

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS DE GRADO

Diseño De Vigas Cajón Para
Puentes Grua Por Medio de
Computadoras

FELIPE KLIKLER FLEISCHMAN

PROMOCION 1965

LIMA PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
APARTADO 1301
LIMA - PERU

TESIS DE GRADO

Para optar el Titulo de Ingeniero Mecánico-Electricista.

BACHILLER : Felipe Krikler Fleischman

PROMOCION 1965

" DISEÑO DE VIGAS CAJON PARA PUENTES GRUA POR MEDIO
DE COMPUTADORAS "

Introducción.

Consideraciones generales.

2. - Desarrollo del Cálculo.

3. - Ejemplo de Aplicación.

Conclusiones.

Lima, 16 de Setiembre de 1966.

INDICE

Introducción:

Consideraciones Generales:	1-1
Estratos del Standard N° 6 del AISE	1-1
Desarrollo del Cálculo	2-1
Calculo del Momento Flector debido a las cargas concentradas.	2-10
Datos Adicionales	2-10
Primeros Cálculos	2-12
Diseño de la Sección en el centro de la viga.	2-15
Cálculo de la Altura en cada pié	2-20
Forma del la viga	2-20
Cálculo de la deflección debido a las cargas concentradas.	2-22
Diseño de Diafragmas Verticales	2-24
Cálculo de los Momentos Flectores y fuer zas cortantes.	2-24
Chequeo de los Momentos Flectores y fuer zas cortantes.	2-25
Atirantadores Horizontales.	2-26

Defección debido al peso muerto y cálculo de la contraflecha.	2-26
Cálculo de los Atirantadores Verticales.	2-27
Cálculo de las Soldaduras.	2-28
Elección de la Viga Optima.	2-28
Resultados Obtenidos.	2-29
Programa Fuente Viga 1.	2-30
Programa Fuente Viga 2.	2-37
Programa Fuente Viga 3.	2-40
Programa Fuente Viga 4.	2-46
Programa Fuente Viga 5.	2-53
Programa Fuente Viga 6.	2-58
Programa Fuente Viga 7.	2-63
Subrutinas.	2-69
3º Ejemplo de Aplicación:	
Datos Utilizados	3-1
Resultados Parciales.	3-2
Resultados de la Viga Optima	3-9

Conclusiones

Bibliografía

Durante el desarrollo de mi tesis para obtener el grado de Bachiller "Diseño de un Puente Grúa de 15/3 ton. X 0'-0" " se planteó la interrogante de cuál sería la viga cajón adecuada que remplace a la viga WF utilizada en ese

Interrogante que no pudo ser contestada por que la sec más adecuada no podía ser producto del azar; sinó, de serie de cálculos ordenados y sistemáticos. Cálculos requerían una serie de tanteos, fáciles de realizar utilizando métodos modernos como lo es en la actualidad el Cómputo Electrónico; pero engorroso para realizarlos con una simple regla de cálculo.

El motivo principal que me llevó a pensar en vigas cajón para los puentes grúa, fué, de que es más fácil conseguir en el mercado planchas para construir estas vigas, que el perfil de viga adecuado para la grúa en particular.

Es por eso que este trabajo consiste en desarrollar el diseño de vigas cajón soldadas en sistema de programación FORTRAN (FORMula TRANslation), que es uno de los lenguajes de programación para computadoras electrónicas más utilizaa

la actualidad.

El programa que se va a hacer va a tener una capacidad de luces 200 pies y se considerará las vigas apoyadas sobre testeras. Además durante la ejecución de este, se cuenta el material a usar, si va a estar soportando etc.; con lo que equivale decir que será lo más posible.

**CONSIDERACIONES
GENERALES**

El programa de diseño de las vigas cajón estará principalmente regido por el Standard N° 6 de la AISE (ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS) de 1949 cuya última data del año 1964 que contiene las especificaciones para Grúas Puente Eléctricas.

Seguidamente se presentarán los tópicos del Standard que son de nuestra necesidad para el diseño de las vigas.

EXTRACTOS DEL STANDARD N° 6 DEL AISE

Construcción Soldada

A.- Toda soldadura debe estar de acuerdo con las especificaciones y standards de la Sociedad Americana de Soldaduras (A.W.S), al menos que se especifique de otra manera.

B.- Los símbolos de soldadura en dibujos deben de estar de acuerdo con las últimas convenciones de standards de la A.W.S.

17.- Estructuras de las Vigas del Puente

A.- Vigas de grúas deben ser proporcionadas para las siguientes cargas en adición al peso muerto de toda la grúa completa y el carrito elevador, (trolley).

1º Carga alzada:

a) La máxima carga de trabajo debe ser especificada en la hoja de información. Esta carga es entendida como la carga en el gancho y no incluye el peso de ganchos especiales o aditamentos.

2º Impacto:

a) Para rieles cuyas uniones son finas, el valor de impacto en el puente debe ser tomado como sigue:

b) Para gruas con cuchara y gruas con magneto el valor de impacto debe ser tomado como 50 % de la máxima carga de trabajo. Para otras gruas el valor del impacto debe ser 0.5 % de la carga máxima de trabajo. por cada pie/minuto de la velocidad máxima de izamento, pero no debe ser menor que 20 %.

3º Fuerzas Laterales:

a) Estas fuerzas resultan de la aceleración o desaceleración en el movimiento de la grua a lo largo de sus vias, y debe ser con

siderada como el 20 % del peso total de la grua menos los extremos, más 20 % de la máxima carga de trabajo, multiplicado por la relación del número de ruedas motrices al número total de ruedas.

El carro elevador y la carga deben ser ubicados tal que produzca el máximo momento ó corte en las vigas. El momento de inercia de toda la sección cajón de la viga con respecto al eje vertical debe ser usado en calcular el esfuerzo debido a fuerzas laterales. La carga total lateral debería ser igualmente repartidas entre ambas vigas.

b) Si las vigas y los separadores extremos (o las vigas testeras de gruas de 4 ruedas) son diseñadas tal que forman una estructura rígida, fijación lateral en el extremo puede ser considerada en el diseño y el esfuerzo debido a fuerzas laterales en el centro de la viga puede ser tomado como los $3/4$ del esfuerzo que sería obtenido si no se considerara fijación extrema.

4º Fuerzas Torsionales:

a) Las cargas y fuerzas creadoras de esfuerzos torsionales en las vigas son:

1.- Arranque y parada del motor del puente.

El momento torsor debe ser considerado como el torque de arranque del motor del puente a 200 % de la plena corriente de carga (rating 1 hora) multiplicado por la relación de reducción entre el motor y el eje motriz.

2.- Cargas colgadas a los costados de la viga, tal como pasarela, eje motriz, barras colectoras, cabina, controles etc. Estos momentos deben ser tomados como su peso respectivo multiplicado por distancias horizontales entre su respectivo centro de gravedad y el centro de gravedad de la sección de la viga.

3.- Fuerzas laterales actuando excentricamente al eje horizontal neutro de la viga. Los momentos torsores deben ser considerados como estas fuerzas multiplicadas por la distancia vertical entre el cuerpo de la línea de fuerza y el centro de gravedad de la viga.

b) El momento torsor total debe ser la suma algebraica de los momentos resultantes de las cargas de los párrafos 17-A-4-a-1, 17-A-4-a-2, y 17-A-4-a-3.

