

134
2093

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



DISEÑO Y FABRICACION DE UNA GRUA
SIDERURGICA DE CAP. 15/3 TONS.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
VICTOR MANUEL ROSALES RAMOS



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

CAP.		PAG.
1	INTRODUCCION.....	1
	1.1.- Objetivo.....	1
	1.2.- Antecedentes.....	4
	1.2.1.- Historia del diseño de las grúas.....	4
	1.2.2.- Tipos de grúas.....	6
	1.2.3.- Clasificación de servicio de grúas viaje- ras según las normas (CMAA).....	16
	1.2.4.- Selección de grúas puente.....	19
	1.2.5.- Tipos de materiales.....	21
2	MEMORIA DE CALCULO DE LAS VIGAS PUENTE Y CABEZALES	22
	2.1.- Datos y especificaciones.....	22
	2.2.- Cálculo estructural de las vigas puente..	27
	2.2.1.- Datos.....	27
	2.3.- Cargas.....	28
	2.3.1.- Carga muerta.....	28
	2.3.2.- Carga viva.....	28
	2.4.- Momento flexionante máximo.....	29
	2.4.1.- Momento flexionante por carga muerta uni- forme.....	29
	2.4.2.- Momento flexionante por carga viva.....	29
	2.4.3.- Momento por impacto.....	30
	2.5.- Momento por fuerza horizontal.....	32
	2.5.1.- Fuerza horizontal.....	32
	2.5.2.- Momento de empotramiento.....	32
	2.5.3.- Momento en una viga simplemente apoyada..	32
	2.6.- Sección transversal.....	34
	2.6.1.- Propiedades de la sección.....	34

CAP.	PAG.
2.6.2.- Condiciones que debe cumplir la sección..	35
2.7.- Determinación de esfuerzo permisible a flexión.....	37
2.7.1.- Deflexión vertical.....	37
2.7.2.- Checar esfuerzo al centro por combinación de cargas.....	38
2.7.3.- Checar esfuerzos combinados por la sección, del manual AISE No.6.....	38
2.8.- Esfuerzo cortante máximo.....	39
2.9.- Cálculo de atiesadores.....	42
2.10.- Cálculo de uniones soldadas.....	47
2.11.- Cálculo de la contraflecha.....	51
2.12.- Cálculo estructural de las vigas cabezales.	52
2.13.- Cargas.....	52
2.14.- Momento máximo flexionante.....	54
2.15.- Sección transversal	54
2.16.- Deflexión en el centro	55
2.17.- Esfuerzo cortante máximo.....	56
2.18.- Cálculo de atiesadores.....	57
2.19.- Cálculo de uniones soldadas y atornilladas	60
2.20.- Pasillos y barandales I.....	66
2.21.- Pasillos y barandales II.....	73
2.22.- Cabina.....	75
3 PLANOS.....	81
3.1.- Plano de arreglo general.....	81
3.2.- Terminología.....	81
3.3.- Plano de taller.....	87
3.4.- Lista de materiales.....	88

CAP.		PAG.
4	FABRICACION.....	94
	4.1.- Control de producción.....	94
	4.1.1.- Programa de ingeniería.....	94
	4.1.2.- Control de producción.....	96
	4.1.3.- Control de calidad.....	98
	4.2.- Proceso de fabricación.....	100
	4.2.1.- Habilitado.....	100
	4.2.2.- Armado.....	106
	4.2.3.- Procedimiento de soldadura de juntas precalificadas.....	112
	4.2.4.- Acabado.....	117
	4.2.5.- Pruebas.....	118
	4.2.6.- Embarque.....	121
5	CONCLUSION.....	122
6	BIBLIOGRAFIA.....	125

Capitulo 1

I N T R O D U C C I O N

El diseño estructural es un arte en que se utilizan las experiencias obtenidas en diseños anteriores con o sin éxito, las leyes de la física y las matemáticas y los resultados de investigaciones de laboratorios para obtener la geometría y las dimensiones de estructuras que se comporten de una manera segura y eficiente, que sean económicas y que sean estéticamente agradables y capaces de resistir las sollicitaciones que actuarán sobre la estructura con un comportamiento adecuado.

1.1.-OBJETIVO

El objetivo de éste trabajo consiste en el diseño práctico de una grúa siderúrgica con las normas del AISE No.6, (ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS).

Las grúas puente o viajeras, se empezaron a fabricar en los años 1880'S, y desde esos años hasta la actualidad se ha desarrollado una tecnología avanzada y se han editado normas de diseño importante como las del CMAA(CRANE MANUFACTURES ASSOCIATION OF AMERICA), el AISE No. 6.

Las normas del CMAA, hacen una clasificación de servicios de grúas con la letras "A" a la "F"; de ésta forma las normas CMAA contemplan las letras "A" hasta la "E", mientras que las grúas que se clasifican con la letra "F" están regidas por las normas AISE No. 6; éstas grúas son consideradas para trabajo pesado a la intemperie las 24 horas del día y son consideradas siderúrgicas.

Los datos y especificaciones son dados por el cliente, por lo que el fabricante realiza sus cálculos en base a éstos datos y especificaciones.

En nuestro caso, la grúa tiene un claro de 28 metros y dos ganchos para diferentes capacidades, el gancho principal es para 15 tons. y el gancho auxiliar es para 3 tons., la grúa está constituida por dos vigas puente de sección en cajón de 72"x28" y dos cabezales con sección en cajón; los cabezales están atornillados a los puentes.

Las vigas puente de sección en cajón tienen una serie de atiesadores a lo largo de su longitud, los cuales, junto con los marcos transversales, rigidizan y auxilian para que las almas soporten el momento torsionante y el esfuerzo cortante.

La grúa lleva dos pasillos con barandales para darle mantenimiento al carro y también a la grúa en sí. Uno de estos pasillos en su extremos de la grúa, soporta los controles eléctricos, motores del puente, transmisiones, y está comunicado con la cabina que ésta lleva los controles de la grúa.

El plano de arreglo general, es donde se indica las características generales de la grúa, como son: La ubicación del carro, los ganchos en un extremo del puente, los accesorios, así como el pasillo de mantenimiento del carro y los motores del puente y el otro pasillo donde lleva los controles eléctricos, colocación de la cabina. Este plano muestra las dimensiones de la grúa como son: El izaje, el claro, el recorrido del carro, además contiene una lista de los componentes que integran la grúa.

El plano de taller es el que indica exactamente las dimensiones en milímetro de cada uno de las piezas estructurales que la conforman, principalmente puente y cabezales. También nos indique las secciones transversales, así como la posición de los atiesadores transversales y longitudinales.

Los cabezales van atornillados a las vigas puente, esto se hace con el fin de facilitar el transporte de la grúa en

partes a su destino.

La fabricación de los elementos del puente, se van haciendo por separado para después ir formando los puentes, cabezales, pasillos, barandules y accesorios que componen la grúa, con los planos de taller, ya autorizados para su fabricación, se van guiando para ir habilitando las planchas de los patines, almas, marcos y pasillos. Cuando es suministrado, parte o total del material, se procede a trazar y cortar las planchas, que posteriormente se le hace la limpieza por medio de la cámara de granallado, se pinta en seguida para evitar que se corrosione nuevamente.

Cuando se están soldando las planchas para formar las almas o patines, se procede a hacerle una prueba de líquidos penetrante con el fin de tener una calidad aceptable.

El acabado final, se hace con una limpieza general de la grúa, para posteriormente aplicar la pintura final.

Teniendo la grúa terminada en sus tres etapas que son: Diseño estructural de los puentes y cabezales, pasillos y cabina, diseño mecánico que comprende colocación de motores, reductores, cajas de engrane, carro con su malacate y sus respectivos controles; diseño eléctrico que es todo el control eléctrico, instalaciones eléctricas, alumbrado, toma corriente, etc., una vez terminada la grúa se procede a realizar las pruebas finales, que consisten en: Probar los motores; que funcionen en condiciones normales, la velocidad del trolley, el izaje de los ganchos, tanto principal como auxiliar, alumbrados, etc..

1.2.- ANTECEDENTES:

1.2.1.- HISTORIA DEL DISEÑO DE LAS GRUAS.

Grúas viajeras de tipo manual, fueron usadas en los años 1880SS, durante este tiempo, el complicado diseño del p saño movimiento, fué propuesto para su fabricación en Inglaterra y EEUU, involucrando el manejo de la flecha a lo largo de la vía y múltiples intentos para transformar el poder del manejo de la flecha del gancho, carro o del movimiento del puente.

El primer tri-motor eléctrico de una grúa fué puesto en operación en 1890. J.H. Writing fundador de la WRITING CORPORATION. Writing construye la primera grúa tri-motor en 1898. La velocidad inicial fué lenta y las cargas eran limitadas con 40 tons. como máximo.

El diseño de las grúas tuvo cambios cada 20 años. En 1880 se aparecieron las poderosas grúas manuales; en 1900 el manejo de la grúa eléctrica por un motor y cada movimiento tenía un motor, para 1920 se han establecido normas definidas para las grúas en general y para varios tipos de servicios; en 1940 se producen los casos de engrane encerrado, cojinete de rodillo y diseños normalizados; en 1960 se produce el cambio en controles de grúas, con resultados en mejor operación y mejor precisión en el manejo de la carga.

En el 1970, la Asociación Americana de Fabricante de Grúa (CMAA), produjo su especificación 70, fueron las primeras normas compresibles, en general propuso vigas dobles en grúas apoyadas en travesaños carril y pórticos. Esta organización propuso las especificaciones 74 (revisadas) para correr por arriba y por abajo en grúas en una viga simple. Estas dos especificaciones de diseño fueron propuestas para usarse con una facilidad disponible conforme a las normas, pueden ser

aceptadas para toda la mayoría de las fabricaciones de grúas viajeras.

Desde la velocidad lenta y rango limitado de las primeras grúas, ahora encontramos velocidades de izaje de cerca de 200 FMP (pies por minuto), la velocidad del puente es tan alta como de 1000 FMP, levantando unidades manejables hasta de 750 tons. con un gancho.

El mejoramiento en diseño de grúas procede a la vez del uso y construcción de grúas.

Las contribuciones sobresaliente han sido hechos por la Ingeniería en la Industria del Acero, los primeros datos de altas velocidades insistente aumentar los rangos de cargas, resistencia, reducción existente, facilidad de mantenimiento y un período clasificado de servicio.

La presente tiende hacia la precisión del manejo de los materiales especialmente en el poder de la Industria Nuclear creando una demanda de grúas simple y confiable del control que permitiera movimientos precisos para el gancho de la grúa en todas las direcciones.

En los últimos años el control del radio remoto obtuvo en general un uso, remplazado por una botonera de control suspendida del puente y con un suplemento la cabina de control.

El advenimiento de las poderosas plantas nucleares fué el resultado en cambios mayores en procurar, diseñar, manufacturar y procedimientos de inspección para éstas grúas especialmente manufacturadas en éste tipo de plantas.

Los esfuerzos sísmicos, radiación, resistencia, operación bajo el agua, examinación indestructible, controles de materiales, e inspecciones de verificación, tiene mayor complejidad y costo de los procesos de fabricación y tiene un número limitado de calificados suministros.

1.2.2.- TIPOS DE GRUAS:

Cada una de éstas grúas pueden ser fabricadas adaptándose a la clasificación como se describe en el siguiente párrafo de éste capítulo, en un rango de 5 a 750 tons., todas deben estar provistas de una cabina, piso o control remoto o alguna combinación de los tres tipos.

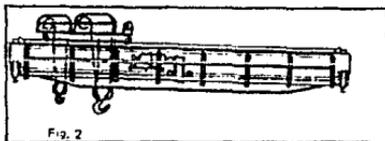
GRUAS SUPERIORES.

Esta sección muestra los muchos tipos de grúas que son usados actualmente, cumpliendo las demandas de problemas del manejo de materiales. El dibujo, título y una breve descripción del uso de cada grúa es dado a continuación.



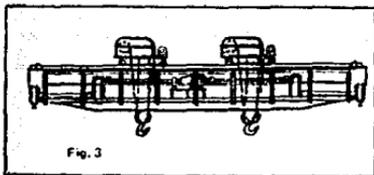
GRUA CON 3-MOVIMIENTOS

Carro sencillo,
Servicio general.



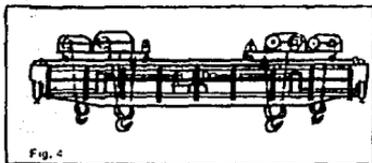
GRUA CON 4-MOVIMIENTOS

Carro sencillo.
Velocidad lenta en el gancho principal para cargas pesadas, velocidad rápida en el gancho auxiliar, para cargas ligeras.



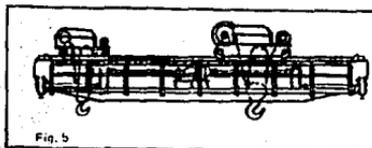
GRUA CON 5-MOVIMIENTOS, DOS CARROS.

Dos ganchos iguales para manejar cargas en algún centro deseado.



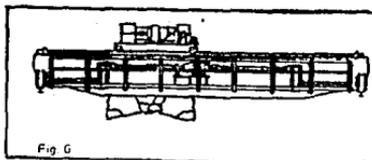
GRUA CON 5-MOVIMIENTOS, DOS CARROS.

Dos ganchos principales para cargas pesadas con velocidad lenta, aprovechamiento cerrado para el gancho auxiliar, rápido en ambos lados del edificio.



GRUA CON 5-MOVIMIENTOS, DOS CARROS.

Un carro para capacidad pesada y el otro para capacidad ligera, para carga sencilla, cargas grandes.



GRUA CUCHARON

Manejando mineral, basura, cemento, fertilizante y materiales similares.

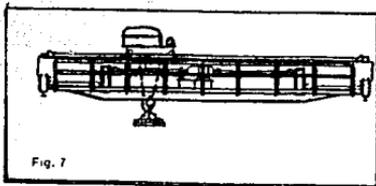


Fig. 7

GRUA CON IMAN

Diseño robusto para servicio intenso en transportar para fundir, partes y aceros a los patios de almacenamientos.

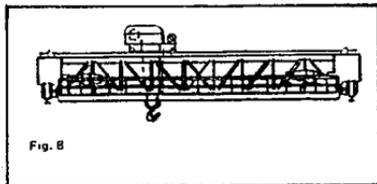


Fig. 8

GRUA CON VIGA DE CELOSIA.

Recomendadas para algún de los tipos anteriores de grúas de fábrica en servicio a la intemperie, cuando el espacio exceda de los 160 FT.

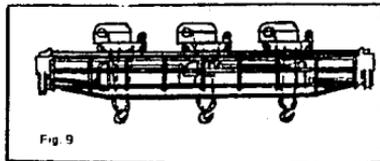


Fig. 9

GRUA CON 7-MOVIMIENTOS Y CON TRES CARROS.

Tres ganchos iguales o desiguales para manejar rollos largos en fábrica de papel.

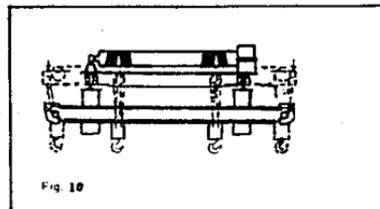


Fig. 10

GRUA CON 2-MOVIMIENTOS DOS GANCHOS Y UN CARRO.

Dos ganchos y un solo carro en ángulos rectos a la viga puente, para vigas y ganchos especiales.

Los ganchos pueden ser entre o fuera de las vigas.

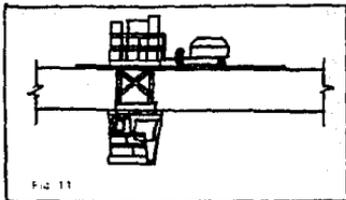


Fig. 11

GRUA CON CABINA REMOLCADA.

La cabina es soportada por ruedas que corren a lo largo del riel del puente y se mueve con el carro.

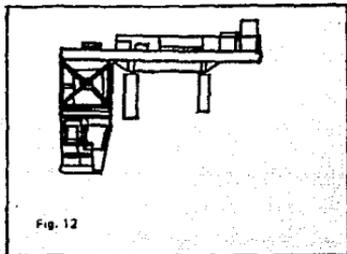


Fig. 12

GRUA CON CABINA SOBRE EL CARRO.

Esta cabina es soportada por la estructura del carro y está en cantiliver, más allá de la rueda de la viga puente, opuesta al pasillo principal.

GRUAS DE PORTICO

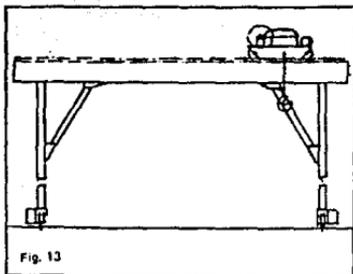
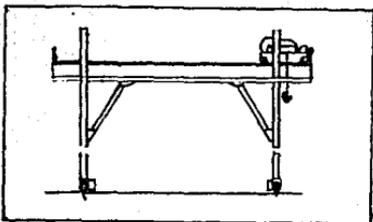


Fig. 13

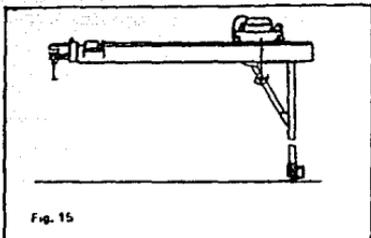
SOBRE COLUMNA DE PORTICO

Ambas vías del pórtico van a nivel del suelo, el recorrido del carro es solamente entre las columnas.



A TRAVES DE COLUMNAS DE PORTICO.

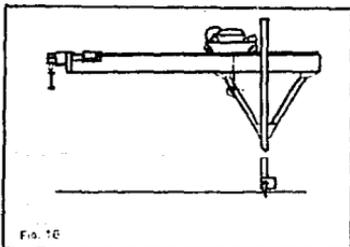
Ambas vías están a nivel del **Suelo**, el recorrido del **carro** es a través de las **columnas**, en voladizo que puede ser uno o ambos extremos del puente. La carga puede o no ser transportada a través de las **columnas del pórtico**.



SEMI-PORTICO.

ARRIBA DEL PUENTE.

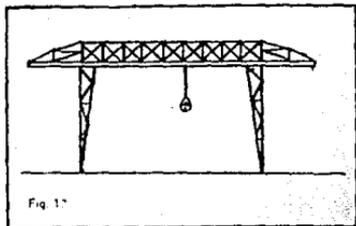
Un extremo del puente está en lo alto, sobre un riel. El recorrido del **carro** es **entre** la parte superior del riel **vía** y la **columna del pórtico** sobre el **suelo**.



SEMI-PORTICO.

A TRAVES DE LA COLUMNA.

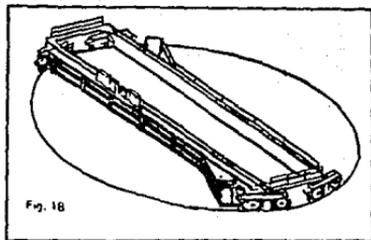
Un extremo del puente está en lo alto sobre un riel. El recorrido del **carro** desde la parte superior de la **vía riel** a través de la **columna** en voladizo. La carga puede o no ser transportada a través de la **columna**.



GRUA DE PORTICO PARA ALMACENAJE A LA INTEMPERIE.

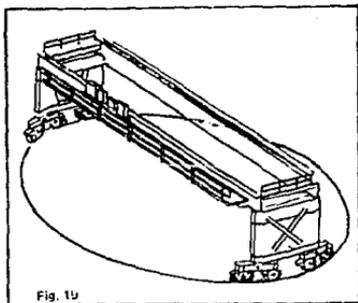
Espacio largo (usualmente sobre 150 tons. de carga), y gran altura (sobre 50 FT) usada para almacenaje de materiales voluminosos.

GRUAS PARA PLANTAS NUCLEARES.



GRUA POLAR SUPERIOR.

Operada en un riel circular localizado cerca de la línea de arranque del recipiente, edificio reactor.

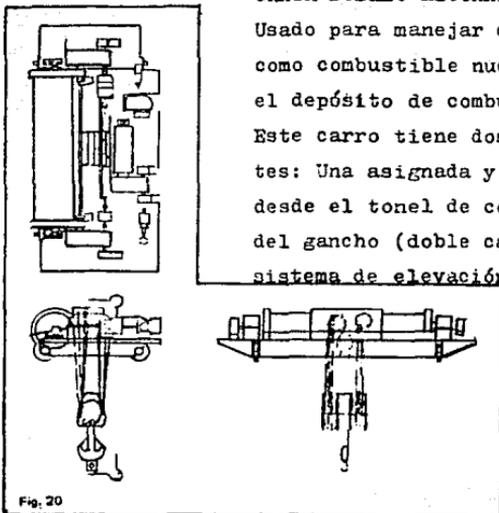


GRUA POLAR DE PORTICO.

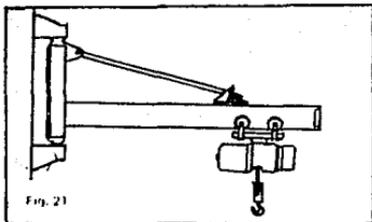
Igual a la grúa polar superior, excepto que la vía del riel está localizado sobre el plano del piso de operación. Esta grúa usualmente tiene a través de una columna en un extremo, para servicio al área entre la vía del riel y el interior de la pared.

CARGA DOBLE. RECORRIDO DEL CARRO.

Usado para manejar cargas críticas, tal como combustible nuclear en tonel desde el depósito de combustible de consumo. Este carro tiene dos cargas independientes: Una asignada y otra de recorrido desde el tonel de combustible a el freno del gancho (doble carga de recorrido del sistema de elevación).

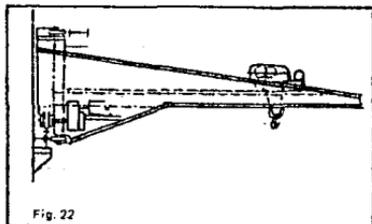


GRUAS ELECTRICAS ESPECIALES



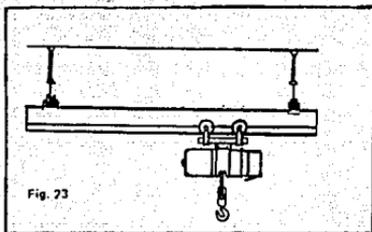
GRUA DE PARED CON MENSULA O GRUA EMPOTRADA

Viga simple con carro y gancho suspendido. Usadas en áreas restringidas.



