

T
624.378
ORT

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

“DISEÑO DE UNA PLATAFORMA PORTA-HELICOPTEROS”

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

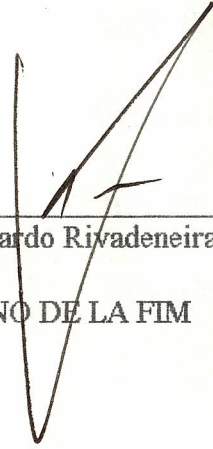
JULIO RICARDO ORTIZ MELO

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

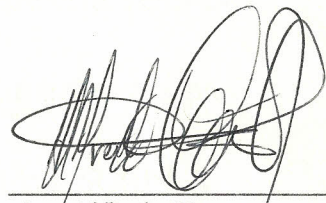
1996

TRIBUNAL DE GRADUACION



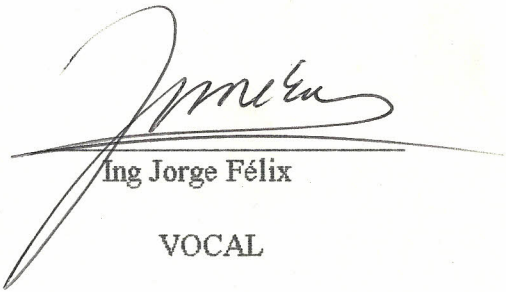
Ing Eduardo Rivadeneira

DECANO DE LA FIM



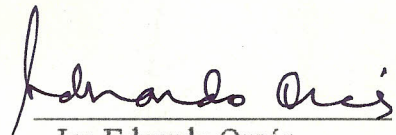
Ing Alfredo Torres

DIRECTOR DE TESIS



Ing Jorge Félix

VOCAL



Ing Eduardo Orcés

VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA - SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”



Julio R. Ortiz Melo

RESUMEN

El helicóptero que se tomará como base para el diseño, será el **SUPER PUMA**, que se halla en operación en la FUERZA TERRESTRE. Este helicóptero, tiene un peso máximo de 15000 lbs y posee además tren de aterrizaje.

A partir de los nuevos estados de carga se diseñarán: la **placa-plataforma**; las vigas **longitudinales**; los **marcos rígidos** resistentes; y, la **soldadura** a utilizarse para unir la estructura.

Para el diseño se usarán las normas especificadas en el **Manual AISC**, por lo cual los cálculos se efectuarán en el Sistema Inglés.

El diseño se lo hará a partir de la cubierta 200 (segunda cubierta) de la Unidad.

Como parte complementaria se creará un programa de computadoras para el análisis y el diseño de esta estructura en particular.

INDICE GENERAL

	Pág
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	IV
INDICE DE PLANOS.....	V
INTRODUCCION.....	01
I.- DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.....	02
II.- DISEÑO DE LA PLACA-PLATAFORMA.....	03
III.- CALCULO DE LA VIGA LONGITUDINAL.....	07
3.1.- Análisis del Momento Flector y del Cortante Máximos.....	07
3.1.1.- Análisis tomando como carga solo la Placa - Plataforma.....	07
3.2.1.- Análisis tomando como carga el peso del Helicóptero.....	12
3.2.- Diseño de la Viga.....	14
3.2.1.- Diseño por Momento.....	14
3.2.2.- Diseño por Cortante.....	17
3.2.3.- Aplastamiento del Alma.....	17

3.2.4.- Deflexión Máxima.....	18
IV.- CALCULO DEL MARCO RIGIDO.....	19
4.1.- Análisis de Momentos y Reacciones.....	19
4.2.- Diseño de la Columna y de la Viga del Pórtico.....	21
4.3.- Diseño de la Rodilla.....	37
4.4.- Diseño de la Placa Base.....	40
V.- DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS.....	42
5.1.- Unión de la Plataforma a la Viga Longitudinal.....	42
5.2.- Unión de la Viga Longitudinal a la Viga del Pórtico.....	43
5.3.- Soldadura de la Rodilla del Marco Rígido.....	45
5.4.- Unión de la Columna del Pórtico a las Vigas Estructurales del Casco del Buque.....	47
5.5.- Unión de la columna a la Placa Base.....	48
VI.- PROGRAMA.....	50

PLANOS

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

AISC	American Institute of Steel Construction
D.C.L.	Diagrama de Cuerpo Libre
FD	Factor de Distribución
K	mil libras
Ksi	mil libras por pulgada
lb	libras
MEP	Momento de Empotramiento Perfecto
pulg	pulgadas
pulg ²	pulgadas cuadradas
SSRC	Structural Stability Research Council

SIMBOLOGIA

A	Area seccional
A_f	Area de compresión del ala
A_{st}	Area seccional de un rigidizador o par de rigidizadores
A-36	Acero con punto de fluencia de 36 Ksi
b_f	Ancho del ala
b_{st}	Ancho de un rigidizador
Cb	Coefficiente dependiente del momento gradiente $= 1.75 + 1.05 (M1/M2) + 0.3 (M1/M2)^2$
Cm	Coefficiente de amplificación
d	Profundidad del perfil
d_b	Profundidad de columna
d_c	Profundidad de columna
E	Módulo de elasticidad del acero (29 000 Ksi)
F_a	Esfuerzo axial permitido (Ksi)
f_a	Esfuerzo axial computado (Ksi)
F_b	Esfuerzo transversal permitido (Ksi)
f_b	Esfuerzo transversal computado (Ksi)
FD	Factor de distribución
$F'e$	Esfuerzo de Euler
F_v	Esfuerzo cortante permitido
f_v	Esfuerzo cortante computado
Fy	Esfuerzo de fluencia
F'	Perfil compacto
H	Fuerza cortante horizontal
I	Momento de inercia (pulg^4)
K	Coefficiente de distribución
K	Factor para la longitud efectiva
K'	Coefficiente de distribución modificado
k	Zona de influencia del alma con respecto al ala
L	Longitud

L_c	Máxima longitud no arriostrada con un esfuerzo máx. 0.66 F_y
L_u	Máxima longitud no arriostrada con un esfuerzo máx. 0.6 F_y
M	Momento
M_1	Momento más pequeño
M_2	Momento más grande
P	Fuerza axial
P_{bf}	Fuerza producida en el ala, debido a una conexión
r_T	Radio de giro en la zona de compresión
r_X	Radio de giro con respecto al eje X-X
r_Y	Radio de giro con respecto al eje Y-Y
t	Espesor
t_f	Espesor del ala
t_w	Espesor del alma
t_{st}	Espesor de un rigidizador
S	Módulo se sección
V	Cortante vertical
μ	Módulo de Poisson
ω	Carga uniforme
ω	Espesor de soldadura
ρ	Densidad volumétrica

INDICE DE FIGURAS

		Pág
Figura 1.1	Carga concentrada P sobre una placa rectangular	03
Figura 3.1	Configuración isométrica de la estructura	07
Figura 3.2	Configuración superior de la estructura	07
Figura 3.3	D.C.L. de la viga longitudinal	08
Figura 3.4	D.C.L. del tramo 1 para la obtención del cortante	09
Figura 3.5	Diagrama de las reacciones isostáticas e hiperestáticas de la viga.....	10
Figura 3.6	Diagrama de cortante de la viga	10
Figura 3.7	Reacciones en cada apoyo de la viga	11
Figura 3.8	Diagrama de momentos de la viga	11
Figura 3.9	D.C.L. de los 3 primeros apoyos	12
Figura 3.10	Diagrama de cortante de los 3 primeros apoyos	13
Figura 3.11	Diagrama de momento de los 3 primeros apoyos	13
Figura 3.12	Nomenclatura de un perfil ST.....	15
Figura 4.1	D.C.L. del pórtico	19
Figura 4.2	I aproximación del pórtico	20
Figura 4.3	Elementos de la I aproximación	22
Figura 4.4	D.C.L. de la viga I aproximación	22
Figura 4.5	Nomenclatura de un perfil W	22
Figura 4.6	D.C.L. de la columna I aproximación.....	24
Figura 4.7	Elementos de la II aproximación	25
Figura 4.8	II aproximación del pórtico	25
Figura 4.9	D.C.L. de la viga II aproximación.....	27
Figura 4.10	D.C.L. de la columna II aproximación	30
Figura 4.11	Elementos de la III aproximación	31
Figura 4.12	III aproximación del pórtico	31
Figura 4.13	D.C.L. de la viga III aproximación	32
Figura 4.14	D.C.L. de la columna III aproximación	34
Figura 4.15	Curvatura de la cubierta de vuelo.....	36
Figura 4.16	Rodilla del pórtico	37
Figura 4.17	Diagrama de la placa base	40
Figura 5.1	Diagrama de soldadura	42
Figura 5.2	Diagrama de la unión	44
Figura 5.3	Rodilla del pórtico	45
Figura 5.4	Ubicación de las vigas estructurales del buque	47
Figura 5.5	Diagrama de la unión	48
Figura 5.6	Diagrama de la unión	48

INDICE DE PLANOS

Plano A1	Configuración de la Plataforma Porta -Helicópteros
Plano A2	Ubicación física de la estructura en el buque

INTRODUCCION.-

Las Fragatas Misilísticas Clase "LEANDER", son unidades de superficie multipropósito, es decir, tienen capacidad para Guerra Antiaérea, Guerra de Superficie; y, Guerra Antisubmarina. Tiene además la versatilidad de operar un helicóptero tipo Link, el mismo que tiene un peso máximo de 7000 lbs.

Debido a los cambios constantes en el aspecto táctico y tecnológico en el campo naval-militar, la ARMADA NACIONAL, requiere de unidades aéreas, que tengan capacidad de reacción en Guerra Antisubmarina; posean sistema Data-Link ; y, que puedan operar desde una plataforma móvil.

Por lo anteriormente expuesto, es que se ha decidido la modificación de la estructura de las cubiertas de vuelo de estas clase de unidades, a fin de que pueden operar con un helicóptero del tipo Super Puma, el mismo que incluidos los aditamentos que la Armada requiere, tiene un peso máximo de 15000 lbs.

1.0.- DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

La Cubierta de Vuelo se halla localizada entre las cuadernas **69** y **63** del Buque; a fin - de no alterar la configuración original, se mantendrá el mismo espaciamiento entre cuadernas (marcos resistentes), así como también el mismo, espaciamiento de las vigas longitudinales; de acuerdo a ésto, la estructura estará compuesta de **7 marcos rígidos** y de **7 vigas longitudinales** (Planos 1 y 2).

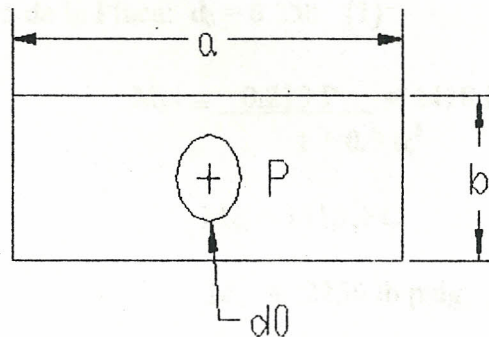
El tren de aterrizaje se compone de **una rueda delantera** y de **dos ruedas traseras**, llevando la mayor concentración de peso las ruedas traseras, por lo cual para el análisis - se asumirá que la fuerza de impacto durante el aterrizaje se distribuye únicamente entre **las dos ruedas traseras**.

2.0.- DISEÑO DE LA PLACA PLATAFORMA.

Para el diseño de la Placa Plataforma, se usarán las fórmulas obtenidas con la teoría de flexión de placas que dan los valores aproximados de los momentos flexores por unidad de ancho en losas rectangulares cargadas en el centro con una carga P distribuida sobre una superficie circular de diámetro d_0 (1).

FIGURA 1.1

CARGA CONCENTRADA P SOBRE UNA PLACA RECTANGULAR



b =lado menor; a = lado mayor; $b/a = \alpha$

d_0 = diámetro del área promedio de la sección de una rueda pegada a la placa.

$b = 51''$

$a = 55''$

$$d_0 = 4''$$

$$P = \frac{15\,000 \text{ lbs} (1.1)}{2} = 8250 \text{ lbs} \text{ (carga de impacto en cada rueda)}$$

$$\alpha = \frac{51''}{55''} = 0.927 \quad \mu = 0$$

Tipos de apoyo en los bordes:

- a) Los cuatro bordes simplemente apoyados
- b) Todos los bordes empotrados

a) **Simplemente apoyados:**

Momentos en la dirección b:

$$\text{En el centro del borde: } -M_{bc} = 0$$

$$\text{En el centro de la Placa: } d_0 = 0.25b \quad (1)$$

$$M_{bc} = \frac{0.213 P}{1 + 0.3 \alpha^3} = 1418 \text{ lb pulg / pulg}$$

$$M_{bc} = 1418 + C$$

$$M_{bc} = 2250 \text{ lb pulg / pulg}$$

(1) Si d_0 es menor que $0.25 b$ debe sumarse la siguiente corrección a cada uno de los valores indicados de M_{bc} y M_{bc} :

$$\text{Corrección: } C = 0.17 P \frac{\frac{1}{4} - (d_0/b)}{\frac{1}{4} + \frac{1}{2} (d_0/b)} \quad (d_0 = 4 < 0.25b = 12.75)$$

$$C = 832 \text{ lbs pulg / pulg}$$

Momentos en la dirección a:

$$\text{En el centro del borde: } -M_{ac} = 0$$

$$\text{En el centro de la placa: } M_{ac} = 0.136 P (1 + 0.2\alpha^3)$$

$$M_{ac} = 1301 + C$$

$$M_{ac} = 2133$$

b) Todos los bordes empotrados:Momentos en la dirección b:

$$\text{En el centro del borde: } -M_{bc} = \frac{1/6 P}{1 + 1/3 \alpha^3}$$

$$-M_{bc} = 1086$$

$$\text{En el centro de la placa: } M_{bc} = \frac{0.158 P}{1 + 0.1 (1 - \alpha)^2}$$

$$M_{bc} = 1303 + C$$

$$M_{bc} = 2135$$

Momentos en la dirección a:

$$\text{En el centro de la placa: } M_{ac} = \frac{0.158 P}{1 + 0.5 (1 - \alpha)^2}$$

$$M_{ac} = 1300 ; + C$$

$$M_{ac} = 2132$$

Los momentos máximos se producen en la dirección *b*, en el centro de la placa. Pero es
tos momentos han sido calculados tomando el caso ideal de $\mu = 0$. Para encontrar los va

lores reales aproximados en el centro de la placa, se usarán las respectivas correlaciones con el valor de $\mu = 0.303$:

$$M_{bc}\mu = M_{bc} + \mu M_{ac}$$

$$M_{ac}\mu = M_{ac} + \mu M_{bc}$$

Tomando únicamente los valores máximos tenemos:

$$M_{bc} = 2250 + (0) = 2250 \text{ lbs. pulg / pulg} \quad \text{bordes simplemente apoyados}$$

$$M_{bc} = 2135 + 0.303 (-1086) = 1806 \text{ lbs. pulg / pulg} \quad \text{bordes empotrados}$$

El valor del momento real que se producirá, está en el intervalo entre éstos dos momentos encontrados, por lo tanto una buena aproximación para encontrar el espesor de la placa, es utilizar el momento medio de éstos dos momentos:

$$M = \frac{2250 + 1806}{2} = 2028 \text{ lbs pulg / pulg}$$

$$\sigma = \frac{M}{I/C} = \frac{6M}{t^2} \quad F_b = 0.66 F_y = 23760 \text{ lb/pulg}^2 \quad (\text{acero A-36})$$

$$t = \sqrt{6M / \sigma} = 0.751 \approx 11/16''$$

Para el impacto se considera el factor más conservador: 1.1; debido a que éste efecto es absorbido en su mayor parte por el agua, ya que el buque se puede considerar como una viga soportada por una superficie elástica continua que es el agua.