Esfuerzos de torsión secundarios causados por excentricidad debidos a deflecciones de cargas no deben ser considerados.

a) El máximo corte torsional unitario en libras/pulg. debe ser computado de la siguiente fórmula para vigas cajón:

$$= \frac{M}{2AT}$$

donde A = área del cajón limitado por las líneas centrales de las alamas y alas

T = El espesor total de placa o placas en la sección de cajón para el cual el esfuerzo es calculado (para alamas será el espesor de estas).

M = Momentos de torsión en libras pulgadas en la sección considerada.

Esto no es necesariamente igual.

al total del torque en la viga cuando los momentos de torsión son aplicados al centro de la viga, el torque de resistencia en cada lado de la sección es igual a la mitad del momento de torsión total , y cuando el momento de torsión no es aplicado al centro el torque tomando en cada sección de las vigas es calculado de la misma manera al corte debido a las cargas verticales de la sección que será calculada.

5º Cargas de viento en el servicio exterior de las gruas:

- a) La carga de viento debe ser tomada en 30 libras por pie cuadrado en el area proyectada
- b) Si el comprador especifica en la hoja de información; una hoja de esfuerzos mostrando el esfuerzo de cada una de estas cargas y fuerzas debe ser incluida con las marcas referidas por el constructor al comprador para aprobar el diseño.

c) Para vigas cajón, el momento flector combinado, debe ser tomado como el mayor de:

1.- Suma del máximo esfuerzo debido a la carga muerta, al peso de trolley, carga izada e impacto.

2.- Suma del máximo esfuerzo debido a al carga muerta, pero de trolley, carga izada y las fuerzas laterales.

d) Para vigas cajón, el corte combinado debe ser tomado como la suma del máximo corte debido a la carga muerta, peso de trolley carga izada, impacto y torsión.

e) El esfuerzo debido al viento puede ser despreciado si dicho esfuerzo, no incrementa el esfuerzo total combinado, en más de 25 %.

f) Miembros sujetos al esfuerzo reversible deben ser proporcionado como sigue :

1.- Determinar el esfuerzo en tensión resultante, y la resultante del esfuerzo en compresión e incrementar cada uno en 50 % del menor, luego proporcionar el miembro para que este tenga capacidad de resistir cualquiera de los dos esfuer-

zos resultantes incrementados. Las conec
ciones deben ser proporcionadas por la
suma de los esfuerzos.

g) La estructura del puente incluyendo los
extremos y sus conecciones, y excluyendo las
vigas testeras y trolley debe ser proporci-
onados de acuerdo con los siguientes esfuer-
zos en libras/pulgada²

	ASTM A-7-46 ACERO ESTRUCTURAL	ACERO ESTRUCTURAL DE ALEACION
esfuerzo en tensión		
-----	60,000	70,000
máximo punto de fluencia --	33,000	50,000
unitario en ten-		
la sección neta no		
debe exceder a -----	18,000	27,000
no debe exceder a:		
a. Vigas cajón remachadas	65	65
b. Vigas cajón soldadas _	60	60
Esfuerzo unitario de com-		

de vigas
 (cuando W/T no excede
 estructural
 bono 0'33, en el caso
 estructurales de
 no debe exceder --- 17,000 25,000
 esfuerzos dados por
 fórmula: --- $f_c = \frac{0.673 E \sqrt{I_2 J}}{SL}$

W/T excede 40 para a-
 estructural al carbono
 en el caso de acero de
 acción, el esfuerzo de
 debe exceder --- $f_c = 27,200,000 \left(\frac{T}{W}\right)^2$

17-1

esfuerzo unitario de com-
 esión para columnas carga-
 s axialmente y arriostres
 debe exceder --- $15,000 - 0.25 \left(\frac{L}{R}\right)^2$ $22,500 - 0.57 \left(\frac{L}{R}\right)^2$

L/R para columnas cargadas ax-

te, arriostres no de-

120

120

corte unitario per -

(V) en las almas _ _ _

12,000

18,000

que atirantadores

sean usados, H/T

exceder _ _ _ _ _

$\frac{6,600}{\sqrt{V}}$

6,600

valores son dados

17-II

de atiranta-

s verticales en pulgadas

o son necesarios por

anterior no deben exce-

10,500 T

10,500 T

Estos valores dados en

17-III

menos que atirantado-

longitudinales sean u-

sados H/T no debe exceder _ _ _

$72(K+1)\sqrt{\frac{17,000}{f_c}}$

$60(K+1)\sqrt{\frac{25,000}{f_c}}$

es aplicada

estos valores dados
tabla 17-IV

H/T excede la relación
da por 17-G-12, el alma de
con adecua
atirantado
Cuando
atirantador longitudinal
usado y colocado como se
especifica (17-G-23), el máx
mo H/T puede ser duplicado.
Cuando dos atirantadores lon
gitudinales son usados y co
locados como se especifica
(17-G-23) el máximo H/T pue
de ser triplicado.

Corte

a) Remaches _ _ _ _ _	13,500	18,000
b) Pines y pernos torneados		

escareados o ta-

13,500

sin acabado_ _ _ _

9,000

en corte simple

1.- acero al carbono_

24,000

24,000

acero de alta tensión _

24,000

32,000

Remaches en doble corte

1.- acero al carbono_

30,000

30,000

2.- acero de alta tensión_

30,000

40,000

3.- Pines y pernos torna-
dos en agujeros escareados

o taladrados_ _ _ _ _

30,000

_ _ _

4.- Pernos sin acabado_ _

16,000

_ _ _ _

NOTACION USADA EN LAS FORMULAS

- = Luz de grúas en pulgadas.
- = Distancia entre almas en pulgadas.
- = Espesor del alma o ala en pulgadas.
- = Distancia libre del alma-pie a pie de patas verticales en bridas angulares para construcción remachada-espalda a espalda, de planchas de cobertura en construcción soldada.
- = Corte unitario en las alas.
- = Radio de giro.
Esfuerzo máximo de compresión en miembro considerado.
- = Esfuerzo en tensión actuando conjuntamente con f_c en miembro.
 f_t/f_c .
- = Módulo vertical de sección en pulgadas³.
- = Módulo de elasticidad en lib./pulg.².
Momento de inercia en toda la sección de la viga en relación con el eje vertical en pulgadas.
- J = Constante de torsión en pulgadas⁴.
Es análogo al momento de inercia polar para secciones cajón:

$$J = \frac{4 A^2}{\sum \frac{S}{T}}$$

donde S y T son el largo y el espesor de cada lado.

Para vigas soldadas la fórmula dá resultados muy próximos a los medidos. Para vigas remachadas, J debe ser multiplicado por un factor de un tercio para permitir el resbalamiento entre las planchas y el remache.

* Distancia libre de las alas

distancia entre remaches interiores para construcción remachada.

distancia entre almas para construcción sol
dadas.

esfuerzo de soldadura unitario permitido para usarse
diseño están dados en la tabla 17-Y.

El esfuerzo de apoyo de las partes en contacto, así como los atirantadores y las alas no deben exceder 27,000 libras por pulgadas² para superficies maquinadas y 24,000 libras por pulgadas² para superficies sin terminar.

