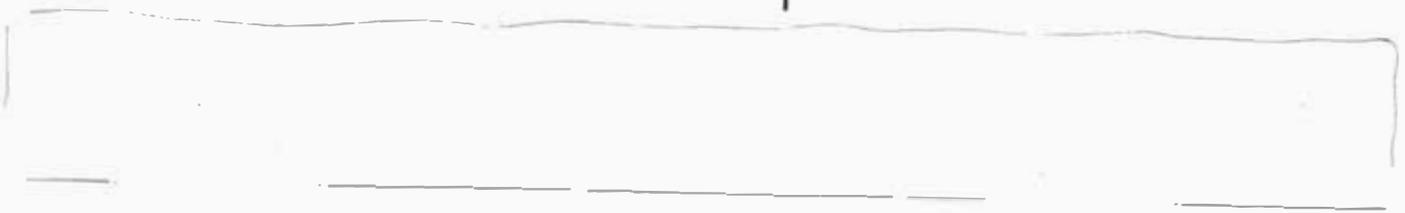
Los rieles, l^{ainas} de rieles en la plataforma, y accesorios de rieles deben ser mantenidos en buenas condiciones físicas.

Los rieles deben mantenerse en correcto alineamiento y nivelación tal como se indica en el plano N°006.

La verificación se realizará conjuntamente con la medición de deflexión de las vigas transversales principales y longitudinales.

Solamente deben usarse rieles nuevos en la plataforma. Los rieles deben ser uniformes en su altura, y deben estar derechos, tener almas y alas en buen estado, y tener no menos del 90% del peso original de catálogo.

← A



Tubo SCH-80
2 1/2" Ø Nom.

2" Ø
cable
de 3/4" Ø

←
ocroflex
Ø(6x19)