3.- CALCULO DE LA VIGA LONGITUDINAL

3.1.- Análisis del Momento Flector y del Cortante Máximos.

3.1.1.- Análisis tomando como carga sólo el peso de la Plancha-Plataforma.

Se toma como el caso más crítico, el efecto sobre una viga interior:

FIGURA 3.1

CONFIGURACION ISOMETRICA DE LA ESTRUCTURA

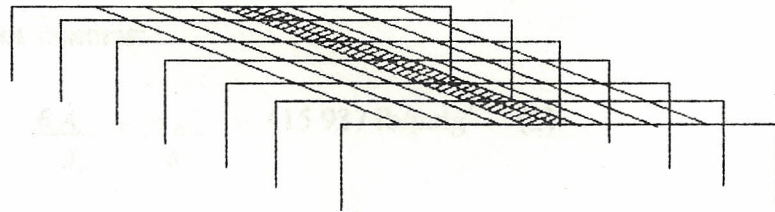


FIGURA 3.2

CONFIGURACION SUPERIOR DE LA ESTRUCTURA

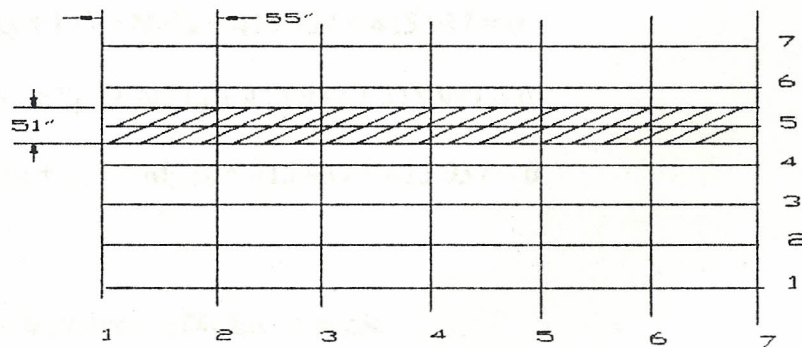
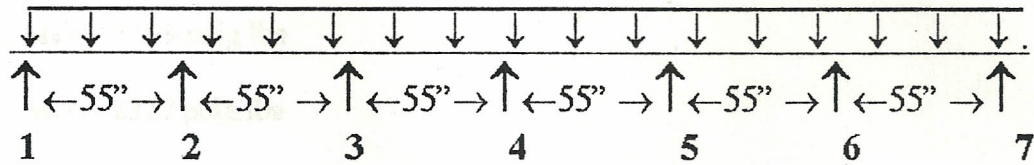


FIGURA 3.3

D.C.L. DE LA VIGA LONGITUDINAL



Siendo:

ρ : densidad volumétrica

t : espesor de la placa

a : ancho de la placa tenemos :

$$\rho_{A-36} = 487 \text{ lb/pie}^3 = 0.282 \text{ lb/pulg}^3$$

$$\omega = \rho * t * a = (0.282) \left(\frac{11}{16}\right) (51) = 10 \text{ lb/pulg}$$

Momentos y cortantes máximos.

Método de los 3 momentos:

En todos los tramos tenemos:

$$\frac{6Aa}{L} = \frac{6Ab}{L} = \frac{\omega L^3}{4} = 415\,937 \text{ lb/pulg}^2 \quad (1)$$

Por lo tanto tenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$M_1 L_1 + 2M_2 (L_1 + L_2) + M_3 L_2 + 415\,937 + 415\,937 = 0$$

$$M_2 L_2 + 2M_3 (L_2 + L_3) + M_4 L_3 + 415\,937 + 415\,937 = 0$$

$$M_3 L_3 + 2M_4 (L_3 + L_4) + M_5 L_4 + 415\,937 + 415\,937 = 0$$

$$M_4 L_4 + 2M_5 (L_4 + L_5) + M_6 L_5 + 415\,937 + 415\,937 = 0$$

$$M_5 L_5 + 2M_6 (L_5 + L_6) + M_7 L_6 + 415\,937 + 415\,937 = 0$$

Resolviendo el sistema; además que M_1 y M_7 son iguales a cero, se obtiene los siguientes momentos en los apoyos:

$$M_2 = - 3199 \text{ pulg. lbs}$$

$$M_3 = - 2327 \text{ pulg. lbs}$$

$$M_4 = - 2618 \text{ pulg. lbs}$$

$$M_5 = - 2327 \text{ pulg. lbs}$$

$$M_6 = - 3199 \text{ pulg. lbs}$$

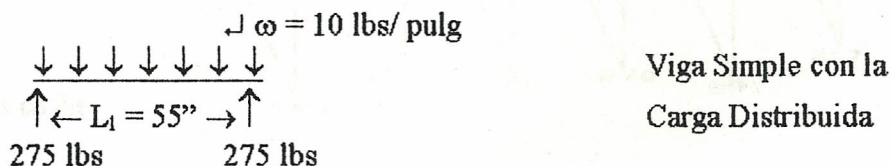
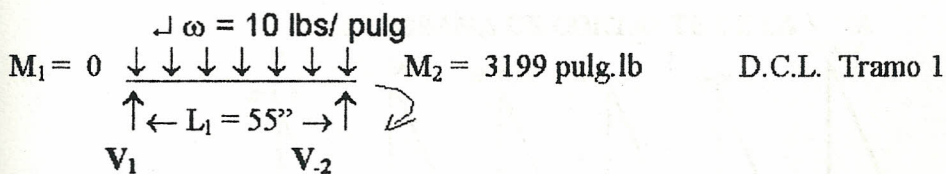
Con éstos valores de Momento, podemos calcular el Diagrama de Cortante; y, a partir de éste los valores de las Reacciones en los apoyos.

Usando el método de las Reacciones Isostáticas y las Reacciones Hiperestáticas, obtenemos los diferentes valores en cada apoyo, para graficar el diagrama de cortante.

Para el tramo entre los apoyos 1 y 2 (tramo 1) tenemos:

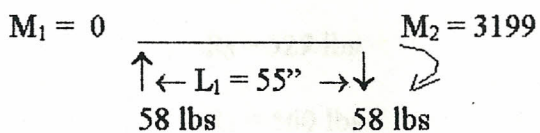
FIGURA 3.4

D.C.L. DEL TRAMO 1 PARA LA OBTENCION DEL CORTANTE



R' : reacción hiperestática

$$R' = \frac{M_M - M_m}{L} = \frac{3199 - 0}{55} = 58 \text{ lbs}$$



Momentos de Continuidad y Reacciones.

Efectuando el mismo procedimiento en cada tramo obtenemos los siguientes valores de Reacciones Isostáticas e Hiperestáticas en cada punto de apoyo.

FIGURA 3.5

DIAGRAMA DE LAS REACCIONES ISOSTATICAS E HIPERESTATICAS DE LA VIGA

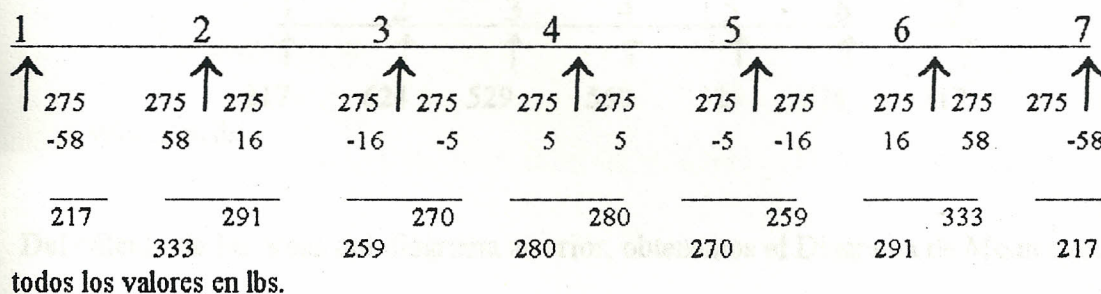
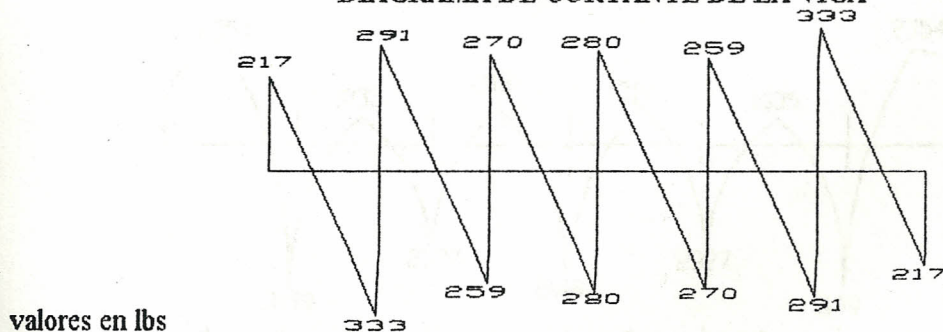


FIGURA 3.6

DIAGRAMA DE CORTANTE DE LA VIGA



Del Diagrama de Cortante, obtenemos los valores de las reacciones:

$$R_1 = 217 \text{ lbs}$$

$$R_2 = 624 \text{ lbs}$$

$$R_3 = 529 \text{ lbs}$$

$$R_4 = 560 \text{ lbs}$$

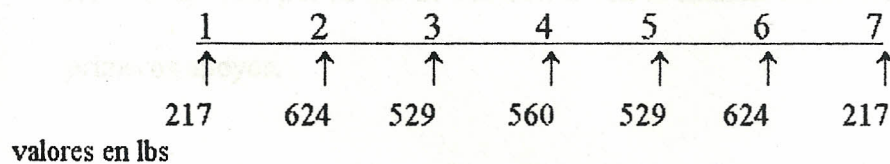
$$R_5 = 529 \text{ lbs}$$

$$R_6 = 624 \text{ lbs}$$

$$R_7 = 217 \text{ lbs}$$

FIGURA 3.7

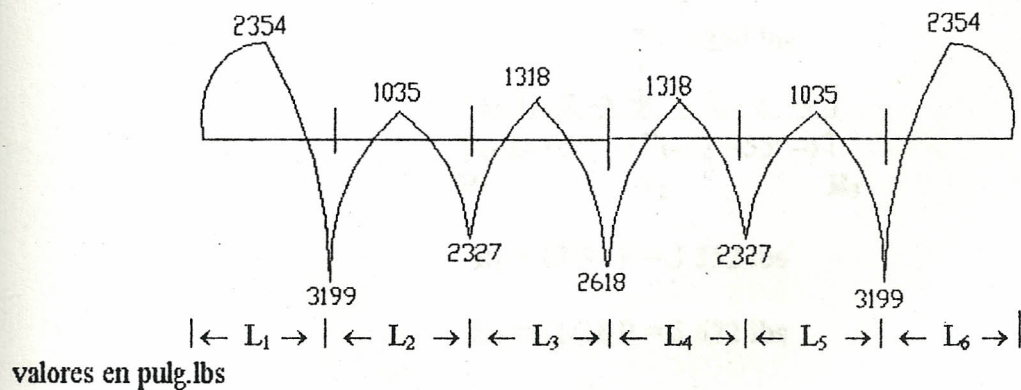
REACCIONES EN CADA APOYO DE LA VIGA



Del cálculo de las áreas del diagrama anterior, obtenemos el Diagrama de Momentos.

FIGURA 3.8

DIAGRAMA DE MOMENTO DE LA VIGA



3.1.2 Análisis tomando como carga el peso del Helicóptero.

$$P = 8\,250 \text{ lbs (peso en cada rueda + impacto)}$$

Analizando los diagramas de cortante y de momento del manual de la AISC, - para diferentes estados de carga, se puede estimar que el caso más crítico que podría presentarse, es que el helicóptero se pose en cualquiera de los dos tramos extremos de la viga, ésto es, entre los apoyos 1 y 2; o, entre los apoyos 6- y 7. Como existe simetría, tomaremos los apoyos 1 y 2.

Al aplicarse la carga concentrada en uno de los extremos de la viga, el efecto de dicha carga es mayor en los apoyos 1,2 y 3, en comparación con el resto de apoyos, por lo que se considerará en el análisis únicamente los tres primeros apoyos.

Para determinar los valores de Momento y Cortante, utilizamos las fórmulas y los diagramas del Manual AISC.

FIGURA 3.9

D. C. L. DE LOS 3 PRIMEROS APOYOS

$$\begin{array}{c}
 P = 8250 \text{ lbs} \\
 \downarrow \\
 | \leftarrow L/2 \rightarrow \downarrow \leftarrow L/2 \rightarrow | \\
 \uparrow \leftarrow L_1 = 55'' \rightarrow \uparrow \leftarrow L_2 = 55'' \rightarrow \uparrow \\
 R_1 \qquad R_2 \qquad R_3
 \end{array}$$

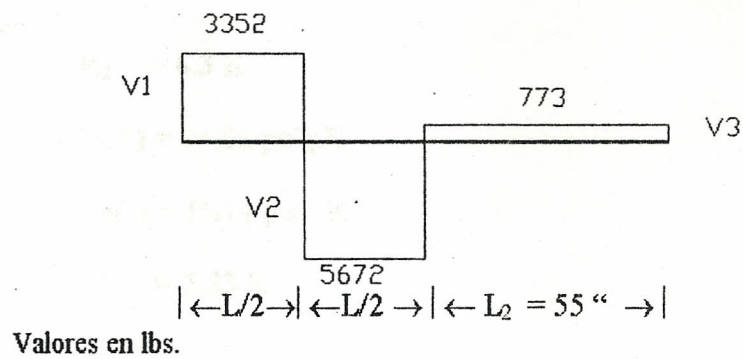
$$R_1 = 13/32 P = 3\,352 \text{ lbs}$$

$$R_2 = 11/16 P = 5\,672 \text{ lbs}$$

Por el principio de superposición, $R_3 = -3/32 P = -773$ lbs para los dos casos de carga, y se obtiene el diagrama de Momento y Corte de la viga en los tres apoyos de la R.