Para elementos sujetos a esfuerzos los espacios entre soldaduras intermitentes no deben ser mayores que 10 ve-

de la sección más ligera enlazadas por
en el caso de elementos en compresión, ni
14 veces el espesor de la sección más ligera pa-
de tensión.

de cualquier segmento de soldadura inter-
debe ser menor que 4 veces el ancho de la sol
con un mínimo de 2 pulgadas.

remaches deben estar espaciados pero no mas de 16
el espesor de la sección externa más ligera, ó más
6 pulgadas entre centros.

anchura de los pies sobresalientes de los ángulos en
compresión (excepto donde está reforzado por placas) no
exceder $12 T \sqrt{\frac{17,000}{f_c}}$ y tampoco 16 T.

plancha de cubierta sin atirantadores no debe exten-
más que 6 pulgadas, tampoco más que $12 T \sqrt{\frac{17,000}{f_c}}$
T es el espesor de la plancha más delgada, más alla
fila exterior de remaches, conectando ellos a los
ángulos para construcción remachada, o el centro del alma
para construcción soldada. |

sobresalientes de los atirantadores verticales
extender más que 16 veces, el espesor del

• sobresaliente del atirantador horizontal no de
ber $12 T \sqrt{\frac{17,000}{f_c}}$; donde f_c es la fuerza de com-
en el atirantador.

un atirantador longitudinal es usado en el alma
viga, este debe ser colocado a 21 por ciento de la
cia libre del alma desde el borde en compresión,
o dos atirantadores longitudinales son usados, esta
ubicados a 12.5 y 28 por ciento de la altura libre
alma desde el borde en compresión no atirantado.

radio de giro requerido por los atirantadores hori-
a ser calculados de la fórmula en tabla
con la constante seleccionada aproximada de la ta-

momento de inercia necesario por los atirantadores
verticales intermedios, deben ser calculados de $I =$
 $0.00000028 H^4$ donde H es la altura del alma.

soldaduras empalmadas en las almas de las
deben ser diseñadas para toda la fuerza del alma
corte y flección.

empalmados o soldaduras ensambladas deben te
fuerza en la sección neta de la placa empalmada
a aquella del material empalmado.

Los remaches del empalme deben tener una fuerza de 10%
exceso del elemento.

metal no debe ser menor que 5/16 pulgadas' espesor pa
ra acero ASTM A-7, o 1/4 para acero de alta tensión, al
especificado de otra manera en la hoja de

La profundidad de la viga no debe ser menor que 1/18 de
menos que sea aprobado de otra manera por el
comprador.

La deflección vertical total de la viga en pulgadas pa-
ra la carga viva más Trolley.

Y no incluyendo impacto o carga muerta de la viga misma, no debe exceder 0.001 pulgadas por pulgada de luz.

Las vigas deben tener una contra flecha igual a la deflección debido al peso muerto más la mitad de la deflección debida a la carga viva y el trolley.

Las vigas deben ser proporcionadas por el momento de inercia de la sección neta, deduciendo los agujeros del remache en el area de tensión.

Diafragmas de longitud completa son necesarias en los apoyos del motor y del eje motriz del puente. Atirantadores verticales diafragmas de longitud completa pueden usarse intercambiabilmente cuando son necesarios por 17-G-10.

Añadiendo a los diafragmas de longitud completa para sección de viga cajón, cortos diafragmas deben ser insertados donde estos son necesarios para transmitir la carga de la rueda del trolley a las almas y para limitar al máximo esfuerzo en el riel del trolley, a 18,000 libras por pulgada² basado en la fórmula:

Distancia de carga de ruedas x entre
soportes en pulgadas

6 x módulo de sección del riel

superior de cubierta no debe ser considerada
dado al riel, en el calculo del tamaño
riel.

diafragma debe apoyarse contra la plancha de cubrir

stir la carga de la rueda del trolley en apastamiento
suponiendo que la carga de la rueda es distribuida
una distancia igual al ancho de la base del riel
dos veces el espesor de la plancha de cubierta.

el comprador especifica en las hojas de información,
grúas pueden ser aprovisionadas con una placa de des
todo lo largo del riel para el trolley.

Esta placa va a ser de 3/8 de pulgada de espesor con
menos igual a la base del riel, y solda-
en lugar con la plancha de cubierta con un mínimo de
pulgadas de soldadura continua.

Esfuerzos para acero de alta tensión con otros puntos de fluencia que aquellos dados en el acápite anterior; general, debe ser ^{en} proporción.

El punto de fluencia de esta clase de acero no puede mayor que 75% del esfuerzo de rotura.

H.- El diseño de las vigas en los extremos deben ser tal que el corte unitario en las almas debido a la sección final ~~más~~ aquel debido a la torsión no debe exceder los valores dados en la tabulación para las varias clases de acero.

I.- Vigas no ranuradas, para grúas de 4 ruedas deben estar rígidamente ligadas a los carros extremos. Ellas deben ser ligadas por placas extremas verticales.

Las placas extremas verticales deben tener la capacidad de soportar el momento de torsión al final de las vigas, y los remaches y soldaduras en estas placas deben ser capaces de desarrollar dicho momento.

Placas horizontales tambien deben estar apro-
vici6nadas en la parte superior y en los extremos
de las vigas puentes. Las placas extremas verticales
y horizontales deben tener un m6dulo de secci6n i-
gual a aquel en los extremos de las vigas puente.

Placas de soporte deben estar aprovisionadas pa-
ra ayudar en el mantenimiento de la grúa en escua-
dra.

J.- Vigas ranuradas para grúas de cuatro ruedas
tambien deben estar aprovisionadas con placas extre-
mas verticales y horizontales como se indica, y
deben estar rígidamente prendidas al carro extre-
mo a lo largo del borde vertical de la ranura asi
como el borde superior.

Vigas con placas de cubierta inferior en línea
con la base del carro extremo, deben estar aprovi-
sionadas con largas placas de soporte para conectar
la base de cubierta de base con la base del carro
extremo.

K.- Vigas para grúas con carros igualadores, deben tener rígidos arriostres extremos de construcción tipo cajón,, la placa interior del cual debe extenderse hacia abajo toda la profundidad de la viga antes de ser ranurada.

Placas superiores de arriostres finales, debe ser hecha lo más ancha posible sin interferir con la viga del trolley.

El módulo de la sección del arriostre extrema de sección cajón debe ser igual al módulo de la sección de los extremos de las vigas del puente.

Los remaches o soldaduras entre las placas ver ticales del arriostre cajón y la viga del puente debe tener la capacidad de desarrollar los momentos de torsión en el extremo de la viga del puente.

L.- Cuando fijación lateral en el extremo es usada en diseño, el momento de inercia horizontal y el módulo horizontal de la sección del arriostre extremo debe ser por lo menos igual al del extremo

de la viga del puente.

Los remaches o soldaduras en las placas horizontales del arriostre extremo debense capaces de desarrollar el momento lateral extremo.

M.- Cubierta superior de base y ángulo de las vigas deben estar en una pieza a lo largo de la viga, a menos que sea aprobado la otra manera por el comprador.

N.- Vigas cajón deben ser construidas para eliminar cualquier acumulación de agua o aceite dentro de ellas.

Si el comprador especifica en sus hojas de información, vigas soldadas deben ser aprovisionadas con agujeros de respiración para permitir la expansión o contracción del aire en el interior debido a los cambios de temperatura.

Especial cuidado se debe tener con grúas para servicio exterior, para eliminar hendiduras y aber-

turas donde el agua puede acumularse y causar corrosión.

O.- La capacidad de cada tecla debe ser mostrado en libras a cada lado de la grúa de manera de que sea fácilmente legible desde el piso.