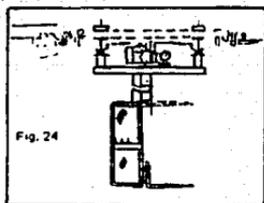
GRUA VIAJERA CON BRAZO DE PARED.

Cubre el área cerca de las columnas del edificio sin obstrucción en un piso plano. Usada típicamente para cargas de 10 tons.



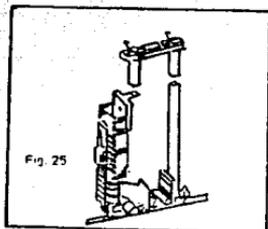
GRUA SUSPENDIDA.

Un puente viajante corriendo en el patín de abajo o "T" riel en dos más vías riel. Usualmente soportada desde la armadura del techo del edificio.



GRUA APILADORA SUSPENDIDA

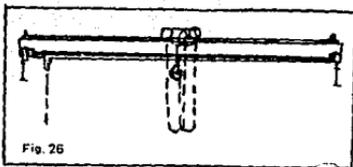
El puente puede ser colocado en la parte superior o suspendido de las traveses ca rril, con el carro suspendido o montado vertical corre-dizo o en plataforma para el manejo de la carga. Debe ser rotatoria.



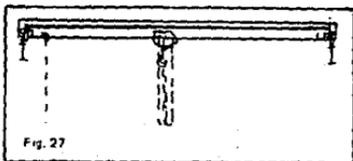
GRUA DE ALMACENAMIENTO CONTROLADAMENTE.

Un levantamiento especializado mecánicamente viajando en un riel (s) montado en el piso, usualmente en pasillos entre almacenes de cremalleras o depósitos. Usada en almacenaje automático para para transferir cargas dentro y fuera del almacén.

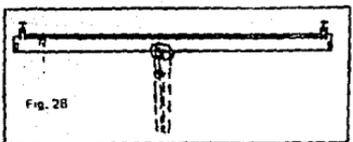
GRUAS OPERADAS MANUALMENTE.



DOBLE VIGA; EL PUENTE CORRE ARRIBA DE LA TRABE CARRIL. Con el carro sobre el puente, clasificada para 10 tons.

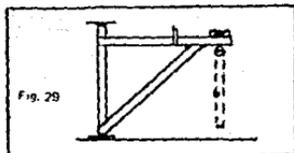


VIGA SIMPLE; EL PUENTE CORRE ARRIBA DE LAS TRABES CARRIL. Con el carro suspendido, el gancho está suspendido con cadenas o algún tipo de cable acerado, clasificada para 10 Tons.

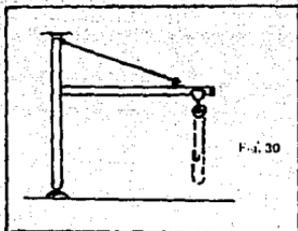


VIGA SIMPLE; PUENTE SUSPENDIDO. Con el carro suspendido, el gancho está suspendido con cadenas o cable acerado. Clasificada para 10 Tons.

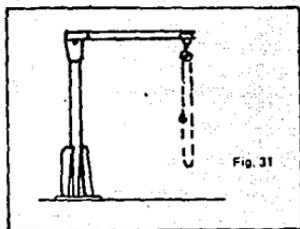
GRUAS DE BRAZO Y COLUMNA.



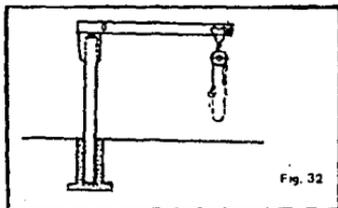
GRUA CON PUNTAL ABAJO. Con el carro sobre el brazo, doble canal, el viaje del carro y el tamaño de la carga está limitado por el puntal generalmente se utiliza en una área determinada.



GRUA CON RIOSERA SUPERIOR
Viga simple con el carro suspen-
dido, el gancho debe estar
soportado con cadenas a algún
tipo de alambre acerado. La
operación es por electricidad
o poder manual. Usada en una
determinada área.



GRUA MONTADA AL PISO
Viga simple con carro suspen-
dido. El gancho debe estar
soportado por medio de cadenas
o algún tipo de alambre acera-
do, operado por electricidad
o poder manual.



GRUA EMPOTRADA EN EL PISO
Brazo giratorio sobre una co-
lumna empotrada en una base
de concreto, operada manual-
mente. Usada para servicio de
taller de maquina y ensamble
en el piso.

1.2.3.- CLASIFICACION DE SERVICIO DE GRUAS VIAJERAS SEGUN NORMAS (CMAA).

Con el objeto de elegir la grúa mas apropiada para las necesidades especificadas del comprador, se han establecido las siguientes clasificaciones basadas en el tipo de servicio requerido. Para los propósitos de esta clasificación, se supone que la grúa será operada en condiciones atmosféricas normales (Temperatura Ambiente entre $- 15^{\circ}\text{C}$ y 47°C , sin exceso de polvo, humedad ni vapores corrosivos).

CLASE A

Este servicio se divide en dos, según el tipo de carga que se manejará.

CLASE AI (SERVICIO OCACIONAL)

Esta clase de servicio incluye grúas instaladas en casas de fuerza, cuartos de turbinas, edificio para reactores nucleares, cuartos de bombas o motores eléctricos, etc. donde se requiere el manejo de maquinaria valiosa, con precisión y a baja velocidad, con largos períodos de inactividad, se utilizan a plena carga para instalación de equipo, y después para darle mantenimiento poco frecuente.

CLASE A2 (USO POCO FRECUENTE)

Estas grúas se usan en pequeños talleres de mantenimiento, cuarto de bombas, laboratorios de ensaye de materiales y otros similares, cuando las cargas son relativamente ligeras, las velocidades son bajas y no se requiere mucha precisión en el manejo, las cargas pueden variar desde muy bajas

hasta plena capacidad y el número de izaje por día o mes es muy bajo.

CLASE B (SERVICIO LIGERO).

Este servicio abarca las grúas que se utilizan en talleres de reparación, en operación de ensamble ligeros, edificios para servicios, almacenes donde el manejo no es intenso etc. siendo ligeros los requerimientos de servicio y bajas las velocidades, las cargas pueden variar desde muy bajas hasta plena capacidad, siendo la carga media el 50% de la capacidad, con entre 2 y 5 izajes por hora, de unos cinco metros de altura y con no más de la mitad de las cargas a plena capacidad.

CLASE C (SERVICIO MODERADO)

En ésta clasificación quedan las grúas utilizadas en talleres mecánicos, naves para máquinas de papel, plantas de ensambles, talleres de fabricación, fundiciones, etc., donde el servicio es moderado. Las grúas manejarán cargas que promedian el 50% de plena capacidad, con entre 5 y 10 izajes por hora, de uno cinco metros de altura y con no más de la mitad de las cargas a plena capacidad.

CLASE D (SERVICIO PESADO)

Este servicio incluye las grúas operadas generalmente desde cabina, que se usan en talleres mecánicos pesados, fundiciones, talleres de fabricación pesada, almacenes de fierro madererías, etc., y para servicio normales de cucharón o electro-imán, donde el uso es intenso, pero sin ciclo especí-

co de operación, se manejarán continuamente cargas del orden del 50% de plena capacidad, con entre 10 y 20 izaje por hora, de unos cinco metros de altura y con no más del 65% de las cargas a plena capacidad. Generalmente éstas grúas son de alta velocidad.

CLASE E (SERVICIO CICLICO INTENSO)

Este tipo de servicio es para grúas capaces de manejar cargas máximas continuamente, a alta velocidad, con movimientos repetitivos diarios en un ciclo determinado de operación, se incluye en esta clasificación las grúas usadas con electro-imán, cucharón, en patio de chatarras, fábricas de cementos, madererías, plantas de fertilizantes, etc., con 20 ó más operaciones por horas, todas a su máxima capacidad. Deberán describirse el ciclo completo de operación para éstas grúas.

CLASE F (SERVICIO SIDERURGICO)

Las grúas para éste servicio quedan bajo las especificaciones del AISE No. 6 (ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS) y no son aplicable las especificaciones del CMAA. Las grúas siderúrgicas son capaces de manejar cargas máximas continuamente, a alta velocidad, con movimientos repetitivos diarios en un ciclo de operación que es de todo el día, las 24 horas. Se incluyen en esta clasificación las grúas usadas con electro-imán, cucharón, combinación de electro-imán y cucharón, en patio de chatarras, tricturadoras, etc. en la industria de la siderúrgicas.

1.2.4.- SELECCION DE GRUAS PUENTE.

En la siguiente tabla, está basada en varios años de experiencias en el diseño y fabricación de grúas, también se consideraron comentarios de las normas del CMAA 70, y otras.

La tabla nos define con facilidad las condiciones críticas de una grúa que se va a diseñar. Uno de los objetivos principales de esta tabla es para ubicar en que clasificación se encuentra la grúa solicitada para así poder cotizar dicha grúa con más precisión y más rapidez.

TABLA I

GUIA PARA LA SELECCION DE LA CONFIGURACION DE GRUAS PUENTES

LA SIGUIENTE TABLA ES DE CARACTER INDICATIVO Y LOS LIMITES DE CAPACIDAD Y CLARO, NO DEBEN DE ENTENDERSE COMO INFLEXIBLE; SE RECOMIENDA, SIN EMBARGO, NO SEAN EXCEDIDOS YA QUE LOS DISEÑOS DE NORMAS SE AJUSTAN A LOS MISMOS.

CONFIGURACION CLAVE	CLASE DE SERVICIO CMAA	EQUIPO DE IZAJE			PROP. DEL CARRO			PROP. DEL PUENTE			CAP. TON	CLAR. M.	OBSERVACIONES
		MEC.	POLIE	MAL	MAN.	MEC.	FLEC.	MAN.	MEC.	ELEC.			
MONOPUENTE SUSPENDIDO													
MS1	A1, A2	X			X			X			5	6	RECORRIDO CORTO
MS2	A1, A2	X				X			X		10	15	" "
MS3	A1, A2 B		X		X			X			3	6	" "
MS4	A1, A2 B		X			X			X		10	15	" "
MS5	A1, A2 B		X				X			X	10	12	" "
MONOPUENTE APOYADO													
MA1	A1, A2 A1, A2 B	X				X			X		10	12	" "
			X				X			X	15	12	" "
BIPUENTE APOYADO													
BA1	A1, A2	X				X			X		20	ILIM	" "
BA2	A, B, C		X							X	15	ILIM	" "
BA3	A, B, C, D, E			X						X	ILIM	ILIM	ESPACIO CMAA
BA4	F			X						X	ILIM	ILIM	ESPACIO AISE

1.2.5.- TIPOS DE MATERIALES.

a) Acero estructural.

El acero estructural estará de acuerdo con las siguientes características:

último esfuerzo a tensión de 4220 a 5625 Kgs/cm² (60,000 a 80,000 Lb/pulg²).

Límite aparente de elasticidad..... 2530 Kgs/cm² (36,000 Lb/Pulg.²).

Porcentaje mínimo de alargamiento.

Los reportes de las pruebas de alargamiento de la laminación en conformidad con las especificaciones del AISC. constituirán un testimonio aceptable.

b) Acero para tornillos.

Estarán de acuerdo a las siguientes especificaciones.
acero para tornilloA.S.T.M. A-325

c) Material para soldadura.

Electrodo E-7018
electrodo con revestimiento de bajo carbón con polvo de hierro para soldar acero de bajo, medio y alta resistencia, para soldar en cualquier posición.

propiedades mecánicas:

Resistencia a la tensión..... (73,000-81,000 PSI)
51-57 Kgs/mm²

5.- La grúa se encuentra localizada en un edificio que tiene techumbre pero que carece de muros que lo protejan de las condiciones climatológicas.

6.- Las columnas del edificio son metálicas.

I. DATOS DE OPERACION:

A. Capacidad de la grúa; 15 tons., gancho principal y 3 tons. para el gancho auxiliar.

B. Clasificación (C.M.A.A. o AISE No. 6); clase F grupo 3E.

C. Tipo o modelo de grúa; apoyada y accionada eléctricamente desde la cabina; bipunte con carro apoyado.

D. Localización de la grúa; Patio de chatarras, operación a la intemperie.

E. Piezas a manejar; Chatarra de hierro mediante un electroimán.

F. Velocidades:

1.- Puente 100 M/Min.

2.- Carro (Trolley)..... 60 "

3.- Gancho principal..... 40 "

4.- Gancho auxiliar..... 40 "

G. Servicio:

1.- Continuo..... 24 Hrs/Día

2.- Intermitente..... - "

3.- Condiciones de carga; para trabajo pesado.

II. DESCRIPCION DEL EQUIPO

A. Dimensiones generales:

1.- Claro ----- 28.00 M.

2.- Izaje ----- 13.10 M.

3.- Longitud de trabe carril ----- 228.00 M.

B. Puente:

- 1.- Tipo de construcción y perfiles estructurales empleados:
Tipo cajón de acuerdo a las normas AISE No.6.
- 2.- Deflexión de diseño 1/1000 por pulgada del claro.
- 3.- Pasillo para mantenimiento: Se requiere dos (según normas sicartsa 046000-MI-NW-001, Pág. 16/58)
 - a. Dimensiones: A todo lo largo del puente y 0.90 m. mínimo de ancho, con acceso a la cabina por escalera.
 - b. Materiales: Piso de placa antiderrapante de 6 mm. y barandal de ángulos.

C. Cabezales o carros extremos.

- 1.- Tipo de construcción y perfiles estructurales empleados:
Tipo cajón.
- 2.- Tipo de conexión con el puente: Soldado en fábrica los cabezales se atornillarán entre sí en el sitio.
- 3.- Riel requerido en las trabes carril, calibre: 104 Lbs/vd. (según normas Sicartsa 046000-M4-NW-001, pág. 44/58).
- 4.- Topes: Cantidad y material; dos en cada cabezal; de acero con resorte tipo amortiguador según AISE standard No.6.
- 5.- Ruedas.
 - a. Cantidad por cabezal ----- dos (2).
 - b. Diámetro de acuerdo a normas Sicartsa ----- 610 mm.
 - c. Tipo y material, doble ceju; acero fundido de aleación, por trabajo en frío.
 - d. Separación de las ruedas; 4.67 m.
- 6.- Rodamientos.
 - a. Cantidad por rueda ----- dos (2).
 - b. Tipo y lubricación; inyección de grasa.

D. Carro (trolley).

1.- Tipo de construcción y perfiles estructurales empleados:

Placa soldada y perfiles estructurales.

2.- Ruedas:

a. Cantidad ----- cuatro (4).

b. Diámetro de acuerdo a las normas sicartsa 305 mm.

c. Tipo y material ; doble ceja; acero forjado, acero fundido de aleación.

3.- Rodamiento.

a. Cantidad por rueda ----- dos(2).

b. Tipo y lubricación: inyección de grasa.

4.- Topes: Cantidad y material; cuatro, de acuerdo a las normas, con resorte tipo amortiguador.

E. Malacate principal:

1.- Tambor del malacate.

a. Diámetro y longitud; mínimo 24 veces el diámetro del cable (610 X 1150 mm.)

b. Tipo de ranura: sencilla ----- doble--^{si}-----

c. Capacidad de enrollado, aprox. 67 m.

F. Cable de acero para malacate principal y auxiliar.

1.- Tipo y clase: flexible, acero de arado mejorado con alma de acero.

2.- Números de hilos y torones: 6 X 37

3.- Diámetro: 22 mm. principal, 10 mm. auxiliar.

4.- Números de partes de carga; 4 princ. 4 aux.

5.- Resistencia máxima a la tensión del cable 27,760 principal, 5,250 aux. Kilogramos.

III. EQUIPO PARA CONTROL Y PROTECCION DE LA GRUA.

A. Cabina de control: se requiere.

1.- Localización de la cabina; En un extremo del puente.

- 2.- Dimensiones generales. (área de piso no menor de 2.5 m2).
- 3.- Equipo y accesorio para control y protección suministrado: Se requiere una plataforma y una escalera que comunique la cabina con el pasillo del puente, se requiere un espacio en los controles de la cabina, ya que la grúa operará un electro-ímán.
- 4.- Materiales de fabricación de la cabina: Con aislamiento en techo, paredes y piso de placa antiderrapante, cabina con vidrio al frente y a los lados.
- 5.- Ventilación en la cabina: por medio de un sistema de aire acondicionado.

IV. PESOS.

A. Peso total de la grúa	39	Tons.
B. Peso del carro	8	"
C. Peso del puente y cabezal	31	"
D. Carga máxima por rueda	22	"

2.2.- CALCULO ESTRUCTURAL DE LAS VIGAS PUENTE

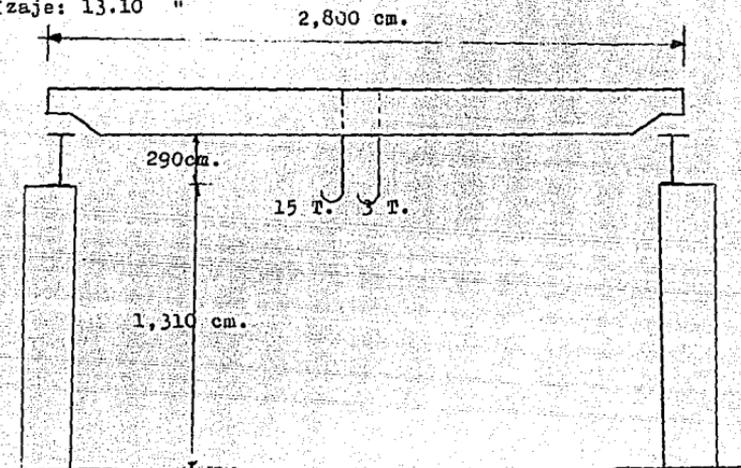
2.2.1.- DATOS:

Servicio "F" grupo siderúrgica

Capacidad: 15 Tons. G. principal; G. auxiliar

Claro: 28.00 mts.

Izaje: 13.10 "



Peso propio del carro = 8,000 Kgs.

Peso de la viga (P.F.) = 553.60 Kgs/m

Separación de las ruedas del carro (batalla) = 270 cm.

Carga del puente con accesorios, pasillos, cabina y cabezales
= 31,000 Kgs.

En una sola viga = 15,500 Kgs.

Acotaciones en cm.

Diseñado por las normas del AISE No. 5

2.3.- CARGAS

2.3.1.- Carga muerta:

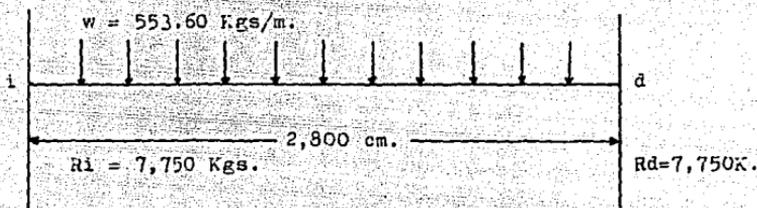
Peso propio de la viga con una sección en cajón.

Claro = 2,800 cm.

$$W = w l = 553.60 \times 28.00 = 15,500 \text{ Kgs.}$$



Sección



Cálculo de reacciones y cortante de la carga muerta en una viga: $R_i = R_d = W/2$

$$R_i = R_d = 1/2 (15,500) = 7,750 \text{ Kgs.}$$

2.3.2.- Carga viva:

Carga viva del trolley + la carga de elevación:

Trolley = 8,000 Kgs.

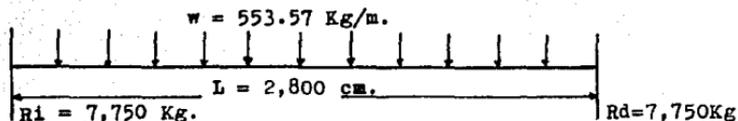
Elevación = 15,000 Kgs.

Carga viva = $1/2(8,000 + 15,000) = 11,500$ Kgs. En una viga.

La siguiente carga $P = 5,750$ Kgs. es la que soporta sólo una rueda, que es la mitad de la carga viva.

2.4.- MOMENTO FLEXIONANTE MAXIMO

2.4.1.- Momento flexionante por carga muerta uniforme.



Momento al centro del claro

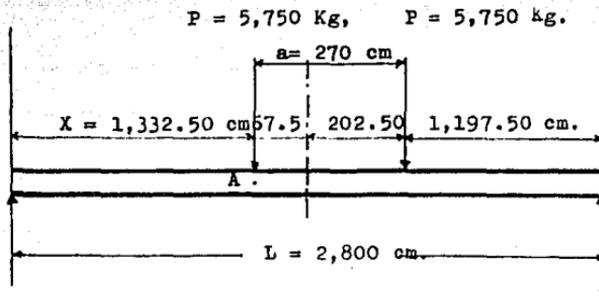
$$M_c = \frac{wL^2}{8}$$

$$M_c = \frac{(553.60 \times 28.00^2)}{8}$$

$$M_c = 5'425,000 \text{ Kgs.-cm.} = 54,250 \text{ Kgs.-m.}$$

2.4.2.- Momento flexionante por carga viva:

Viga simple- dos cargas iguales moviles concentradas.



Del manual AISC pág. 2-128

$$X = \frac{1}{2} (L - \frac{a}{2}) > a \quad M_{\text{máx.}} = \frac{P(L - a)^2}{2L}$$

$$X = \frac{1}{2} (L - \frac{a}{2}) < a \quad M_{\text{máx.}} = \frac{PL}{4}$$

$$X = 1/2 (2,800 - 270/2) = 1,332.50 \text{ cm.} \quad 270 \text{ cm.}$$

Como "X" es mayor que "a" usaremos la siguiente fórmula para calcular el momento máximo.

$$M_A = \frac{5,750}{2 \times 2,800} (2,800 - \frac{270}{2})^2 = 7,292,463 \text{ Kg.-cm.}$$

$$M_A = 72,924.63 \text{ Kgs.-m.}$$

2.4.3.- Momento por Impacto (carga vertical)

Carga viva (capacidad de la grúa) = 15,000 \times 1/2 = 7,500 Kgs.