TREN DE 12 CARROS CUNA FIJOS A LA PLATAFORMA

TREN DE 9 CARROS CUNA MOVILES



← A

PLANTA
MUELLE Y PLATAFORMA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

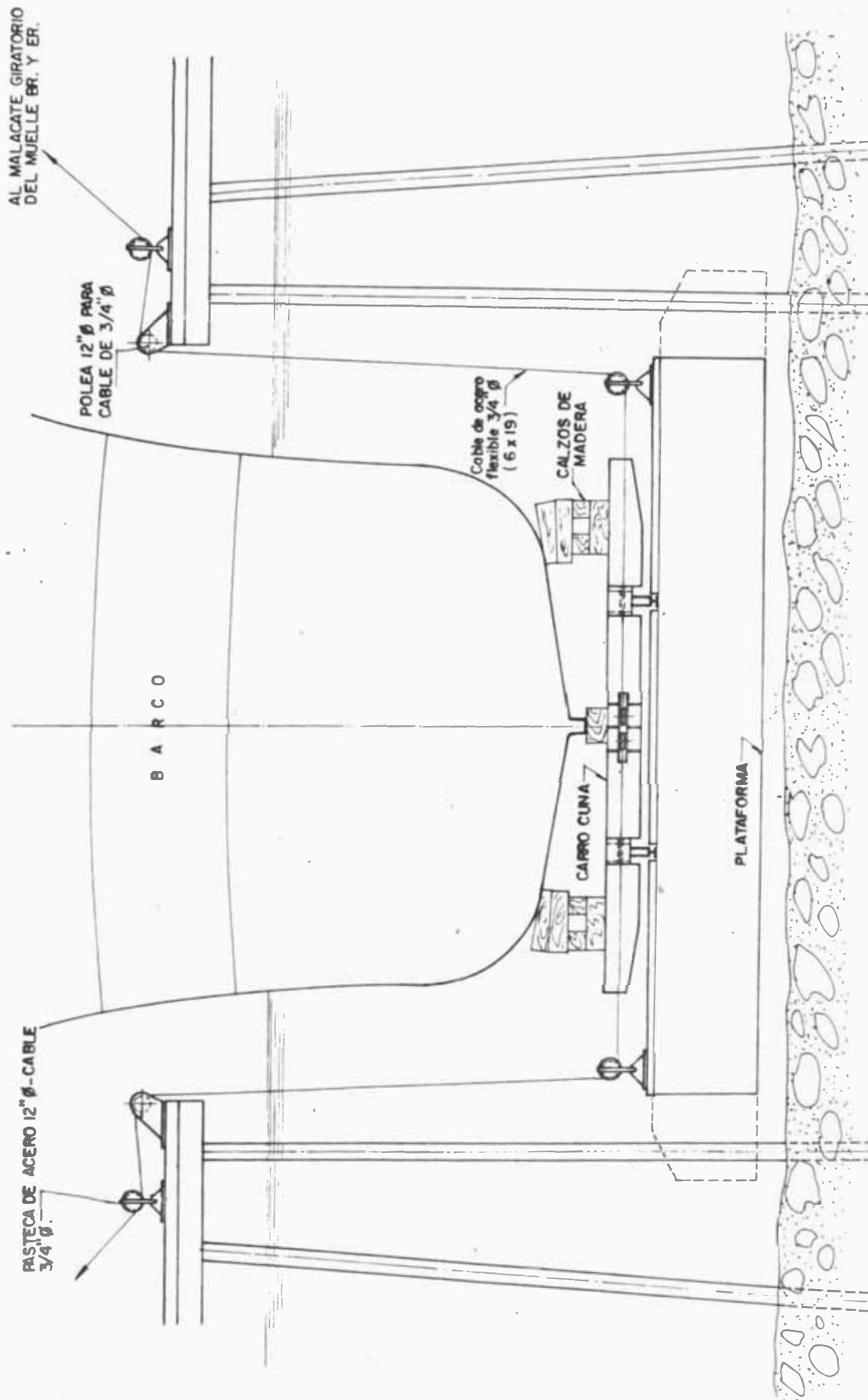
TITULO:

CAMA ESPECIAL PARA VARADA DE ATUNEROS
DE 600 TONS.

FECHA:

09 1/2

03-12-84



SECCION A-A

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TITULO:

CAMA ESPECIAL PARA VARADA DE ATUNEROS DE 600 TONS.

ECHA:

G. 09 1/2

03 - 12 - 84

CAPITULO VI
ANALISIS TECNICO ECONOMICO

6.1 Materiales

6.1.1 Aceros

6.1.1.1 Acero estructural ASTM A-36

Item	Descripción	Cant.	Precio Uni- tario (\$)	Costo Parcial (\$)
01	J4"x4"x1/4"x20'	30	37.83	1,134.90
02	R 1/4"x1800x6000	04	311.24	1,244.96
03	R 1/4"x1800x3000	02	155.91	311.82
04	R 1/4"x1220x6000	01	210.93	210.93
05	R 1/4"x1220x4800	01	169.09	169.09
06	R 1/4"x1220x3000	01	105.46	105.46
07	R 3/8"x1220x6000	13	312.96	4,068.48
08	R 3/8"x1520x3600	01	233.86	233.86
09	R 3/8"x1220x3000	01	156.48	156.48
10	R 3/8"x1220x2400	04	125.53	502.12
11	R 1/2"x1800x6000	22	607.59	13,366.98
12	R 1/2"x1800x4800	15	486.07	7,291.05
13	R 1/2"x1800x3000	10	303.79	3,037.90
14	R 1/2"x1220x3000	04	206.35	825.40
15	R 5/8"x1520x6000	06	656.88	3,941.28
16	R 5/8"x1220x6000	48	527.34	25,312.32
17	R 5/8"x1520x4800	15	525.62	7,884.30

