



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

"ANÁLISIS EN SITIO DE LA SUPERESTRUCTURA TIPO OCTÁPODO DE UNA PLATAFORMA  
DE PRODUCCIÓN EN LA SONDA DE CAMPECHE, USANDO EL SOFTWARE SACS  
(STRUCTURAL ANALYSIS COMPUTER SYSTEM)".

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: ING. CIVIL  
PRESENTA:**

**RAYMUNDO EDUARDO SANTOS TORRES**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. GRANADOS GRANADOS RAÚL DAVID.**

**2005**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/018/05

Señor  
RAYMUNDO EDUARDO SANTOS TORRES  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. RAÚL DAVID GRANADOS GRANADOS, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.


**"ANÁLISIS EN SITIO DE LA SUPERESTRUCTURA TIPO OCTÁPODO DE UNA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN EN LA SONDA DE CAMPECHE, USANDO EL SOFTWARE SACS (STRUCTURAL ANALYSIS COMPUTER SYSTEM).**


- I. INTRODUCCIÓN
- II. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE PLATAFORMAS MARINAS
- III. DISEÑO PRELIMINAR Y MODELO GEOMÉTRICO
- IV. CARGAS
- V. DATOS DEL PROGRAMA
- VI. RESULTADOS
- VII. CONCLUSIONES


Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.


Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 14 Marzo 2005.  
EL DIRECTOR

  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/AJP/crc

Vo Bo  
Juan C Fernández  


  
Vo. Bo  
Hektor Cruz  
23/Sep/05

Vo Bo  
  
5-SEP-05

  
Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez  
7/Sep/05

Dedicada a:

Mi esposa Maria Eugenia Hernández Gómez y a mis hijos Damián Santos Hernández y Renata Santos Hernández, quienes me han apoyado en su momento con palabras de aliento y con su presencia misma.

Si uno realmente quiere dominar un arte,  
no basta con conocer la técnica.  
Es necesario ir más allá,  
hasta que pierda todo su artificio  
y fluya directamente del inconsciente.

### Agradecimientos:

- A mi familia por su apoyo incondicional, especialmente a mi madre Margarita y a mi hermano Luis Felipe.
- Al Ingeniero Raúl David Granados Granados, por haber aceptado dirigir la tesis y compartir parte de sus conocimientos conmigo.
- A los ingenieros Pedro Ramírez Olmos y Hugo Garduño Botello, por compartir sus conocimientos y su apoyo en la realización de la tesis.
- A los profesores que aceptaron ser mis sinodales.
- A todos aquellos amigos, compañeros y profesores que en mi vida han dejado una presencia imborrable.
- A la naturaleza que me ha dejado ser parte de ella y llegar a este momento.

ANÁLISIS EN SITIO DE LA SUPERESTRUCTURA TIPO OCTÁPODO DE UNA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN EN LA SONDA DE CAMPECHE, USANDO EL SOFTWARE SACS (STRUCTURAL ANALYSIS COMPUTER SYSTEM).

## **INDICE**

Introducción

Objetivo

Alcances

### **Capítulo 1. Aspectos relacionados con el Análisis y Diseño Estructural de Plataformas Marinas.**

1.1 Generalidades

1.2 Subestructura

1.3 Accesorios de la Subestructura

1.3.1 Sistema de deslizamiento

1.3.2 Sistema de flotación

1.3.3 Accesorios Complementarios

1.4 Superestructura

1.5 Cimentación

1.6 Fabricación

1.7 Transportación

1.7.1 Transportación de la Subestructura

1.7.2 Transportación de Pilotes

1.7.3 Transportación de la Superestructura

1.8 Instalación

1.8.1 Lanzamiento de la Subestructura

1.8.2 Izaje de la Subestructura

1.8.3 Instalación de pilotes

1.8.4 Instalación de la Superestructura

### **Capítulo 2. Diseño preliminar y modelo geométrico.**

2.1 Diseño preliminar

2.2 Modelo Geométrico

2.2.1 Nodos

2.2.2 Elementos

2.2.3 Offsets

2.2.4 Longitudes efectivas.

2.2.5 Relaciones de esbeltez

2.2.6 Niveles de Arriostramiento

2.2.7 Elevaciones

2.2.8 Plantas

2.2.9 Propiedades Mecánicas

## **Capítulo 3.- Cargas**

### 3.1 Cargas

- 3.1.1 Peso propio (Carga muerta generada)
- 3.1.2 Peso propio (Carga muerta no generada)
  - 3.1.2.1 Carga de Equipo
  - 3.1.2.2 Carga Viva
  - 3.1.2.3 Viento (Operación, Tormenta)
  - 3.1.2.4 Combinaciones.
- 3.1.3 Diagramas de cargas.
- 3.1.4 Oleaje
- 3.1.5 Sismo