(En una viga del puente)

P = 7,500/2 = 3,750 kg. (sólo en una rueda del carro sobre la viga).

F_I = Factor de Impacto

Factor de Impacto = 50% (por normas AISE No. 6)

$$M_I = F_I \left[\frac{P}{2L} (L - \frac{a}{2})^2 \right]$$

$$M_I = 0.50 \left[\frac{3,750}{2 \times 2,800} (2,800 - \frac{270}{2})^2 \right] = 2,377,977 \text{ Kg.-cm.}$$

$$M_I = 23,779.77 \text{ Kgs.-m.}$$

Suma de momentos por carga vertical:

Carga muerta	=	54,250.00	Kgs-cm.
Carga viva	=	72,924.63	Kgs-cm.
Impacto	=	23,779.77	Kgs-cm.
<hr/>			
Total.	=	150,954.40	Kgs-cm.

2.5.- MOMENTO POR FUERZA HORIZONTAL.

2.5.1.-FUERZA HORIZONTAL. (CABECEO)

Por las normas del AISE No. 6 Pag. 3D-6 (S.2.C.1.), se obtiene el siguiente factor por fuerza horizontal.

$$\text{Factor de Fuerza} = 0.20 \left(\frac{\text{Dos ruedas conducidas}}{\text{Cuatro ruedas total}} \right) = 0.10$$

$$F_h = 0.10$$

Este factor se multiplica por el peso propio de una viga y por el peso del carro (trolley) más la capacidad.

$$P_p = 15,500 \times 0.10 = 1,550 \text{ Kgs.}$$

$$W_T + W_L = 11,500 \times 0.10 = 1,150 \text{ Kgs. (En una sola viga)}$$

2.5.2.- MOMENTO DE EMPORRAMIENTO (por normas AISE No. 6)

$$M_E = \frac{WL}{12} + \frac{PL}{8} \quad \text{Fórmula que da las normas}$$

$$W = 1,550 \text{ Kgs.}, \quad P = 1,150 \text{ Kgs.}, \quad L = 2,8000 \text{ cm.}$$

$$M_E = 1,550 \times 2,800/12 + 1,150 \times 2,800/8$$

$$M_E = 361,667 + 402,500 \text{ Kgs-cm} = 764,165 \text{ Kgs-cm.}$$

2.5.3.- MOMENTO EN UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA.

Las normas especifican que el momento en una viga simplemente apoyada es 1.5 veces el momento por peso propio de la viga y 2 veces el momento por carga móvil, este es igual a las siguientes fórmulas: $WL/8$; $FL/4$

Por lo tanto:

$$M_{3A} = (1.5 \times 361,667) + (2 \times 402,500) = 1,347,500 \text{ kg-cm.}$$

a) Rigideces de las vigas puente y cabezales.

$$K \text{ de la viga puente} = 2EI/L_1 ; L_1 = 28 \text{ m. ; } K = 0.07143$$

$$K \text{ de la viga cabezal} = 6EI/L_2 ; L_2 = 3.35 \text{ m. } K = 1.79$$

b) suma de rigideces:

$$K = 2EI/L_1 + 6EI/L_2 = 1.8614$$

c) dividiendo la rigidez de cada viga por el total de la rigideces:

$$K_1 = 0.07143/1.8614 = 0.0389$$

$$K_2 = 1.0 - 0.0389 = 0.962$$

$$K_2 = 0.962$$

2.5.4.- MOMENTO DE EMPOTRAMIENTO:

$$764,167 \times 0.962 = 735,129 \text{ Kgs-cm}$$

2.5.5.- MOMENTO AL CENTRO:

$$M_c = M_s_A - M_R$$

$$1,347,500 - 735,129 = 612,371 \text{ Kgs-cm.}$$

Momento por fuerza horizontal.

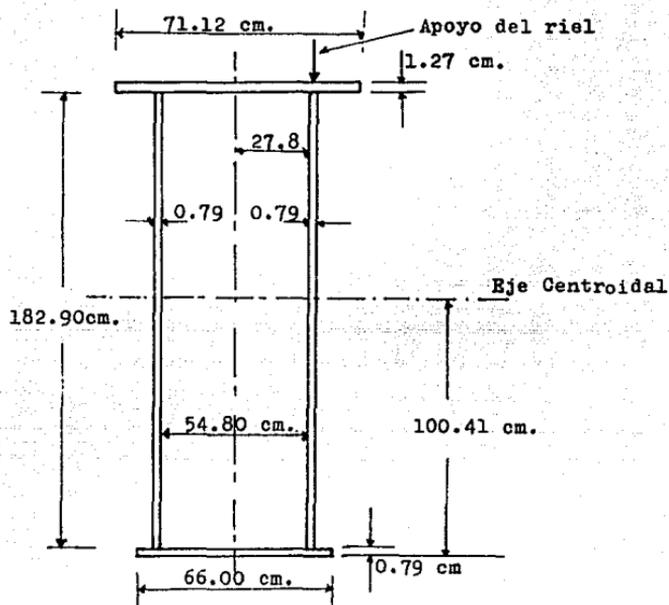
$$M_{PH} = 612,371 \text{ Kgs-cm.}$$

Momento flexionante máximo:

$$\text{Por carga vertical} = 150,954.40 \text{ Kgs-m.}$$

$$\text{Por fuerza horizontal} = 6,123.71 \text{ "}$$

2.6.- SECCION TRANSVERSAL
Comprobación de la sección.



2.6.1.- Propiedades de la sección

Centroide de la figura

$$\bar{y} = \frac{\sum dA}{A} = \frac{184.33 \times 90.32 + 92.24 \times 144.49 + 0.395 \times 52.14}{90.32 + (2 \times 144.49) + 52.14}$$

$$\bar{y} = 100.41 \text{ cm.}$$

$$\text{Area} = 431.44 \text{ cm}^2$$

Cálculo del momento de Inercia

Ixx = 1'988,957 cm⁴ (Momento de Inercia en el eje "X")

Sxc = 23,524 cm³ (Módulo de Sección a compresión)

Sxt = 19,808 cm³ (Módulo de Sección a tensión)

Iyy = 613,813 cm⁴ (Momento de Inercia en el eje del
apoyo del riel)

Syc = 10,961 cm³ (Módulo de Sección a compresión)

Torsión Constante:

$$J = \frac{4A^2}{t} ; \text{ en cm}^4 \text{ (Normas AISE No. 6 S.2.V.2.4.)}$$

$$J = \frac{4 \times 55.60^2 \times 183.93^2}{2 \left(\frac{55.60}{1.27} + \frac{183.93}{0.79} \right)} = 756,186 \text{ cm}^4$$

2.6.2.- Condiciones que debe cumplir la sección:

L/b < 60 ; 2,800/55.60 = 50.36 < 60 cumple (S.3.B.6.)

L/d < 18 ; 2,800/183.93 = 15.20 < 18 cumple (S.3.B.6.)

La relación L/d Multiplicada por el esfuerzo en el patín debido a carga vertical, entre el esfuerzo Máximo debido a carga horizontal, debe ser mayor a la relación L/b.

Esfuerzo por carga viva(sin Impacto) = 310 Kgs/cm²

Esfuerzo por carga Horizontal = 55.4 Kgs/cm²

15.20 x 310/55.4 = 84.47 > 50.36 cumple (S.3.B.6.)

a) Comprobación si lleva atiesadores longitudinales en las almas:

La relación h/t de la placa del alma, cuando lleva atiesadores longitudinales, está limitado por las siguiente:

la relación h/t no debe exceder:

$$h/t = C3 (K + 1) \frac{1400}{f_c} \dots\dots\dots (S.3.A.5.1.)$$

donde: $K = \frac{f_c}{f_t}$ y el coeficiente $C3 = 164$, $f_t = 1400 \text{ Kg/cm}^2$

condiciones dada por las normas AISE No.6

$$h/t = 182.9/0.79 = 230.64$$

$$C3 (K + 1) 1400/f_t + 164(1 + 1) 1400/1400 = 328$$

como la relación h/t $230.64 < 328$ es menor . por lo tanto lleva un atiesador longitudinal como mínimo en cada alma.

b) Checar relación; ancho-espesor

$$\text{Patín} = w_c/t < 38 \quad \text{Tabla(S.2.N.2.1.)}$$

$$54.80/1.27 = 43.15 > 38 \text{ no cumple,}$$

por lo tanto el esfuerzo permisible $f_t = 1,400$ se reduce por el siguiente factor:

$$\frac{w_c}{w} = w_c/t; \text{ donde } w_c/t = 38; w_c/w = 54.80 \text{ despejando } w_c =$$

$$38 \times 1.27 ; w_c = 48.26$$

dividiendo:

$$48.26/54.80 = 0.881 \text{ por lo tanto el esfuerzo se reduce.}$$

$$f_t = 1,400 \times 0.881 = 1,233 \text{ Kgs/cm}^2.$$

2.7.- DETERMINACION DE ESFUERZO PERMISIBLE A FLEXION

La viga puente se considera que está restringida en sus extremos, por los cabezales.

por lo tanto $K = 0.60$ (tabla)

Longitud efectiva:

$$L = 2,800 \times 0.60 = 1,680 \text{ cm.}$$

Calculandola como columna, la relación de esbeltez.

(ecuación S.2.N.2.3.)

$$\left| \frac{KL}{r} \right| = \sqrt{\frac{5.07 \times LS_{xx}}{J_{ixx}}} \text{ ----- (ecuación S.2.N.2.4.)}$$

$$\left| \frac{KL}{r} \right| = \sqrt{\frac{5.07 \times 1,680 \times 23,524}{756,186 \times 613,813}} = 17.15$$

Por tabla y convirtiendo a kg/cm^2 (tabla SA-36)... AISE Noo

$$F_{bx} = 19.23 \text{ KSI} \times 70.30 = 1,352 \text{ Kgs/cm}^2$$

$$F_{bx} = 1,352 \text{ Kgs/cm}^2 > 1,233 \text{ Kgs/cm}^2$$

2.7.1.- CHEGAR LA DEFLEXION VERTICAL (trolley + capacidad
sin Impacto)

$$\frac{(W_T + W_L) L^3}{48EI} \leq L/1000 ; \text{ en cm.}$$

$$\frac{11,500 \times 2,800^3}{48 \times 2,039,000 \times 1,988,357} = 1.30 < 2.80 \text{ cm cumple.}$$

2.7.2.- CHECAR ESFUERZO AL CENTRO POR COMBINACION DE CARGAS:

a) Carga vertical.

Carga muerta	54,250.00 x 100/23,524 =	230.60 Kg/cm ²
Carga viva	72,924.63 x 100/23,524 =	310.00 "
Impacto	23,779.77 x 100/23,524 =	101.00 "
	total =	<u>641.60 Kg/cm²</u>

El esfuerzo a flexocompresión es :

$$f_b = 641.60 \text{ Kgs/cm}^2$$

como $F_{bx} = 1.233.00 \text{ Kgs/cm}^2$ es mayor que 641.60 Kgs/cm^2 .

La sección está sobrada, pero debe cumplir con las condiciones que marca las normas y el fabricante se asegura de que este muy segura la estructura para cualquier tipo de trabajo.

b) Esfuerzo por carga horizontal (cabeceo).

$$f_{by} = 6,123.71 \times 100/10,961 = 55.87 \text{ Kgs/cm}^2$$

$$f_{by} = 55.37 \text{ Kgs/cm}^2$$

2.7.3.- Checar esfuerzos combinados por la ecuación, del manual AISE No. 6 (S.2.N.3.1.)

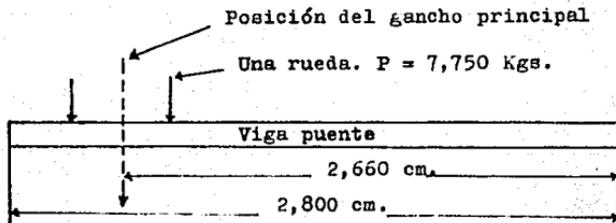
$$\frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_y} < 1$$

$$\frac{641.60}{1,352} + \frac{55.87}{1,233} = 0.52 < 1.0 \text{ cumple}$$

2.8.- ESPUERZO CORTANTE MAXIMO.

2.8.1.- Cortante directo por carga vertical

Posición del carro más cerca de un extremo con su máxima capacidad de carga.



Cortante máximo cerca del extremo:

Carga muerta (P.P.) = $7,750$ Kgs.

Carga viva, $11,500 \times 2,800/2,660$. = $10,925$ "

Impacto, $0.50 \times 10,925$ = $5,462.5$ "

total..... = $24,137.50$ Kgs.

2.8.2.- Momento torsionante:

a) Momento torsionante debido a carga vertical:

Peso del carro + capacidad + Impacto en una sola viga:

$8,000 + 15,000 = 23,000$ Kgs.

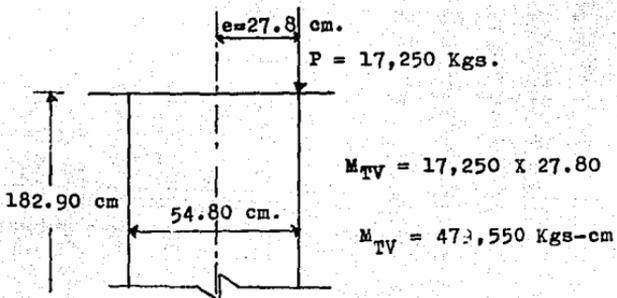
Impacto; $0.50 \times 23,000 = 11,500$ Kgs.

$W_{total} = 34.500/2 = 17,250$ Kgs.

$P = 17,250$ Kgs.

Sección transversal de una viga:

colocación del riel sobre un alma de la viga.

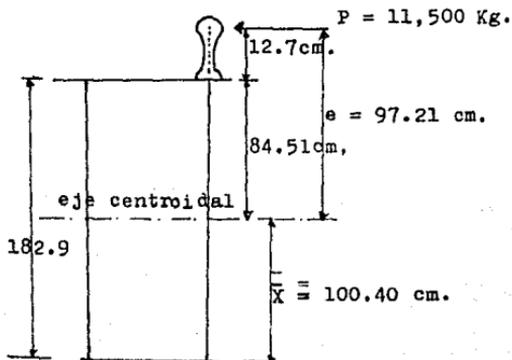


b) Momento flexionante debido a fuerza horizontal, aplicada a la cabeza del riel.

La fuerza será aplicada a una sola viga y se considerarán las siguientes cargas:

Peso del carro(P.P.) + capacidad de la grúa.

$8,000 + 15,000 = 23,000$ Kgs. entre dos vigas; $P = 11,500$ Kg.



$$M_{Th} = 1/2 \times 0.20 \times 11,500 \times 97.21$$

$$M_{Th} = 111,791.50 \text{ Kg-cm}$$

NOTA: Se considera la carga aplicada solo en una rueda y las normas AISE No. 6 ; d n el factor de 0.20

Momento torsional total: es la suma del momento vertical y el momento horizontal.

$$M_T = 479,550 + 111,791.5 = 591,341.50 \text{ Kg-cm.}$$

2.8.3.- Esfuerzo cortante en el alma por carga vertical:

$$f_{vb} = \frac{24,137,50}{2 \times 182.9 \times 0.79} = 83.13 \text{ Kgs/cm}^2$$

2.8.4.- Esfuerzo cortante en el alma por momento torsionante:

$$f_{vt} = \frac{591,341.50}{2 \times 183.9 \times 57.19} = 28.11 \text{ Kgs/cm}^2$$

2.8.5.- Esfuerzo cortante máximo en el alma, es la suma de los esfuerzos: $f_{vb} + f_{vt}$

$$f_v = f_{vb} + f_{vt} \dots\dots\dots (S.2.F.1.1.)$$

$$f_v = 83.13 + 28.11 = 111.24 \text{ kgs/cm}^2$$

Esfuerzo cortante máximo actuando.

$$f_{vm x} = 111.24 \text{ Kgs/cm}^2.$$

2.9.- CALCULO DE ATIESADORES

Atiesadores transversales.

Con el esfuerzo cortante máximo se verificará si son necesarios, colocar atiesadores transversales.

a) La relación h/t no debe ser mayor que $\frac{7,200}{\sqrt{f_v} \cdot 14.2234}$

(S.3.A.1.1.) en caso contrario se colocarán atiesadores.

$$h/t = 182.9/0.79 = 232$$

$$f_v = 111.24 \text{ Kgs/cm}^2.$$

$$\frac{7,200}{\sqrt{14.2234 \times 111.24}} = 181 < 232 \quad \text{por lo tanto lleva atiesadores}$$

b) Separación:

La separación está determinada por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{11,000t}{\sqrt{f_v \text{máx}}} \quad ; \quad \text{en pulgadas} \dots\dots\dots(\text{S.3.A.2.1.})$$

S = separación entre atiesadores transversales.

En caso de que la separación sea mayor que la altura de las almas; se tomará esta como separación máxima.

$$S = \frac{11,000(5/16)"}{\sqrt{1,582.21}} = 86.42 \text{ Pulgs.}$$

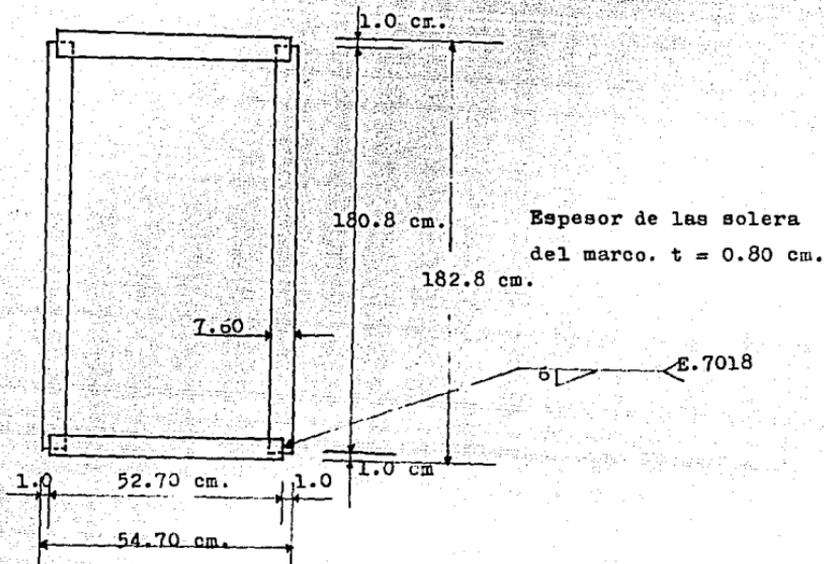
$$f_v \text{máx.} = 111.24 \times 14.2234 = 1,582.21 \text{ PSI}$$

$$S = 86.42 \times 2.54 = 219.50 \text{ cm.} > H$$

donde $H = 182.90 \text{ cm}$; la separación que rige es la altura de las almas.

$$S = 182.90 \text{ cm.}$$

c) El momento de inercia de los atiesadores, no debe ser mayor que: $I = \frac{1.2h^3 t}{a_0}$; en cm² (S.3.A.4.1.)



Los atiesadores transversales se colocarán en forma de marco para darle mayor rigidez a la sección transversal de la viga. Momento de inercia requerido según la ecuación. (S.3.A.4.1.)

$$I = \frac{1.2(182.9)^3(0.79)^3}{(182.90)^2} = 108.21 \text{ cm}^4$$

El momento del marco es el siguiente:

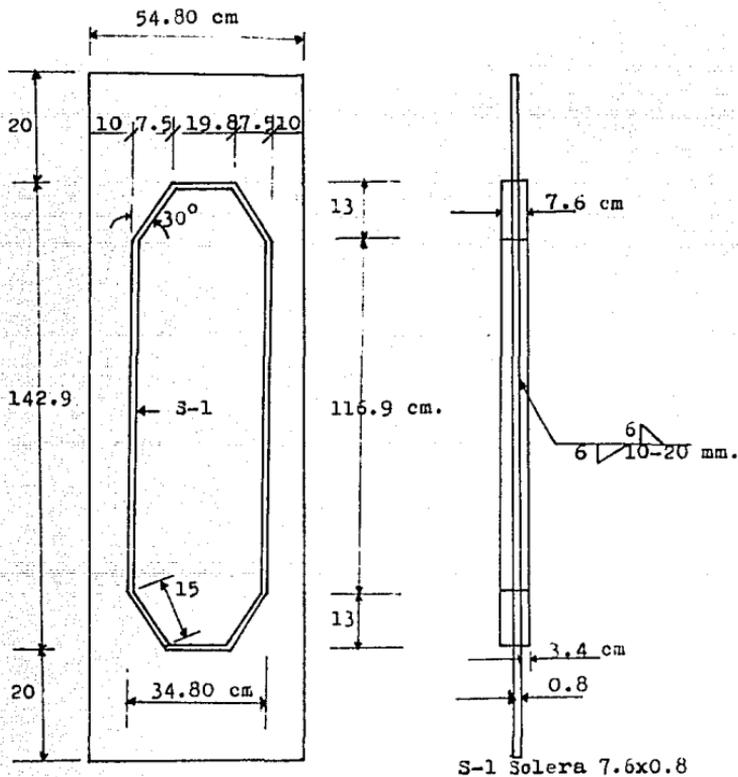
$$I_0 = 2 \left(\frac{0.8 \times 7.6^3}{3} \right) = 234.12 \text{ cm}^4 > 108.21 \text{ cm}^4 \text{ cumple.}$$

El fabricante los colocó a una separación, S = 91.44 cm. para mayor seguridad propia.

2.9.1.- ATIESADORES DE ALMA LLENA.

Los atiesadores de alma llena, van colocados donde hay un cambio de la sección. lo especifican las normas de SICARTSA, como las vigas del puente tienen un cambio de sección en los extremos y soportan los motores del puente, por lo tanto se le colocarán éstos atiesadores.

NOTA: El atiesador es modificado, se le hace una ventana reforzada con soleras, para poder entrar al interior del puente.