Item	Descripción	Cant.	Precio Unitario (\$)	Costo Parcial (\$)
18	R 5/8"x1520x3000	06	328.44	1,970.64
19	R 5/8"x1520x2400	04	263.09	1,052.36
20	R 3/4"x1800x6000	02	972.14	1,944.28
21	R 3/4"x1800x3600	01	583.51	583.51
22	R 3/4"x1220x3600	06	395.50	2,373.00
23	R 1"x1520x6000	36	1,026.30	36,937.08
24	R 1 1/2"x1520x3000	12	821.79	9,856.68
25	R 1 1/2"x1220x3000	60	618.48	37,108.80
6.1.1.2 <u>Acero para tubos ASTM A-53</u>				
26	Tubo de 10"Ø SCH.40x20'	90	600.00	54,000.00
6.1.1.3 <u>Acero SAE 1010</u>				
27	Barra 1"Øx20'	07	113.20	792.40
28	Barra 1" Ø x 20'	1.5	129.36	194.04
6.1.1.4 <u>Acero SAE 1020</u>				
29	Pernos de 2"Øx6"long. 4.5.UNC, c/tuerca hex.	16	6.00	96.00
30	Pernos de anclaje (pirulos) de 19 mm Øx76 long.x16 UNF, con tuerca hex. y arand.pl.	250	1.00	250.00
31	Pernos de anclaje (pirulos) de 19 mmØx89 long.x16 UNF, c/tuerca hex. y arand.plana	08	1.10	8.80
32	Pernos de anclaje (pirulos) de 19 mmØ x 152 long. x 16 UNF con tuerca hex. y arandela plana	08	2.20	17.60
33	Barra de 3/4"Øx 2'	01	7.44	7.44

6.1.1.5 Acero SAE 1030

Item	Descripción	Cant.	Precio Uni- tario (\$)	Costo Parcial (\$)
34	Barra de 2 1/2"Øx2'	01	84.67	84.67

6.1.1.6 Acero inoxidable

35	Pernos de 12.7 Ø x 38 long. 20 UNF, cabe- za hexagonal	08	4.00	32.00
----	--	----	------	-------

6.1.1.7 Acero cementado, para rieles ferroviarios

36	Rieles ASCE de 100 lb/Yarda x 35'	15	145.00	2,175.00
----	--------------------------------------	----	--------	----------

6.1.1.8 Grapas de acero para rieles

37	Grapas para riel # 106 Foster o similar	250	3.00	750.00
----	--	-----	------	--------

6.1.1.9 Poleas de acero especial (suministrado por Pearlson
Eng° Co.)

38	Poleas Stand. de 700 mm Ø para cable de 1 3/8" Ø	32	500.00	16,000.00
39	Poleas stand. de 800 mm Ø para cable de 1 3/8" Ø	16	680.00	10,880.00

6.1.1.10 Cables de acero galvanizado

40	Cable de acero galv. de 1 3/8"Øx6x36 con alma de acero de 70.7 mts de longitud	16	1,015.00	16,240.00
----	---	----	----------	-----------

6.1.1.11 Soldadura E-7018

41	Electrodo 5/32"Ø E-7018	1TM	3,000.00	3,000.00
----	-------------------------	-----	----------	----------

Item	Descripción	Cant.	Precio Uni- tario (\$)	Costo Parcial (\$)
42	Electrodo 3/16" ø E-7018	3 TM	3,000.00	9,000.00

6.1.2 Bronce

43	Bocina de Bronce de 69.5 ø ext., 60 ø int. x 38 long.	02	12.00	24.00
44	Bocina de Bronce de 67.5 ø ext., 58ø int. x 38 long.	02	10.00	20.00

6.1.3 Madera (Lagarto o Huayruro)

45	Tablón de 3"x12"x2600	840	0.82 \$/pie ²	
46	Tablón de 3" x12"x2000	38	0.82 \$/pie ²	
47	Tablón de 1"x2 1/2"x4200	211	0.82 \$/pie ²	
TOTAL MADERA: 24,000 pie ²				19,680.00