FIGURA 3.10

DIGRAMA DE CORTANTE DE LOS 3 PRIMEROS APOYOS



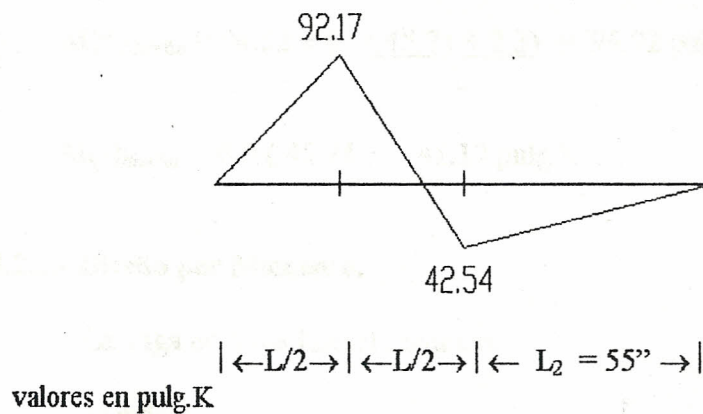
$$V_1 = R_1 = 3\,352 \text{ lbs}$$

$$V_2 = 19/32 P = 4\,898 \text{ lbs}$$

$$V_3 = R_3 = -773 \text{ lbs}$$

FIGURA 3.11

DIAGRAMA DE MOMENTOS DE LOS 3 PRIMEROS APOYOS



$$M(+)_máx = 13/64 (P)(L) = 92.17 \text{ pulg.K}$$

$$M(-)_máx = 3/32 (P)(L) = 42.54 \text{ pulg.K}$$

Por el método de superposición, sumamos los valores obtenidos para los dos estados de carga, con lo que obtenemos los valores máximos totales de Momento y Cortante de la viga; así como también la Reacción máxima.

Valores máximos:

$$R_2 = 6.3 \text{ K}$$

$$M(+) = 94.52 \text{ pulg.K}$$

$$M(-) = 45.74 \text{ pulg.K}$$

$$V = 5.23 \text{ K}$$

3.2.- Diseño de la Viga .

El AISC recomienda que para vigas continuas de sección compacta, el diseño se realice sobre la base de los 9/10 de los momentos negativos máximos ocasionados por las cargas verticales, y los momentos positivos se aumenten en 1/10 del promedio de los momentos negativos en los apoyos adyacentes.

$$M(+)_{\text{diseño}} = 94.52 + 0.1 \frac{(45.74 + 2.3)}{2} = 96.92 \text{ pulg.K}$$

$$M(-)_{\text{diseño}} = 0.9 (45.74) = 41.17 \text{ pulg.K}$$

3.2.1.- Diseño por Momento.

La Viga no tiene lateral continuo.

Siendo:

L : longitud del elemento considerado

L_c : máxima longitud no arriostrada con un esfuerzo de fluencia de 0.66 F_y

L_u : máxima longitud no arriostrada con un esfuerzo de fluencia de 0.6 F_y

La viga puede estar en cualquiera de las siguientes 3 condiciones:

- 1) $L < L_c$
- 2) $L_c < L < L_u$
- 3) $L > L_u$

Se asume caso el primer caso, por lo tanto la viga puede ser :

- a) Compacta
- b) Parcialmente Compacta
- c) No Compacta

Se asume compacta, por lo tanto:

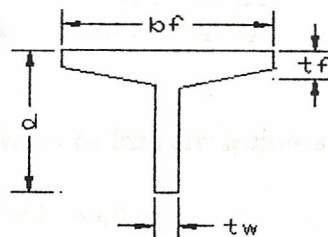
$$F_b = 0.6 F_y = 21.6 \text{ ksi (1)}$$

$$S = \frac{M}{F_b} = \frac{96.92}{21.6} = 4.48 \text{ pulg}^3$$

Se elige el Perfil ST 6*25. (AISC.Pag 1-68-69)

FIGURA 3.12

NOMENCLATURA DEL PERFIL ST



ST 6*25:

$$S=6.05 \text{ pulg}^3, \omega=25 \text{ lb/pie}, d=6 \text{ pulg}, t_w=0.687 \text{ pulg}, t_f=0.659 \text{ pulg}$$

$$r_x=1.85 \text{ pulg}, r_y=1.03 \text{ pulg}, k=1^{7/16} \text{ pulg}, b_f=5.477 \text{ pulg}$$

Verificación de supuestos:

a) Compacta: (AISC fór # 1.9.1.2 -Pág 5-30)

Ala:

Alma:

$$\frac{b_f}{2 t_f} < \frac{95}{(F_y)^{1/2}}$$

$$\frac{d}{t_w} < \frac{127}{(F_y)^{1/2}}$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} = 4.15$$

$$\frac{d}{t_w} = 8.73$$

$$\frac{95}{(F_y)^{1/2}} = 15.8 \checkmark \checkmark$$

$$\frac{127}{(F_y)^{1/2}} = 21.6 \checkmark \checkmark$$

∴ El Perfil es Compacto.

1) $L > L_c$:

$$L_c = \frac{352 r_y}{(F_y)^{1/2}} = \frac{(352)(1.03)}{6} = 60.43 \text{ pulg} \quad (\text{SSRC})$$

$$L_c = \frac{3 E}{F_y * d} = \frac{(3)(29 * 10^3)}{(36)(6)} = 273.4 \text{ pulg} \quad (\text{SSRC})$$

$$\frac{r_y * t_f}{(1.03)(0.659)}$$

Se elige el menor valor de las correlaciones anteriores:

$$\therefore L = 55'' < L_c = 60.43'' \checkmark \checkmark$$

Como el perfil cumple con las condiciones anteriores, seguimos calculando:

$$M(+)\text{ máx-peso propio} = 0.0772 \omega L^2 = 5.8 \text{ pulg.K} \quad (\text{AISC Pag 2-127})$$

$$M_{total} = 96.92 + 5.8 = 102.7 \text{ pulg.K}$$

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{102.7}{6.05} = 16.97 \text{ Kips} < 21.6 \text{ Kips} \quad \checkmark \checkmark$$

3.2.2.- Diseño por Cortante.

$$f_v = \frac{V}{d * t_w} = \frac{5.23}{(6)(0.687)} = 1.26 \text{ Ksi}$$

$$F_v = 0.4 F_y = 14.4 \text{ Ksi} \quad (\text{AISC f6r. \# 1.5.1.2.1-P6g 5.18})$$

$$f_v \ll F_v \quad \checkmark \checkmark$$

3.2.3.- Aplastamiento del Alma.

a) N para el apoyo m6s cr6tico: (N : longitud de apoyo)

$$\frac{R}{t_w (N + k)} < 0.75 F_y \quad (\text{AISC f6r. \# 1.10.8-P6g 5.35})$$

$$\frac{6.3}{(0.687)(N + 1^{7/16})} < 27$$

$$N = -1.09$$

Como N di6 un valor negativo, el m6nimo valor que puede tomar es el valor de k.

$$\therefore N = 1^{7/16} \text{ pulg}$$

b) N para la carga:

$$\frac{R}{t_w (N + 2k)} < 0.75 F_y \quad (\text{AISC f6r \# 1.10.9-P6g 5.35})$$

$$N = 4 \text{ pulg} \quad (\text{di6metro del 6rea promedio de la secci6n de la rueda pegada al piso})$$

$$\frac{8.25}{(0.687)(4 + 2 * 1^{7/16})} = 1.74 < 27$$

3.2.4.- Deflexión Máxima.

$$\frac{L.}{d} < 20 \quad (\text{AISC Pág 5.139})$$

$$\frac{55.}{6} < 20$$

$$9.2 < 20$$

Por lo anteriormente expuesto, el perfil ST 6*25 , es satisfactorio, siendo además, el _
más económico, ya que el inmediato inferior de éste, el ST 6*20.4 tiene un $S= 4.28 \text{ in}^3$
que está lejos del mínimo necesario.

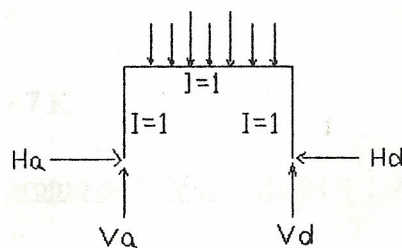
I Aproximación

Factores de Distribución Modificados.

Para calcular los factores de distribución, se asumirá primero que las Inercias de los elementos del Pórtico (viga y columnas) son iguales a uno.

FIGURA 4.2

I APROXIMACION DEL PORTICO



$$K_{ba} = \frac{I}{L} = \frac{I}{90} \Rightarrow K'_{ba} = \frac{3}{4} K_{ab} \text{ (simplemente apoyado en el extremo)}$$

$$K'_{ba} = \frac{3I}{360}$$

$$K_{bc} = \frac{I}{L} = \frac{I}{464} \Rightarrow K'_{bc} = \frac{1}{2} K_{bc} \text{ (Por Simetría)}$$

$$K'_{bc} = \frac{I}{928}$$

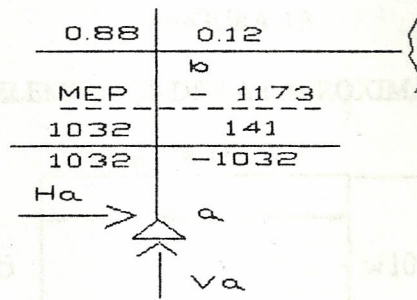
$$\Sigma K = 9.41 * 10^{-3} I$$

$$\therefore (FD)_{ba} = 0.88 \quad \wedge \quad (FD)_{bc} = 0.12$$

a) MEP cargas : -1 098 pulg.K (1)

b) MEP peso de la viga : -75 pulg.K (1) (Se asume $\omega=50$ lbs/pie)

(1) Resistencia de Materiales/ SINGER. Tabla 7-2. Pag 246



$$\Sigma M_b = 0$$

$$M_{ba} - H_a (90) = 0$$

$$H_a = 1032 / 90 = 11.47 \text{ K}$$

$$V_a = \frac{\Sigma \text{Cargas} + \text{Peso propio de la Viga}}{2} = \frac{20.84 + 1.93}{2} = 11.38 \text{ K}$$

4.2.- Diseño de la Columna y de la Viga del Pórtico.

Los Marcos Rígidos estarán soportados lateralmente en la dirección Y, por las Vigas longitudinales, que irán soldadas a tope, a las vigas de los Marcos. Por lo tanto $K_Y = 1$

Las columnas de los Marcos estarán soldadas a 3 Vigas Estructurales del casco del Buque, que se hallan espaciadas $23\frac{5}{8}$ " entre ellas, con lo que se proporcionará el soporte lateral en la dirección X. Por lo que $K_X = 1$

Se asume:

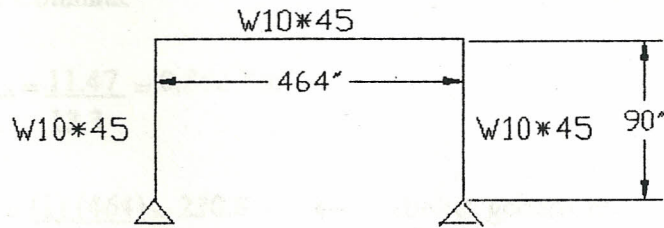
$$L < L_c ; y, \text{ compacto} \therefore F_b = 0.66 F_y = 23.75 \text{ Ksi}$$

$$S = \frac{1032}{23.75} = 43.45 \text{ pulg}^3$$

$$\therefore W10*45 \rightarrow S = 49.1 \text{ (AISC)}$$

FIGURA 4.3

ELEMENTOS DE LA I APROXIMACION



DISEÑO DE LA VIGA.

FIGURA 4.4

D.C.L. DE LA VIGA. I APROXIMACION

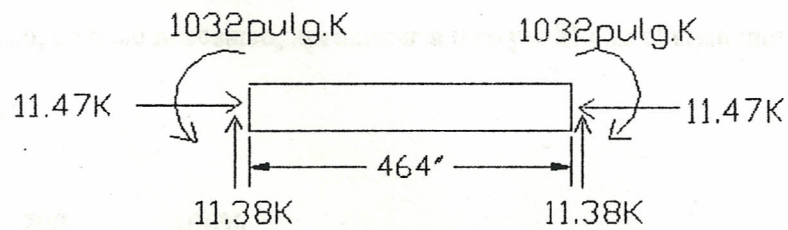
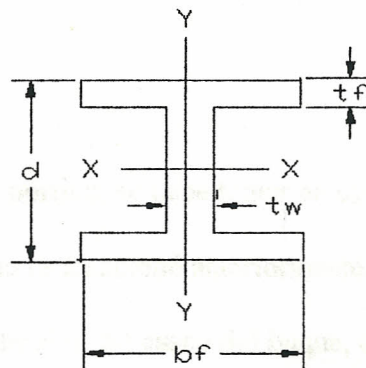


FIGURA 4.5

NOMENCLATURA DE UN PERFIL W



Parámetros del perfil W10*45 de la viga:

$$A=13.3 \text{ pulg}^2 ; \omega=45 \text{ lb/pie} ; F_y' = - \text{Ksi} ; r_T=2.18 \text{ pulg} ; d/A_f=2.03 ; I=248 \text{ pulg}^4$$

$$S=49.1 \text{ pulg}^3 ; r_x=4.32 \text{ pulg} ; r_y=2.01 \text{ pulg} ; L_c= 8.5 \text{ pies} ; L_u=22.8 \text{ pies}$$

1) Efecto de Columna.

$$f_a = \frac{P_c}{A} = \frac{11.47}{13.3} = 0.862 \text{ Ksi}$$

$$\frac{K_y * L}{r_y} = \frac{(1)(464)}{2.01} = 230.8 \quad \leftarrow \text{ esbeltez gobernante}$$

$$\frac{K_x * L}{r_x} = \frac{(1)(464)}{4.32} = 107.4$$

La razón de esbeltez no puede ser mayor de 200 (AISC Pag 3-15), por lo tanto para la viga del pórtico, se hace necesario, aproximar a otro perfil con el siguiente porcentaje de área mayor:

$$200 \quad \underline{\quad} \quad 100\%$$

$$230 \quad \underline{\quad} \quad X \Rightarrow X = 115\%$$

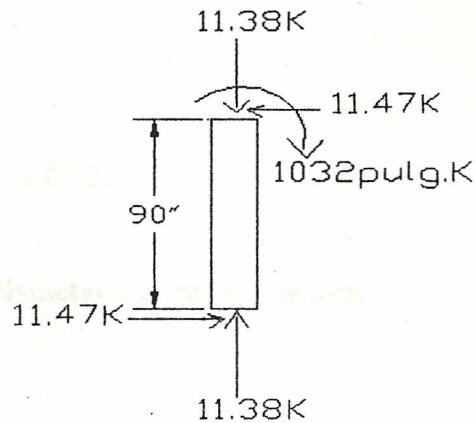
Se recomienda un perfil con 15% más de área.

DISEÑO DE LA COLUMNA.

Para el diseño de la columna del pórtico, se debe tomar en cuenta al efectuar el cálculo de la razón de esbeltez, que, como se mencionó anteriormente, las columnas del pórtico estarán soldadas a 3 vigas estructurales del casco del buque, con una distancia máxima de $23\frac{5}{8}$ " entre ellas, por lo tanto al efectuar dicho cálculo, se usará 24" como longitud efectiva de la columna.