NOTA: Las especificaciones recomiendan un atiesador longitudinal a una separación de 33 cm. bajo el patín de compresión, o sea a un 40% de la distancia que hay entre la parte inferior del patín a compresión y el eje centroidal. El fabricante co loca otro más entre el atiesador anterior y el patín inferior para darle mayor seguridad a las almas.

Cálculo del momento de inercia.

$$\frac{a}{h} = \frac{91.44}{182.90} = 0.50 ; \quad \left(\frac{a}{h} \right)^2 = 0.25$$

colocando el atiesador; solera de 9.40 x 1.0 cm.

Area = 9.40 cm².

$$\frac{as}{h^2} = \frac{9.40}{182.9 \times 0.79} = 0.065$$

Requerimos I_o (Ecuación 3.3.A.6.1.) como mínimo

$$I_o = 0.4 + 0.6(0.50) + 0.90(0.25) + 8(0.065 \times 0.50) \times 182.90(0.79)^3$$

$I_o = 106.86 \text{ cm}^3$.

el atiesador anterior tiene un momento de inercia.

$$I = \frac{1}{3} (9.4^3 \times 1.0) = 276.86 > 106.86 \text{ cm}^3. \text{ cumple}$$

$$I_o = 0.4 + 0.6 \left(\frac{a}{h} \right) + 0.9 \left(\frac{a}{h} \right)^2 + 8 \left(\frac{A_s a}{h^2 t} \right) h t^3$$

(Ecuación: 3.3.A.6.1.)

2.10.- CALCULO DE UNIONES SOLDADAS

2.10.1.- Almas y patines:

Las almas y patines están formadas con planchas de 8 mm. de espesor. Los empalmes de las planchas, están definidos por las normas, (AISC) para su unión:

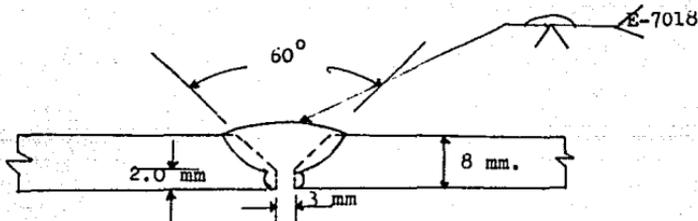
El procedimiento será de juntas precalificadas.

Las uniones se harán por soldadura de ranura de penetración completa (B-U2), esta definición está en base al proceso de soldadura, especificación del metal de aporte, clasificación del metal de aporte, con estas especificaciones se define el tipo de soldadura de ranura.

La unión de planchas, forman el alma, le dan su longitud de la grúa. Así de esta manera se forman los patines

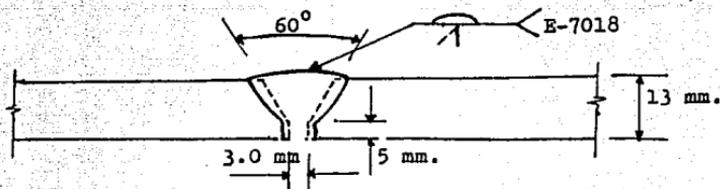
La siguiente figura muestra el tipo de la soldadura

a) Uniones de almas y patín interior



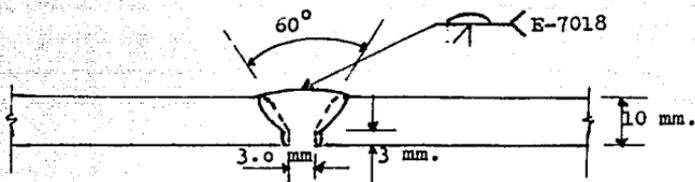
Uniones soldadas
Penetración completa.

b).- Patín superior.



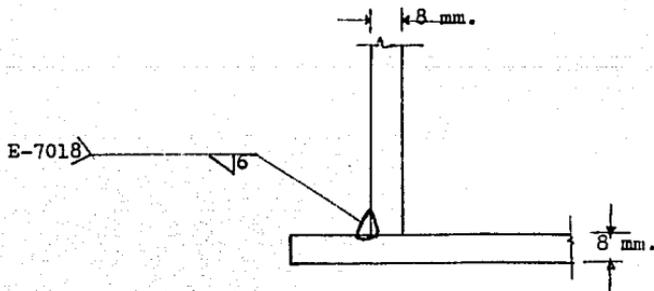
Unión soldada
Penetración completa

c).- En placas de 10 mm. de espesor.

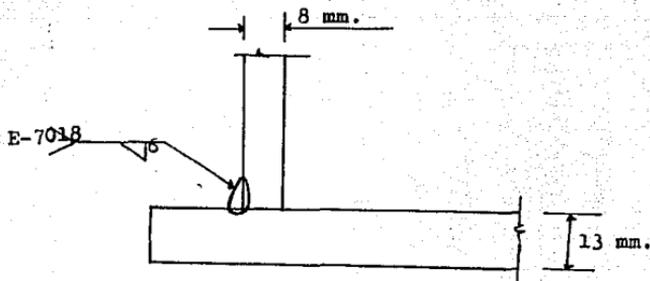


Unión soldada
Penetración completa.

d).- Unión de almas al patín inferior.



e).- Unión de almas y patín superior igual al inciso anterior.



f).- Uniones de atiesadores longitudinales, transversales, mén sulas y soleras.

Por normas (AISE No. 6), especifican que cuando se coloquen soldadura intermitente, la longitud no será mayor que 10 veces el espesor de la placa más delgada en una unión; esto sólo cuando esté trabajando a compresión; y no mayor de 14 veces el espesor de la placa más delgada de la unión, siempre y cuando esté trabajando a tensión.

La separación entre una soldadura y otra será la misma que la longitud de la soldadura.

Proceso de fabricación.

Para la fabricación de los puentes, los atiesadores se colocaron como sigue, respetando las especificaciones.

La longitud de la soldadura intermitente es de 3" y la separación de las mismas de 3"; esto se aplicó para todos los ca sos.

El espesor del chaflán es dado por los espesores de las placas unidas. Entrando a la tabla (1.17.2A.) de AISC. se tiene:

El tamaño mínimo requerido; 5 mm.

El tamaño máximo requerido; 8 mm.

Se toma un tamaño de 6 mm. por requisito de los espesores de las placas unidas, y 6 mm se encuentra en el rango.

La capacidad de una soldadura de tamaño de 6 mm.; tiene una:

$$\text{Capacidad} = 3,507 \text{ Lb/Pulg.}^2$$

Por especificación se soldará un cordón corrido.

$$L = 1,102 \text{ Pulg.}$$

Capacidad de la unión:

$$F = 3,507 \times 1,102 = 3'864,714 \text{ lb}$$

$$F = 1'753,034.30 \text{ Kgs.}$$

Si dividimos el momento flexionante Máximo en un par de fuerzas:

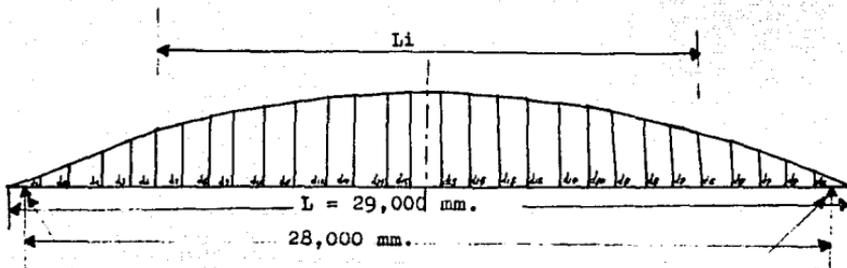
$$F = \frac{15'095,440}{185} = 81,597 \text{ Kgs.}$$

$$81,597 < 1'753,034 \text{ cumple.}$$

Es mucho menor, pero debe cumplir con las normas.

2.11.- CALCULO DE LA CONTRAFLECHA.

En seguida se calcula la contraflecha de las vigas puente, más allá de la longitud de los cabezales.



Colocación de los cabezales en las vigas puente

FORMULA:
$$d_i = \frac{d}{L^2} (L^2 - L_i^2)$$

d_1	=	0.00	mm.	L_1	=	29,000	mm.
d_2	=	2.66	"	L_2	=	27,000	"
d_3	=	5.14	"	L_3	=	25,000	"
d_4	=	7.42	"	L_4	=	23,000	"
d_5	=	9.51	"	L_5	=	21,000	"
d_6	=	11.41	"	L_6	=	19,000	"
d_7	=	13.13	"	L_7	=	17,000	"
d_8	=	14.65	"	L_8	=	15,000	"
d_9	=	15.98	"	L_9	=	13,000	"
d_{10}	=	17.12	"	L_{10}	=	11,000	"
d_{11}	=	18.07	"	L_{11}	=	9,000	"
d_{12}	=	18.83	"	L_{12}	=	7,000	"
d_{13}	=	19.41	"	L_{13}	=	5,000	"
d_{14}	=	19.79	"	L_{14}	=	3,000	"
d_{15}	=	19.98	"	L_{15}	=	1,000	"

$$\text{Contraflecha} = \frac{28,000}{1,400} = 20 \text{ mm.}$$

2.12.- CALCULO ESTRUCTURAL DE LAS VIGAS CABEZALES

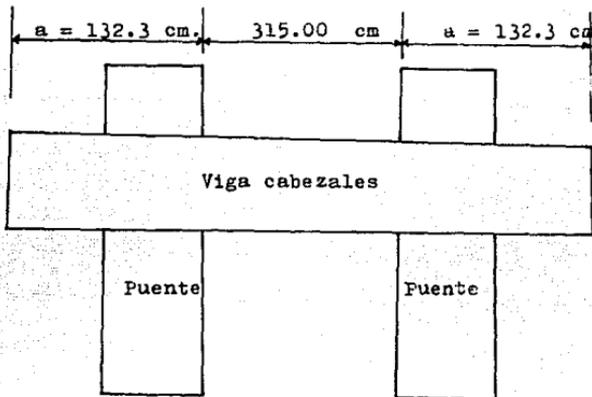
Las vigas cabezales son las que van en los extremos del puente, y sirve para unir las dos vigas puente, formando lo que será la grúa.

Bajo las vigas cabezales, van las ruedas que conducirán a la grúa a lo largo de su recorrido.

Las vigas cabezales serán de sección en cajón, y serán diseñadas por las normas del AISE No. 6 ; igual que las vigas del puente, considerando las normas del AISC.

2.13.- Cargas:

Se consideran las cargas muertas y las cargas vivas



2.13.1.- Cargas muertas:

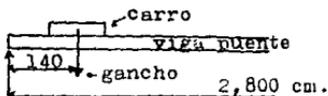
Peso de las vigas puente sobre un cabezal = 15,500 Kgs.

NOTA: El peso de las vigas puente tiene considerado el peso de las vigas cabezales, para nuestro caso se sigue considerando, y no se tomara en cuenta como carga muerta uniformemente; dado que es pequeña.

2.13.2.- Carga viva:

La carga viva, es el peso del carro más la capacidad. Se considerará que están lo más cerca posible del extremo el carro cargado a su máxima capacidad, el gancho principal se acerca a una distancia de 140 cm. del cabezal, por lo tanto la carga viva va a ser igual al peso del carro más la capacidad, multiplicada por $(2,800 - 140)/2,800$.

$$\text{Carga viva} = (8,000 + 15,000)(2,800-140)/2800 = 21,850 \text{ Kgs.}$$



2.13.3.- Carga por Impacto.

Carga por impacto es la carga viva por el factor de impacto, que es 0.50.

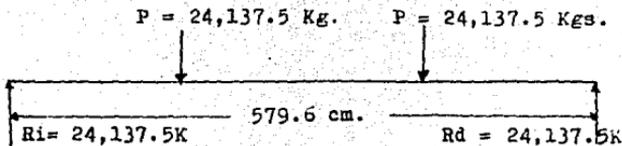
$$\text{Impacto} = 0.50 \times 21,850 = 10,925 \text{ Kgs.}$$

Suma de cargas.

Carga muerta	15,500	Kgs.
Carga viva	21,850	"
Impacto	10,925	"
	<hr/>	
total =	48,275	Kgs.

Esta carga repartida en dos vigas puente que caen sobre el cabezal.

$$P = 48,275/2 = 24,137.50 \text{ Kgs.}$$



2.14.- MOMENTO MAXIMO FLEXIONANTE

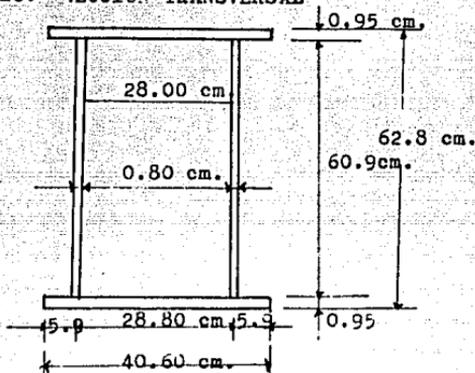
$$M_{\text{máx.}} = P a$$

$$P = 24,137.50 \text{ Kgs.}$$

$$a = 132.30 \text{ cm.}$$

$$M_{\text{máx.}} = 24,137.50 \times 132.30 = 3,139,391.00 \text{ Kgs-cm.}$$

2.16.- SECCION TRANSVERSAL



Si consideramos: $F_b = 0.55 F_y$ de las normas AISE No. 6,

$$F_b = 1,400 \text{ Kgs/cm}^2.$$

Cálculo del módulo de sección:

$$S_x = \frac{3,193,391.00}{1,400} = 2,281.00 \text{ cm}^3$$

2.16.1.- Propiedades de la sección:

$$\text{Area} = 174.00 \text{ cm}^2$$

$$\bar{X} = 31.40 \text{ cm.}$$

$$I_{xx} = 103,544.00 \text{ cm}^4$$

$$S_{xx} = \frac{103,544.00}{31.40} = 3,300 \text{ cm}^3 > 2,281.00 \text{ cm cumple}$$

2.16.2.- Condiciones que debe cumplir la sección.

$$L/d < 18 \quad 579.6/62.8 = 9.2 < 18 \quad (\text{S.3.B.6.}) \text{ O.K}$$

$$L/b < 60 \quad 579.6/28.8 = 20.1 < 60 \quad (\text{S.3.B.6.}) \text{ O.K}$$

$$b/t_f < 38 \quad 28/0.95 = 29.50 < 38 \quad (\text{Tabla S.3.A. 5.1.})$$

$$H/t_f < 160 \quad 62.80/0.79 = 79.50 < 160 \quad (\text{S.3.A.5.1.})$$

La sección cumple con todas las condiciones y se nota que esta sobrada, El fabricante coloca ésta sección.

2.17.- Deflexión:

$$\frac{Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2) \leq 0.60$$

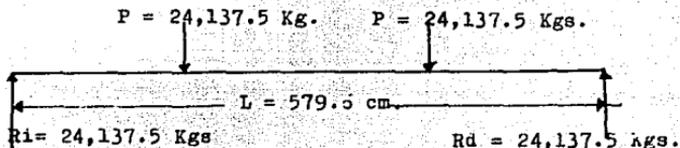
$$\frac{24,137.5 \times 132.3}{24 \times 2,039,000 \times 103,544.} \quad 3(579.6)^2 - 4(132.3)^2 < 0.60$$

$$0.50 < 0.60 \quad \text{cumple.}$$

2.17.- ESFUERZO CORTANTE MAXIMO.

El cortante directo, es la reacción de las cargas que caen sobre la viga del cabezal.

$P = 24,137.5$ Kgs. (peso de las vigas puente más carga viva)



Cortante directo; $V = R_i = R_d = 24,137.5$ kgs.

Esfuerzo cortante máximo:

$$f_{vm\acute{a}x.} = \frac{V}{2th} \quad \text{donde: } t = 0.80 \text{ cm (espesor del alma)}$$
$$h = 60.90 \text{ cm (altura del alma)}$$

$$f_{vm\acute{a}x.} = \frac{24,137.5}{2 \times 8.80 \times 60.9}$$

$$f_{vm\acute{a}x.} = 248.00 \text{ Kgs/cm}^2$$

Las normas del AISE No. 5, especifican que el esfuerzo cortante permisible es de $0.33F_y$; para acero A-36. (tabla No. S.2.L.1.I.) página 3D-17.

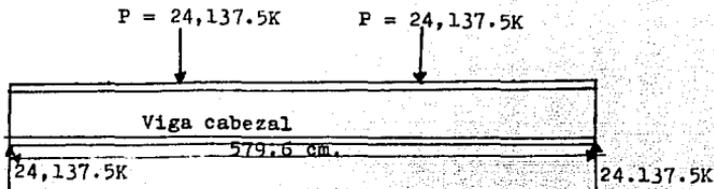
por lo tanto:

$$f_{vm\acute{a}x.} = 240 \text{ Kgs/cm}^2 < 835 \text{ Kgs/cm}^2 ; \text{ cumple.}$$

2.18.- CALCULO DE ATIESADORES.

a) Requerimiento de atiesadores, bajo cargas concentradas.

NOTA: La carga que cae sobre la viga cabezal, se considera que es solo una, ya que el puente con sección en forma de cajón, tiene dos apoyos.



$$\frac{R}{tw(N+2K)} < 0.6F_y \quad \text{donde: } K = 3/8" + 1/4" = 1" \quad (K = t_f \text{ del patín} + \text{tamaño de soldadura),}$$

$$\frac{24,137.5}{5/16(0+2 \times 1)} = 38.6 > 21.6 \text{ KSI} \quad \text{fórmula (1.10.8. AISC)}$$

como no cumple el requisito, por lo tanto es necesario colocar atiesadore.

El esfuerzo permisible para atiesadores al aplastamiento es de $0.60F_y$.

Area necesaria del atiesador:

$$A = \frac{24,137.5}{0.6 \times 2530} = 15.90 \text{ cm}^2$$

Se colocaron los atiesadores de las siguientes placas: (0.8×27.2) . Las almas soportan una cantidad de carga, el AISC dice que para para atiesadores intermedio, le corresponde el 25t, donde t es el espesor del alma.

El atiesador se revisará como columna con una longitud efectiva de $L = 0.75 \times 61 = 45.75 \text{ cm}$.

$$24t = (24 \times 0.80) = 19.20 \times 2 = 38.40 \text{ cm.}$$

$$\text{Area} = (27.2 + 38.40) \times 0.80 = 52.48 \text{ cm}^2.$$

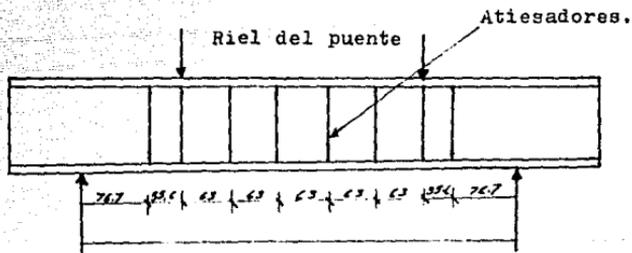
$$I = \frac{0.8 \times 27.2^3}{3} = 5,366.00 \text{ cm}^4 \text{ (momento de inercia del atiesador)}$$

$$r = \frac{5,366.00}{52.48} = 10.11 \text{ cm (radio de giro del atiesador)}$$

$$\frac{L}{r} = \frac{45.75}{10.11} = 4.52$$

Por tabla, $F_a = 1,504 \text{ Kgs/cm}^2$.

$$P = 1,504 \times 52.48 = 78930 \text{ Kgs.} \quad 24.137.50 \text{ Kgs cumple.}$$



b) Atiesadores intermedios:

Datos:

$$h = 61 \text{ cm.}, \quad t = 0.80 \text{ cm.};$$

$$V = 24,137.5 \text{ Kgs.}$$

$$\text{Esfuerzo cortante: } f_v = 248 \text{ kgs/cm}^2$$

Comprobar si es necesario colocar atiesadores intermedios, en el panel de 315 cm (entre los dos puentes)

Cálculo de esfuerzo permisible..... 1.10.5 AISC

$$h/t = 61/0.8 = 76.25$$

$$a/h = 315/61 = 5.16 \text{Apéndice A AISC}$$

de la tabla 10.3ó pág. 5-80 AISC

$$F_v = 14.50 \text{ KSI} = 1,019.46 \text{ Kgs/cm}^2.$$

Por lo tanto: $1,019.46 > 248 \text{ Kgs/cm}^2$; no es necesario atiesadores intermedios en este panel.

Se colocaron cuatro atiesadores separados a una misma distancia, para mayor seguridad de las vigas cabezales.

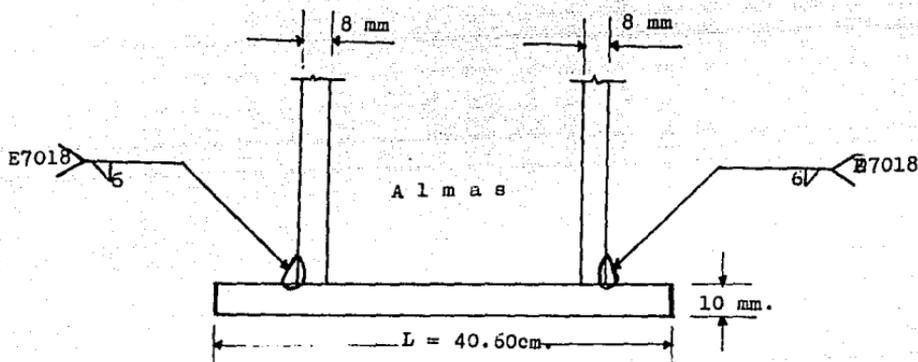
2.19.- CALCULO DE UNIONES SOLDADAS Y APORNILLADAS

2.19.1.- Uniones soldadas:

La soldadura es un cordón a todo lo largo de la unión de las almas y patines.

Tamaño mínimo de soldadura $t = 5 \text{ mm}$.

Tamaño máximo de soldadura $t = 8 \text{ mm}$.



Viga cajón de los cabezales.

Se colocó una soldadura de tamaño de $t = 6 \text{ mm}$. ya que estamos en el rango establecido por las normas.

2.19.2.-CONEXION AFORNILLADA DEL PUENTE AL CABEZAL.