6.1.4 Pintura (considerando AMERCOAT)

48	Dimecote 2	135 gl	54.10	7,303.50
49	Amercoat 71	146 gl	52.32	7,638.72
50	Amercoat 78 (base) (rojo)	350 gl	35.80	12,530.00
51	Amercoat 78 (negro)	350 gl	35.80	12,530.00

6.1.5 Tintes Penetrantes

52	Juego de tintes pene- trantes (03)	10	20.00	200.00
----	---------------------------------------	----	-------	--------

6.1.6 Radiografía industrial

53	Placas radiográficas	80	10.00	800.00
----	----------------------	----	-------	--------

6.1.7 Acetileno y Oxígeno

54	Botellas de acetileno de 10 m ³	30	70.00	2,100.00
----	---	----	-------	----------

Item	Descripción	Cant.	Precio Uni- tario (\$)	Costo Parcial (\$)
55	Botellas de oxígeno de 9 m ³	150	18.00	2,700.00
	TOTAL			<u>340,677.85</u>

6.2 Mano de Obra

6.2.1 Mano de obra en fabricación

De acuerdo a las estadísticas de PICSA ASTILLEROS:

$$\begin{aligned} \text{M.O. fabricación} &= 0.50 \\ \text{Costo.Mat.fabric.} & \end{aligned}$$

$$\text{M.O.fabricación} = 0.50 \times (\text{Costo.Mat. fabricación})$$

$$\text{M.O.fabricación} = 0.50 \times 340,677.85$$

$$\text{M.O.fabricación} = \underline{170,338.925//}$$

6.2.2 Mano de obra en montaje

De acuerdo a las estadísticas de PICSA ASTILLEROS:

$$\begin{aligned} \text{M.O. Montaje} &= 0.50 \\ \text{Costo.Mat.Mont.} & \end{aligned}$$

$$\text{M.O. Montaje} = 0.50 \times (\text{Costo de materiales montaje})$$

$$\text{M.O. Montaje} = 0.50 \times 0.14 \times 340,677.85$$

$$\text{M.O. Montaje} = \underline{23,847.45 \$ U.S.}$$

6.2.3 Mano de obra en acabado

Comprende arenado y pintado.

6.2.3.1 Arenado

El costo por m^2 de arenado al metal blanco (incluyendo arena) es de: \$ U.S.: 10

Por lo tanto para arenar: $3,500 m^2$, costará:

$$\text{M.O. arenado} = 3,500 \times 10$$

$$\underline{\text{M.O. arenado} = 35,000 \$ \text{ U.S.}} /$$

6.2.3.2 Pintado

De acuerdo a estadísticas de PÍCSA ASTILLEROS:

$$\begin{aligned} \text{M.O. pintado} &= 0.50 \\ \text{Costo de pintura} & \end{aligned}$$

$$\text{M.O. pintado} = 0.50 \times (\text{costo pintura})$$

$$\text{M.O. pintado} = 0.50 \times 40,002.22$$

$$\underline{\text{M.O. pintado} = 20,001.11 \$ \text{ U.S.}} /$$

$$\underline{\text{M.O. acabado} = 55,001.11 \$ \text{ U.S.}}$$

6.3 Winches, sistema eléctrico y sistema de aire comprimido

6.3.1 Winches

Item	Descripción	Cant.	Precio Unitario (\$)	Costo Parcial (\$)
56	Winches de 200 TM, marca Falk, para syncrolift	16	70,000.00	1'120,000.00

6.3.2 Sistema eléctrico

Item	Descripción	Cant.	Precio Uni- tario (\$)	Costo Parcial (\$)
57	Tablero de control ge- neral de winches	01	10,000.00	10,000.00
58	Sensores de sobrecarga	16	1,500.00	24,000.00
59	Instalación eléctrica, incluyendo mano de obra	01	50,000.00	50,000.00

6.3.3 Sistema de aire comprimido

60	Compresor de aire com- primido, de 12 HP, 125 PSI, 3500 RPM, Atlas Copco, con botella de 120 litros	01	3,500.00	3,500.00
61	Sistema de tuberías y accesorios de aire comprimido	01	5,000.00	5,000.00