## **Capítulo 4 Datos del programa**

### 4.1 Datos de entrada al Programa SACS.

- 4.1.1 Preparación del Archivo.
- 4.1.2 Comandos

## **Capítulo 5 Resultados**

- 5.1 Propiedades Mecánicas de todos los elementos.
- 5.2 Sumatoria de Cargas.
- 5.3 Deflexiones en los nodos.
- 5.4 Reacciones
- 5.5 Relaciones de Interacciones Máximas en los elementos.

## **Capítulo 6 Conclusiones**

Anexos.

Normas y Referencias.

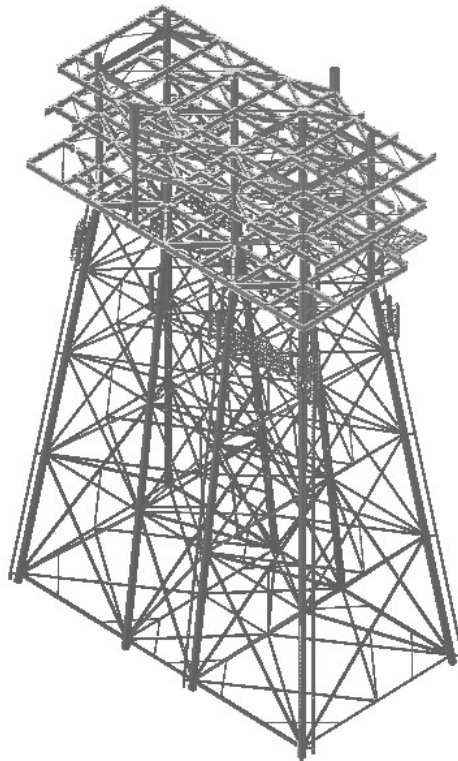
## **INTRODUCCIÓN**

Uno de los aspectos clave en el desarrollo de la industria Petrolera básica ha sido la explotación de yacimientos petrolíferos. Estos pueden localizarse dentro de la plataforma continental o bien en zonas marinas, estos últimos son los que nos ocupan, en México se tienen grandes reservas como son La Sonda de Campeche, particularmente los activos de Cantarell y Litoral Tabasco en los cuales se localizan zonas de explotación con tirantes (profundidades) de 14 a 80 metros con distancias hasta de 200 Kilómetros de la costa.

Para la extracción de crudo es necesario la instalación de estructuras o plataformas marinas que permitan desarrollar su procesamiento básico y envío a tierra.

ubicados en zonas marinas, que se realiza por medio de plataformas.

Las plataformas marinas se clasifican según la función que cumplen, y de esta manera pueden ser de perforación, habitacionales, producción, compresión, enlace o de telecomunicaciones. También se clasifican de acuerdo a su sistema de sustentación, utilizándose en México y en la mayoría de los países productores las conocidas como tipo jacket, las cuales son de acero fijándose al suelo marino a través de pilotes, entre ellas podemos encontrar varios tipos dependiendo de la cantidad de columnas que tengan como son: trípodos, tetrápodos, hexápodos, octápodos y por último dodecápodos; este tipo de plataformas tuvieron su origen en los Estados Unidos, habiéndose instalado la primera de este tipo en 1946.



**Fig.1.-Plataforma marina tipo octápodo**

En México Petróleos Mexicanos inició la instalación de Plataformas Marinas en los años sesentas, con 12 plataformas para la explotación de los yacimientos petroleros frente a Tamaulipas y Veracruz, así como en la Barra de Santa Ana en Tabasco en el Golfo de México, dichos trabajos fueron concluidos en 1974.