Análisis de la unión:

La reacción de la viga puente, que nos resultó del análisis como una viga simplemente apoyada, es de: $R = 24,137.5$ Kgs.

Angulo A-2

Esta soportando una fuerza cortante de 24.137 tons.

Area del ángulo: $A = (7.6+7.6)1.0 = 15.20$ cm².

Esfuerzo permisible a tensión $f_t = 0.6f_y = 1,520$ Kgs/cm².

$P = 15.2 \times 1.520 = 23.10$ tons. por dos ángulos

$P = 46.20$ tons \rangle 24.14 tons. pasa

Tornillos

$\phi = 3/4"$

A-325 Alta resistencia

Esfuerzo permisible a cortante (Plano de corte en la cuerda)

$F_v = 1,054$ Kgs/cm².

Cap. al corte de un tornillo = $3,004$ Kgs.

Tornillos A

Consideraremos a estos tornillos como sino trabajarán al corte

Tornillos B

Su resistencia al corte es de:

4 tornillos \times $3,004$ Kgs = 12.012 tons.

Tornillos C

Estos tornillos están con un ángulo de inclinación, por lo tanto tiene un ángulo = 56.50° :

Cap. = $4 \times \cos(56.5)^\circ \times 3,004$ kgs. = 6.63 tons.

La capacidad total de los tornillos al cortante es de:

$$\text{Cap.} = 12.012 + 6.63 = 18.642 \text{ tons.}$$

por dos lados que tiene la conexión:

$$\text{Cap.}_{\text{total}} = 37.284 \text{ tons.} > 24.14 \text{ tons.} \quad \text{cumple}$$

Angulo A-4

Este ángulo tiene una área de $A = (7.6+7.6)1.0 = 15.2 \text{ cm}^2$.

Carga que resiste a tensión $f_t = 1,520 \text{ kgs/cm}^2$.

$$P = 15.20 \times 1,520 = 23.10 \text{ tons.}$$

Por dos ángulos que tiene la unión.

$$P = 23.10 \times 2 = 46.20 \text{ tons.} > 24.$$

La fuerza cortante que actúa en los ángulos es:

$$F_c = 24.14/\text{sen}(33.50)^\circ = 43.74 \text{ tons.}$$

por lo tanto $46.20 > 43.74 \text{ tons.} \quad \text{cumple}$

Placa P_L-2

Tiene una área de $71.7 \times 1.0 = 71.70 \text{ cm}^2$.

Carga que resiste: $P = 71.70 \times 1,520 = 108.98 \text{ tons} > 43.74 \text{ tons}$

La placa está sobrada.

Soldadura P_L-2

Colocando un tamaño de soldadura de $t = 5 \text{ mm } (3/16)''$ esta soldadura tiene una capacidad al corte de:

$$C_v = 0.7071 \times 3/16 \times 0.3 \times 70,000 = 2,784 \text{ Lb/Pulg.} = 497 \text{ Kgs/cm}$$

Tenemos una longitud de soldadura de $L = 165 \text{ cm}$.

Capacidad de la unión soldada: $165 \times 497 = 82.00 \text{ tons.} \quad \text{mayor}$
que 43.74 tons que actúan, pasa.

Soldadura A-4

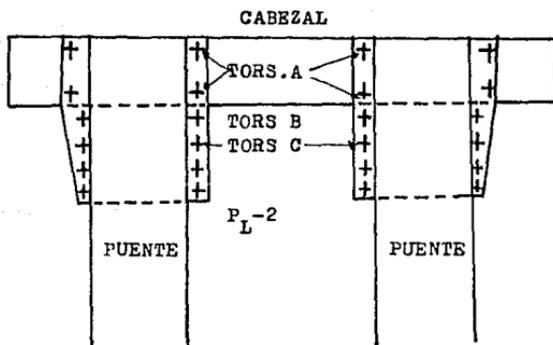
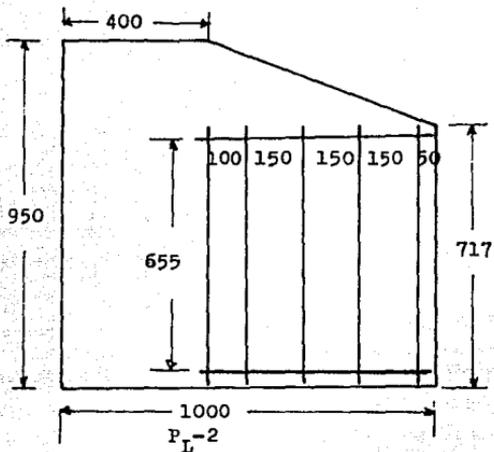
Tenemos una longitud de soldadura de $L = 70.20$ cm por lo tanto tenemos una capacidad de $70.20 \times 497 = 69.78$ tons. que es mayor de 43.74 tons, cumple.

Soldadura de los ángulos A-2, A-3

Longitud de la soldadura es de $L = 68.8$ cm por cada ángulo por lo tanto tiene una capacidad de $68.8 \times 497 = 30.22$ tons. por dos ángulos que tiene la unión.

Cap. = $2 \times 30.22 = 60.44$ tons. > 24.14 cumplen.

ELEMENTOS DE LA UNION CABEZAL-PUENTE



PLANTA DE CONEXION

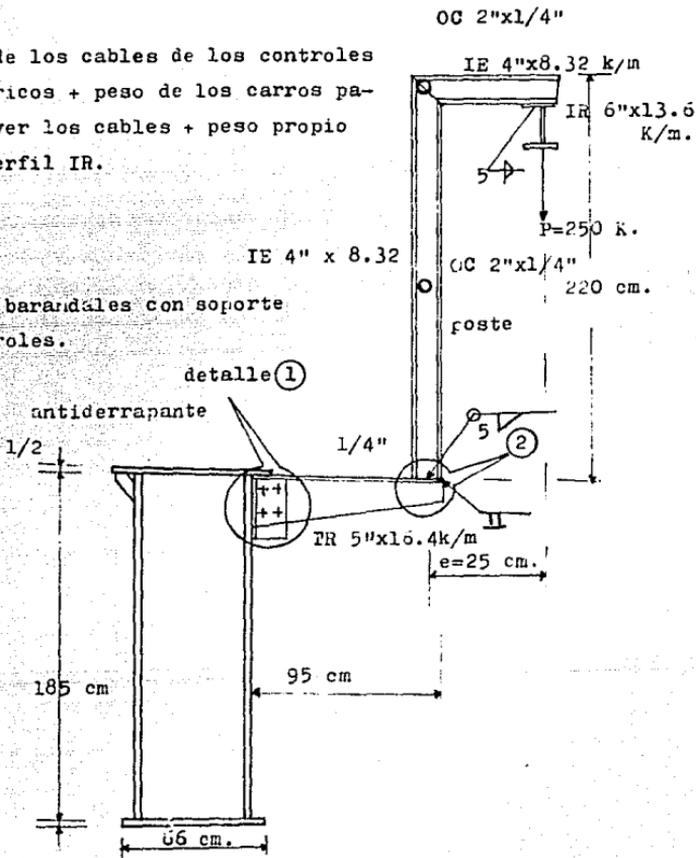
2.20.- PASILLOS Y BARANDALES. I

Se colocarán dos pasillos con barandales, uno en cada lado de cada puente, uno de los pasillos, llevará soporte para los controles eléctricos de la grúa.

NOTA: Las dimensiones son dadas por las normas de sicartsa.

P = peso de los cables de los controles eléctricos + peso de los carros para mover los cables + peso propio del perfil IR.

pasillo y barandales con soporte para controles.



2.20.1.- Cálculo del pasillo y barandal

Momento en el punto 2

$$M_2 = PL$$

$$P = 250 \text{ kgs.}$$

$$L = 25 \text{ cm.}$$

$$M_2 = 250 \times 25 = 6,250 \text{ kgs-cm}$$

$$F_b = 0.6F_y = 1,520 \text{ kgs/cm}^2.$$

$$\text{por lo tanto } S = \frac{M}{F_b} ; \quad S = 6,250/1,520 = 4.12 \text{ cm}^3.$$

S : Módulo de sección

Se propone un perfil IE, para el poste y el voladizo,

IE 4"x(8.32 kgs/m)

$$I_x = 171 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 34.2 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 4.01 \text{ cm}$$

Manual: INCA

$$34.2 > 4.12 \text{ cm}^3.$$

se nota que el perfil está sobrado, por lo que se colocará éste perfil ya que es el de menor fabricación.

Momento en el punto 1

$$M_1 = \frac{wL^2}{2} + M_2$$

datos:

w = 810 kgs. (peso propio de la placa antiderrapante + carga viva).

$$L = 95 \text{ cm}$$

$$M_1 = \frac{810 (0.95)^2}{2} + 62.50 = 428.01 \text{ Kgs-m}$$

$$M_1 = 42,801 \text{ kgs-cm}$$

considerando $F_b = 0.6F_y$

$$F_b = 1,520. \text{ kgs/cm}^2.$$

El módulo de sección es $S = M/F_b$

$$S = 42,801 / 1,520 = 28 \text{ cm}^3.$$

se propone el siguiente perfil

TR 5"x(19.40 kgs/m)

$$I_x = 327 \text{ cm}^4.$$

$$S_x = 31.3 \text{ cm}^3.$$

$$r_x = 3.64 \text{ cm}$$

$$31.3 > 28 \quad \text{pasa}$$

Cálculo de la unión del detalle 1

Se colocarán dos ángulos de espaldas del mismo tamaño que el perfil TR., éstos ángulos soportan tornillos desde un diámetro de una pulgada y su gramil es disponible para dos tornillos.

ángulos:

propiedades:

2LI 5"x(16.4 kgs/m)

Cálculo de los tornillos al cortante.

Se colocarán tornillos de alta resistencia.

tornillos A-325 $F_v = 1,230 \text{ kgs/cm}^2.$ Manual de IMCA

dividiendo en un par de fuerzas el momento actuante en la

$$\text{unión. } F = \frac{M}{d}$$

$L = 42,801 \text{ kgs-cm}$

$d = 5 \text{ cm}$ (separación de los tornillos de tensión y compresión)

$F = 42,801/5 = 8.560 \text{ kgs}$

$F = 8,560 \text{ kgs}$ cortante

área necesaria = F/F_v

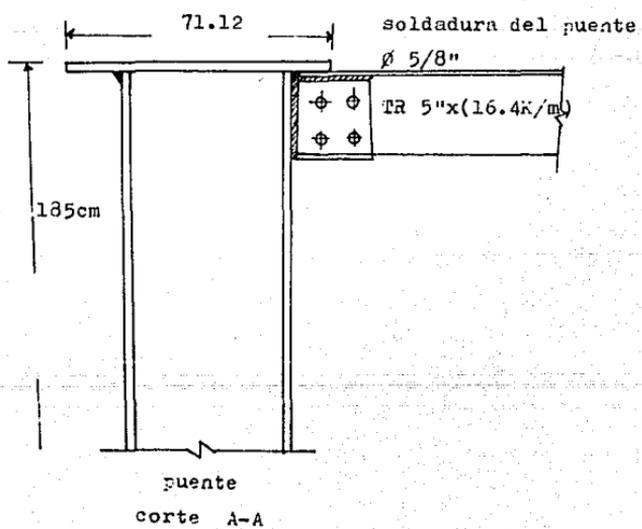
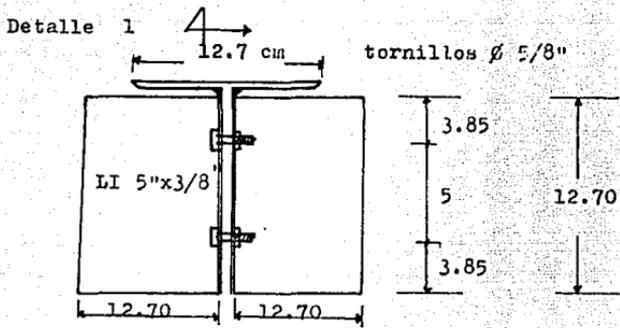
$A = 8,560/1,230 = 6.96 \text{ cm}^2.$

colocaremos cuatro tornillos, dos a tensión y dos a compresión.

diámetro de los tornillos $\phi = 5/8"$

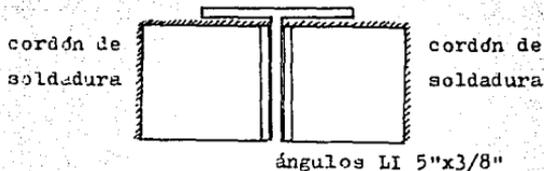
área de un tornillo = $1.98 \text{ cm}^2.$

área total $2 \times 1.98 = 3.96 \text{ cm}^2$ x dos ángulos = $7.92 \text{ cm}^2.$



2.20.2.- CALCULO DE LA UNION SOLDADA DEL PASILLO AL PUNTE

Se soldarán los dos ángulos al alma del puente, como se muestra en la siguiente figura. TS(19.40 kgs/m)



Dato: geométricos

alma del puente

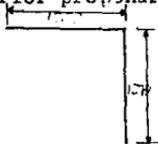
$t = 5/16"$

ángulos, 5" x 3/8"

El momento máximo que calculamos en el detalle 1 es de:

$M_{máx} = 42,801 \text{ Kgs/cm}^2$, dado que tenemos dos ángulos en la unión, el momento actuante será de $21,400.50 \text{ Kgs/cm}^2$.

Por lo anterior propondremos un cordón en la siguiente forma



Obteniendo propiedades geométricas.

El centroide de una figura de un ángulo de lados iguales está dado por el manual : $\bar{x} = \bar{y} = 3.48 \text{ cm}$

Momento polar de inercia

$$J = \frac{(b + d)^3}{12} - \frac{b(b+d)^2}{b+d}$$

$$J = \frac{(12.70 + 12.70)^3}{12} - \frac{12.70(12.70+12.70)^2}{12.70 + 12.70} = 1,043.00 \text{ cm}^4$$

Esfuerzos

$$f_y = \frac{M}{J} \bar{y} = \frac{21,400.5 \times 3.48}{1,043} = 71.40 \text{ Kgs/cm}^2.$$

$$f_x = \frac{M}{J} \bar{x} = \frac{21,400.5 \times 3.48}{1,043} = 71.40 \text{ Kgs/cm}^2$$

$$f_R = f_y^2 + f_x^2 = 71.40^2 + 71.40^2 = 100.97 \text{ Kgs/cm}^2$$

Requisito mínimo de soldadura:

Con las tablas del manual AISE y teniendo los siguientes espesores de materiales de la unión se tiene los siguientes tamaños de soldadura:

Alma $t = 3/16''$

Angulo $t = 3/8''$

Tamaño mínimo requerido es de $t = 3/16''$ y tiene una capacidad de $0.7071 \times 0.30 \times 3/16 \times 70,000 = 2,784 \text{ Lb/In}$

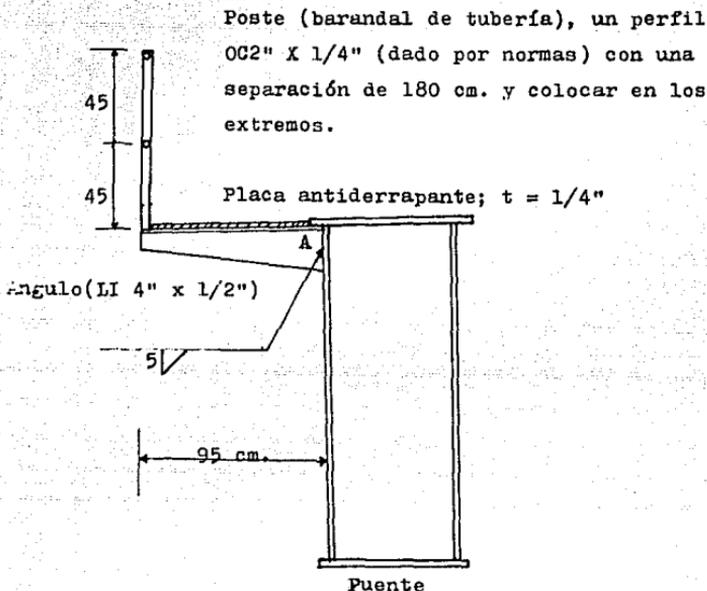
Convirtiendo de Lb/In a Kg/cm se tiene:

$$2,784 \text{ Lb/In} = 497.17 \text{ Kgs/cm}$$

Por lo tanto tenemos:

$$497 < 100.97 \text{ Kgs/cm} \quad \text{cumple}$$

2.21.- PASILLO Y BARANDAL. II



Cálculo del ángulo:

$$M_A = \frac{wL^2}{2} = \frac{810 (0.95)^2}{2} = 365.51 \text{ Kgs-cm} = 36,551.00 \text{ Kg-cm}$$

$$S = \frac{36,551}{0.6 \times 2530} = 24 \text{ cm}^3 ; \text{ Módulo de sección requerido.}$$

Proponiendo el siguiente perfil, y considerando un esfuerzo permisible de 0.6 Fy.

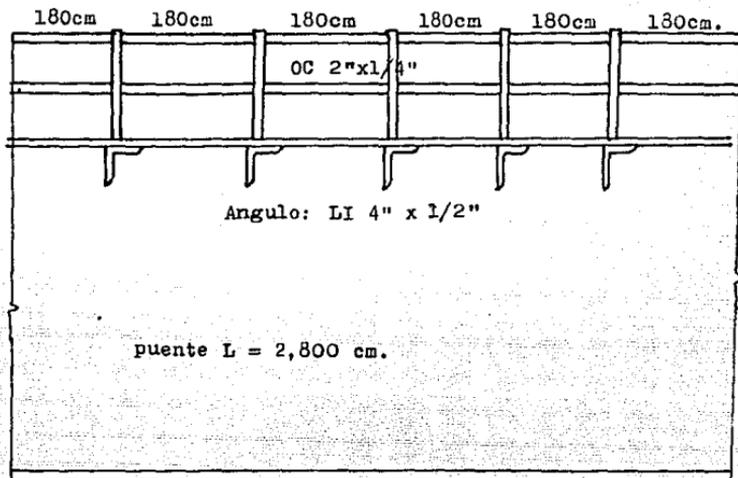
Angulo LI 4" x 1/2"

$$S = 32.30 \text{ cm}^3$$

$$I = 231.40 \text{ cm}^4$$

Por lo tanto, $32.30 > 24 \text{ cm}^3$ cumple .

Pasillo y barandal.



2.22.- CABINA

a). Cálculo de soportes de la cabina

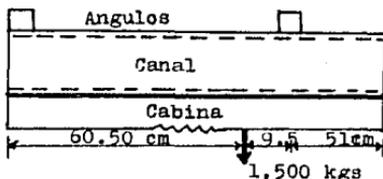
El peso de la cabina más carga viva es aproximadamente de 3,000 Kgs. (dato proporcionado por el diseñador de la grúa).

La cabina será soportada por dos canales, soldadas en la parte superior de la cabina, a la vez las canales serán unidas por dos ángulos que van soldados y atornillados al alma del puente.

b). Cálculo de las canales:

El peso de la cabina es soportado por dos canales, $3,000/2$

$P = 1,500$ Kgs



Momento flexionante:

$$M = 1,500 \times 60.5 = 90,750 \text{ Kgs-cm}$$

El fabricante colocó el siguiente perfil, por el tamaño de los elementos que se van a unir.

C 8"(20.0 Lb/ft); 20.32cm x 29.76 Kgs/m.

Propiedades:

$$I = 2,264.30 \text{ cm}^4.$$

$$S = 222.86 \text{ cm}^3.$$

$$T_x = 3/8"$$

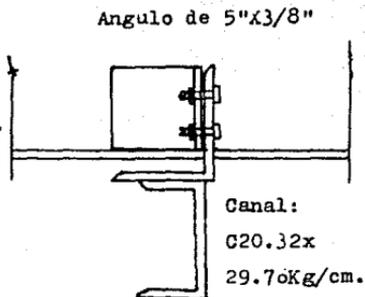
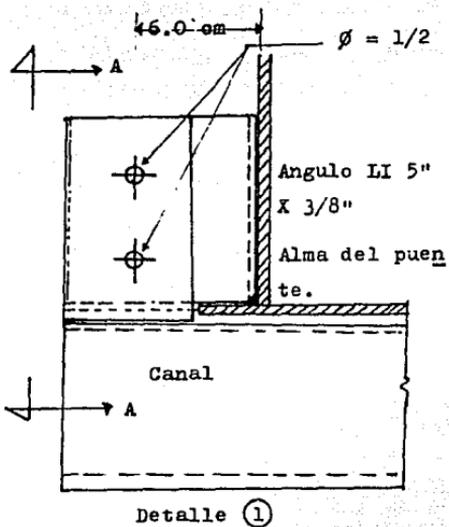
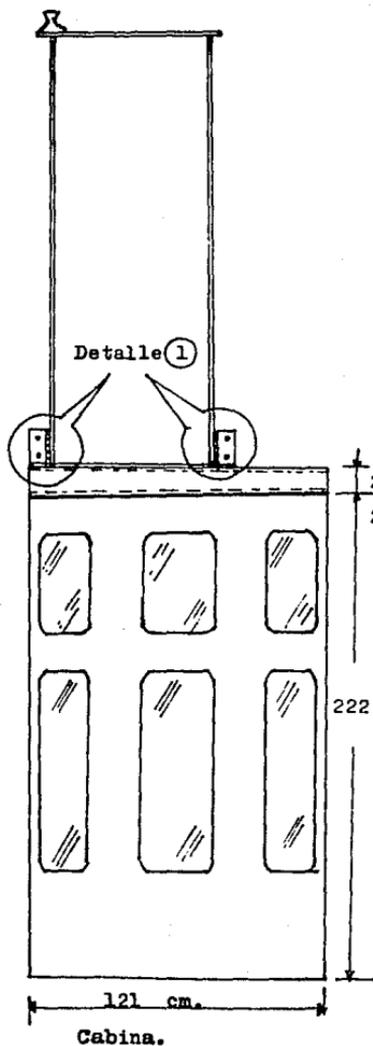
$$b_f = 3"$$

$$t_f = 1/2"$$

$$\text{Calculando } P_b = M/S_{xx} ; P_b = 90,750/222.86 = 407.21 \text{ Kgs/cm}^2.$$

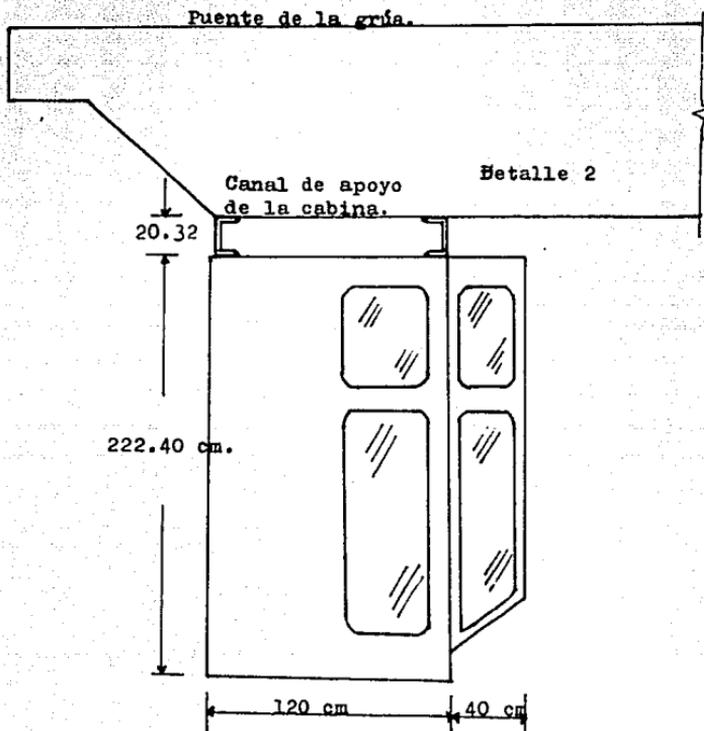
Por lo tanto: $407.21 < 0.6F_y$ cumple.