P.- Un adecuado número de pernos ajustados para agujeros taladrados y escareados deben ser provistos para precisar el alineamiento de las vigas con los carros extremos durante el montaje.

Conección entre las vigas y carros extremos deben ser según como se especifica en la hoja de información.

Q.- Marcas de encuadre deben ser provistas en cada viga para facilitar el montaje y remachado del puente.

Motores:

A.- Todos los motores usados en grúas deben ser del tipo totalmente encerrado de acuerdo con el Standard AISE N° 1, "D-C Mill Motor Standards". Un diseño

usando motores sin eje posterior es preferible para facilitar el cambio del motor . Se debe prever la construcción de apoyos para el motor, para alinear y sostener el motor en posición correcta para eliminar el corte en los pernos al pie del motor.

B.- El tamaño del motor requerido debe ser suficiente mente como para cumplir las necesidades del servicio cuando sea conocido y debe basarse en la curva característica del motor. Cuando los requerimientos del ciclo de servicio no son conocidos el tamaño del motor debe ser basado en rating de una hora y debe ser calculado como sigue:

1.- Motor del tecla

2.- Motor del puente y del Trolley.

a. La fuerza necesaria para mover el puente grúa ó el trolley consiste en la necesaria para vencer la fricción de los rodamientos y la necesaria para acelerar ó desacelerar.

La fuerza de fricción es proporcional al peso y es asumida como contante a cualquier velocidad, al menos que se especifica en forma distinta en las hojas de información, un factor

de fricción global de 15 libras/toneladas será usado para rodamientos a rodillos y de 24 libra/tonelada para rodillos con manguito.

Las eficiencias mecánicas están incluidas en es tos factores.

b. El tamaño del motor para el puente y trolley (rating 1 hora) no debe ser menor que el calculado de la siguiente fórmula:

$$HP = KaWV$$

donde W = peso total de la grúa y trolley mas la carga en toneladas cortas

V = velocidad específica en pies/min.

El factor Ka incluye potencia para vencer la fricción y aceleración de la grúa o trolley. Los valores de Ka son dados en la fig. 43-1. La aceleración requerida (para seleccionar el factor Ka) es según la hoja de información.

c. Un motor seleccionado según el párrafo 43B 2b, tendrá suficiente torque. Aunque, la capa cidad de calentamiento del motor puede ser in

suficiente y debe ser chequeado. Por lo tanto el tamaño del motor será la potencia calculada anteriormente multiplicada por un factor de servicio seleccionado de la tabla 43-II.

Datos con los servicios promedios para diferentes movimientos de grúas, determinados por una inspección en la industria del acero, están dados en la tabla 43-III.

Estos datos de servicios serán usados, a menos que se especifique de otra manera, para seleccionar el apropiado factor de servicio o calentamiento de la tabla 43-II.

TABLE 17-I

Maximum Clear Widths of Cover Plate

Maximum clear width of cover plate in inches for following thicknesses of compression cover plate

	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2
8,000	14	18	22	25	29	33	36	40	43	47	51	54	58
9,000	14	17	21	24	27	31	34	38	41	45	48	51	55
10,000	13	16	19	23	26	29	32	36	39	42	45	49	52
11,000	12	16	19	22	25	28	31	34	37	40	44	47	50
12,000	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
13,000	11	14	17	20	23	26	29	32	34	37	40	43	46
14,000	11	14	16	19	22	25	27	30	33	36	38	41	44
15,000	11	13	16	19	21	24	27	30	32	35	37	40	43
16,000	10	13	15	18	21	23	26	28	31	33	36	38	41
17,000	10	12	15	17	20	22	25	27	30	32	35	37	40
18,000	10	12	15	17	20	22	24	27	29	32	34	36	39
19,000	9	12	14	17	19	21	24	26	28	31	33	36	38
20,000	9	12	14	16	18	21	23	25	28	30	32	35	37
21,000	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	36
22,000	9	11	13	15	17	20	22	24	26	28	31	33	35
23,000	8	11	13	15	17	19	21	23	25	28	30	32	34
24,000	8	11	13	15	17	19	21	23	25	28	30	32	34
25,000	8	10	12	14	16	18	21	23	25	27	29	31	33

Above computed from $f_c = 27,200,000 \left(\frac{T}{W} \right)^2$

TABLE 17-II

Limiting Clear Depth of Girder for Omission of Vertical Stiffeners

Clear depth of web in inches for the following values of unit shear in web, psi

	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000
1/4	52	37	30	26	23	21	20	18	17	17	16	15	15	14	13	13	12	12
	65	46	37	32	29	27	25	23	22	21	20	18	18	17	17	16	16	15
	78	55	45	39	35	32	30	28	26	25	24	22	22	21	20	19	19	18
7/16	91	64	53	45	41	37	34	32	30	29	27	26	25	24	24	23	22	21
1/2	105	74	60	52	47	43	39	37	35	33	31	30	29	28	27	26	25	24
	117	83	68	58	52	48	44	41	39	37	35	33	32	31	30	29	28	27
	131	92	75	65	58	53	49	46	43	41	39	37	36	35	34	33	32	31
5/8	144	102	83	71	64	59	54	51	48	45	43	41	40	38	37	36	35	34
3/4	157	111	90	78	70	64	59	55	52	49	47	45	43	42	40	39	38	37
	170	120	98	84	76	69	64	60	56	54	51	48	47	45	44	42	41	40
	183	129	105	91	82	75	69	65	61	58	55	52	50	48	47	45	44	43
5/8	196	139	113	98	87	80	74	69	65	62	59	56	54	52	50	49	47	46
1	209	148	120	104	93	85	79	74	69	66	63	60	58	56	54	52	51	49

Above computed from $\frac{H}{T} = \frac{6600}{\sqrt{V}}$

TABLE 17-III

Maximum Spacing of Vertical Stiffeners on Girders without Horizontal Stiffeners

Stiffener spacing in inches, for the following values of unit shear in web, psi

	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000
	83	58	48	41	37	34	31	29	28	26	25	24	23	22	21	21	20	19
	104	73	60	52	46	42	39	37	34	33	31	30	29	27	27	26	25	24
	125	88	72	62	56	51	47	44	41	39	37	36	34	33	32	31	30	29
		102	84	72	65	59	55	51	48	46	44	42	40	38	37	36	35	34
		117	96	83	74	68	63	59	55	52	50	48	46	44	43	41	40	39
			108	93	83	76	71	66	62	59	56	54	52	49	48	46	45	44
			120	104	93	85	78	73	69	66	62	60	57	55	54	52	50	49
				114	102	93	86	81	74	72	69	66	63	61	59	57	55	54
					111	102	94	88	83	79	75	72	69	66	64	62	60	58
						110	102	95	90	85	81	77	74	71	69	67	65	63
							110	103	97	92	87	83	80	77	75	73	70	68
								110	104	98	94	89	86	82	80	78	75	73
									111	105	100	95	92	88	86	83	80	78

Above computed from $d = \frac{10500 T}{\sqrt{V}}$

DESARROLLO
DEL
CALCULO

El desarrollo del cálculo para las vigas cajón ó mejor dicho del programa FORTRAN para calcular dichas vigas lo haré de tal manera que pueda ser empleado en todas o casi todas la grúas, de acuerdo a las especificaciones que constan en el capítulo precedente.