FIGURA 4.6

D.C.L. DE LA COLUMNA I APROXIMACION



Parámetros del perfil W10*45 de la columna:

$$A=13.3 \text{ pulg}^2; \omega=45 \text{ lb/pie}; F_y'=- \text{ Ksi}; r_T=2.18 \text{ pulg}; d/A_f=2.03; I=248 \text{ pulg}^4$$

$$S=49.1 \text{ pulg}^3; r_X=4.32 \text{ pulg}; r_Y=2.01 \text{ pulg}; L_c=8.5 \text{ pies}; L_u=22.8 \text{ pies}$$

1) Efecto de Columna.

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{11.38}{13.3} = 0.855 \text{ Ksi}$$

$$\frac{K*L}{r_Y} = \frac{(1)(24)}{2.01} = 11.94$$

$$F_a = 21.05 \text{ Ksi} \quad (\text{AISC Tab 3-36. Pag 5-74})$$

$$\frac{f_a}{F_a} = 0.041 < 0.15$$

2) Efecto de Viga

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{1032}{49.1} = 21.02 \text{ Ksi}$$

$$L = 24' < L_c = 86.4$$

$$\therefore F_b = 0.66 F_y = 23.75 \text{ Ksi}$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

$$0.041 + \frac{21.02}{23.75} = 0.925$$

El Perfil es satisfactorio para la Columna.

II Aproximación.

Para la viga se usará un perfil con un área 15% mayor del anterior, es decir, $13.3 \times 1.15 = 15.3$, por lo que se utilizará el W10*54, que tiene un área de 15.8 pulg². Para la columna se mantendrá el perfil anterior.

FIGURA 4.7

ELEMENTOS DE LA II APROXIMACION

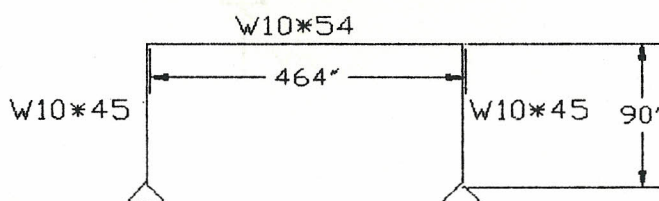
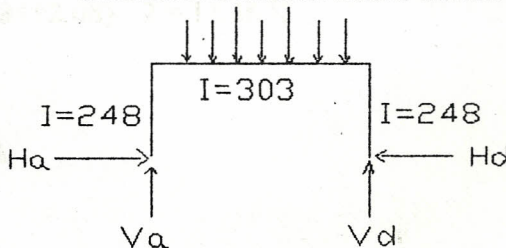


FIGURA 4.8

II APROXIMACION DEL PORTICO



DISTRIBUCION DE MOMENTOS.

$$K_{ba} = I/L = 248/90 = 2.755 \quad \Rightarrow \quad K'_{ba} = \frac{3}{4} K_{ba} = 2.0667$$

$$K_{bc} = I/L = 303/464 = 0.653 \quad \Rightarrow \quad K'_{bc} = \frac{1}{2} K_{bc} = 0.3265$$

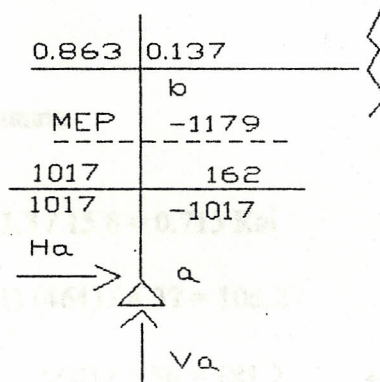
$$\Sigma K = 2.3932$$

$$FD)_{ba} = 0.863 \quad \wedge \quad FD)_{bc} = 0.137$$

Análisis de Momentos y Reacciones.

a) MEP de las cargas: -1 098 k.pulg

b) MEP del peso propio de la viga: -80.7 K.pulg ($\omega=54$ lb/pie)



$$\Sigma M_b = 0$$

$$M_{ba} - H_a (90) = 0$$

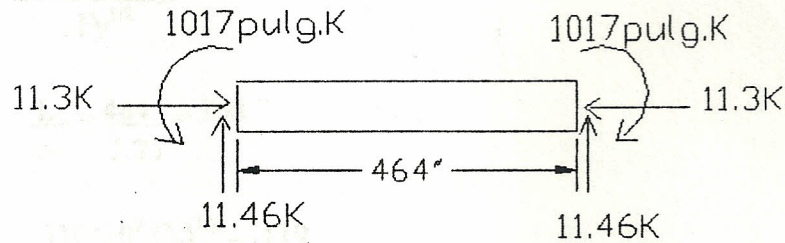
$$H_a = 1017/90 = 11.3 \text{ K}$$

$$V_a = (20.84 + 2.08) / 2 = 11.46 \text{ K}$$

DISEÑO DE LA VIGA

FIGURA 4.9

D.C.L. DE LA VIGA II APROXIMACION



Parámetros del perfil W10*54 de la Viga:

$$A=15.8 \text{ pulg}^2; F_y'=63.5 \text{ Ksi}; r_T=2.75 \text{ pulg}; d/A_f=1.64; I=303 \text{ pulg}^4$$

$$S=60 \text{ pulg}^3; r_X=4.37 \text{ pulg}; r_Y=2.56 \text{ pulg}; L_c=10.6 \text{ pies}; L_u=28.2 \text{ pies}$$

1) Efecto de Columna.

$$f_a = P / A = 11.3 / 15.8 = 0.715 \text{ Ksi}$$

$$K_X * L / r_X = (1) (464) / 4.37 = 106.2$$

$$K_Y * L / r_Y = (1) (464) / 2.56 = 181.2 \quad \leftarrow \text{ esbeltez gobernante}$$

$$F_a = 4.55 \text{ Ksi} \quad (\text{AISC Tab 3-36. Pag 5-74})$$

$$f_a / F_a = 0.157 > 0.15$$

2) Efecto de Viga.

$$L = 464'' > L_u = 338.4''$$

$$\therefore \frac{(102 * 10^3 C_b)^{1/2}}{F_y^{1/2}} \leq \frac{L}{r_T} \leq \frac{(510 * 10^3 C_b)^{1/2}}{F_y^{1/2}} \quad (\text{AISC Pag 5-22})$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 (M_1 / M_2) + 0.3 (M_1 / M_2)^2 \leq 2.3$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 * \frac{1032}{-1032} + 0.3 \frac{(1032)^2}{(-1032)^2} \leq 2.3$$

$$C_b = 1$$

$$\frac{(102 \cdot 10^3 C_b)^{1/2}}{F_y^{1/2}} = 53.23$$

$$\frac{L}{r_T} = \frac{464}{2.75} = 168.7$$

$$\frac{(510 \cdot 10^3 C_b)^{1/2}}{F_y^{1/2}} = 119$$

$$\frac{L}{r_T} \geq \frac{(510 \cdot 10^3 C_b)^{1/2}}{F_y^{1/2}}$$

Cuando se cumple la relación anterior, se debe además verificar que la relación de esbeltez de la sección en compresión, no sea mayor de 200:

$$\frac{L}{r_T} < \frac{200}{r_Y}$$

$$168.7 < 200 / 1.074 = 186.1$$

Sí se cumplen las relaciones anteriores, el F_b es igual al valor mayor de las siguientes 2 relaciones, siempre que éstas no sean mayores a 21.6 Ksi. De ser mayores, F_b será igual

a 21.6 Ksi. (AISC Pag 5-22)

$$1.5.6.b \quad F_b = \frac{170 \cdot 10^3 C_b}{(L/r_T)^2} = \frac{170 \cdot 10^3 (1)}{(168.7)^2} = 5.97$$

$$y, \quad 1.5.7 \quad F_b = \frac{12 \cdot 10^3 C_b}{L (d/A_f)} = \frac{12 \cdot 10^3 (1)}{(464) (1.64)} = 15.76$$

$$\therefore F_b = 15.76 \text{ Ksi}$$

$$f_b = M / S = 1017 / 60 = 16.95 \text{ Ksi}$$

$$C_m = 0.85 \quad (\text{Nudos no pueden desplazarse, hay cargas en el plano de flexión y está simplemente apoyado})$$

$$C_m \frac{f_b}{F_b} = 0.85 * \frac{16.95}{15.76} = 0.914$$

3) Factor de Amplificación.

$$\frac{1}{1 - f_a / F_e'} = 1.058 \quad F_e' \Rightarrow 106.2 = 13.25 \quad (\text{AISC Tab 9. Pag 5-79})$$

4) Chequeo.

$$\text{a) } \frac{f_a}{F_a} + C_m \frac{f_b}{F_b} * \frac{1}{1 - f_a / F_e'} \leq 1 \quad (\text{AISC Fórm # 1.6-1a})$$

$$0.157 + 0.914 (1.058) = 1.12 < 1$$

$$\text{b) } \frac{f_a}{0.6 F_y} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \quad (\text{AISC Fórm # 1.6-1b})$$

$$\frac{0.729}{21.6} + \frac{16.95}{15.76} = 1.11 < 1$$

El Perfil no es satisfactorio para la Viga del Pórtico.

DISEÑO DE LA COLUMNA

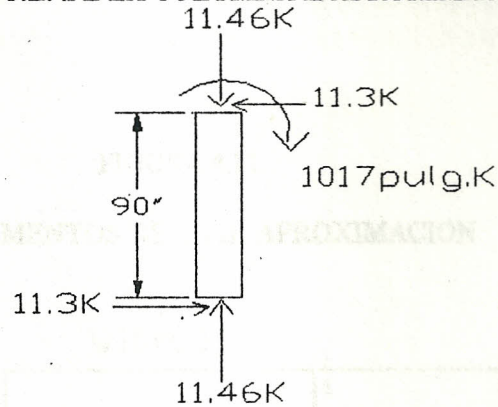
Parámetros del perfil W10*45 de la columna:

$$A=13.3 \text{ pulg}^2; \omega=45 \text{ lb/pie}; F_y'= - \text{Ksi}; r_T=2.18 \text{ pulg}; d/A_f=2.03; I=248 \text{ pulg}^4$$

$$S=49.1 \text{ pulg}^3; r_x=4.32 \text{ pulg}; r_y=2.01 \text{ pulg}; L_c= 8.5 \text{ pies}; L_u=22.8 \text{ pies}$$

FIGURA 4.10

D.C.L. DE LA COLUMNA II APROXIMACION



1) Efecto de Columna

$$f_a = P / A = 11.46 / 15.8 = 0.725 \text{ Ksi}$$

$$K * L / r_y = (1) (24) / 2.01 = 11.94$$

$$F_a = 21.05 \text{ Ksi} \quad (\text{AISC -Pag 5-74})$$

$$f_a / F_a = 0.034 < 0.15$$

2) Efecto de Viga

$$f_b = M / S = 1017 / 49.1 = 20.71 \text{ Ksi}$$

$$L < L_c$$

$$F_b = 0.66 F_y = 23.75 \text{ Ksi}$$

$$f_a / F_a + f_b / F_b \leq 1$$

$$0.034 + 0.872 = 0.906 < 1$$

El Perfil sigue siendo satisfactorio para la columna.

III Aproximación.

Del chequeo anterior de la viga, se puede estimar que se necesita un perfil con un 12% más de área, para que sea satisfactoria para la viga. Para la columna se seguirá manteniendo el mismo perfil.

FIGURA 4.11

ELEMENTOS DE LA III APROXIMACION

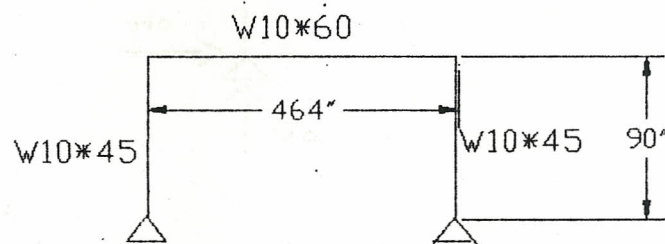
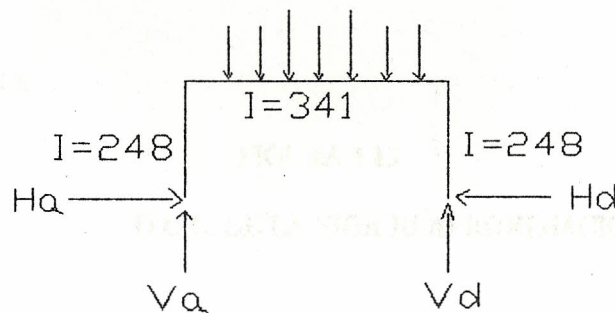


FIGURA 4.12

III APROXIMACION DEL PORTICO



FACTORES DE DISTRIBUCION

$$K_{ab} = I/L = 248 / 90 = 2.755 \quad \Rightarrow \quad K'_{ab} = \frac{3}{4} K_{ab} = 2.066$$

$$K_{bc} = I/L = 341 / 464 = 0.734 \quad \Rightarrow \quad K'_{bc} = \frac{1}{2} K_{bc} = 0.367$$

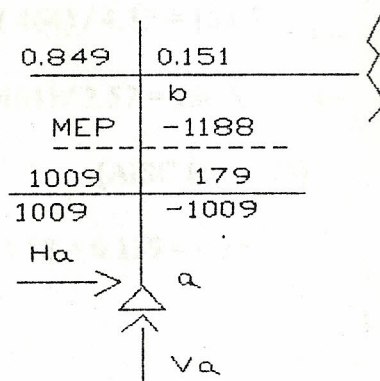
$$\Sigma K = 2.4334$$

$$FD)_{ab} = 0.849 \quad \wedge \quad FD)_{bc} = 0.151$$

Análisis de Momentos y Reacciones:

a) MEP de las cargas: -1098 pulg.k

b) MEP del peso propio de la viga: - 89.7 pulg.k ($\omega = 60$ lb/pie)



$$\Sigma M_b = 0$$

$$M_{ba} - H_a (90) = 0$$

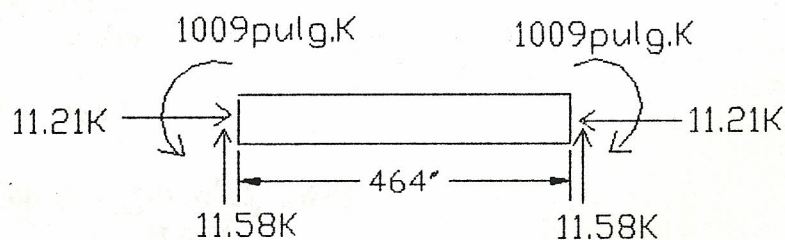
$$H_a = 1009 / 90 = 11.21 \text{ K}$$

$$V_a = (20.84 + 2.32) / 2 = 11.58 \text{ K}$$

DISEÑO DE LA VIGA.