Por otra parte en el mes de marzo de 1971 un pescador campechano, reportó a Pemex en Coatzacoalcos la presencia de una enorme mancha de aceite de aproximadamente 7 Kms. de longitud frente a las costas de Ciudad del Carmen, Cam. Esto dió lugar en 1975 a la perforación del primer pozo petrolero marino, que fue el Pozo Chac No.1 en honor al Dios de la lluvia de los Mayas, los resultados de la perforación revelaron la existencia de un rico yacimiento, y a partir de 1978 se construyeron las primeras plataformas marinas fijas en la Sonda de Campeche, la primera de las cuales fue la Akal "C".

En el presente Pemex Exploración y Producción (PEP) cuenta con una infraestructura para la explotación de hidrocarburos en la Sonda de Campeche de aproximadamente 200 plataformas marinas fijas y 1900 Kms de tubería submarina. Con esta infraestructura, PEP maneja una producción de crudo del orden de 2.1 millones de barril por día (MBPD) y una producción de gas de 1500 millones de pies cúbicos por día (MPCD). Estos volúmenes de producción ubican a la Sonda de Campeche como una de las regiones petroleras más importantes a nivel mundial.

El Campo Cantarell de la Región Marina Noreste es la región más importante en la producción nacional de hidrocarburos, aportando aproximadamente el 71.7 por ciento del total.

La segunda región más importante del sistema nacional en la extracción de crudo es el Activo Ku-Maloob-Zaap, en el cual para su desarrollo y con el propósito de mantener la plataforma de producción de crudo pesado, se contempla la perforación de 82 pozos, instalar 17 plataformas y construir 32 ductos submarinos.

Del total de pozos a perforar, 78 serán de producción y cuatro inyectores de nitrógeno; siete de las plataformas serán de perforación, cuatro de producción y una de enlace/compresión, además se instalarán cuatro plataformas habitacionales y una de telecomunicaciones, así como cinco oleogasoductos con una extensión de 166 kilómetros, 20 gasoductos, 3 nitrogenoductos y 4 oleoductos.

Asimismo, la obra contempla otros sistemas principales compuestos por ocho estaciones de separación, cinco estaciones de bombeo y cinco estaciones de compresión.

La categoría de las plataformas en la Sonda de Campeche se establece en función de su producción manejada, o sea el volumen de crudo o aceite que la plataforma produce, recibe y/o procesa expresado en barriles por día (BPD).

La categorización de estructuras principales, o sea aquellas que manejan directamente la producción (generalmente octápodos) se muestra en la tabla siguiente:



SERVICIO	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN MANEJADO	CATEGORIA DE EXPOSICIÓN (CONSECUENCIA DE FALLA)	
		EVALUACIÓN	DISEÑO
Enlace	—	Muy alta	Muy alta
Medición	—	Muy alta	
Compresión	—	Alta	
Habitacional	—	Moderada	
Inyección	—	Alta	
Mixto	> 100,000 BPD	Muy alta	
	< 100,000 BPD	Alta	
Perforación	> 100,000 BPD	Muy alta	
	50,000 BPD - 100,000 BPD	Alta	
	< 50,000 BPD	Moderada	
Producción temporal	> 100,000 BPD	Muy alta	
	< 100,000 BPD	Alta	
Producción permanente	—	Muy alta	
Rebombeo	—	Muy alta	
Recuperación de pozos	50,000 BPD – 100,000 BPD	Alta	
	< 50,000 BPD	Moderada	
Telecomunicación	—	Moderada	

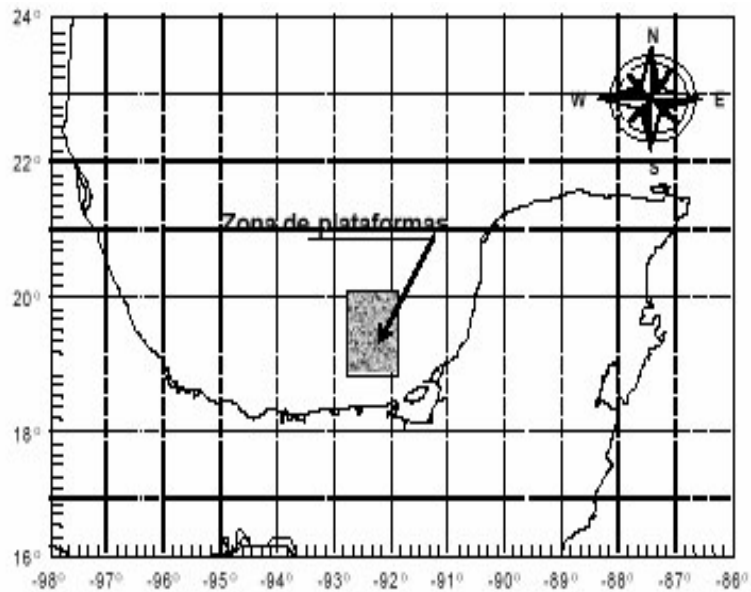
**.Tabla 1.- Categorización de las estructuras principales**