Durante todo el proceso se tratará de tener siempre en el cálculo la sección más económica; entendemos por esto la sección con menor area de plancha lo que equivale decir la sección más ligera y teniendo en cuenta que el costo del material es función del peso, tendremos por consiguiente la sección más económica.

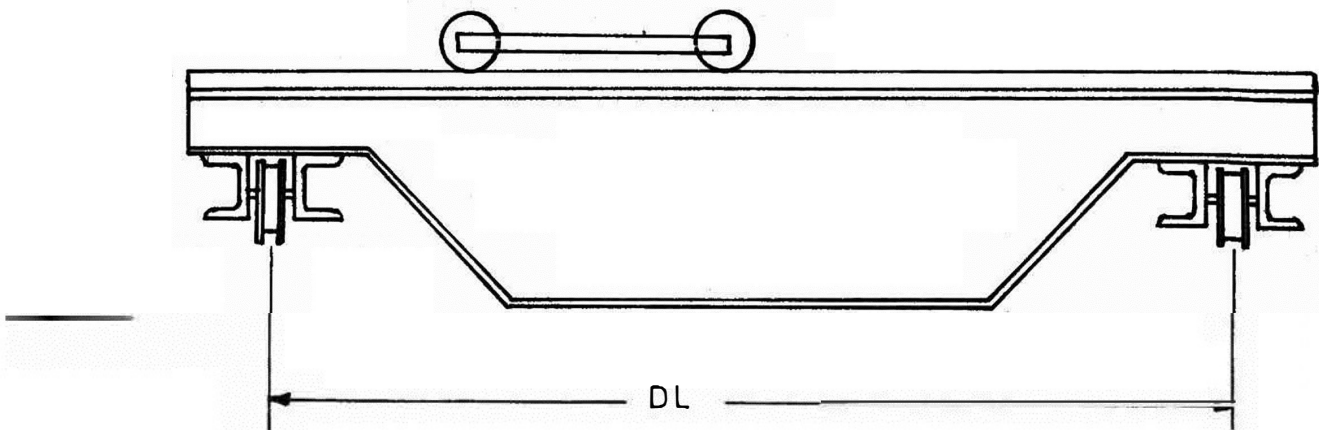
No tomaré en cuenta para esto la cantidad de soldadura, los desperdicios debidos a los cortes de las planchas y otros elementos adicionales.

La altura mínima de la viga está especificada en $1/8$ de la luz; mas no así la altura máxima que la voy a considerar en $1/10$ de la luz; aunque esta se puede variar de acuerdo a la necesidad particular del puente grúa en diseño.

Si tomamos como constante la altura veremos que podemos tener una viga ideal para esta altura; si diseñamos otra viga pero ya con otra altura tendremos otra viga ideal. Por lo tanto vamos a obtener una serie de vigas ideales correspondientes a diversas alturas que varían de pulgada en pulgada entre los límites ya mencionados. De todas estas la más ligera será considerada como la viga cajón ideal para el puente grúa en diseño.

Para obtener la viga ideal de una altura determinada partiré con el peso de una viga cajón con las dimensiones mínimas especificadas; y así obtendremos una viga económica y con paralte variable, pero que no ha sido cargado con su peso propio sino con uno menor. Luego la cargaremos con su peso y chequearemos, si no resiste haremos otra viga y así sucesivamente hasta que la viga diseñada sea suficientemente resistente.

Las vigas las consideraremos simplemente apoyadas sobre vigas testeras que serán un par de vigas canal y tendrán la siguiente disposición:



Según el esquema consideraré que la rueda más cargada es la del lado izquierdo y diseñaré una viga simétrica con respecto al centro tomando para los cálculos los mayores valores que se tenga en cada punto y su respectivo simétrico.

Cabe hacer una aclaración que para el diseño de las vigas se toma en cuenta el tecla principal con su carga máxima .

DATOS INICIALES

Para diseñar las vigas vamos a tener necesidad de los siguientes datos:

- Luz del puente en pies (DL).
- Distancia longitudinal entre las ruedas del trolley (DR). en pulgadas.
- Peso del riel en Lbs./yarda (PR).
- Módulo de sección horizontal del riel en pulg³ (ZR).
- Ancho de la base del riel en pulg. (BR).
- Altura del riel en pulg. (HR).
- Peso del trolley en la rueda izquierda en libras (P11).
- Carga a izarse en la rueda izquierda en libras (P12)
- Peso del trolley en la rueda derecha en lbs. (P21).
- Carga a izarse en la rueda derecha en lbs. (P22).
- Factor de fricción y aceleración del puente (AKA).
- Velocidad del puente en pies/min. (VELO).
- Factor de servicio del puente (FACSER).
- Relación de engranajes entre el motor del puente y el eje (GRATIO).
- Potencias de motores en HP (HP(I)).

Torques de arranque de motores en lbs/pulg. (TORQUE
(I))

Además de los datos ya mencionados necesitamos saber si la grua se usará con cubhara o magneto para que si ese fuera al caso se tome como factor de impacto (FI) ó si no, es necesario saber la velocidad de izaje (VI) del tecle principal y tomar como factor de impacto 0.005 por cada pie/min. pero no menor de 0.20. Este proceso se puede controlar con el switch 2.

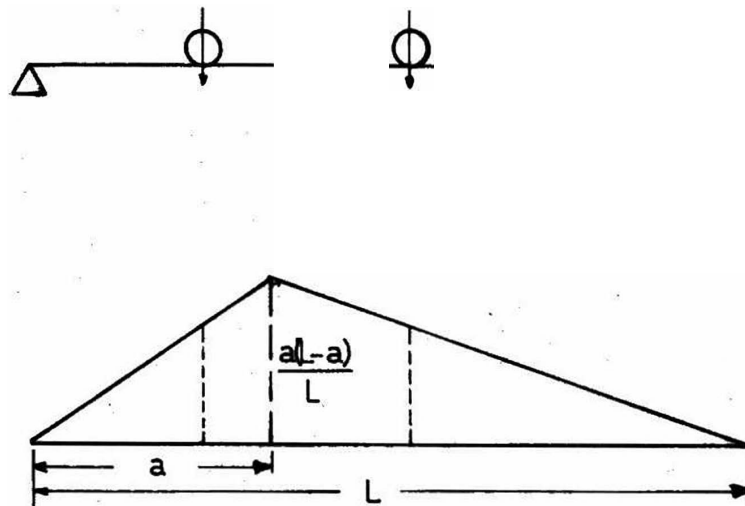
CALCULO DE MOMENTO DEBIDO A LAS CARGAS CONCENTRADAS

Con los datos solicitados hasta este instante podemos ya calcular los momentos flectores verticales ocasionados por el peso del trolley más la carga a izarse y tambien los momentos debido al impacto solamente.

Para el diseño son necesario los momentos máximos que se tienen en cada sección, por lo tanto se calcularan estos valores de pie en pie.

Según se puede ver mediante las línea de influencia del momento de flexión en una viga (fig. 2), el momento de

flección debido a un tren de 2 cargas en una sección cuquiera a una distancia "a" del extremo será igual a la abscisa de la línea de influencia bajo la rueda multiplicado por el valor de la carga. Lo que nos lleva a la conclusión de que el momento flector en una sección cualquiera tendrá una variación lineal y cuyo máximo tendrá lugar cuando la sección considerada se encuentre entre las dos ruedas o bajo de una de ellas.