FIGURA 4.13

D.C.L. DE LA VIGA III APROXIMACION



Parámetros del Perfil W10*60 de la Viga:

$$A=17.6 \text{ pulg}^2; \omega=60 \text{ lb/pie}; F_y' - ; r_T=2.77 \text{ pulg}; d/A_f= 1.49; I=341 \text{ pulg}^4$$

$$r_x = 4.39 \text{ pulg } r_y = 2.57 \text{ pulg } ; S = 66.7 \text{ pulg}^3 ; L_c = 10.6 \text{ pies } ; L_u = 31.1 \text{ pi}$$

1) Efecto de Columna

$$f_a = P / A = 11.21 / 17.6 = 0.637 \text{ Ksi}$$

$$K_x * L / r_x = (1) (464) / 4.39 = 105.7$$

$$K_y * L / r_y = (1) (464) / 2.57 = 180.5 \quad \leftarrow$$

$$F_a = 4.58 \text{ Ksi} \quad (\text{AISC Pag 5-74})$$

$$f_a / F_a = 0.637 / 4.58 = 0.139 < 0.15$$

2) Efecto de Viga

$$L = 464'' > L_u = 373'' \text{ pies}$$

$$\frac{(102 * 10^3 C_b)^{1/2}}{(F_y)^{1/2}} = 53.23$$

$$L / r_T = 464 / 2.77 = 167.5$$

$$\frac{(510 * 10^3 C_b)^{1/2}}{(F_y)^{1/2}} = 119.02$$

$$L / r_T < \frac{(102 * 10^3 C_b)^{1/2}}{(F_y)^{1/2}}$$

$$L / r_T < \frac{200}{r_T / r_y}$$

$$167.5 < 185.5$$

$$\therefore 1.5.6b \quad F_b = \frac{170 * 10^3 C_b}{(L / r_T)^2} = 6.05$$

$$1.5.7 \quad F_b = \frac{12 * 10^3 C_b}{L (d / A_f)} = 17.35$$

$$\therefore F_b = 17.35 \text{ Ksi}$$

$$f_b = M / S = 1\,009 / 66.7 = 15.12$$

$$f_a / F_a + f_b / F_b \leq 1$$

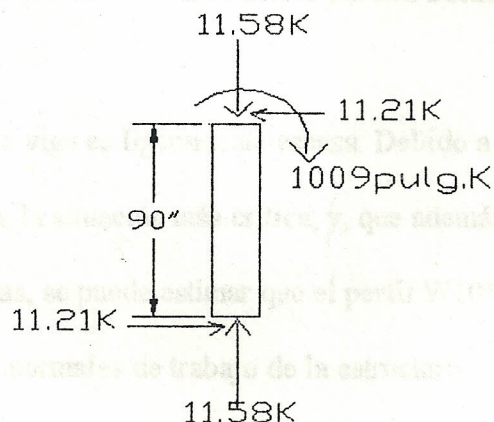
$$0.139 + 0.871 = 1.01$$

El Perfil es ligeramente escaso para la Viga.

DISEÑO DE LA COLUMNA.

FIGURA 4.14

D.C.L DE LA COLUMNA III APROXIMACION



Parámetros del Perfil W10*49 de la columna:

$$A=13.3 \text{ pulg}^2; \omega=45 \text{ lb/pie}; F_y=36 \text{ Ksi}; r_T=2.18 \text{ pulg}; d/A_f=2.03; I=248 \text{ pulg}^4$$

$$S=49.1 \text{ pulg}^3; r_x=4.32 \text{ pulg}; r_y=2.01 \text{ pulg}; L_c=8.5 \text{ pies}; L_u=22.8 \text{ pies}$$

1) Efecto de Columna.

$$f_a = P / A = 11.58 / 13.3 = 0.87 \text{ Ksi}$$

$$K*L / r_y = (1) (24) / 2.01 = 11.94$$

$$F_a = 21.05 \text{ Ksi} \quad (\text{AISC Pag 5-74})$$

$$f_a / F_a = 0.0413 < 0.15$$

2) Efecto de viga

$$f_b = M / S = 1\,009 / 49.1 = 20.54 \text{ Ksi}$$

$$L = 24'' < L_c = 102''$$

$$F_b = 0.66 F_y = 23.75 \text{ Ksi}$$

$$f_a / F_a + f_b / F_a \leq 1$$

$$0.0413 + 0.864 = 0.906$$

El Perfil sigue siendo satisfactorio para la Columna.

En la última aproximación, la viga es ligeramente escasa. Debido a que se ha utilizado para los cálculos del pórtico, la situación más crítica; y, que además las vigas de los demás pórticos son menos largas, se puede estimar que el perfil W10*60 es suficiente para satisfacer las condiciones normales de trabajo de la estructura.

OTRAS CONSIDERACIONES.-

a) Relación con una Estructura Naval.

Los análisis y diseños anteriores, es decir los cálculos de la viga longitudinal y del pórtico, son los de una estructura en reposo, pero la estructura, se encuentra sometida al balanceo y cabeceo del buque producidos por el oleaje. El desplazamiento del buque es aproximadamente 3700ton; el peso de la nueva estructura, incluido el helicóptero es aproximadamente 57.1ton, por lo que con el desmontaje de la estructura -

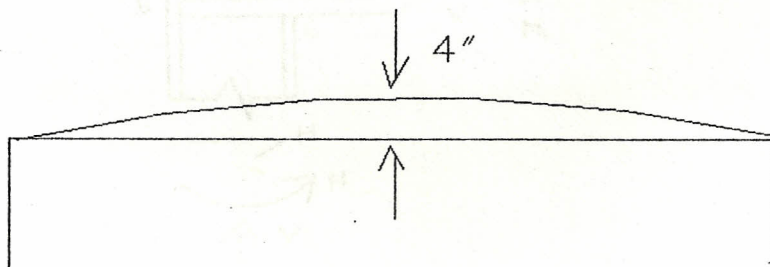
actual de la unidad, variará el desplazamiento en aproximadamente 1%, lo que desde el punto de vista naval, se puede ser considerado muy pequeño, para efectuar nuevos cálculos de los efectos de la ola en arrufo y quebranto con la nueva configuración de la Unidad.

b) Curvatura del Pórtico.-

Las formas de buque, en su mayoría tienen forma parabólica; pero en la sección de la cubierta de vuelo, el radio de curvatura es grande, por lo que para el cálculo, se puede usar la fórmula de la viga recta, que es $\sigma = M y / I$.

FIGURA 4.15

CURVATURA DE LA CUBIERTA DE VUELO



c) Parte Económica.-

Considerando el peso la placa plataforma (19560 lbs), las vigas longitudinales (690 lbs), los pórticos (21900 lbs), tenemos un peso en bruto de acero de 42150 lbs, por lo que, tomando como base el precio promedio de libra de acero en el mercado internacional que es de \$6.50 USD, el costo de la estructura, sin considerar la mano de obra estaría alrededor de \$274 000 USD. En el momento de la construcción, la ARMADA deberá llamar a una licitación libre de ofertas, para la adquisición de los

perfiles, ya sea en el mercado nacional, o internacional.

4.3 Diseño de la Rodilla.-

Para el diseño de la rodilla, se usarán los datos obtenidos en la III aproximación:

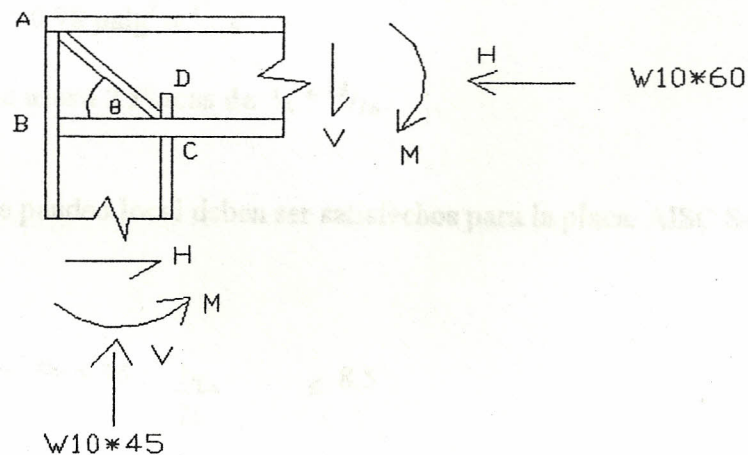
$$M = 1009 \text{ pulg.K}$$

$$H = 11.21 \text{ K}$$

$$V = 11.58 \text{ K}$$

FIGURA 4.16

RODILLA DEL PORTICO



$$W10*60 : \quad d_b = 10.22'' ; t_{wb} = 0.42'' ; b_{fb} = 10.08'' ; t_{fb} = 0.68''$$

$$W10*45 : \quad d_c = 10.1'' ; t_{wc} = 0.35'' ; b_{fc} = 8.02'' ; t_{fc} = 0.62''$$

Para determinar si la rodilla necesita o no rigidizadores, la siguiente expresión debe ser menor que el espesor del alma de la viga: (AISC Secc # 2.5, Pag 5-153)

$$t_w \text{ (requerido)} = \frac{23 M}{(d_b)(b_c) F_y} = \frac{23 (1009)}{(10.22) (10.1) 36} = 6.24''$$

$$t_w (\text{viga}) < t_w (\text{requerido})$$

∴ se necesita rigidizadores.

Según el diseño plástico el área (A_{st}) requerida d los rigidizadores, se obtiene de la siguiente expresión:

$$A_{st} = \frac{1}{\cos \theta} \left[\frac{1.053 M}{d_b F_y} - 0.55 * t_{wb} * d_c \right] ; \quad \text{tg } \theta = d_c / d_b$$

$$\text{tg } \theta = 10.1 / 10.22 = 0.988$$

$$A_{st} = \frac{1}{0.711} \left[\frac{1.053 (1009)}{(10.22) (36)} - 0.55 (0.42) (10.1) \right]$$

$$A_{st} = 0.78 \text{ pulg}^2 \approx 13/16''$$

∴ Se usará 2 Placas de $1/2 * 13/16$.

Los requerimientos de pandeo local deben ser satisfechos para la placa. AISC Sección- 2.7 - Pag 5-66.

$$\text{Para } F_y = 36 : \frac{b_{fc}}{2t_f} \leq 8.5$$

$$\frac{b_{fc}}{2t_{fc}} = 6.5 < 8.5$$

$$\frac{b_{fb}}{2t_{fb}} = 7.4 < 8.5$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \text{ rigid. } 2(1/2) = \frac{13/16}{2} = 13/16 < 8.5$$

Longitud del rigidizador CD.

La capacidad del alma de la viga para que soporte la compresión del ala de la columna en C es :

$$P_{bf} = F_y \cdot t_{wb} (t_{fc} + 5 k_b) = 36 (0.42) [0.62 + 5 (1^5/16)] = 118 \text{ K}$$

Cuando el ala de la viga llega al límite plástico, P_{bf} es:

$$P_{bf} = F_{y_{bf}} \cdot b_{fb} \cdot t_{fb} = 36 (10.08) (0.68) = 246 \text{ K}$$

La fuerza que debe soportar el rigidizador CD es :

$$F_{CD} = 246 - 118 = 128 \text{ K}$$

La resistencia de la soldadura es (a) :

$$\text{Resis. Sold.} = (21) (0.707 \omega) (L) (4) \quad ; \quad \omega = 1/4''$$

↑ 4 lados

$$L = \frac{128}{(21) (0.707) (1/4) (4)} = 8.6'' \Rightarrow 9''$$

Las dimensiones de la placa CD se las obtiene del AISC Sección 1.15.5.4 - Pag 5-47.

$$(1) \quad b_{st} + t_{wc} / 2 \geq b_{fb} / 3$$

$$(2) \quad t_{st} \geq t_{fb} / 2$$

$$\text{Area del rigidizador} = \frac{144}{2 F_y} = \frac{128}{2(36)} = 1.77 \rightarrow \text{se usará } 2 \text{ pulg}^2 / \text{placa}$$

$$(1) \quad b_{st} \geq 10.08 / 3 + 0.35 / 2 = 3.54 \rightarrow \text{se usará } 4''$$

$$(2) \quad t_{st} \geq 0.68 / 2 = 0.34'' \rightarrow \text{se usará } 1/2''$$

} Area = 2''

Además $b_{st} / 2 t_{st}$ debe cumplir con los límites dados en el AISC Sección 2.7-Pág 5-66

(a) Caso analizado en el capítulo de soldadura.

para el pandeo local:

$$b_{st} / 2 t_{st} \leq 8.5$$

$$4 / 2(1/2) = 4 \leq 8.5$$

Usese 2 placas de: $1/2 * 4 * 9$

4.4 Diseño de la Placa Base.-

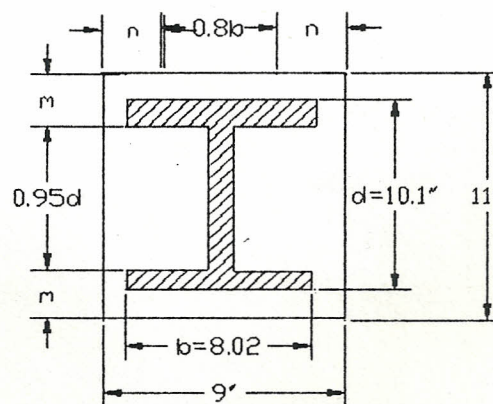
La columna estará apoyada sobre la segunda cubierta inferior del buque. Esta cubierta, está compuesta por una plancha de acero A-36, la misma que está soportada por las vigas y puntales estructurales del buque.

$$\text{Area requerida} = \frac{V}{0.9 F_y} = \frac{11.58}{32.4} = 0.36 \text{ pulg}^2$$

Debido a que el área requerida es muy pequeña, las dimensiones mínimas de la placa base, serán las dimensiones del área transversal de la columna: $\approx 11 * 9 = 99 \text{ pulg}^2$.