COSTO TOTAL DE PLATAFORMA
Y SISTEMA DE IZAJE \$ U.S. 1'802,365.33

RESUMEN DE COSTOS

Item	Descripción	Costo Parcial (\$ U.S.)	Porcentaje (%)
6.1	<u>Materiales</u>		
	Aceros	275,131.63	15.26
	Bronce	44.00	
	Madera	19,680.00	
	Pintura	40,002.22	
	Tintes Penetrantes	200.00	
	Radiografía industrial	800.00	
	Acetileno y Oxígeno	4,800.00	
	Sub-Total	340,677.85	18.90
6.2	<u>Mano de obra</u>		
	Fabricación	170,338.92	
	Montaje	23,847.45	
	Acabado	55,001.11	
	Sub-Total	249,187.48	13.82
6.3	Winches, sistema eléctrico <u>y aire comprimido</u>	1'212,500.00	67.28
	COSTO TOTAL DE PLATAFORMA Y SISTEMA DE IZAJE	1'802,365.33	100.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1.- Durante la fabricación y montaje de la plataforma, Control de Calidad debe exigir una excelente preparación de las juntas, ejecución de cordones de soldadura, alineamiento y nivelación de la estructura, para obtener un producto terminado de primera calidad, que garantice una operación segura.
- 2.- Luego de fabricada e instalada la plataforma se debe realizar las pruebas especificadas en el anexo "A", durante y después de cada prueba se verificarán las deflexiones de las vigas transversales principales y longitudinales, esto con el propósito de fijar la capacidad real máxima del varadero.
- 3.- Un aspecto muy importante en un varadero tipo ascensor, durante su operación, se debe evitar sobrecargar tanto la plataforma como los winches de izaje, una sobrecarga puede interpretarse como un exceso de peso respecto al valor máximo admisible especificado, o un exceso de carga por una maniobra inadecuada en el calzado de la embarcación, se ha dado varios casos en nuestro varadero, que embarcaciones menores (aproximadamente 50% de la carga nominal -

considerada) han sobrecargado los winches de izaje, y a la plataforma, esto debido a la alta concentración de pesos en el buque, en estos casos se busca un adecuado calzado y una mejor ubicación del buque en la plataforma, de tal manera que la sobrecarga desaparezca.

- 4.- El mantenimiento de la plataforma y sistema de izaje debe ser preventivo y cumplirse estrictamente, para evitar posibles siniestros, los cuales serían negativos para la empresa, tanto por lo que el varadero deja de producir como por lo que costaría la reparación o fabricación de una nueva, el Diseño adecuado se ve garantizado con un buen mantenimiento y una operación dentro de los márgenes razonables de tolerancia.

Recomendaciones

- 1.- Se deberá contar con un nivel óptico, teodolito y mira de nivelación, permanentemente, para verificar mensualmente la nivelación de la plataforma, deflexiones de las vigas transversales principales en el centro y en los puntos donde se aplica la carga, deflexiones de las vigas longitudinales en los puntos de apoyo de los rieles. Además se verificará el alineamiento de los rieles y la contraflecha de los mismos.

De acuerdo a las mediciones realizadas se toma

rán las medidas correctivas más convenientes, para mantener la plataforma en óptimas condiciones para su operación.

2.- Antes de varar una embarcación mediante un varadero tipo ascensor, es importante verificar:

2.1 El desplazamiento o peso del buque en las condiciones de varado, y la distribución de carga a lo largo de su eslora, el buque deberá ser estable en estas condiciones.

Si no se dispone de los datos indicados líneas arriba se procederá a calcular el desplazamiento de la embarcación mediante la regla de Simpson, con el calado del barco tomado de la embarcación a flote.

En lo referente a la distribución de carga, se puede obtener en forma aproximada tomando datos en la embarcación.