CABINA:



Corte A-A y Detalle ②

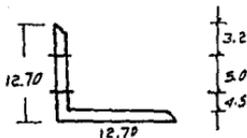
Vista longitudinal de la colocación de la cabina:



Cabina.

c) Cálculo de los ángulos:

Se colocarán ángulos de lados iguales; LI 5X3/8" y de éste tamaño para poder colocar dos tornillos de $\phi = 1/2"$, y los dos ángulos que lleva la unión serán iguales.



(manual IMCA)

d) Cálculo de los tornillos:

Tornillos de $\phi = 1/2"$

Tornillos; A-307

Capacidad al cortante de un tornillo = 889.00 Kg/tor. (M.M.)

como son cuatro uniones.

$3000/4 = 750$ Kgs/unión.

Cap. de la unión = $889.0 \times 2 = 1,778.00$ Kgs > 750 Kgs. cumple.

e) Cálculo de la soldadura de los ángulos con la canal:

Longitud de la soldadura:

$L = 2 \times 7.62 = 15.24$ cm (dos cordones, uno por cada lado)

Tamaño mínimo de la soldadura.

$t = 3/16"$; de la tabla del M. AISC.

Esfuerzos:

$$f_t = \frac{P}{L T_c} \text{ ----- (a)}$$

Fórmulas del Bresler.

$$f_v = \frac{P/2}{L T_c} \text{ ----- (b)}$$

Donde:

f_t = Esfuerzo de tensión

f_v = Esfuerzo de cortante

L = Longitud de la soldadura

$T_c = 0.707T$, donde T es el ancho de la pierna

P = Carga.

$$T_c = 0.707 \times 3/16 = 0.133 \text{ Pulg.} = 0.337 \text{ cm}$$

$$f_v = \frac{P/2}{LT_c} = \frac{750/2}{15.24 \times 0.337} = 73.02 \text{ Kgs/cm}^2.$$

$$f_t = \frac{P}{LT_c} = \frac{750.0}{15.24 \times 0.337} = 146.03 \text{ Kgs/cm}^2.$$

$$f_R = \sqrt{f_v^2 + f_t^2} = \sqrt{73.02^2 + 146.03^2} = 162.80 \text{ K/cm}^2.$$

Capacidad de la soldadura de un tamaño de $t = 3/16''$

$$\text{Cap.} = 497.17 > 162.80 \text{ Kgs/cm} \quad \text{Cumple}$$

f) Cálculo de la soldadura del ángulo y el alma del puente.

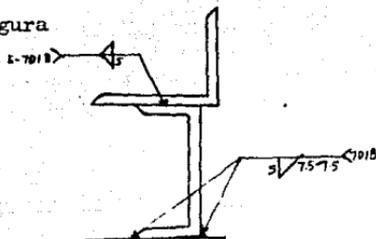
Momento actuante en la unión

$$M = 750 \times 6 = 4,500 \text{ kgs-cm}$$

Propiedades geométricas de la figura

Momento polar de inercia:

$$J = \frac{(b+d)^3}{12} - \frac{b(b+d)^2}{b+d}$$



$$J = \frac{(12.70 + 12.70)^3}{12} - \frac{12.70(12.70 + 12.70)^2}{12.70 + 12.70}$$

$$J = 1,043 \text{ cm}^4.$$

Esfuerzos:

$$f_v = \frac{V}{L} = \frac{750.0}{25.40} = 29.53 \text{ Kgs/cm}^2.$$

$$f_y = \frac{M}{J} \bar{Y} = \frac{4,500.}{1,043} \times 3.48 = 15.01 \text{ Kgs/cm}^2$$

$$f_x = \frac{M}{J} \bar{X} = \frac{4,500.}{1,043} \times 3.48 = 15.01 \text{ Kgs/cm}^2.$$

$$f_R = \sqrt{(f_v + f_y)^2 + f_x^2} = \sqrt{(29.53 + 15.01)^2 + (15.01)^2}$$

$$f_R = 47 < 497 \text{ Kgs/cm}^2 ; \text{ cumple}$$

497 Kgs/cm . Capacidad de la soldadura de $t = 3/16''$.

3.1.- PLANO DE ARREGLO GENERAL.

Este plano, es el que indica las posiciones de todas las partes que forman la grúa, así como las dimensiones de la grúa; todos éstos arreglos y colocación de accesorios que conforman a la grúa, son tomados de los datos y especificaciones que proporciona el cliente y el fabricante.

Este plano es enviado al cliente para que lo revise y le de el visto bueno; una vez aceptado, se procede a elaborar el plano de taller, para su fabricación de cada pieza de la grúa.

En seguida se enumera una lista de terminos y su definición más usuales para las grúas puente operadas eléctricamente, de tipo bipuente, monopuente, pórtico y semipórtico; estas definiciones son dadas por las normas oficial Mexicana.

3.2.- TERMINOLOGIA:

3.2.1.-Acercamiento lateral del aparejo inferior:

Distancia mínima horizontal entre el centro del riel y el centro del aparejo inferior.

3.2.2. Alimentadores principales:

Es el sistema de conducción eléctrica para energizar la grúa.

3.2.3. Altura de izaje:

Es la distancia vertical que recorre el aparejo inferior.

3.3.4. Amortiguadores:

Son los dispositivos que sirven para reducir el impacto de la grúa al chocar contra los topes.

- 3.2.5. **Aparejo inferior:**
Es el conjunto de poleas y armazón del cuál se suspen
de la carga.
- 3.2.6. **Aparejo superior:**
Es el conjunto de poleas que van instaladas en la es-
tructura del dispositivo de carga o del carro.
- 3.2.7. **Batalla:**
Es la distancia entre los ejes de dos ruedas extremas
de un cabezal del puente o del carro.
- 3.2.8. **Cabezales:**
Son los elementos estructurales que soportan la viga
o vigas del carro o del puente.
- 3.2.9. **Cabina:**
Es la parte de la grúa que sirve para alojar al ope-
rador.
- 3.2.10. **Cable de carga:**
Es el cable de acero que sirve para soportar la carga
y que se enrolla en el tambor.
- 3.2.11. **Capacidad nominal:**
Es la carga máxima en toneladas métricas para la cuál
se diseña la grúa.
- 3.2.12. **Carga por rueda:**
Es la mayor fuerza producida en una rueda por efectos
del peso de la grúa y su carga.
- 3.2.13. **Carga máxima por rueda:**
Es la carga por rueda incrementada por el impacto ver
tical.
- 3.2.14. **Carro:**
Componente de la grúa en donde va ensamblado el dispo-
sitivo de elevación de la carga.

3.2.15. Claro de la grúa:

Es la distancia horizontal paralela al puente entre los centros de las llantas de las ruedas.

3.2.16. Claro del carro:

Es la distancia entre centro de rieles de los de los puentes.

3.2.17. Conexión a tierra:

Es la conexión directa a un sistema de tierra de todo el equipo eléctrico en la grúa.

3.2.18. Contactor:

Es un dispositivo electromecánico que conecta o interrumpe un circuito eléctrico.

3.2.19. Contactor general:

Es un contactor magnético usado para conectar o interrumpir la corriente que viene de los tomacorrientes principales.

3.2.20. Contraflecha:

Es una curvatura vertical hacia arriba que se le debe dar a la viga o las vigas del puente.

3.2.21. Contra-par:

Es el método de control para frenar invirtiendo la polaridad de las líneas del motor o la secuencia de sus fases. También se llama contra-marcha.

3.2.22. Contra-maestro:

Es un dispositivo manual que sirve para controlar los movimientos de la grúa.

3.2.23. Desplazamiento:

Es el movimiento del carro a lo largo del puente; también se conoce como dirección.

3.2.24. Estación de botones:

Es el control de mando con botones operados manualmente.

3.2.25. Freno de retención:

Es un dispositivo que sirve para parar y sostener la carga en cualquier posición durante su recorrido.

3.2.26. Freno electrodinámico:

Es un método de control para frenar el descenso de la carga conectando el motor del dispositivo de elevación de tal forma que actúa como generador, devolviendo corriente a resistencias o a las líneas.

3.2.27. Freno de corriente parásitas:

Es un método de control para frenar el descenso de la carga conectando el motor del dispositivo de elevación a un freno de inducción eléctrica.

3.2.28. Freno mecánico de carga:

Es un freno automático de fricción, que actúa solamente en la dirección de descenso de la carga.

3.2.29. Grúa puente:

Máquina para mover cargas en un área determinada, en sentido vertical, longitudinal y transversal, consistente en uno u otro sentido.

3.2.30. Interruptor general:

Es un interruptor mecánico manual usado para conectar e interrumpir la corriente que viene de los tomacorriente principales.

3.2.31. Interruptor límite:

Es dispositivo automático que sirve para cortar la energía eléctrica cerca de los límites de un recorrido.

3.2.32. Izaje:

Es el movimiento de ascenso y descenso del aparejo inferior.

3.2.33. Libramientos:

Son los espacios libre entre cualquier parte de la grúa y la obstrucción más próxima.

3.2.34. Malacate:

Es dispositivo instalado en las grúas puente para izaje de carga. Se compone generalmente de motor, freno, reductor, tambor, cable y aparejos inferior y superior, diseñado de acuerdo con las normas de grúas.

3.2.35. Pasarela:

Son los pasillos de acceso instalados en el puente o en el o los carros de la grúa.

3.2.36. Polea igualadora:

Es una polea auxiliar que sirve para balancear las cargas en el cable.

3.2.37. Polipasto:

Es un dispositivo compacto para izaje de carga. Se compone generalmente de motor, freno, reductor, tambor, cable, y aparejo inferior y superior diseñado de acuerdo con las normas de polipastos.

3.2.38. Puente:

Es el conjunto de elementos estructurales que soportan las cargas en el claro.

3.2.39. Rieles:

Son las vías de rodamiento instaladas en la trabe carril o en las vigas del puente.

3.2.40. Sistema motriz.

Conjunto de partes electromecánicas, necesarias para transmitir el movimiento al puente y al carro.

3.2.41. Sobrecarga:

Es el excedente sobre la capacidad nominal.

3.2.42. Tambor:

Es la parte del malacate o polipasto en que se enrolla el cable.

3.2.43. Toma corriente:

Es un dispositivo para establecer interconexión eléctrica móvil entre alimentadores y equipo.

3.2.44. Topes:

Son los dispositivos limitantes de carrera que van fijos en los extremos de la trabe carril y en los extremos de las vigas de los puentes.

3.2.45. Trabe carril:

Es la parte de la estructura externa de soporte consistente en viga, riel y sistema de fijación, sobre la cuál se traslada la grúa puente.

3.2.46. Traslación:

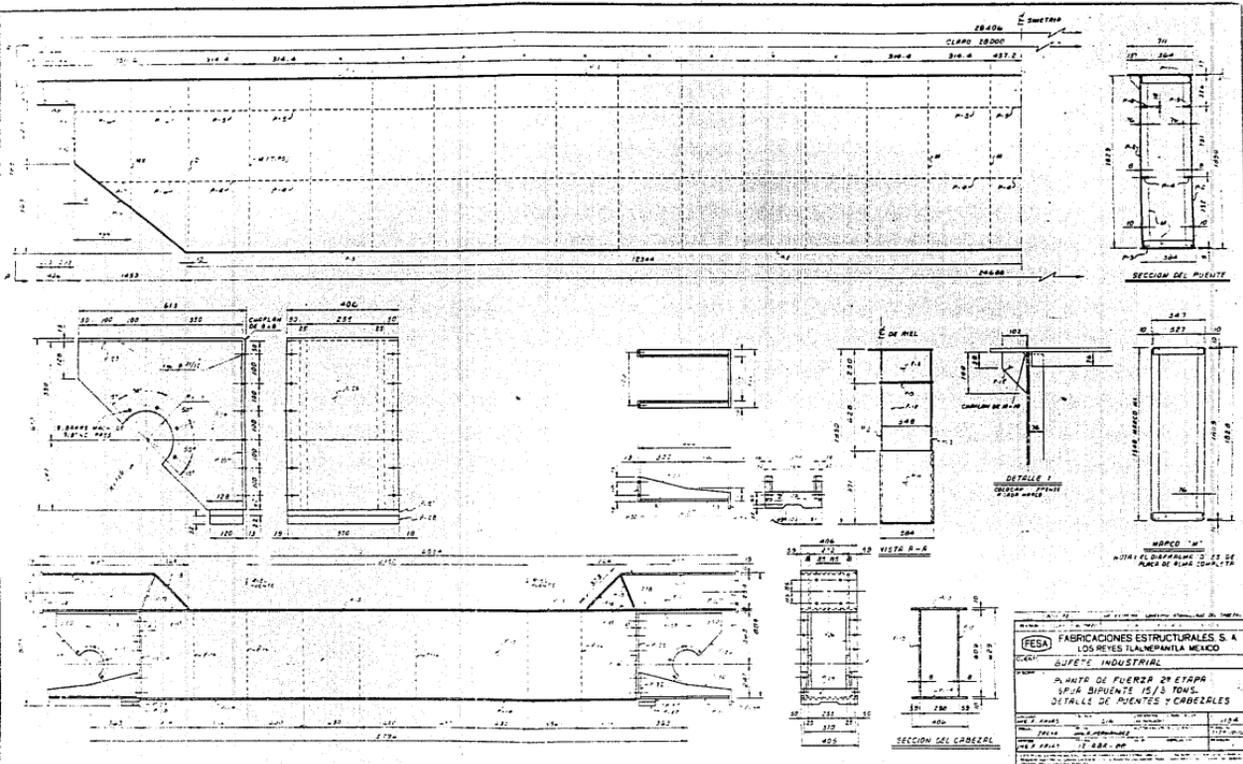
Es el movimiento longitudinal de la grúa a lo largo de sus carriles.

3.3.- PLANO DE TALLER

Este plano contiene la información completa para la fabricación de los elementos estructurales de las vigas de la grúa, incluyendo la localización, tipo y tamaño de tornillos y soldaduras usadas en las uniones.

En éste plano van determinadas las uniones de las vigas cabezales con las vigas de los puentes, también se dimensionan todas las piezas estructurales que forman la grúa, están en milímetro y enumeradas, para tener un mejor control en el proceso de fabricación. Una vez dibujado éste plano se pasa a revisión para después pasarlo al departamento de fabricación.

Con el plano de taller terminado, se elabora la lista de materiales, ésta lista de materiales nos sirve para tener un cálculo aproximado del total de material que se necesita, así como el peso total de la estructura de la grúa.



FALLA DE ORIGEN

3.4.- LISTA DE MATERIALES.

Esta lista de materiales contiene las vigas puente, los cabezales, marcos, diafragmas, atiesadores longitudinales, pa silos y cabina. Estos elementos son los que componen la estructura de la grúa, y nos servirá para determinar el peso de la grúa. La lista está basada en el plano de taller.

3.4.1.- Vigas puentes:

a) almas.

4 pzas. espesor $t = 5/16"$ (0.79 mm.)

Longitud. -----	2,759.40	cm.
Altura. -----	185.00	"
area. -----	510,489.00	cm ²
Peso de una alma. -----	3,180.83	Kgs.
Peso de las 4 almas. -----		<u>12,723.00 Kgs.</u>

b) Patín superior:

2 pzas. espesor $t = 1/2"$ (1.27 mm.)

Longitud. -----	2,840.60	cm.
Ancho. -----	71.12	"
área. -----	202,023.47	cm ²
Peso de un patín. -----	2,014.07	Kgs.
Peso de los 2 patines.		<u>4,028.00 Kgs.</u>

c) Patín inferior:

2 pzas. espesor $t = 5/16"$ (0.79 cm)

Longitud. ----- 3,076 cm.

Ancho. ----- 58.4 "

Area. ----- 179,638.4 cm²

Peso de un patín. ----- 1,120.0 Kgs.

Peso de los dos Patines. ----- 2,240 Kgs.

d) Marcos (formado por 4 soleras)

56 pzas.

Alto. ----- 180.80 cm.

Ancho. ----- 52.70 "

Longitud total de solera de un marco. 467 cm.

Area. ----- 3,549.20 cm²

Peso de un marco. ----- 22.12 Kgs.

Peso total de 56 marcos. ----- 1,239 Kgs.

e) Diafragmas.

4 pzas.

Ancho. ----- 54.70 cm.

Alto. ----- 182.80 "

Area. ----- 7,773 cm²

Peso de un Diafragma. --- 48.5 Kgs.

Peso total de las 4 diafragmas. ----- 194 Kgs.

f) Atiesadores longitudinales.

4 pzas. espesor t = 1.0 cm (3/8")

Longitud ----- 2,759.40 cm

Ancho ----- 9.40 "

Area ----- 125.94 cm².

Peso de un atiesador ----- 203.62 kgs.

Peso total de los 4 atiesadores ----- 814 Kgs

g) Peso total de las dos vigas puente:

P = 21,238 Kgs

3.4.2.- Vigas cabezales.

a) Almas:

4 pzas. espesor t = 0.79 cm.

Longitud ----- 630 cm.

Ancho ----- 60.9 cm.

Area ----- 38,367.00 cm².

Peso de un alma ----- 239.14 Kgs.

Peso total de las 4 almas ----- 957 Kgs

b) Patines:

4 pzas. espesor t = 1.0 cm.

Longitud ----- 630 cm.

Ancho ----- 40.6 cm.

Area ----- 25,578.0 cm².

Peso de un patín ----- 200.8 Kgs.

Peso total de los 4 patines ----- 803 Kgs.

c) Atiesadores:

16 pzas. $t = 0.79$ cm.

Longitud ----- 61.00 cm.

Ancho ----- 27.20 cm.

Volumen ----- 1,310.30 cm³.

Peso ----- 10.30 Kgs.

Peso total por 16 pzas. ----- 165 Kgs.

e) Cajas para amortiguadores:

4 pzas. (17,18,19,20,21 y 22)

Volumen ----- 9,833.00 cm³.

Peso ----- 77.19 Kgs.

Peso total por 4 pzas. ----- 309 Kgs.

d) Elementos para fijar las ruedas del cabezal:

4 pzas. (de la 23 a la 32)

Volumen ----- 21,635.00 cm³.

Peso ----- 170 Kgs.

Peso total por 4 pzas. ----- 679 kgs.

f) Peso total de los cabezales:

P = 2,913. Kgs.

3.4.3.- Pasillos y barandales.

a) Placa antiderrapante:

2 pzas. $t = 0.04$ cm.

Longitud ----- 2,800. cm.

Ancho ----- 95. cm.

Volumen ----- 168,910. cm³.

Peso ----- 1,326 Kgs. Peso total ---- 2,652 Kgs.

b) Apoyos del pasillo de controles:

16 pzas.

Longitud ----- 95. cm.

Peso ----- 16.4 Kgs/m

Peso total por 16 pzas. ----- 250 Kgs.

c) Apoyos del pasillo de mantenimiento

16 pzas.

Longitud ----- 95. cm.

Peso ----- 9.8 Kgs/m.

Peso total por 16 pzas. ----- 149 Kgs

d) Poste para el pasillo de los controles:

16 pzas.

Longitud ----- 240.0 cm.

Peso ----- 8.32 Kgs/m

Peso total por 16 pzas. ----- 320 Kgs.

e) IPR para colgar los cables:

Una pza.

Longitud ----- 2,800.00 cm.

Peso ----- 13.6 Kgs/ m.

Peso total por una pza. ----- 381 Kgs

f) Barandal de tubería de los dos pasillos

Longitud ----- 127.20 m.

Peso ----- 5.40 Kgs/m

Peso total por una pza. ----- 697 Kgs

g) Peso total de los pasillos y barandales:

P = 4,439.00 Kgs

3.4.5.- Cabina:

a) Peso aproximado de la cabina ----- 1,500. Kgs.

b) Canales de apoyo de la cabina,

2 pzas.

Longitud ----- 121.0 cm.

Peso ----- 29.76 Kgs/m

Peso total por dos pzas. ----- 72 Kgs

c) Angulos de la unión:

4 pzas.

Longitud ----- 20.0 cm.

Peso ----- 18.30 Kgs/m

Peso total por 4 pzas. ----- 15 Kgs.

d) Peso total de la cabina:

P = 1,587 Kgs.

PESO TOTAL DE LOS PUENTES DE LA GRUA:

P = 30,211 Kgs

NOTA: El análisis de las vigas puente se hizo con una aproximación de 31,000 Kgs menor que 30,211 Kgs.