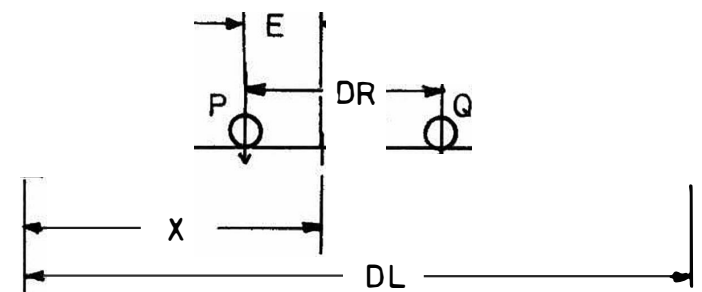


Por lo tanto para hallar el máximo, calcularé el momento flector en la sección colocando el carro en 4 posiciones

posibles que serán; la rueda izquierda sobre la sección ó lo más próximo a ella, la rueda derecha sobre la sección ó lo más próximo a ella, las otras dos posiciones quedarán entre estas posiciones extremas y a una distancia de $l/10$ de los límites de variación.

Con estos cuatro valores formamos dos rectas, cada una con dos valores contiguos, y las interceptamos; si son coincidentes quiere decir que el momento máximo será cuando una rueda está sobre la sección considerada y mediante una comparación determinamos este valor; en el caso contrario la intersección de las rectas nos dará el valor buscado.

Analíticamente la expresión para calcular el momento flector en ^{una} sección cualquiera a una distancia "x" del extremo izquierdo que se encuentra entre las dos cargas ó bajo una de ellas será:



Momento Flector = $\left(\frac{P(DL - x + E) + Q(DL - x - DR + E)}{DL} \right) x - P \cdot E$

Llamando E excentricidad con respecto a la sección x y variando sus límites de variación según la posición del trolley.

$P = P11+P12$ cuando no se considera impacto

$Q = P21+P22$ " " " "

$P = P11+P12(FI+1)$ considerando impacto

$Q = P21+P22(FI+1)$

Este procedimiento lo hacemos tanto para la carga sin considerar impacto (XMC(I)) y como para la carga considerando impacto (XMI(I)).

Utilizando el (XMC(I)) calcularemos el (YMC(I)) que es el momento horizontal debido a las cargas concentradas que será igual al momento vertical multiplicado por la relación del número de ruedas metrices del puente al total de ruedas.

Despues de calcular estos juegos de valores los arreglamos cada uno de ellos de tal manera que tengan en los puntos simétricos los mayores valores.

DATOS ADICIONALES

Para completar los datos que van a intervenir en el cálculo de las vigas cajón necesitamos conocer:

El número de ruedas motrices del puente y el total de estas, en el caso de que se tenga dos ruedas motrices y 4 como total de ruedas, que es lo usual no se necesita lectura de nuevos valores, si no se tendrán estos valores en una tarjeta para ser leídos, este proceso se controlará con el switch 2.

La ubicación del puente grúa, quiere decir si el puente grúa estará dentro o fuera de un edificio, en cuyo caso la carga debido a viento se considerará 30 libras/pie² sobre el área proyectada; proceso que se controlará con el switch 2.

El peralte máximo que se usará, el cual se asume en el programa como 1/10 de la luz del puente, y que se puede cambiar ya sea aumentando o disminuyendo según sea las condiciones necesarias para el puente grúa en particular; condición controlada con el switch 4.

El material de las planchas en general será acero ASTM-A 7 o A373 con punto de fluencia de 33,000 psi, en caso contrario es necesario conocer el punto de fluencia del material a usarse. Se ha previsto de que un material con punto de fluencia menor a 33,000 psi no sea aceptado como bueno, esto será controlado con el switch 3.

Al determinar el material se podrá determinar el máximo esfuerzo constante (FCORTE), el esfuerzo a la flexión permitido (S) y los espesores mínimos de planchas.

El acabado de las planchas; lo que ocasiona un valor distinto de presión admisible, que si no fuera acabado, situación que se controlará con el switch 3.

Estos son los últimos datos necesarios para el cálculo de las vigas.

Todo lo realizado hasta ahora han sido rutinas que no se alterarán durante lo que falte del diseño, por lo que podemos considerar cálculos preliminares.

PRIMEROS CALCULOS

Comenzaremos el diseño en si para un peralte cualquier a asumiendo una viga de sección uniforme y con las distancias y espesores mínimos. Esto es, para que en el cálculo de la viga se considere ya un peso de viga (PV), aunque este sea menor del que resulte.

Las dimensiones consideradas serán como altura, la altura para la cual se está diseñando y como distancia entre almas $1/60$ de la luz; como espesores de las planchas se tomará $5/16$ pulg.

Además hay que considerar un peso debido a la pasarela y a la sobre carga que va a tener esta; se tomará el valor en 5 lbs. por cada pulgada repartiendose este valor en 3.1 libras debido a la sobrecarga y 1.9 libras debido al peso propio (la pasarela la considero de 22 pulg. de ancho). Este valor de 5 libras/pulgadas va a ser constante durante todo el diseño.

Con todo esto tenemos como valor de la reacción máxima, el cálculo de:

$$RMAXV = (PR + PV + 5) \frac{DL}{2} + (P11 + P12(FI + 1)) \\ + \left(\frac{DL - DR}{DL} \right) (P21 + P22(FI + 1))$$

El momento flector vertical debido al peso muerto (XMT(I)) y el momento horizontal tambien debido al peso muerto (YMT(I)) se calcularán según las fórmulas:

$$XMT(I) = (PR + PV + 5) \frac{X}{2} (DL - X)$$

$$YMT(I) = XMT(I) \times 0.1 \times RM/TR$$

Para calcular la fuerza constante producida por el peso muerto más el trolley y la carga a izarse, hallaré esta cuando la rueda izquierda esté sobre la sección considerada (XV(I)) y cuando la rueda derecha está sobre la misma (VME - B(I)); esto lo hacemos a todo lo largo de la viga de pie en pie.

Para los cálculos usaré el mayor valor absoluto entre el (XV(I)) y el (VMED(I)) de la sección considerada y su respectivo simétrico.

Si hubiera viento el momento flector horizontal ^{debido} a este será igual a :

$$VIEN(I) = \frac{30}{114} \times H \times \frac{x}{2} (DL-X)$$

Para poder calcular los esfuerzos combinados de corte necesitamos el torque de arranque del motor a usarse, cuya potencia es función del peso de la grúa, el cual lo consideraré ^{igual} al peso muerto más el peso del trolley y de la carga ya mencionados; además añadiré un peso de 2,500 libras por el peso de las cargas no consideradas como la cabina, soldadura, vigas testeras, etc.