FIGURA 4.16

DIAGRAMA DE LA PLACA BASE



Para determinar el espesor t de la placa, es necesario determinar el valor mayor entre: m , n , n' , para reemplazar dicho valor en la correlación correspondiente.

$$2n + 0.8b = 9$$

$$n = 1.29''$$

$$2m + 0.95d = 11$$

$$m = 0.7''$$

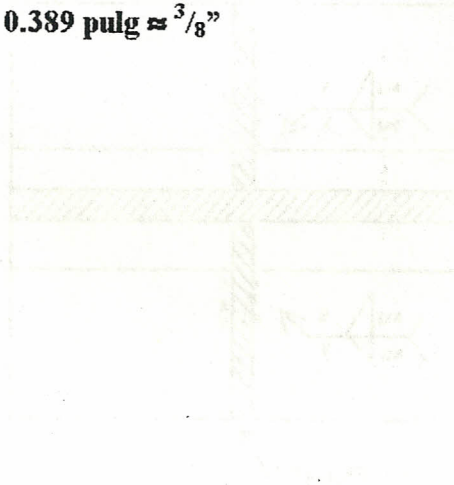
$$n' = 3.42'' \leftarrow \text{(AISC Pag 3-100)}$$

$$\therefore t_p = [(3 f_p n'^2) / F_b]^{1/2} \quad \text{(AISC Pag 3-100)}$$

$$f_p = F / A = 11.58 / 99 = 0.117 \text{ Ksi}$$

$$F_b = 27 \text{ Ksi (A-36)}$$

$$t_p = 0.389 \text{ pulg} \approx 3/8''$$



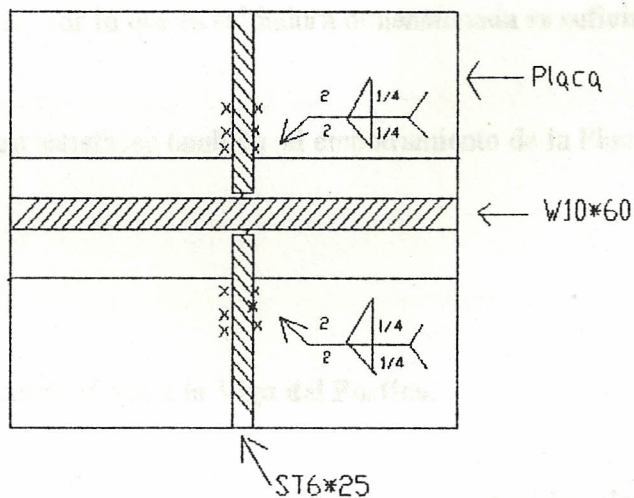
5.0 DISEÑO DE LAS UNIONES SOLDADAS.-

Para todas las uniones se usarán electrodos E 7018

5.1.- Unión de la Plancha Superior a la Viga Longitudinal.

FIGURA 5.1

DIAGRAMA DE SOLDADURA DE LA UNION



Para los cálculos de soldadura tomamos el espesor $11/16$ ", que es el espesor tanto del alma del perfil ST, como el de la placa plataforma.

Mínimo espesor de filete para un espesor de $11/16$ (AISC Tab 1.17.2A - Pag 5-52)

$$\text{es : } \omega = 1/4"$$

La longitud mínima de una soldadura de filete, no debe ser menor de cuatro veces la dimensión nominal del lado de la soldadura (AISC 1.17.4 - Pag 5-53).

$$\text{longitud} = 8 \omega = 2''$$

La capacidad por pulgada de una soldadura de filete de $\frac{3}{8}''$, es:

$$\left(\frac{1}{4}\right) (0.707) (21)^{(a)} = 3.71 \text{ K}$$

Capacidad total de soldadura en la unión:

$$(3.71) (2) (4) = 29.68 \text{ K}$$

Como se calculó, en el sub-capítulo 3.2.2, la fuerza cortante máxima soportada por la viga longitudinal es 5.23 K, por lo que la soldadura dimensionada es suficiente.

Estos valores de soldadura satisfacen también el empotramiento de la Placa en todos sus bordes.

5.2.- Unión de la Viga Longitudinal a la Viga del Pórtico.

Esta unión soporta momento y cortante, por lo que se diseñará la soldadura del ala del perfil T, para soportar el momento; y, la soldadura del alma para soportar el cortante

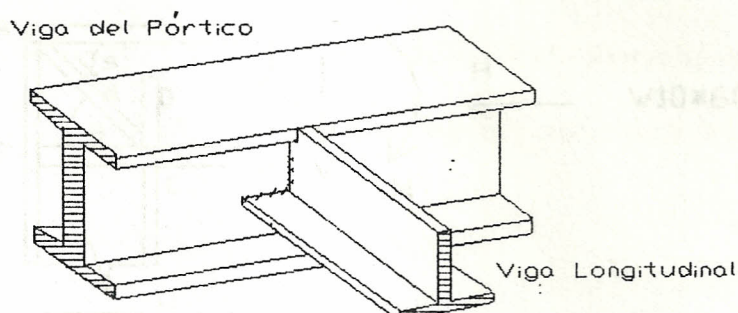
Una práctica común en conexiones soldadas resistentes a momentos, es soldar a-

(a) Esfuerzo permisible de la suelda para estos casos. Mc Cormac - Tab 11-1 - Pag 346

tope las alas de las vigas.

FIGURA 5.2

DIAGRAMA DE LA UNION



Considerando una soldadura a tope achaflanada para la anchura del ala tenemos:

$T =$ fuerza por transmitir

$=$ momento dividido para la distancia del centro del ala más el alma.

$$T = \frac{M}{d - (t_f / 2)} = \frac{96.92}{5.67} = 17.1 \text{ K}$$

Resistencia de la soldadura a tope, en tensión, para la anchura del ala:

$$= b_f * t_f * 24 = (5.252) (0.659) (24) = 83.1 \text{ K } \checkmark \checkmark$$

Para soportar el cortante, se usará una soldadura de filete, con las mismas dimensiones que se calcularon para unir la viga con la placa, esto es: $\omega = 1/4''$ y longitud = 2'', por ambos lados del alma, por lo que tenemos:

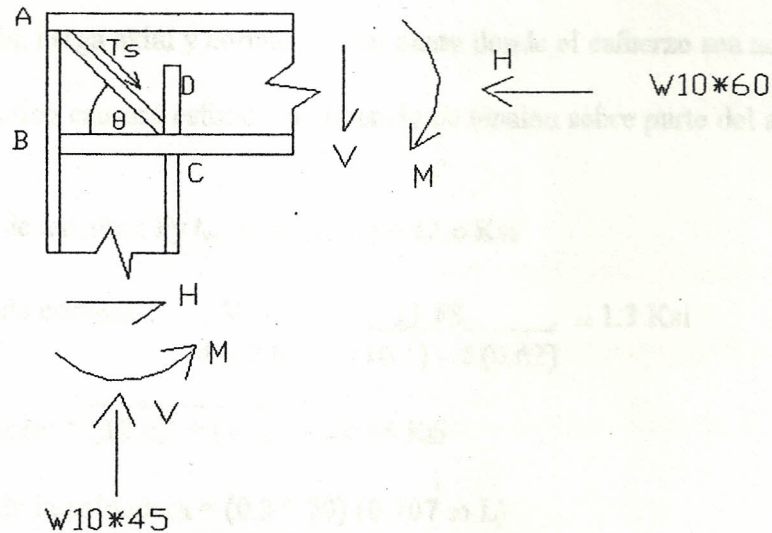
$$(0.3 * 70) (0.707 * 1/4 * 2) (2) = 14.84 \text{ K}$$

Este valor es suficiente para soportar el cortante máximo de 5.23 K, que está afectando a la viga en dos de sus apoyos.

5.3.- Soldadura de la Rodilla del Marco Rígido

FIGURA 5.3

RODILLA DEL PORTICO



$$W10*60 : d_b = 10.22'' ; t_{wb} = 0.42'' ; b_{fb} = 10.08'' ; t_{fb} = 0.68''$$

$$W10*45 : d_c = 10.1'' ; t_{wc} = 0.35'' ; b_{fc} = 8.02'' ; t_{fc} = 0.62''$$

1) Espesor de soldadura a lo largo de AB

Esta soldadura debe ser adecuada para transmitir el momento plástico del ala de la columna, al alma de la viga a lo largo de AB

$$\text{Fuerza en el ala de la columna} = F_y * A_f = 36 (8.02) (0.62) = 179 \text{ K}$$

$$\text{Capacidad de la soldadura} = F_v * \text{Area} = (0.3 * 70) (0.707 \omega L)$$

$$L = [d_b - 2(t_{fb})] 2 = [10.22 - 2(0.68)] 2 = 17.72''$$

↑
ambos lados

$$\omega = \frac{179}{(21)(0.707)(17.72)} = 0.68''$$

Se usará $\omega = 11/16''$

2) Espesor de soldadura a lo largo de BC

La conexión del alma de la columna, al ala de la viga, debe soportar los esfuerzos - debido a la flexión, carga axial y cortante. En el punto donde el esfuerzo sea máximo, el momento plástico causará esfuerzo de fluencia de tensión sobre parte del alma.

$$\text{Componente de tensión: } F_y t_{wc} = 36 (0.35) = 12.6 \text{ Ksi}$$

$$\text{Componente de cortante: } \frac{V}{d_c - 2 t_{fc}} = \frac{11.58}{(10.1) - 2 (0.62)} = 1.3 \text{ Ksi}$$

$$\text{Carga resultante: } \sqrt{(12.6)^2 + (1.3)^2} = 12.66 \text{ Ksi}$$

$$\text{Resistencia de la soldadura} = (0.3 * 70) (0.707 \omega L)$$

$$\text{Resisten. de la sol. / L} = (0.3 * 70) (0.707 \omega) 2$$

↑ ambos lados

$$\omega = \frac{12.66}{(21) (0.707) 2} = 0.42''$$

Se usará $\omega = 7/16''$

3) Soldadura requerida a lo largo del rigidizador.

Esta soldadura debe desarrollar la capacidad del rigidizador.

$$T_s = F_y * A_{st} = 36 \left(\frac{1}{2} * \frac{13}{16} \right) = 14.64 \text{ K}$$

$$\text{Resistencia de la soldadura} = (21) (0.707 \omega L) 4$$

↑ ambos lados de los 2 rigidizadores

$$L = d_c / \cos \theta = (10.1) / (0.711) = 14.2''$$

$$\omega = \frac{14.64}{(21) (0.707 * 14.2) 4} = 0.017''$$

Según el AISC Tab 1.17.2A - Pag 5-52, el mínimo espesor de soldadura para un elemento de $\frac{1}{2}$ " de espesor es $\omega = \frac{3}{16}$ "

4) Soldadura requerida a lo largo del rigidizador CD

$$F_{CD} = P_{bf \text{ plástico}} - P_{bf \text{ actual}}$$

$$F_{CD} = 246 - 118 = 128 \text{ K (1)}$$

El espesor de la placa es de $\frac{1}{2}$ ", por lo tanto el mínimo espesor de soldadura es $\omega = \frac{3}{16}$ "; pero usando este espesor de soldadura, la longitud de la placa rigidizadora, excede la longitud del alma de la viga. Por esta razón se usará un valor de $\omega = \frac{1}{4}$.

$$\begin{aligned} \text{Resistencia de la soldadura} &= (21) (0.707 \omega * L) 4 \\ &\quad \uparrow \text{ambos lados de los 2 rigid.} \\ &= 21(0.707 * \frac{1}{4} * 9) 4 = 133.6 \text{ K} \end{aligned}$$

5.4 Unión de la Columna del Pórtico a las Vigas Estructurales del Casco del

Buque.

FIGURA 5.4

UBICACION DE LAS VIGAS ESTRUCTURALES DEL BUQUE

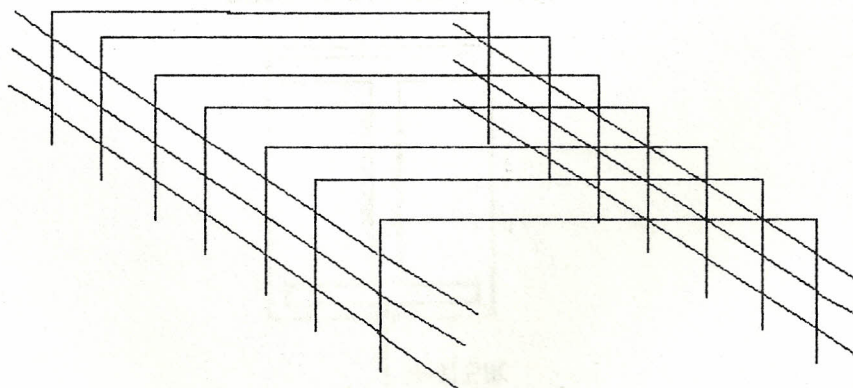
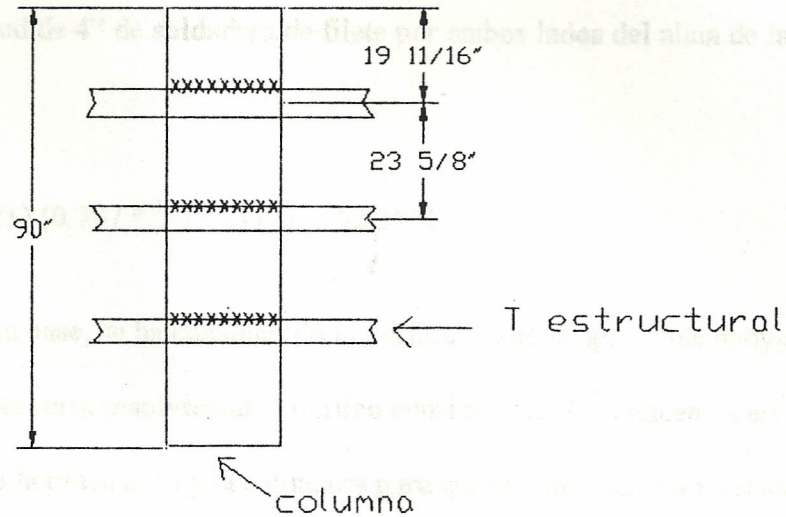


FIGURA 5.5

DIAGRAMA DE LA UNION



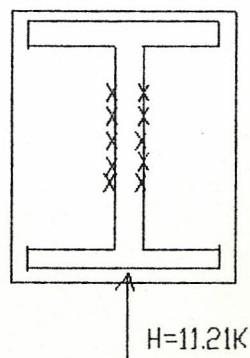
Debido a que no existen fuerzas principales actuando directamente sobre estas uniones, se soldará con una soldadura de filete en cada cordón, con el espesor mínimo requerido para el ala de la columna que es de $\frac{1}{4}''$.

$$\text{Resistencia de la soldadura} = (21) (0.707 * \frac{1}{4} * 8.02) 3 = 89.3 \text{ K}$$

5.5 Unión de la Columna a la Placa Base.

FIGURA 5.6

DIAGRAMA DE LA UNION



$$H = 11.61 \text{ K}$$

$$\omega = \frac{3}{16}$$

Usando la mínima longitud de 4" de soldadura de filete por ambos lados del alma de la columna tenemos:

$$(21) (0.707 * \frac{3}{16} * 4) (2) = 22.27 \text{ K}$$

Para el diseño de la placa base, se ha considerado el pórtico, como simplemente apoyado. Un diseño más realista sería resolviendo el pórtico considerando los momentos en los extremos y diseñando la placa base y la soldadura para que resista: momento flector, fuerza axial y fuerza cortante.

El oleaje a que está sometido el buque, puede producir fuerzas externas horizontales, no consideradas. Estas fuerzas son absorbidas por los apoyos laterales de los ejes X y Y - anteriormente mencionados; y, éstos a su vez transmiten al resto de la estructura del Buque, por lo que su influencia se hace despreciable.

6.0.- PROGRAMA.

El siguiente programa está configurado, en forma específica para las condiciones y restricciones de esta Tesis. Si se desea el programa, para una utilización generalizada, se deberá consultar, con el autor, para las aclaraciones correspondientes.