Por lo tanto se cumple lo establecido.

F A B R I C A C I O N .

Como en toda obra que se inicia, es necesario llevar un control de fabricación, de calidad y de avance. Al designarle la fabricación de tres grúas siderúrgicas, (A,C,E,) a la compañía; FESA, inició con la elaboración de gráficas, para determinar así el inicio y final de cada proceso de la fabricación de las grúas.

El proceso de fabricación de las grúas se divide en tres partes, que son: Diseño estructural, diseño mecánico y diseño eléctrico.

Lo que corresponde a éste trabajo solamente es el de diseño estructural.

4.1.- CONTROL DE PRODUCCION.

El control de producción, tanto de la ingeniería como de la fabricación, se representa con las siguientes gráficas.

4.1.1.- Programa de Ingeniería. (Gráfica No. 4-A.1.)

El programa de ingeniería, es todo lo relacionado con el diseño, cálculo, dibujos, detalles y planos, para la fabricación de las grúas.

Esta gráfica contiene el avance real, el avance programado, el avance real se hace cada semana, para ir observando si hay atraso, ya que el cliente tiene un supervisor que va cada semana a checar estos avances.

GRAFICA No. 4-A.1

PROGRAMA DE INGENIERIA

CLIENTE: BUFETE INDUSTRIAL CONSTS.S.A.	PROYECTO: GRUAS PUENTE DE 15 TONS.X 28 M. SICARTSA II ETAPA	No. PROYECTO: 5942
ORDEN DE TRABAJO	PATIO DE CHATARRA	No. EQUIPO: 06+GV-001 A/C/E
		No. PEDIDO: 1398-06/07

DESCRIPCION	FECHA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	
ESTRUCTURAL	PUENTES Y CABEZALES	100%								
	BARANDALES Y PASTILLOS							15%		
	CARRO							60%		
	CABINA							15%		
	PLATAFORMA DE SERVICIO							60%		
MECANICO	REDUCTOR 150 H.P.	100%								
	REDUCTOR 30 H.P.	100%								
	REDUCTOR 15 H.P.	100%								
	REDUCTOR 7 1/2 H.P.	100%								
	TAMBOR 15 TONS.	100%								
	TAMBOR 3 TONS.	100%								
	TRANSMISIONES PUENTE	100%								
	TRANSMISIGN CARGO	100%								
	APAREJO 15 TONS.							10%		
	APAREJO 3 TONS.							0%		
MECANICO	POLEAS COMPENSADORAS							10%		
	DIBUJOS, FUERZA Y CONT.							10%		
	DETALLES DE CONEXIONES							0%		
	DIBUJOS DIMENSIONALES							15%		
VARIOS TITULO	DIBUJOS, ARREGLO GRAL.							15%		
	MANUALES									

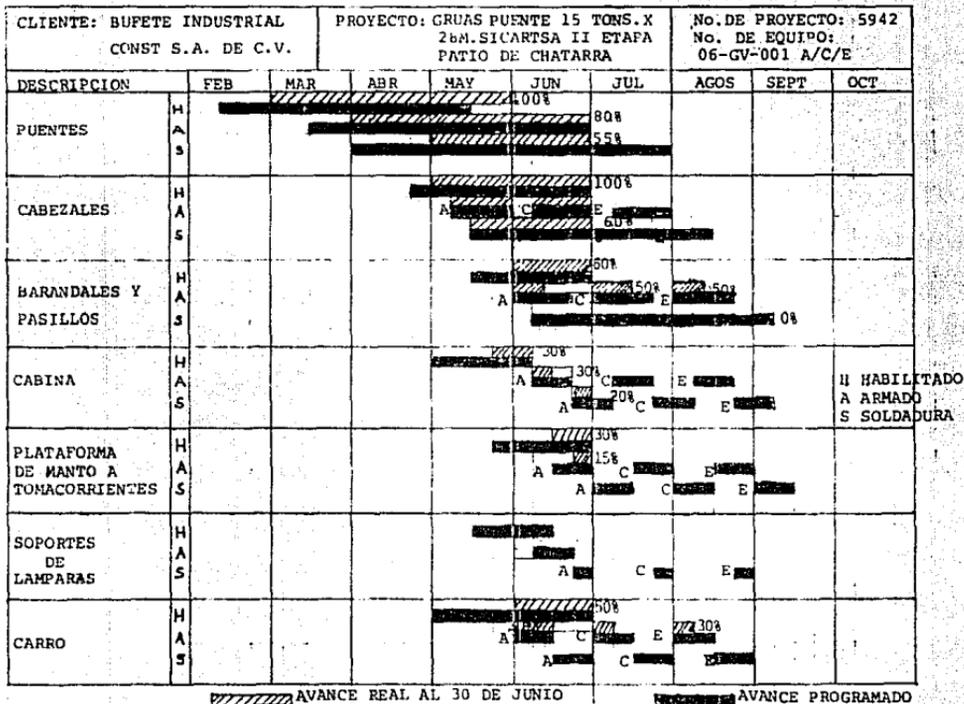
AVANCE REAL FECHA .30/JUNIO
 AVANCE PROGRAMADO

4.1.2.- Control de producción. (gráfica No. 4.A.1.)

Esta gráfica como las anteriores, representan el avance programado y el avance real, de la fabricación de cada elemento que componen a las grúas.

El supervisor reporta el avance real a su compañía, de acuerdo con el representante del fabricante, basandose en las gráficas. Así con el avance reportado, se le va estimando al fabricante, si hay un atraso, exigirle mayor producción, ya que cualquier atraso en algunas de las partes de la grúa, se incrementan los precios de las mismas.

4.1.2.1. PROGRAMA DE FABRICACION GRAFICA 4-A-2



4.1.3.- Control de calidad. (Gráfica 4.A.3.)

Esta gráfica se hace para llevar un control de calidad de cada elemento de la grúa, y así saber que elemento fueron ya aprobados y aceptados o su caso rechazados, así también la aplicación de las pruebas que piden las normas en cada elemento y que pruebas faltan de aplicar.

Con esta gráfica, llenada en su totalidad de certificación de aceptación de las pruebas, representa que se hizo un trabajo de excelente calidad, llevandose acabo las especificaciones de las normas aplicables a las grúas.

4.2.- PROCESO DE FABRICACION.

Una vez calculado todo los elementos que forman a la grúa, así como terminado y autorizado el plano de taller; se procede a la fabricación, siguiendo una secuela de pasos para su elaboración. Desde la programación de producción y control de calidad, hasta la terminación definitiva de la grúa.

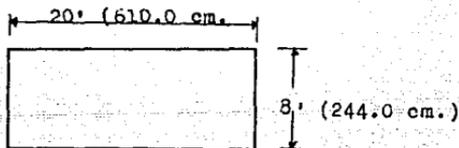
El proceso de fabricación consiste en el habilitado de las planchas; contraflecha de las almas de las vigas cajón; armado de los cajones, proceso de soldadura, pruebas para control de calidad, acabados y terminando con el embarque de la grúa a su destino de operación.

4.2.1.- HABILITADO:

Se hace un cálculo aproximado del total de planchas de los diferentes espesores que se necesitan, para armar las vigas puente de la grúa.

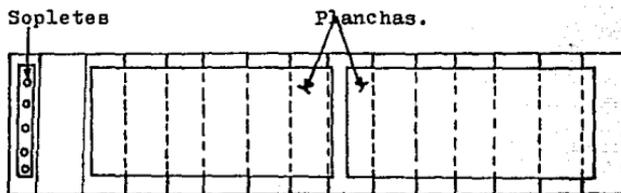
El proveedor de acero, suministra las planchas que se le piden, al llegar al taller el primer embarque de planchas; se checan que cumplan con los requisitos pedidos y estén en condiciones aceptable.

Las dimensiones aproximada de las planchas son: (20' Largo, 8' Ancho).



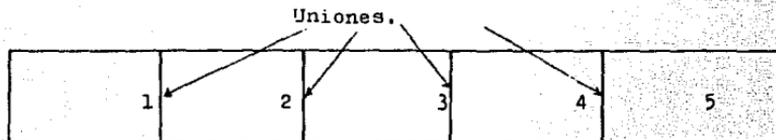
Plancha.

Para cortar las planchas que forman a las almas, patines, marcos, atiesadores y soleras, se utiliza una maquina llamada " Cortadora Multiple", ésta maquina adaptada con cinco sopletes en forma transversal, están conectados a una manguera que les proporciona gas Bútano y oxígeno. Los sopletes se pueden mover transversalmente, para colocarlos a la separación que se requiere.



Cortadora multiple.

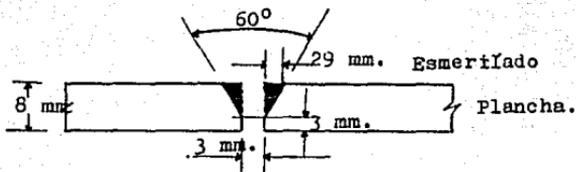
Las planchas del alma se cortaron 25 mm. más de su altura, (185.40 cm) para darle 20 mm. de contraflecha; también se hizo un corte transversal para escuadrar y unieran correctamente las planchas para formar las almas y patines.



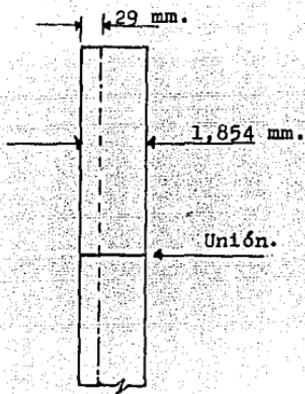
Unión de planchas para formar el alma o patín.

4.2.1.1.- Uniones.

Para hacerle el bicel a las planchas, para soldarlas e ir formando las almas. Por medio de un esmeril, se le hace el bicel deseado. (ver las siguientes figuras)



Sección transversal.

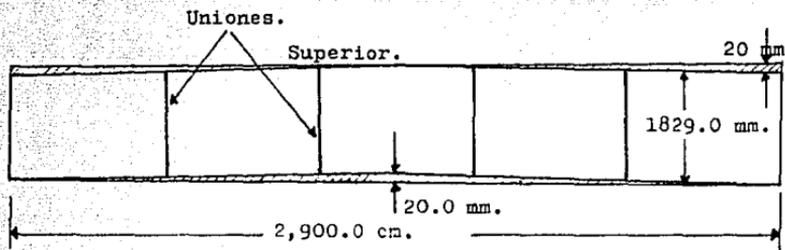


Planta del alma.

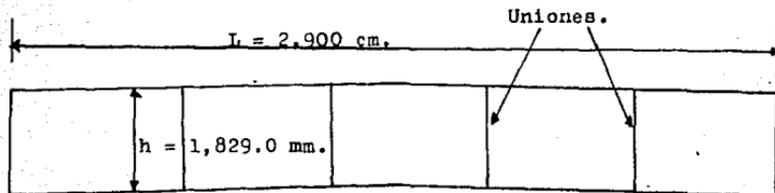
Para esmerilar, primero miden los 29 mm. a lo ancho de la plancha, por cada lado, rayando con un punson.

4.2.1.2.- CONTRAFLECHA.

La contraflecha se le hace a las almas, por la parte inferior y superior.



Como las cotas de la contraflecha están a cada metro, así se trazaron en el alma, éstas cotas; para proceder a cortar por medio de un pantógrafo, en los extremos como es mínimo lo que se va a cortar, se utiliza el esmeril para formar la contraflecha, esto en la parte inferior, igual se procede en la parte superior del alma.



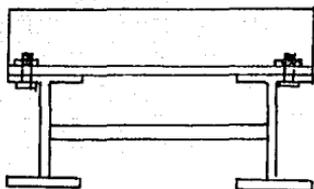
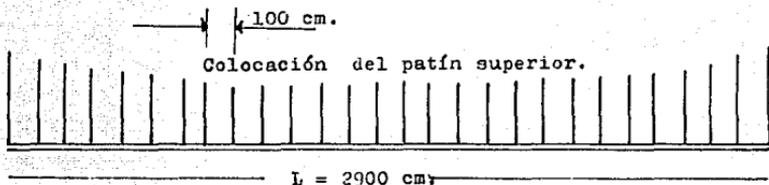
Alma contraflechada.

Marcos:

Los marcos son los que van colocado en el interior de las vigas puente y están formado por cuatro soleras; estas soleras son cortadas junto con las almas, a todo lo largo que mide las planchas, para después proceder a cortar a la medida de los marcos.

4.2.1.3.- MESA FLECHADA.

La mesa flechada es para fabricar los puentes de la grúa, el patín superior se suelda a la mesa, para que el puente obtenga la contraflecha deseada.



Sección transversal.

Esta mesa fabricada con dos IPR de 30 m. de longitud, unidos con tubos, como se muestra en la sección transversal.

La mesa está compuesta con una serie de tes, que están atornilladas a las IPR para así poder moverlas a la altura de la flecha que se esté proporcionando.

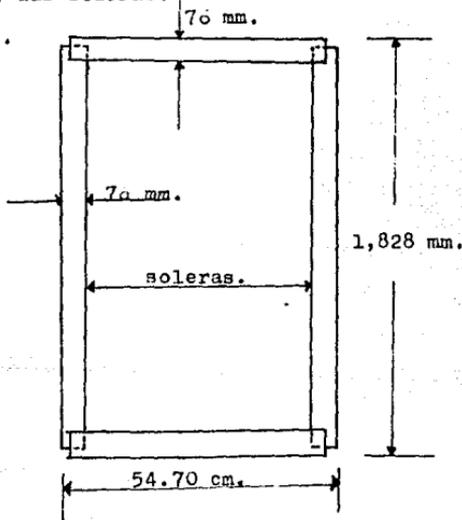
Sobre las tes se coloca el patín superior, para que así proceda a colocar los marcos que forman el cajón.

Cotas de la flecha de la mesa.

y_1	=	20	mm.	y_7	=	4.02	mm.
y_2	=	17.34	"	y_8	=	2.88	"
y_3	=	14.86	"	y_9	=	1.93	"
y_4	=	12.58	"	y_{10}	=	0.59	"
y_5	=	10.49	"	y_{11}	=	0.21	"
y_6	=	8.59	"	y_{12}	=	0.02	"
y_{13}	=	6.89	"				
y_{14}	=	5.35	"				

Marcos:

Los atiesadores longitudinales, también son cortado en la maquina "Cortadora multiple", al mismo tiempo que las almas, esto es que se mide el ancho del alma y en los extremos de las planchas, sobra para una o dos soleras y son aprovechadas para cortar el alma y las soleras.



Marco.

4.2.2.- ARMADO:

El armado de los marcos, se describe en la figura (B.2.1) estos marcos se fabrican en una mesa de 2.0 x 3.0 m., se fijan las soleras que forman el marco, se escuadran todas las esquinas, y se fija el marco a la mesa, para después proceder a soldar el marco, no quedando descuadrado.

-Diagramas con ventana. (Fig. B.2.1.)

El diafragma con ventana, es una placa cortada a la medida de un marco, sobre la placa se traza la ventana, para después proceder a cortar, una vez cortada la ventana, se le suelta las soleras en todo el perímetro de la ventana, siempre se busca que la soldadura sea de tipo horizontal, para facilitar el proceso.

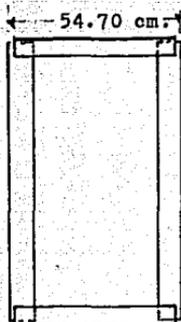
- Mensulas.

Son trazadas sobre placas, siguiendo el plano de taller en las indicaciones que se dibujan. El corte se hace por medio de un pantógrafo guiado mecánicamente.

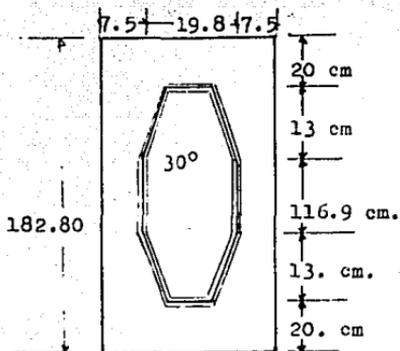
- Fijador.

Este fijador es una herramienta que se fabrica fácilmente, que tiene la función de fijar el marco con la placa del alma. Su forma facilita la unión del marco-alma.

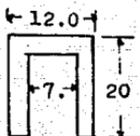
4.2.2.1.- MARCOS; DIAGRAMAS; MENSULA.



Marco "M"



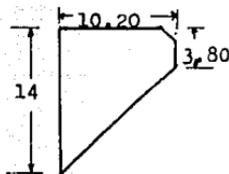
Diafragma con ventana.



Fijador "U"



Cushia



Ménsula

Figs. B.2.1.

COLOCACION DEL MARCO SOBRE EL PATIN SUPERIOR

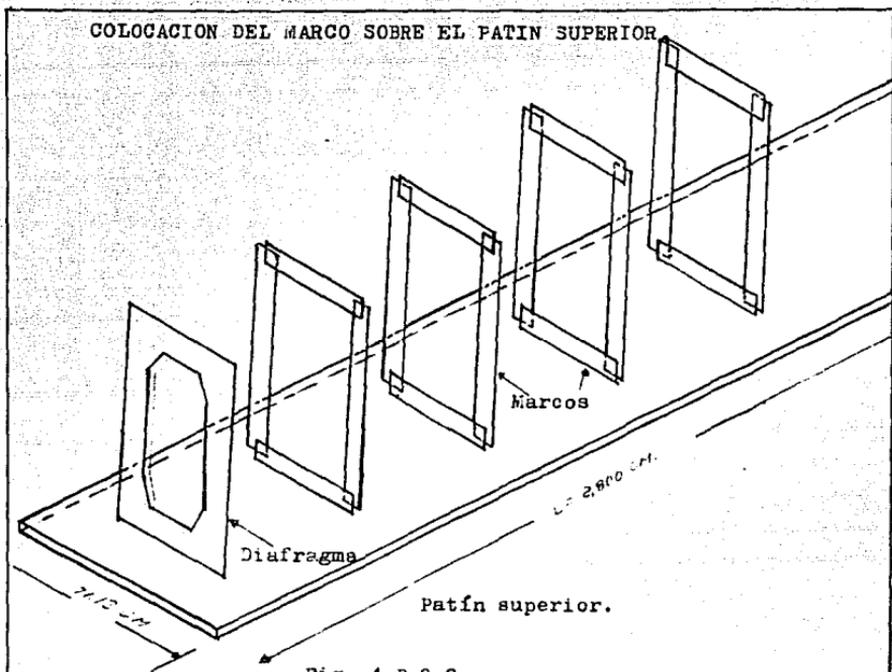


Fig. 4.B.2.2

Sobre la mesa (Fig.4.B 2.2.) con contraflecha, se coloca el patín superior fijándose sobre la mesa por medio de puntos de soldadura. Una vez fijado el patín, se procede a marcar la separación de los marcos sobre el patín, trazando con escuadra y marcando con punzones, todo al milímetro.

Se colocan los marcos por medio de dos personas y un soldador va punteando para dejar fijos los marcos, así colocan todos los marcos y los diafragmas.

4.2.2.3.- COLOCACION DEL ALMA.

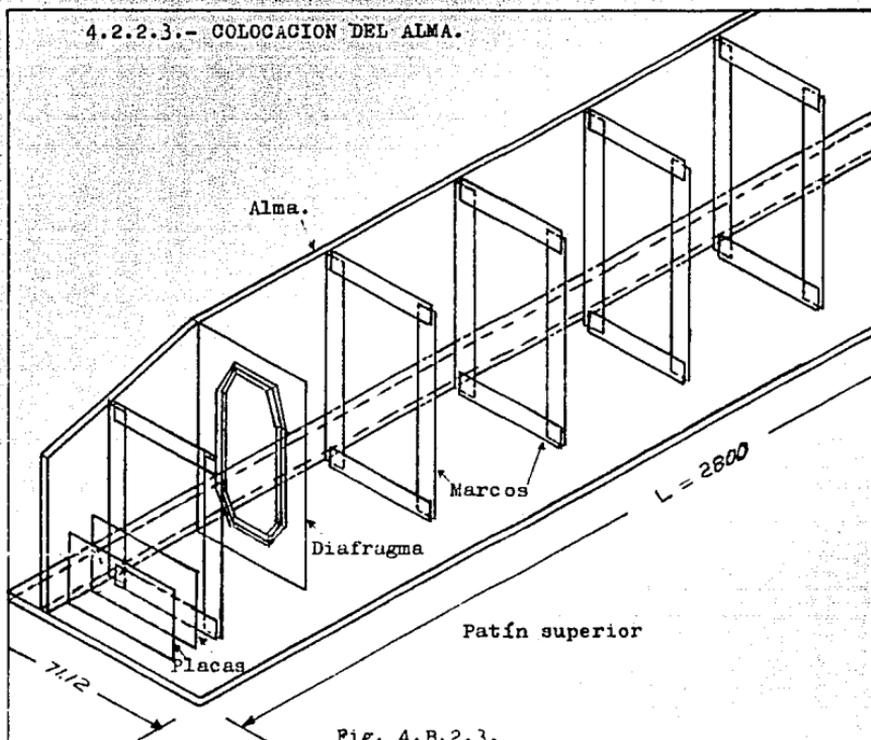


Fig. 4.B.2.3.

Una vez colocados todos los marcos y diafragma, se procede a colocar el alma que soporta dos grúas y se fijan los marcos. El fijador "U" se suelda al alma, por medio de cuñas se aprieta el marco con el alma, para proceder plomeando cada marco, una vez checando su verticalidad, se aprieta con la cuña y se suelda y así el marco queda soldado al alma.(ver fig. 4.B.2.3.)

4.2.2.4.- COLOCACION DE ATIESADORES LONGITUDINALES.