Con este peso obtenido se podrá hallar la potencia requerida que será:

$$HPREQ = AKA \times VELO \times FACSER \times PESO/2000.$$

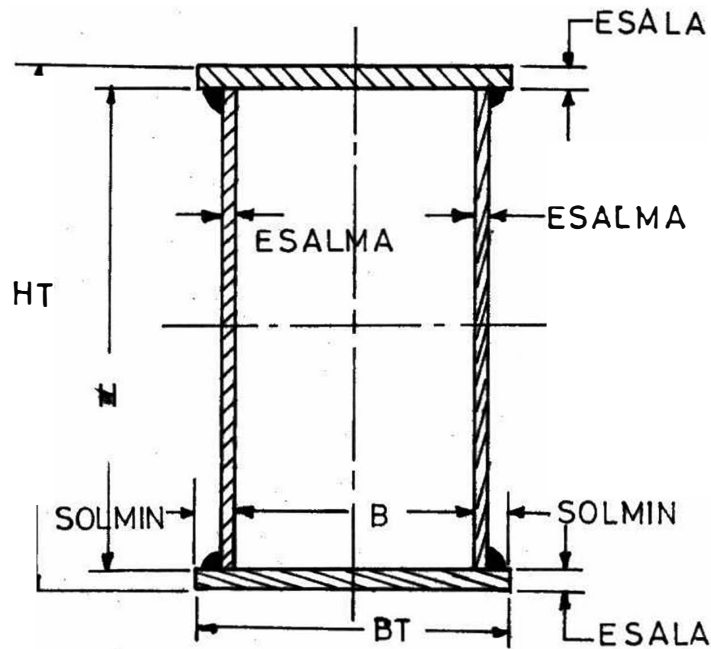
con lo que se tendrá elegido un motor de la relación dada antes como dato, con su respectivo torque, el cual será multiplicado por la relación de velocidades del eje del motor al eje motriz del puente grúa.

Además de los valores calculados en cada punto se cal

centrales en el centro de la luz.

Diseño de la sección en el centro de la viga

La forma de la sección en el centro de la viga, será como la que se muestra en el dibujo:



La diferencia entre la sección en el centro y una sección cualquiera será solamente en la altura^H que podrá ser menor pero no mayor y cuyo nombre genérico será HV(I).

Los espesores de las planchas serán múltiplos de 1/16".

El ancho para la soldadura o reborde de la sección (SOLMIN) tendrá los siguientes valores según el espesor máximo de cualquiera de las planchas:

Espesor de plancha		SOLMIN
Hasta	1/2	3/8
1/2	3/4	3/8
3/4	1 1/2	1/2
1 1/4	2 1/4	1/2
2 1/4 -	6	5/8
mas de 6"		6/8

El espesor inicial del alma lo calculo al esfuerzo cortante producido por la reacción y tomando como altura 1/4 de su valor.

Luego se tiene que diseñar en forma previa las alas que serán simétricas, y tendrán también como esfuerzo máximo en compresión los especificados en el capítulo anterior, ya sea según el material o el valor de la relación (B/ESALA)

En el caso de que las alas sean insuficientes para resistir el esfuerzo al que se someten, serán incrementadas estas en una de las tres siguientes formas:

1. Aumentando el espesor de cada ala en 1/16

$$ESALA = ESALA + 1/16$$

2. Aumentando el ancho de cada ala en 1/4"

$$BT = BT + 1/4$$

3. Aumentando ambos casos el espesor 1/16 y el ancho en 1/4 en cada ala

$$ESALA = ESALA + 1/16$$

$$BT = BT + 1/4$$

La forma de aumento que se usa será, aquella cuya relación "incremento en resistir el esfuerzo demandado/incremento de area de alas", sea mayor; cuidando siempre la estética de viga.

Este proceso se hará hasta que las alas tengan la dimensión suficiente como para soportar el esfuerzo.

Una vez diseñadas las alas se chequeará la sección por el esfuerzo debido a la flexión combinada (horizontal y vertical) en el caso de no satisfacer la sección

asi diseñada, se modificara la forma de la seccion utilizando las formas de incrementos anteriores incluyendo otra posibilidad que es el incremento^{de} espesor de las almas

4. Aumento de espesor de las almas

$$ESALMA = ESALMA + 1/16$$

ó

$$ESALMA = ESALMA + 1/16$$

$$BT = BT + 0.25$$

$$\text{en el caso de } B + 1/80 \text{ DL/60}$$

La forma de incremento usada para este caso será la que tenga como relación "aumento del módulo de seccion horizontal/ aumento del area de la seccion", el mayor valor.

Seguidamente se chequeará la seccion por corte combinado, si la seccion fuera insuficiente para resistir este esfuerzo se realizarán uno de los siguientes incrementos en la forma de la seccion

1. Aumento del espesor de las almas

$$ESALMA = ASALMA + 1/16$$

2. Aumento del ancho de las alas (aumenta separación de las almas)

$$BT = BT + 0.25$$

3. Los ^{dos} aumentos anteriores juntos

$$ESALMA = ESALMA + 1/16$$

$$BT = BT + 0.25$$

El incremento que se usará será aquel cuya relación "incremento del esfuerzo que soporta/incremento de area" tenga el mayor valor.

Se alternarán el chequeo por flexión con el de corte, considerandose como buena la sección que pase estas dos condiciones

CALCULO DE LA ALTURA EN CADA PIE

Una vez diseñada la sección en el centro de la viga, buscamos la altura mínima de la viga en cada pie, tal que la sección sea bien diseñada por corte combinado y flexión combinada.

Para esto se tomará como variable la altura H que se conocerá como $HV(I)$.

Tomaremos en el extremo un valor para $HV(I)$ (para este valor particular será H_{V0}) de 4 pulgadas si no es suficiente esta altura se incrementará en media pulgada, y así hasta encontrar una altura satisfactoria, con la cual se pasará a la siguiente sección.

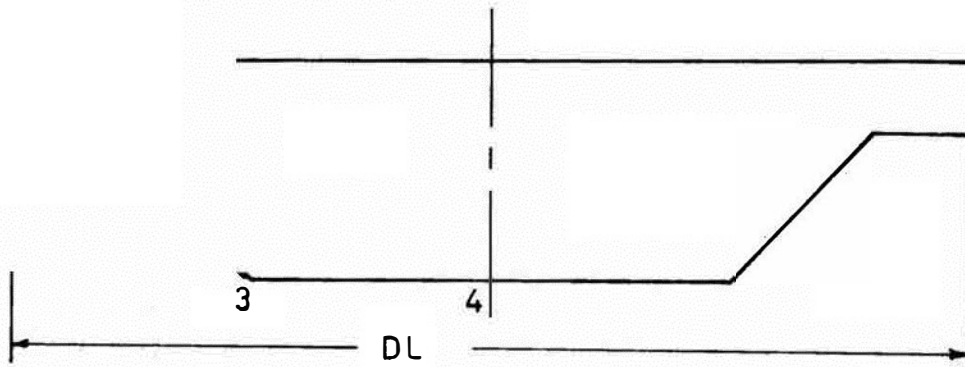
Si la altura requerida en una sección fuera mayor que H , se cambiará la forma de la sección y se volverá a calcular la altura en cada pie nuevamente.

FORMA DE LA VIGA

Teniendo ya las altura mínimas en cada punto, podemos

dar forma a la viga para que la variación de la altura sea en forma lineal, para una construcción más facil.

La forma de viga que se tratará de conseguir será como la que se muestra en la figura:



Considerandose los puntos 1,2,3 y 4 por sus coordenadas PUNT1X, PUNT1Y, PUNT2X, PUNT2Y, PUNT3X, PUNT3Y, PUNT4X, PUNT4Y; Los cuales son medidos con relación al alma.

El valor de PUNT2X varía desde 9 pulgadas, hasta 48 pulgadas. El límite mínimo es debido a la distancia necesaria para colocar una viga canal y la mitad de la rueda de la grúa

PUNTO X tendrá un valor tal que la recta que une los puntos 2 y 3 sea lo más pegada posible a los valores de altura mínima.