2.2 La geometría del buque: eslora, manga, calado, para verificar la factibilidad de la operación respectiva.

2.3 La forma de la quilla del buque, se debe solicitar el plano de Dique, al armador o Capitán, si es necesario se preparará cama especial.

2.4 El varadero, en cuanto se refiere a altura disponible de agua en la fosa, la estructura y los winches.

3.- Es conveniente contar con un Historial del Varadero que sirva como manual para futuros diseños, mantenimiento y operación más eficiente. Este historial -deberá comprender:

3.1 Sistema eléctrico.- Tablero general de control, Motores eléctricos y winches, sensores de sobrecarga e instalación eléctrica.

3.2 Sistema de aire comprimido.- Compresor, accionamiento de trinquetes, sistema de tuberías y accesorios.

3.3 Plataforma.- Estructura metálica, rieles, grampas de rieles y madera.

En lo que se refiere a la plataforma propiamente dicha se deberá anotar mensualmente deflexiones de las vigas transversales principales y longitudinales, nivelación de la plataforma.

En lo referente a los rieles, también mensualmente se anotarán alineamiento y contraflechas.

Cabe añadir que durante todas las operaciones de varado o lanzamiento de embarcaciones debe registrarse claramente los siguientes datos:

- . Fecha de operación
- . Ubicación del barco en la plataforma
- . Número de carros cuna utilizados
- . Carga en cada winche
- . Amperaje consumido por cada motor
- . Carga total registrada
- . Tiempo de operación.

BIBLIOGRAFIA

1. "Conceptos elementales de Metalurgia"
Instituto Eutectic + Castolin
2. "Design of Welded Structures"
Omer W. Blodgett
The James F. Lincoln arc welding foundation
8° Edición; 1976.
3. "Diseño de Elementos de Máquinas"
Ing. J. Hori A.
4. "Diseño de Estructuras Soldadas"
Bresler, Lyn Y Scalzy
Editorial LIMUSA - México; 1978.
5. "File de Plataformas Construidas en PICSA ASTILLEROS
S.A. hasta la actualidad"
1970-1984.
6. "Guía para Estructuras de buques"
Amelio M. D'Arcangelo
1979
Traducido del inglés por A.B.S. Argentina.
7. "Instrucciones de Operación, Sistema Estabilizador
Flume"
Mc. Mullen Ibérica S.A.
Madrid-España,
1975
8. "Instalación de un Carenero tipo SYNCROLIFT"
Ing° Enrique Llorénz Gonzales
Madrid-España
1978
9. "Machinery's Handbook"
Erik Oberg and Franklin D. Jones
Editorial Industrial Press Inc. N.Y.
1974
10. "Manual del Constructor de Máquinas"
Tomos I y II
H. Dubbel
LABOR S.A., 1977.

11. "Manual del Ingeniero Mecánico"
Lionel Mark's
Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana-México
1961.
12. "Manual del Instituto Americano de la Construcción
de Acero (AISC)
1970.
13. "Manual de Operación y Mantenimiento de un Syncrolift"
Pearlson Eng^o Company Inc.
1973
14. "Resistencia de Materiales"
William A. Nash
Serie de Compendios Schaum
1975
15. Resistencia de Materiales tomos I y II
S. Timoshenko
Espasa-Calpe S.A., Madrid-España
1969
16. "Rules and Regulations for the Construction and
Classification of Steel Ships"
Lloyd's Register of Shipping (England)
Impreso por L.R.
1975.
17. Riggers Bible
Handbook of heavy rigging
Robert P. Leach J.R.
1976.
18. "Syncrolift Drydocks and Transfer Systems"
Produced by Pearlson Engineering Company Inc.
Miami-Florida - U.S.A.
1966
19. "Syncrolift Hoist - Instalation, Instructions"
Falk Corporation, U.S.A.
20. "Soldaduras Especiales" (Catálogo)
OERLIKON
1982.