Las estructuras que complementan a las plataformas principales (generalmente tetrápodos o trípodas) se muestran en la siguiente tabla y dicha categoría esta asociada a la categoría más alta de las plataformas principales con las cuales se interconecta

SERVICIO DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN MANEJADO	CATEGORIA DE EXPOSICIÓN (CONSECUENCIA DE FALLA)	
		EVALUACIÓN	DISEÑO
Compresión	—	Moderada	Muy alta
Producción temporal	> 100,000 BPD	Muy alta	
	< 100,000 BPD	Alta	
Telecomunicación	—	Moderada	

**Tabla 2.- Categorización de las estructuras de apoyo**

Las Plataformas marinas fijas en la Sonda de Campeche, se encuentran en agua con tirantes de 30 a 80 m. La localización de la Sonda queda delimitada por las coordenadas siguientes: N 20° 10', W 92° 40', N 18° 55' y W 91° 55'.

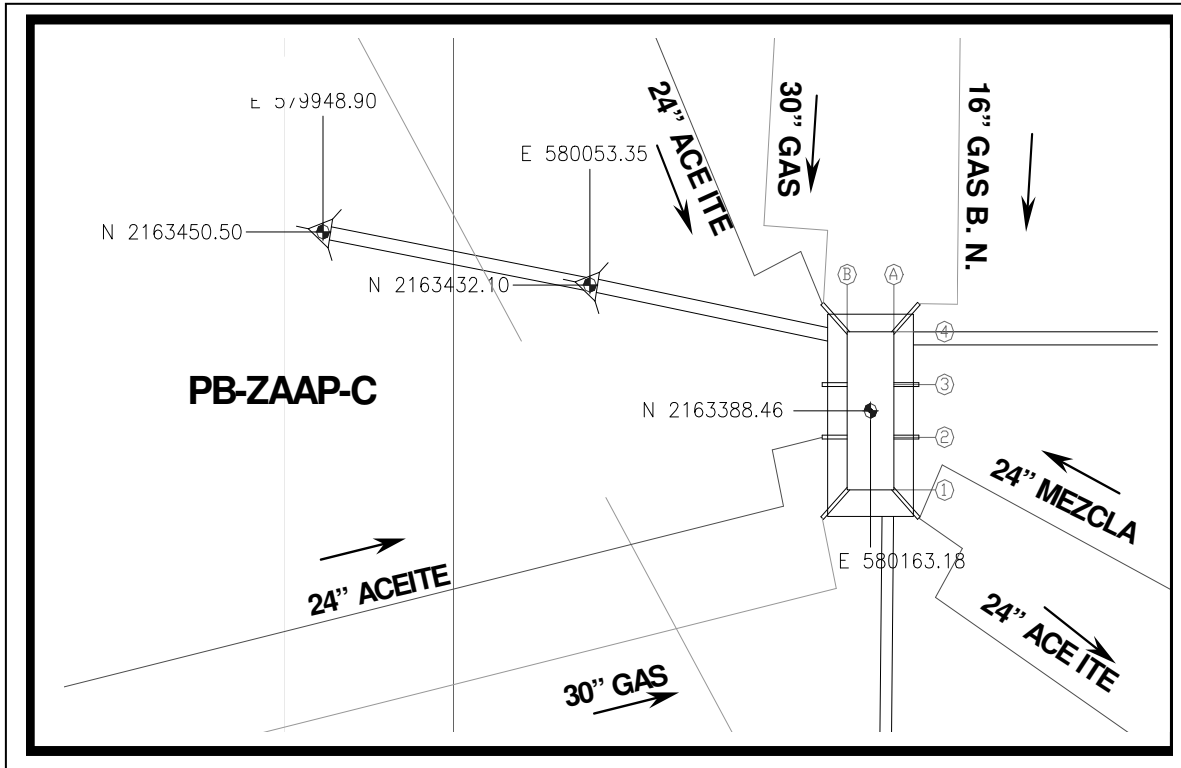


**Fig.2.- Localización de plataformas en la Sonda de Campeche**

Como introducción a este trabajo de tesis puedo mencionar que la plataforma tiene la localización siguiente:

Localización del Sistema.