Los puntos 3 y 4 tendrán como ordenadas el valor de H, y la abscisa de 4 será la mitad de la luz.

Mediante sucesivas comparaciones llegaremos a tener la forma óptima que será la viga con menos área proyectada ya que significa que la viga tendrá menos peso.

CALCULO DE LA DEFLECCION DEBIDO A LAS CARGAS CONCENTRADAS

Calcularé la deflección en el punto en el cual se tiene el mayor momento flector debido al peso del trolley y a la carga a izarse. Punto conocido como X MAYOR.

El método usado para calcular la deflección será el de la viga conjugada. Calculando el área del diagrama de momentos flectores por partes, entre puntos significativos o como son los cambios de sección de la viga, el punto X MAYOR, el centro de la viga y los lugares bajo las ruedas del trolley.

El área se hallará integrado por la forma trapezoidal de Simpson que es la siguiente:

$$A = u \left[\frac{f_0}{2} + f_1 + f_2 + \dots + \frac{f_n}{2} \right]$$

donde u es el intervalo de integración
 f_n es la función

Si la deflección en X MAYOR es mayor que un milésimo de la luz, se cambiará la forma de la viga, por otra con mayor área proyectada, y así hasta que la forma de viga sea adecuada para una deflección menor de 1/1000 de la luz.

También se calculará la deflección en el centro de la viga.

DISEÑO DE DIAFRAGMAS VERTICALES

Estos diaframas son necesarios para transmitir la carga del trolley a la rueda y para que el esfuerzo máximo del riel no exceda a 18,000 psi.

La separación máxima entre estos diaframas será según la fórmula del párrafo 17-G-33 del capítulo anterior.

En la viga haremos que se coloque un diafragma en cada extremo y la separación entre los diaframas internos será tal que estén igualmente espaciados.

El espesor será el necesario como para que resista el esfuerzo de aplastamiento que el ocasionará el trolley con la carga a izarse.

CALCULO DE LOS MOMENTOS FLECTORES Y FUERZAS CONSTANTES REALES

Al llegar a este punto tendremos ya diseñada la viga pero no la hemos chequeado con su peso propio; por lo tanto para realizar esto calcularemos primero el peso de la viga más las demás cargas repartidas como son: el riel, la pasarela, y tambien los diaframas.

Seguidamente se calculará el $(XMT(I))$ y el $(YMT(I))$ que son los momentos flectores vertical y horizontal debido a las cargas repartidas, luego la fuerza cortante vertical máxima $(XV(I))$ y por último los momentos debido a viento $(VIEN(I))$.

CHEQUEO DE LOS MOMENTOS FLECTORES Y ESFUERZOS CONSTANTES

Con los valores obtenido en el capítulo precedente se chequeará si es que la viga resiste al momento flector combinado debido a peso propio y al peso del trolley más la carga a izarse. El chequeo se realizará de pie en pie y en el caso de que en un punto cualquiera sea insuficiente la sección diseñada, se volverá a diseñar la sección central; usando como valores del momento flector debido al peso propio y las fuerzas constantes obtenidas, los obtenidos en el capítulo anterior.

A partir del diseño de la sección central se repetirá todo el proceso que le sigue.

Con respecto a los esfuerzos constantes se realizará el mismo proceso que para los momentos flectores.

Por lo tanto al llegar a este puntos se puede decir de que la viga está bien diseñada.

ATIRANTADORES HORIZONTALES

Simultaneamente con el chequeo del momento flector combinado, se probará si es necesario la presencia de atirantadores horizontales. Calculandose el punto a partir del cual es necesario el atirantador horizontal. Si ya hubiera un atirantador probará si es necesario otro atirantador más; si así fuera se calculará también el punto a partir del cual debe ser colocado.

El radio de giro de cada atirantador se calculará con la fórmula:

$$\gamma = c \left(\frac{H}{T} \right) f_c (10)^{-9}$$

C se toma de la tabla 17-VI del capítulo precedente.

DEFLECCION DEBIDO AL PESO MUERTO Y CALCULO DE LA CONTRAFLECHA

El cálculo de esta deflección se hará también por el método de la viga conjugada, integrando el diagrama de momentos reducidos por partes entre los puntos 1-2, 2-3, 3-4.

La integración será igual que el caso anterior por el método trapezoidal de Simpson.

Luego de hallar la flecha respectiva se podrá calcular la contraflecha, que será igual a la deflección debido al peso muerto más la mitad de la deflección en el centro, debido al peso del trolley más la carga a izarse.

CALCULO DE LOS ATIRANTADORES VERTICALES

Estos atirantadores son requeridos según el párrafo 17-G-10 del capítulo anterior y su máxima separación no debe exceder según lo indicado en el párrafo 17-G-11.

Como la separación de estos atirantadores tiene un límite máximo más no un mínimo, en lo posible se hará que el atirantador esté ubicado en el mismo lugar que un diafragma; con la ventaja de que se evita colocar una placa que sea solamente atirantador.

La altura de estos atirantadores serán tales que el momento de inercia de estas placas sea igual a 0.000000 0

28 H⁴

CALCULO DE LAS SOLDADURAS

Tenemos primeramente que calcular las soldaduras que ligan las almas con las alas, las cuales se calcularán por este horizontal.

Luego se calcularán las soldaduras que unen los diafragmas con las almas; se considera que estas soldaduras verticales, en total 4, mantienen a los diafragmas en posición; soldadura diafragmas-alas solo tendrán la función de poner en mejor contacto ambas piezas por lo que se puede colocar la soldadura mínima.

En el resto de las soldaduras se colocarán las mínimas de acuerdo al espesor, cuidando de cumplir con lo dispuesto en el capítulo precedente.

Estos cálculos se harán siguiendo los procedimientos mostrados en el libro "Procedure Handbook of Arc Weleling Desing and Practice - The Lencoln Electric Co."

ELECCION DE VIGA OPTIMA

Al llegar a este punto tenemos completamente diseñada la viga.

El elegir la viga óptima será únicamente en peso propio de ella y sin considerar soldadura.

RESULTADOS OBTENIDOS

El programa dará al final de su ejecución la forma de la sección más económica; además de sus diafragmas, soldadura, etc..

Además de este resultado final se podrá obtener con en switch 1 en ON valores parciales de formas de sección, momentos, en fin de todo lo calculado.

Este trabajo basado en el criterio económico del menor peso de la viga es efectivo. Y con los resultados obtenidos se pueden construir las vigas cajón para el puente grua que se desee.

Queda a criterio del constructor de las vigas considerar los detalles de construcción.

Debe indicarse que es posible hacer un estudio para obtener el menor desecho en el material empleado en la construcción de las vigas cajón.

En los cálculos no se considerarán el peso de una caseta, motor del puente, eje motriz del puente, etc. por no tener mayor influencia en los resultados.

Como punto final podemos decir que con este trabajo es posible construir vigas cajón para cualquier puente grua hasta de 200 pies de luz sin tener que abocarse en la inmensidad de los cálculos que representan su diseño.

BIBLIOGRAFIA
=====

Procedure Handbook of Arc Welding Design & Practice

The Lincoln Electric Co.

Manual of Steel Construcción - AISC

Calculo de Elementos de Máquibas - Vallance & Doughtie

Diseño de Estructuras de Acero John Lother

Resistencia de Materiales S. Timoshenko

Programación FORTRAN - Daniel McCracken

IBM 1620 Monitor I System Reference Manual