Las unidades a utilizarse serán:

longitud : Pulgadas

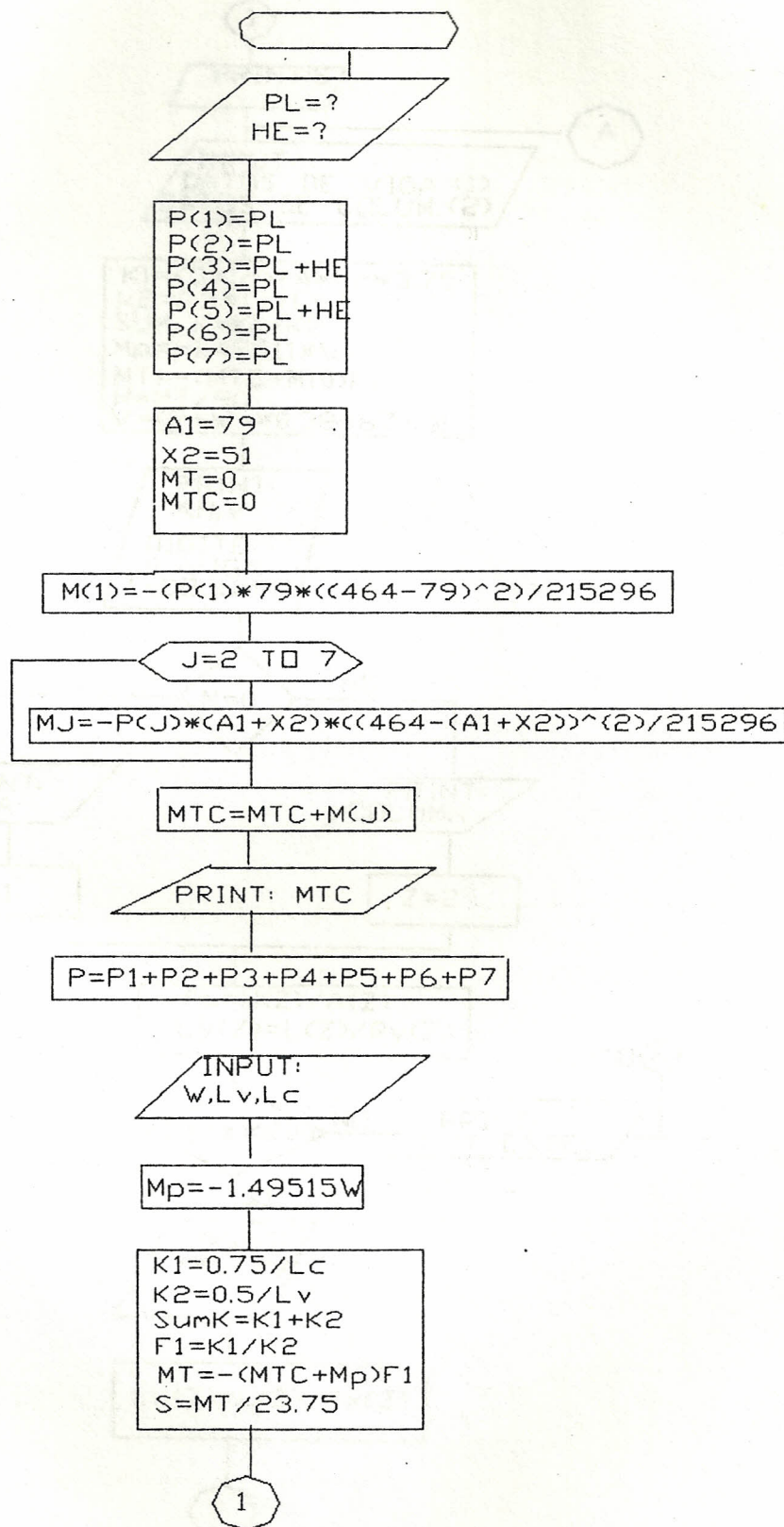
fuerza : Kilo-libras

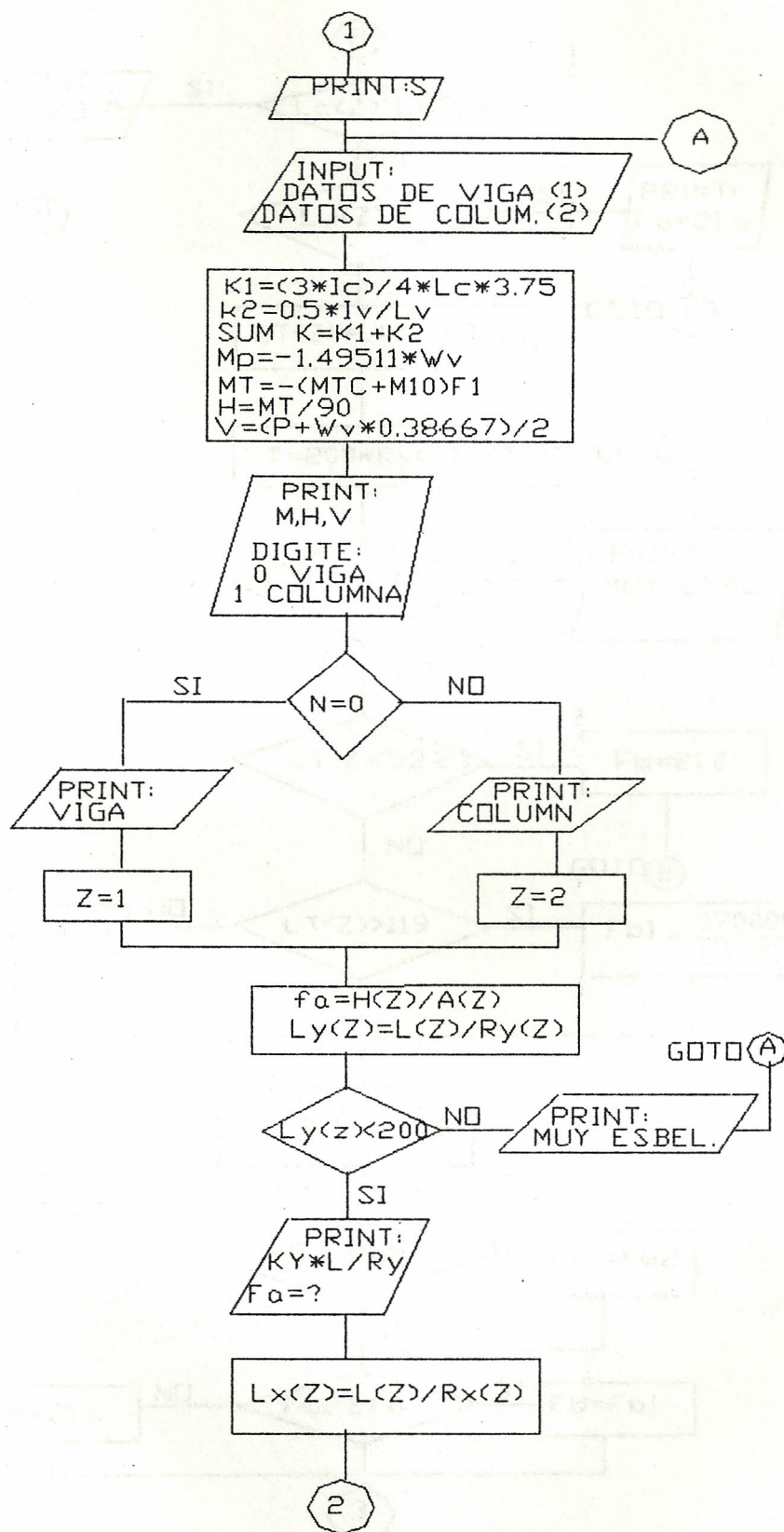
esfuerzo: Ksi

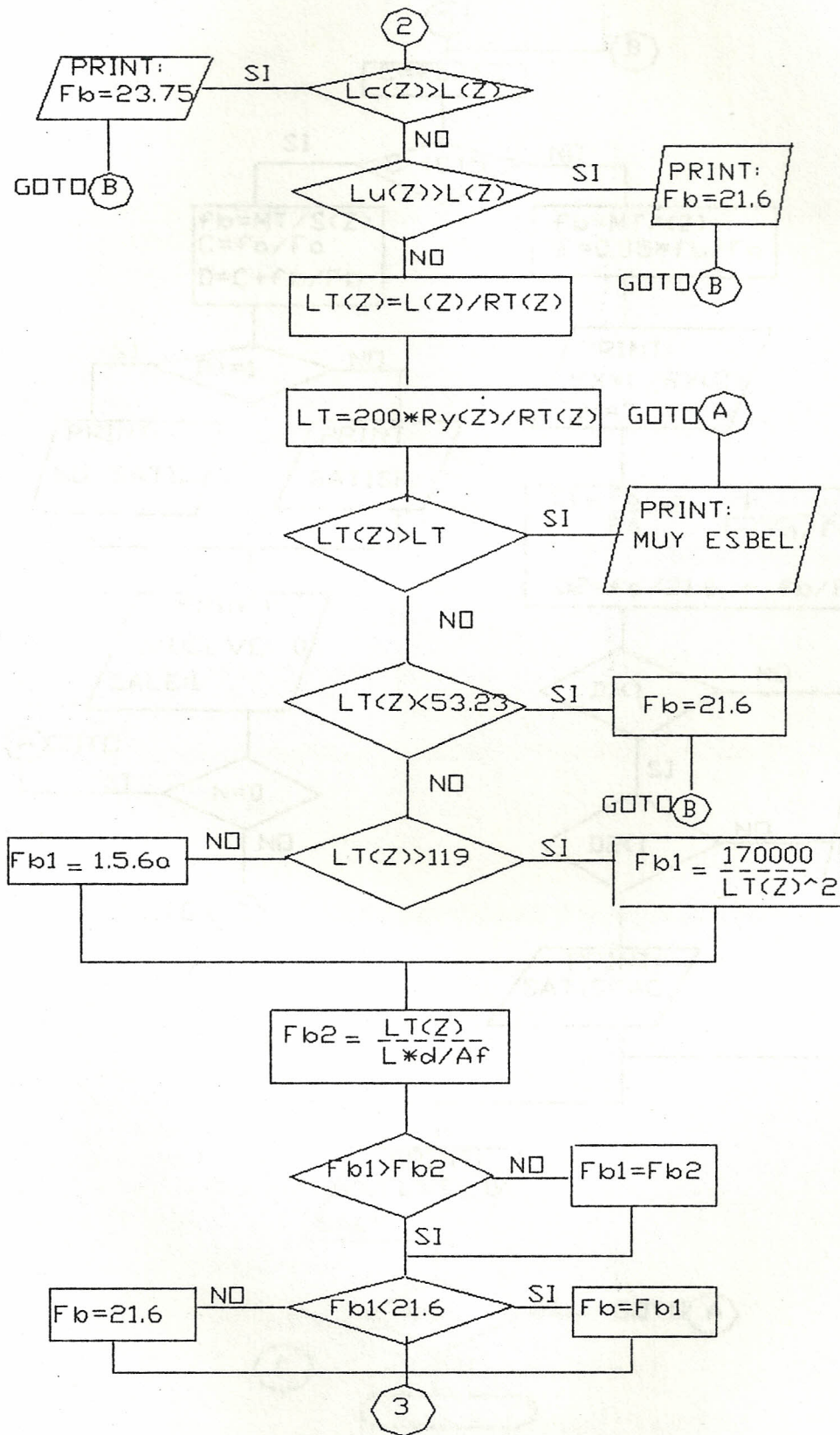
area: Pulgadas² ;

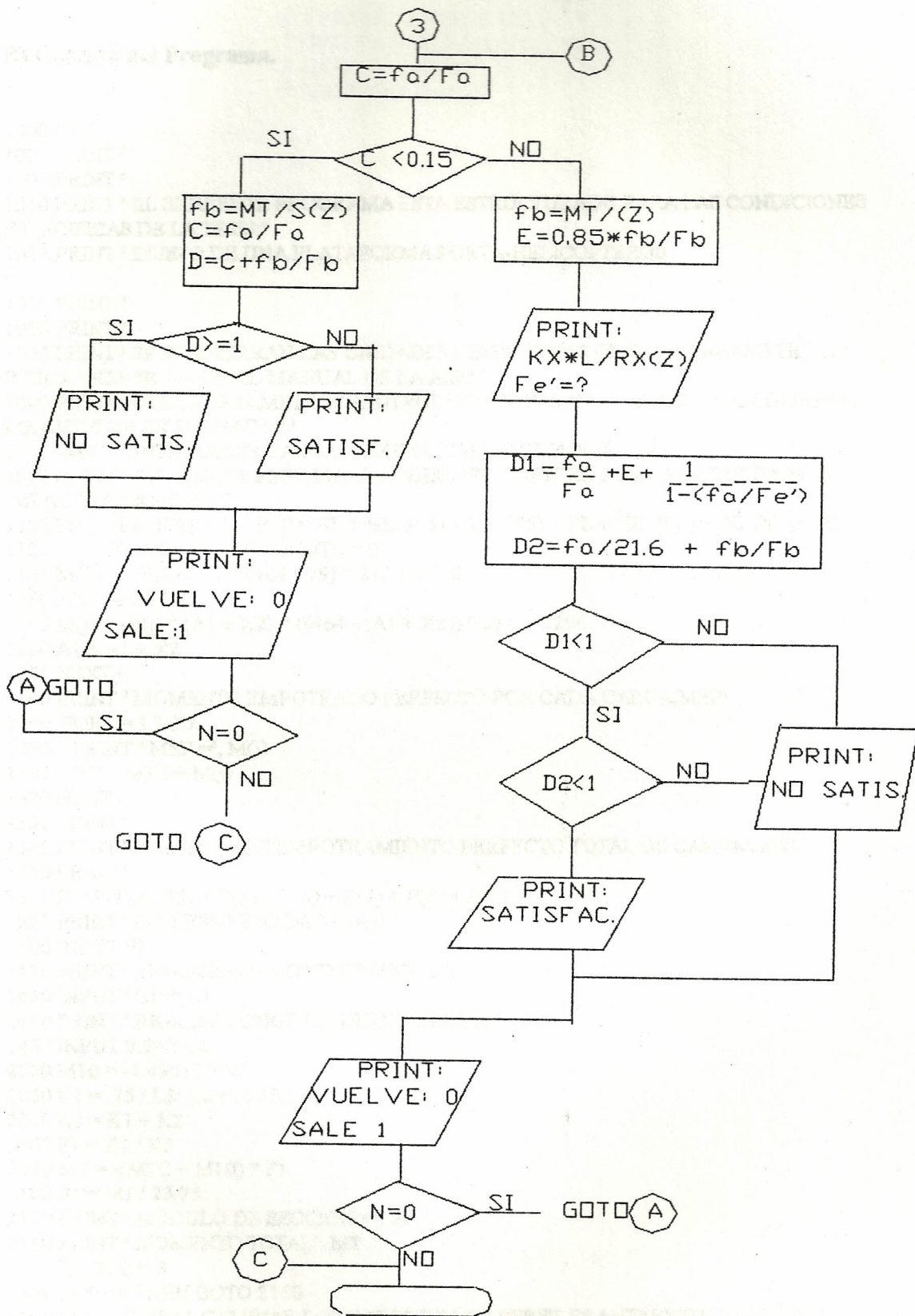
parámetros que sean obtenidos del Manual de la AISC, se respetarán sus respectivas unidades de como se encuentran en éste tabulados.