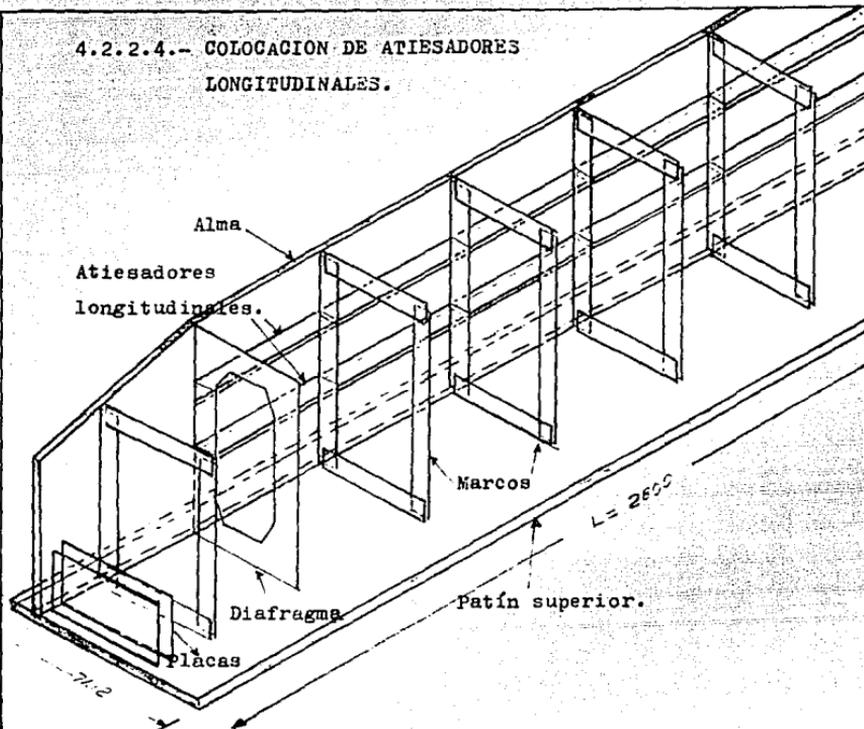


Fig. 4.B.2.4.

Después de haber soldado todos los marcos y diafragmas al alma, se procede a soldar los atiesadores longitudinales. Estos atiesadores son soleras unidas al alma y al marco, de igual manera que se hizo con los marcos, usando los fijadores "U", se procede con los atiesadores longitudinales de un alma. La otra alma se suelda de igual forma que la primera, para así formar el puente de la grúa.

4.2.2.5.- VIGA-PUENTE.

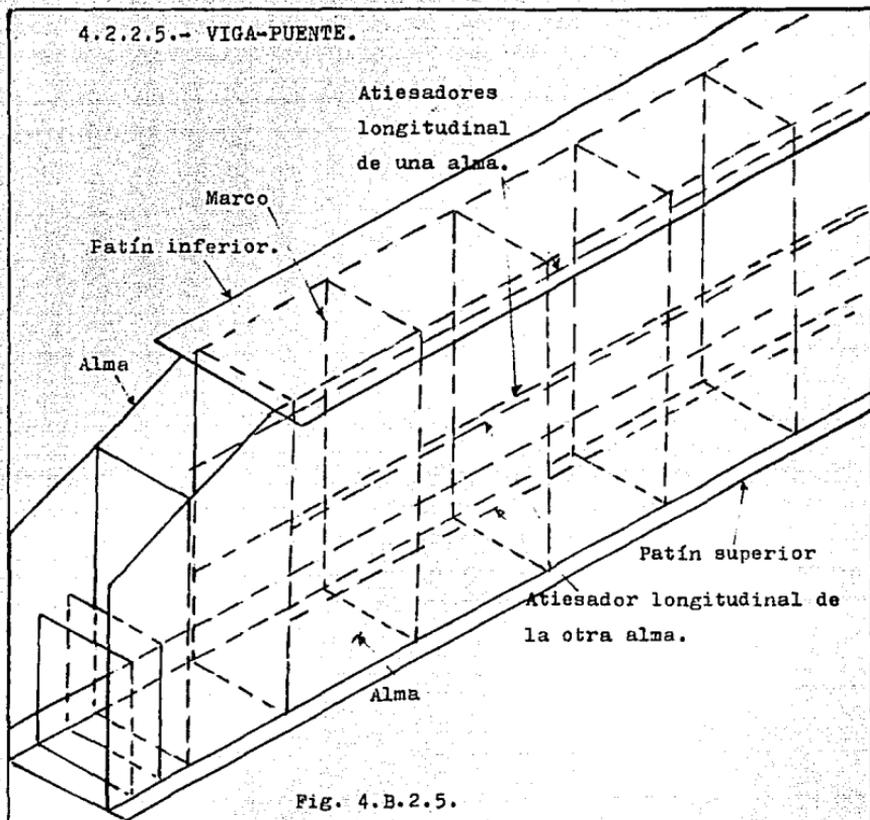


Fig. 4.B.2.5.

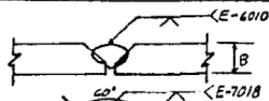
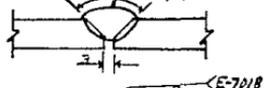
Una vez soldada las dos almas, se voltea el puente para poder soldar el patín inferior en forma horizontal.

Terminando de armar el puente, se retira de la mesa, para proceder con la otra viga del puente en su armado.

4.2.3.- PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE JUNTAS PRECALIFICADAS
 ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO.

Especificacion del material ----- ASTM A-36
 Proceso de soldadura ----- SMAW
 Manual o a máquina ----- MANUAL
 Posición de la soldadura ----- PLANA F
 Especificación del metal de aporte ----- E 7018
 Clasificación del metal de aporte ----- ACERO BAJO HIDROGENO
 Fundente -----
 Tipo de material de aporte -----
 Gas protector -----
 Velocidad del gasto -----
 Pasos múltiples o sencillo ----- PASOS MULTIPLES
 Arco múltiple o sencillo ----- ARCO SENCILLO
 Corriente para soldar ----- C.C.
 Polaridad ----- INVERTIDA
 Progresión de la soldadura -----
 Tratamiento de la raíz -----
 Precalentamiento y temperatura interpasos -----
 Tratamiento de postcalentamiento -----

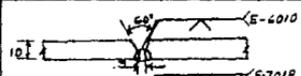
TIPO B-U2 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Paso No.	Tamaño de Elec.	Corriente de las.		Vel. Recorr.	Detalle de la junta
		Amperes	Volts		
1	1/8"	90-130	40	---	
2	3/16"	200-250	40	---	
3	3/16"	200-250	40	---	

4.2.3.1.- PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE JUNTAS PRECALIFICADAS
 ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO

Especificación del material ----- ASTM A-36
 Proceso de soldadura ----- SMAW
 Manual o a máquina ----- MANUAL
 Posición de la soldadura ----- PLANA F
 Especificación del metal de aporte ----- E-7018
 Clasificación del metal de aporte ----- ACERO BAJO HIDROGENO
 Fundente -----
 Tipo del metal de aporte -----
 Gas protector -----
 Pasos múltiples o sencillo ----- PASOS MULTIPLES
 Arco múltiple o sencillo ----- ARCO SENCILLO
 Corriente para soldar ----- C.C.
 Polaridad ----- INVERSIDA
 Ingresión de la soldadura -----
 Tratamiento de la raíz -----
 Precalentamiento y temperatura interpasos -----
 Tratamiento de postcalentamiento -----

TIPO B-U2 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

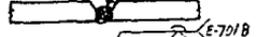
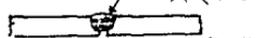
Paso	Tamano Electrodo	Corr. de la sol.		Veloc. Recorr.	Detalle de la junta
		Amperes	Volts		
1	1/8"	90-130	40	---	
2	5/32	140-180	40	---	
3	5/32"	140-180	40	---	
4	5/32	140-180	40	---	

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE JUNTA PRECALIFICADAS

ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO

Especificación del material ----- ASTE A-36
 Proceso de soldadura ----- SMAW
 Manual o a máquina ----- MANUAL
 Posición de la soldadura ----- PLANA F
 Especificación del metal de aporte ----- E-7018
 Clasificación del metal de aporte ----- ACERO BAJO HIDROGENO
 Fundente -----
 Tipo de metal de aporte -----
 Gas protector -----
 Velocidad del gasto -----
 Pasos múltiples o sencillo ----- PASOS MULTIPLES
 Arco múltiple o sencillo ----- ARCO SENCILLO
 Corriente para soldar ----- C.C.
 Polaridad ----- INVERTIDA
 Progresión de la soldadura -----
 Tratamiento de la raíz -----
 Precalentamiento y temperatura interpasos -----
 Tratamiento de postcalentamiento -----

TIPO B-U2 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Paso 1	Tam. de Electr	Corriente de Sol		Veloc. Recorr.	Detalle de la junta
		Amperes	Volts		
1	1/8"	90-130	40	-----	
2	3/16"	200-250	40	-----	
3	3/16"	200-250	40	-----	
4	3/16"	200-250	40	-----	

4.2.3.1.- PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE JUNTA PRECALIFICADA
 ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO

Especificación del material ----- ASTM A-36
 Proceso de soldadura ----- SMAW
 Manual o a máquina ----- MANUAL
 Posición de la soldadura ----- PLANA F
 Especificación del material de aporte -- E-7018
 Clasificación del material de aporte --- ACERO BAJO HIDROGENO
 Fundente -----
 Tipo de material de aporte -----
 Gas protector -----
 Velocidad del gasto -----
 Pasos múltiple o sencillo ----- PASO MULTIPLE.
 Arco múltiple o sencillo ----- ARCO SENCILLO
 Corriente para soldar ----- C.C.
 Polaridad ----- INVERTIDA
 Progresión de la soldadura -----
 Tratamiento de la raíz -----
 Precalentamiento y temperatura interpasos -----
 Tratamiento de postcalentamiento -----

TIPO B.U2 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Paso 1	Tamaño Electr.	Corriente de sol.		Veloc. Recorr.	Detalle de la junta
		Amperes	Volts		
1	3/16"	200-250	40	---	

4.2.3.1. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE JUNTA PRECALIFICADA

ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO

Especificación del material -----	ASTM A-36
Proceso de soldadura -----	SMAW
Manual o a máquina -----	MANUAL
Posición de la soldadura -----	PLANA F
Especificación del metal de aporte -----	E-7018
Clasificación del metal de aporte -----	ACERO BAJO HIDROGENO
Fundente -----	_____
Tipo de metal de aporte -----	_____
Gas protector -----	_____
Velocidad del gasto -----	_____
Pasos múltiple o sencillo -----	PASOS MULTIPLES
Arco múltiple o sencillo -----	ARCO SENCILLO
Corriente para soldar -----	C.C.
Polaridad -----	INVERTIDA
Progresión de la soldadura -----	_____
Tratamiento de la raíz -----	_____
Precalentamiento y temperatura interpasos -----	_____
Tratamiento de postcalentamiento -----	_____

TIPO E-U2 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Paso	Tamaño Electro.	Corriente soldad. Amperes	Veloc. Recorr. Volts	Detalle de la junta
1	3/16"	200-250	40	

4.2.4.- ACABADO.

4.2.4.1.- Limpieza.

Las planchas, al ser suministrada por el proveedor, regularmente presentan oxidación. El fabricante de grúa tiene la obligación de limpiarlas, para mayor seguridad y durabilidad de la grúa.

Las planchas, después de ser cortada, son introducidas a la cámara de granallado, donde son limpiadas a base de granalla, aplicada con aire a alta presión. La granalla, son partículas de acero, que al aplicarse a presión sobre una plancha se logra un pulido en el metal de color casi blanco, o sea le está desprendiendo el óxido del acero. Las planchas, ya sean de los patines o almas se limpian del lado que va a estar a la intemperie, por dentro de los cajones de las vigas puente no se limpiaron porque el cajón va estar cerrado.

4.2.4.2.- Primario.

El proceso primario consiste en la aplicación de un praymer; inmediatamente que se granallan las piezas, para evitar la corrosión nuevamente.

El praymer, normalmente se hace con rojo óxido, pero en zona de costa se aplica pintura especial a base de orgánico o inorgánico de Zinc, según las especificaciones del cliente. La limpieza, generalmente se aplica cuando se tiene los elementos formados, en éste caso se procedió así al limpiar las placas antes de armarse, para evitar movimientos grandes; ya que sean de los patines, almas o inclusive todo el puente, caso que se complica mucho el movimiento por su gran longitud, también no cabe en la cámara de granallado.

4.2.4.3.- Limpieza general.

Una vez armado los puentes y cabezales o ya formada la grúa, se le hace una limpieza general, que consiste en limpiar las uniones soldadas de los patines con las almas, se presentan quemaduras tanto de la soldadura como del material primario, para quitar estas quemaduras, se aplica arena con agua a una gran presión por medio de una pistola. Esto se hace donde se encuentra armada la grúa.

Acabado final

El acabado final, es la aplicación de la pintura que llevará la grúa. La pintura es normal o especial, en nuestro caso la grúa va a una zona costera, por lo tanto se le aplicará pintura especial determinada por las especificaciones del cliente incluyendo el color.

La grúa llevará impreso y a la vista de uno de los puentes, su capacidad en toneladas.

4.2.5.- PRUEBAS:

Las pruebas siguientes se le hacen a el material, proceso de fabricación y a los equipos de la grúa, para tener un control de calidad óptimo, en la fabricación de la grúa.

- 1.- Pruebas de laminación.
- 2.- Pruebas de líquidos penetrantes
- 3.- Pruebas de ultrasonidos
- 4.- Pruebas en vacío

- 1.- Pruebas de laminación.

El laboratorio "Grupo Dirac", es el encargado de llevar a cabo las pruebas de ensayo de las diferentes tipos de espesor

de planchas; de 1/4", 5/16", 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 7/8" y de 1" .

De un lote de planchas se saca una prueba de cada espesor. Dimensiones de la probeta; t x 4 x 20 cm.

t = según espesor que se esté ensayando.

Especificaciones que debe cumplir; ACERO A-36

Esfuerzo en el límite elástico, en Kgs/cm²..... 4183 a 2530

Esfuerzo Máximo, en Kgs/cm².... 5627, está en 4050 a 6600

% de alargamiento en 20 cm. 23 a 20 mínimo.

Las planchas con espesor de 7/8" y 1", fueron ensayadas al dobléz en frío a 180°.

Dimensiones de la probeta:

Espesor, 7/8" (2.30), ancho 2.90 cm.

Espesor, 1" (2.54), ancho 3.12 cm.

Se realizó el dobléz sobre un mandril de igual diámetro que el espesor de la probeta, en una fase.

Las muestra cumplen con las especificaciones.

4.2.5.2.- Pruebas de líquidos penetrantes.

Esta prueba se hace sobre uniones soldadas de cualquier tipo, también se puede utilizar para acero u otro material.

Procedimiento. La superficie donde se va aplicar, debe estar seca y sin polvo, el líquido en su envase de spray, debe de agitarse antes de usarse, se rocía en capa uniforme y delgadas sobre la superficie a inspeccionar; en éste caso en la unión soldada, con el líquido, las indicaciones sobre la existencia de poros, fisuras o grietas, serán visibles cuando seque totalmente el líquido, presentandose en forma de puntos o rayos de color rojo sobre el fondo blanco del líquido.

Esta prueba es recomendable solo para inspeccionar en la superficie, ya que un poro interno o grieta no lo detecta, para este caso se usa la prueba de ultrasonidos.

4.2.5.3.- Pruebas de ultrasonidos.

Prueba para chechar uniones soldadas, planchas o perfiles, para verificar que no halla grietas, fisuras o en las planchas que no estén hojeadas.

Esta prueba se hace por medio de un aparato, que tiene un cable que manda sonidos en una frecuencia, cuando el material está en condiciones normales, la frecuencia no varía, en caso de que el material esté con desperfecto, cambia la frecuencia, también tiene un marcador de gráfica que muestra el desperfecto en el material.

Para corregir cualquier desperfecto que encuentre en uniones soldadas, ya sea por la prueba de líquidos penetrantes o ultrasonidos, se procede a corregir con un "ARC AIR" (arco aire). Es un arco con un electrodo conductor de corriente y aire a alta presión. Al funcionar este arco produce que la soldadura de la unión se funda al rojo vivo, al aplicar al aire, hace que la soldadura fundida llene todo los poros o grietas de la unión.

4.2.5.4.- Pruebas en vacío.

La prueba en vacío consiste en inspeccionar la grúa una vez terminada. El fabricante y el comprador, revisan todos los movimientos de la grúa que son: Funcionamiento correcto el motor del puente, los motores de izaje, el carro se mueva correctamente. Probar en termino generales todo el mecanismo de la grúa, para dar el visto bueno de terminación y se pueda embarcar.

4.2.6.- EMBARQUE.

El embarque de la grúa será desde Tlalnepantla Edo. de México a la Cd de Lázaro Cardenas Michoacan.

La grúa por ser muy grande y pesada, se tendra que embarcar por partes, por esta razón se diseño previendo este tipo de problemas en el embarque, primero se embarcarán los puentes, uno en cada trailer, mientras otro trailer se llevará el carro con sus respectivos ganchos y cabezales.

La grúa al ser embarcada se le hace su remisión de salida de la fábrica con todo los accesorios que lleva, con el objeto de que al recibirla se cheque todo lo que se envió y puedan proceder al armado de la grúa.

El fabricante le da una garantía al comprador por la grúa por un tiempo de un año, desde el día en que se embarque.

La embarcación se realiza por medio de grúas viajeras que se encuentran en la planta; estas la llevan y la colocan sobre el trailer, hasta que quede bien amarrada al trailer.

C O N C L U S I O N

En el desarrollo de trabajos de diseño y fabricación de grúas, es de vital importancia formar un plan de trabajo tal, que nos permita realizar un proyecto más fácil y adecuado, teniendo pleno conocimiento de las partes que lo constituyen.

Uno de los problemas al que nos enfrentamos al tratar de desarrollar alguna actividad, es el de saber como y por donde empezar, teniendo las bases necesarias para llevar a cabo dicha actividad.

La experiencia al ejecutar alguna actividad, es un factor que no puede ser adquirida en corto tiempo, y al comienzo, a falta de ella, con una buena organización mediante un buen plan de trabajo, podemos con mayor esfuerzo cumplir con dicha actividad satisfactoriamente.

En nuestro caso en particular podemos desempeñar un buen papel, conociendo la secuela del cálculo para el diseño de la grúa siderúrgica, recopilando todo los datos y especificaciones requerida en el proyecto y respaldándonos con tablas, gráficas y bibliografías de autores que nos garanticen resultados adecuados, teniendo especial cuidado de no omitir ninguna parte del proceso o algun dato que merezca importancia.

La decisión que se habrá de tomar con respecto a los materiales adecuados a las necesidades establecidas para el proyecto, deberá estar fundamentada en la situación que se maneja, el tipo y uso de la edificación, etc..

Dentro de los datos requeridos para el proyecto de diseño y fabricación de una grúa siderúrgica, es importante obtener los planos definitivos y ubicados perfectamente en ellos los elementos que intervienen como: Carga máxima, izaje, dis-

tancia de recorrido, espacio y condiciones de trabajo, etc..

Como siempre existirán diferencias entre la teoría, los ejemplos de clase y las prácticas, razón por la cual se recomienda conocer el ambiente y procurar visitar fábricas de grúas para observar el procedimiento de fabricación de las grúas para así tener una idea de cómo va el diseño, así pedir información en estas fábricas del procedimiento del diseño y fabricación de las grúas, lo que nos ayudará a darnos una idea de como se debe representar los datos.

Para el diseño de esta grúa, se hizo por medio de un programa para calculadoras, así también basándose en la experiencia propia del fabricante. Yo hice el cálculo basandome en un ejemplo del manual del AISE No. 6, y todo fué hecho a mano, sin recurrir a ningún programa, solo consultando libros, apuntes y algunos folletos de información del fabricante.

En este trabajo se presentan detalles que se llegan a encontrar y en la mayoría de los casos a requerir, para el buen diseño de grúas, ya que la mayoría de nosotros desconocemos, no obstante existen muchos detalles más que no se han mencionado.

Por último es de vital importancia realizar el diseño apoyados en las normas y especificaciones como: AISE No.6 y las normas de SICARTSA, para grúas, las que nos definirán los requerimientos mínimos de la estructura que conforme todo el equipo de la grúa en plantas de siderúrgicas, o fábricas.

Este último requisito, es el de mayor importancia dado que todo cuenta. El diseño en la ingeniería está reglamentado para asegurarnos el correcto funcionamiento y sobre todo la seguridad contra cualquier accidente que pueda ocurrir, ya sea de naturaleza o de un error humano.

La realización de este trabajo, fué por medio del programa escuela-industria que se estableció en ésta facultad de ingeniería, con éste programa se facilita la realización de la tesis, como así realizar en el mismo tiempo el servicio social. También para llevar al alumno a la práctica real y adquiriera experiencia en su aréa de trabajo, para su desarrollo en al vida profesional.

Este trabajo lo realicé, en la fabrica "Fabricaciones Estructurales A.S.", durante seis meses que permanecí laborando.

El diseño, lo hice por medio de la asesoría de los ingenieros encargados de éste proyecto. También fui observando el procedimiento de la fabricación de cada elemento que componen a la grúa.

La fabricación de la grúa, es un proceso muy largo ya que lleva un gran número de elementos, que deben quedar en óptima calidad, dado que se va realizando una serie de pruebas para comprobar que vaya quedando como lo especifican las normas.

Este proceso de realizar trabajo para tesis son de gran utilidad, para todos los profesionistas de cualquier área ya que lo ayuda a adquirir experiencia para su vida profesional.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Writing Crane Handbook
W.M.M. Weaver
Whiting corporation
Fourth Edición, 1979

- 2.- Specification For Electric Overhead Traveling
Cranes For Steel Service
AISE Standard No.6
Association Of Iron And Steel Engineers
1969.

- 3.- Specification For Electric Overhead Traveling Cranes.
C.M.A.A. Specification No. 70-1983 (Revised)
Crane Manufacturers Association Of America, INC.
Revised 1983

- 4.- Manual Of steel Construction
American Institute Of Steel Construction INC. (AISC)
AISC
Eighth Edition 1980

- 5.- Engineering Standards For
Cranes And Hoists.
Sicartsa II Etapa
Aug. 1975

- 6.- Manual de Construcción En Acero.
Instituto Mexicano de la Construcción en Acero. A.C.
Edición. 1987.
Limusa.