A) Flujoograma.









B) Corrida del Programa.

```

1000 CLS
1004 PRINT " "
1005 PRINT " "
1010 PRINT " EL SIGUIENTE PROGRAMA ESTA ESTRUCTURADO PARA LAS CONDICIONES
ESPECIFICAS DE LA TESIS."
1012 PRINT " DISEÑO DE UNA PLATAFORMA PORTA-HELICOPTEROS
"
1015 PRINT " "
1016 PRINT " "
1020 PRINT " SE RESPETARAN LAS UNIDADES RESPECTIVAS DE CADA PARAMETRO A
INTRODUCIRSE SEGUN EL MANUAL DE LA AISC."
1040 PRINT " OTROS PARAMETROS A INTRODUCIRSE SERAN : CARGAS EN KILOLIBRAS,
LONGITUDES EN PULGADAS."
1060 INPUT " INTRODUCIR CARGA MAXIMA DE PLANCHADO PL"; PL
1080 INPUT " INTRODUCIR PESO MAXIMO DEL HELICOPTERO POR CADA RUEDA MAS
IMPACTO PESO HE ", HE
1100 P(1) = PL: P(2) = PL: P(3) = PL + HE: P(4) = PL: P(5) = PL + HE: P(6) = PL: P(7) = PL
1120 A1 = 79: X2 = 51: MT = 0: MTC = 0
1140 M(1) = -(P(1) * 79 * (464 - 79) ^ 2) / 215296
1160 FOR j = 2 TO 7
1180 M(j) = -P(j) * (A1 + X2) * ((464 - (A1 + X2)) ^ 2) / 215296
1200 A1 = A1 + X2
1220 NEXT j
1240 PRINT " MOMENTO EMPOTRADO PERFECTO POR CADA CARGA,MEP"
1260 FOR j = 1 TO 7
1280 PRINT " MEP =", M(j)
1300 MTC = MTC + M(j)
1320 NEXT j
1330 PRINT " "
1340 PRINT "MOMENTO DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO TOTAL DE CARGA", MTC
1350 PRINT " "
1360 P = P(1) + P(2) + P(3) + P(4) + P(5) + P(6) + P(7)
1380 PRINT " INGRESE PESO DE VIGA W"
1400 INPUT W
1420 PRINT " INGRESE LONGITUD DE VIGA 1 "
1440 INPUT " L1=", L1
1460 PRINT " INGRESE LONGITUD DE COLUMNA 2"
1480 INPUT " L2=", L2
2000 M10 = -1.49511 * W
2020 K1 = .75 / L2: K2 = .5 / L1
2040 K3 = K1 + K2
2060 F1 = K1 / K3
2080 MT = -(MTC + M10) * F1
2100 S1 = MT / 23.75
2120 PRINT " MODULO DE SECCION =", S1
2140 PRINT " MOMENTO TOTAL", MT
2142 Y = 0: Q = 3
2144 IF Y = 0 THEN GOTO 2160
2145 PRINT "DESEA CAMBIAR LOS DATOS DE LOS PERFILES ANTERIORES: DIGITAR"

```



```

2146 PRINT "          0 CAMBIA DATOS DE VIGA"
2147 PRINT "          1 CAMBIA DATOS DE COLUMNA"
2148 PRINT "          2 CAMBIA AMBOS"
2149 PRINT "          3 MANTIENE DATOS"
2150 INPUT Q
2151 IF Q = 2 THEN GOTO 2160
2152 IF Q = 1 THEN GOTO 2240
2155 IF Q = 3 THEN GOTO 2300
2160 Y = Y + 1
2165 PRINT "          "
2170 PRINT "          INTRODUCZA DATOS DE PERFIL DE VIGA "
2180 PRINT " A , W , RT , d/Af , I , S , RX , RY , LC , LU , L"
2200 INPUT A(1), W(1), RT(1), PA(1), I(1), S(1), RX(1), RY(1), LC(1), LU(1), L(1)
2205 PRINT "QUIERE CORREGIR ALGUN DATO DIGITE 0, QUIERE CONTINUAR DIGITE 1"
2210 INPUT N
2215 IF N = 0 THEN GOTO 2146
2220 IF Q = 0 THEN GOTO 2293
2240 PRINT "          INTRODUCZA DATO DE PERFIL DE COLUMNA "
2260 PRINT " A , W , RT , d/Af , I , S , RX , RY , LC , LU , L"
2280 INPUT A(2), W(2), RT(2), PA(2), I(2), S(2), RX(2), RY(2), LC(2), LU(2), L(2)
2285 PRINT "QUIERE CORREGIR ALGUN DATO DIGITE 0, QUIERE CONTINUAR DIGITE 1"
2290 INPUT N
2293 LC(1) = LC(1) * 12: LU(1) = LU(1) * 12: LC(2) = LC(2) * 12: LU(2) = LU(2) * 12
2295 IF N = 0 THEN GOTO 2146
2300 K1 = (3 * I(2)) / (4 * L(2) * 3.75)
2320 K2 = (.5 * I(1)) / L(1)
2340 K3 = K1 + K2
2360 F1 = K1 / K3
2380 M10 = -1.49511 * W(1)
2400 MT = -(MTC + M10) * F1
2420 H(1) = MT / 90
2440 H(2) = (P + W(1) * .038667) / 2
2460 PRINT "MOMENTO TOTAL = ", MT
2480 PRINT " CORTANTE HORIZONTAL=", H(1)
2500 PRINT " CORTANTE VERTICAL=", H(2)
2520 PRINT " DESEA CORRER PROGRAMA PARA VIGA O COLUMNA "
2540 PRINT " DIGITE 0 PARA VIGA, DIGITE 1 PARA COLUMNA "
2560 INPUT N
2580 IF N = 1 THEN
2590 CLS
2600 PRINT "          DISEÑO DE COLUMNA "
2620 Z = 2
2640 ELSE
2650 CLS
2660 PRINT "          DISEÑO DE VIGA "
2680 Z = 1
2700 END IF
2720 G1 = H(Z) / A(Z)
2740 LY(Z) = L(Z) / RY(Z)
2760 IF LY(Z) > 200 THEN
2780 PRINT "ELEMENTO DEMASIADO ESBELTO BUSQUE OTRO PERFIL"
2800 PRINT " Ky*L/Ry=", LY(Z)
2820 GOTO 2146
2840 ELSE

```

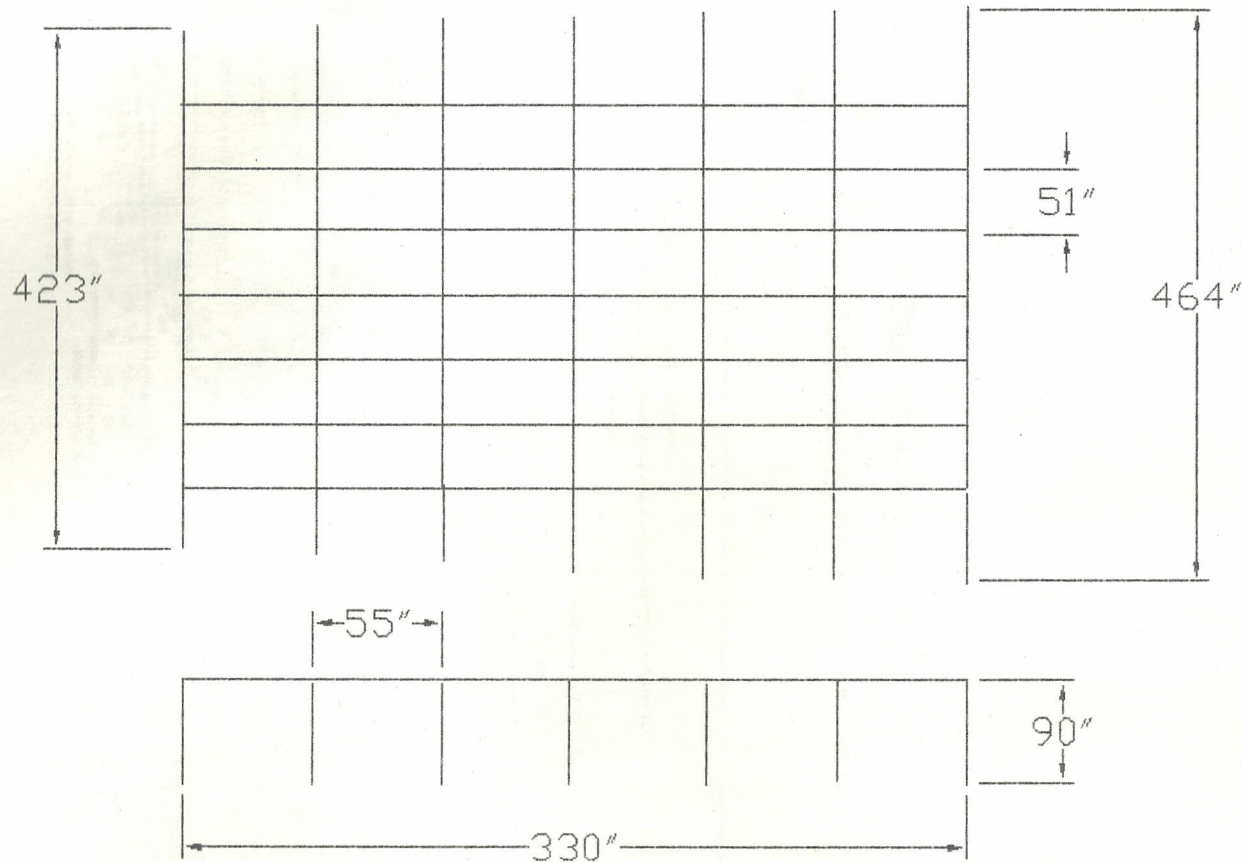
```

2860 PRINT " (KY*L)/RY=", LY(Z)
2880 PRINT " INTRODUCZA VALOR Fa (AISC - PAG 5-74) "
2900 INPUT G2
2920 LX(Z) = L(Z) / RX(Z)
2940 IF LC(Z) > L(Z) THEN
2960 PRINT "Fb = 23.75"
2980 G4 = 23.75
3000 GOTO 3660
3020 ELSE
3040 IF LU(Z) > L(Z) THEN
3060 PRINT "Fb= 21.60"
3080 G4 = 21.6
3100 GOTO 3660
3120 ELSE
3140 LT(Z) = L(Z) / RT(Z)
3145 Z10 = 0
3150 Z10 = 200 * RY(Z) / RT(Z)
3160 IF LT(Z) > Z10 THEN
3180 PRINT " ELEMENTO DEMASIADO ESBELTO ENEL PLANO DE COMPRESION
L/RT=", LT(Z)
3200 GOTO 2146
3220 ELSE
3240 IF LT(Z) <= 53.23 THEN
3260 PRINT "Fb=21.6 "
3280 GOTO 3660
3300 ELSE
3320 IF LT(Z) >= 119 THEN
3340 G5 = 170000 / (LT(Z)) ^ 2
3360 ELSE
3380 G5 = 36 * (2 / 3) - (36 * (LT(Z)) ^ 2) / (1530000)
3400 END IF
3420 END IF
3440 END IF
3460 END IF
3480 END IF
3500 G6 = 12000 / (L(Z) * PA(Z))
3520 IF G5 > G6 THEN
3540 G4 = G5
3560 ELSE
3580 G4 = G6
3590 PRINT "Fb=", G4
3600 END IF
3620 IF G4 >= 21.6 THEN G4 = 21.6
3640 END IF
3660 G7 = G1 / G2
3680 IF G7 <= .15 THEN
3700 G3 = MT / S(Z)
3720 G7 = G1 / G2
3740 G8 = G7 + (G3 / G4)
3760 PRINT " RELACION DE FLEXOCOMPRESION"
3780 PRINT " (fa / Fa) + ( fb/Fb ) = ", G8
3800 IF G8 >= 1 THEN
3820 PRINT " PERFIL NO SATISFACTORIO "
3840 ELSE

```



```
3860 PRINT " PERFIL SATISFACTORIO "  
3880 END IF  
3900 PRINT " DESEA VOLVER A CORRER EL PROGRAMA DIGITE 0 "  
3920 PRINT " DESEA TERMINAR DIGITE 1 "  
3940 INPUT N  
3960 IF N = 0 THEN  
3980 GOTO 2146  
4000 ELSE  
4020 GOTO 4560  
4040 END IF  
4060 ELSE  
4080 G3 = MT / S(Z)  
4100 G9 = (G3 / G4) * .85  
4120 PRINT " VALOR DE LX =", LX(Z)  
4140 PRINT " INTRODUCZA VALOR DE Fe' (AISC TABLA 9 PAG 5-79) "  
4160 INPUT FE  
4180 G10 = G7 + (G9 * (1 / (1 - (G1 / FE))))  
4200 G11 = (G1 / 21.6) + (G3 / G4)  
4220 PRINT "(fa/Fa)+(Cm*fb/Fb/(1-(Fa/Fe)))=", G10  
4240 PRINT " fa/0.6Fy + (fb/Fb)=", G11  
4260 IF G10 < 1 THEN  
4280 IF G11 < 1 THEN  
4300 PRINT " PERFIL SATISFACTORIO "  
4320 END IF  
4340 ELSE  
4360 PRINT " PERFIL NO SATISFACTORIO "  
4380 END IF  
4400 PRINT "PERFIL NO SATISFACTORIO "  
4420 END IF  
4440 PRINT " DESEA VOLVER A CORRER EL PROGRAMA DIGITE 0 "  
4460 PRINT " DESEA TERMINAR DIGITE 1 "  
4480 INPUT N  
4500 IF N = 0 THEN  
4520 GOTO 2146  
4540 END IF  
4560 END
```



DICCION MODIFICACION		FECHA	NOMBRE	TOLERANCIA:	MASA (Kg)	MATERIALES:	ESCALA:
						A - 36	—
						DENOMINACION: CONFIGURACION DE LA PLATAFORMA PORTA-HELICOPTEROS	
						PLANO No: 01	
						ESPOL	

Dib. 20/10/96 R. ORTIZ
 Rev. 29/10/96 A. TORRES
 Apro. 29/10/96 A. TORRES

BIBLIOGRAFIA

SEELY, SMITH. Curso Superior de Resistencia de Materiales, Higar, Buenos Aires 1967

SINGER, PYTEL. Resistencia de Materiales, Harla, México 1982.

McCORMAC, ELLING. Análisis de Estructuras, Alfaomega, México 1994.

McCORMAC J. Diseño de Estructuras Metálicas, Alfaomega, México 1991.

AISC, Manual of Steel Construction, California 1980.

JOYANES A. Programación en Qbasic, McGraw-Hill, Madrid 1995.