ZONA:	REGIÓN MARINA NORESTE	
ACTIVO:	KU-MALOOB-ZAAP	
CAMPO:	KU	
TIRANTE:	80 m aprox.	
COORDENADAS:	X = 580,163.18	Y = 2,163,388.46
ORIENTACIÓN:	NORTE-SUR	



**Fig.3.- Localización de la plataforma de producción**

La actividad primordial de la plataforma de producción consiste en separar la mezcla de aceite-gas, proveniente de las plataformas de perforación.

LAS CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL ACTIVO SON LAS SIGUIENTES, PROPORCIONADAS POR EL INEGI:

TEMPERATURAS.

Máxima extrema	41.0° C
Mínima extrema	14.5° c
Media anual	26.7° c
Bulbo seco	26.6°c
Bulbo húmedo	24.6°C

PRESIÓN.

Presión atmosférica	14.7 psi
---------------------	----------

## PRECIPITACIÓN PLUVIAL.

Horaria diaria:	154.5 mm
Horaria máxima:	88.0 mm
Anual media:	1693-2097 mm

## VIENTOS.

### a) Velocidades

Reinantes:	18.00 kph
Dominantes (norte)	126.00 kph
Máximos	240.00 kph

### b) Dirección

Reinantes:	alisios, noreste
Dominantes, máx. intensidad:	nortes, norte-sur

## HUMEDAD RELATIVA.

Máxima :	95.0%
Mínima:	70.0%
Promedio:	80.0%

## ATMÓSFERA.

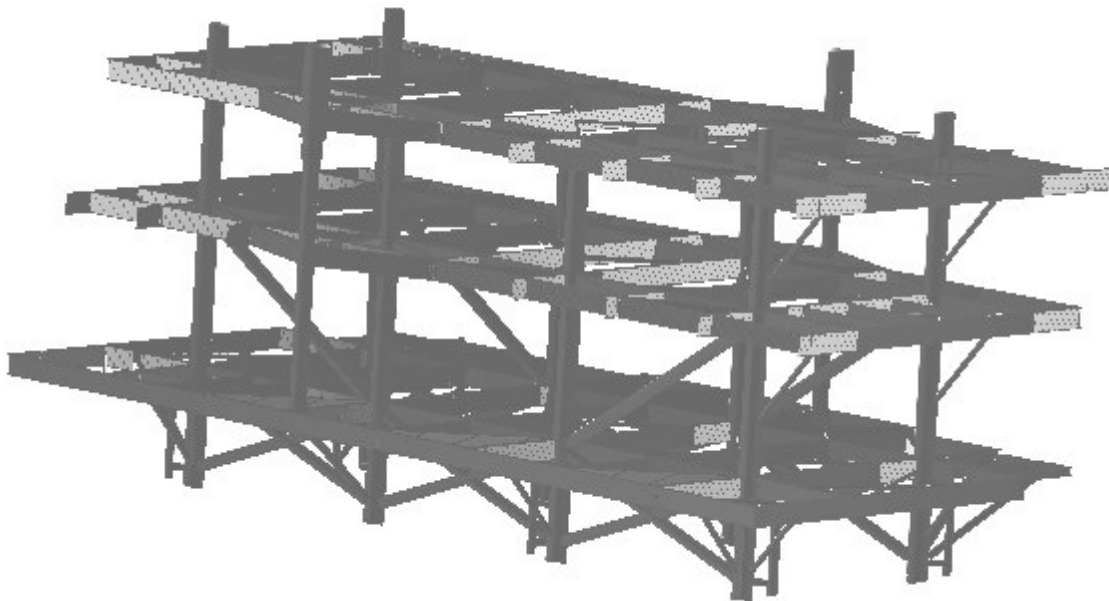
Tipo:	marina tropical
-------	-----------------

## CLIMA.

Cálido húmedo con lluvias abundantes en verano (mayo - octubre) con periodo de sequía intermedia entre agosto y septiembre; temporada de secas (noviembre - abril) con periodo de lluvias invernales, “nortes” con clasificación am.(clasificación climática de koppen ).

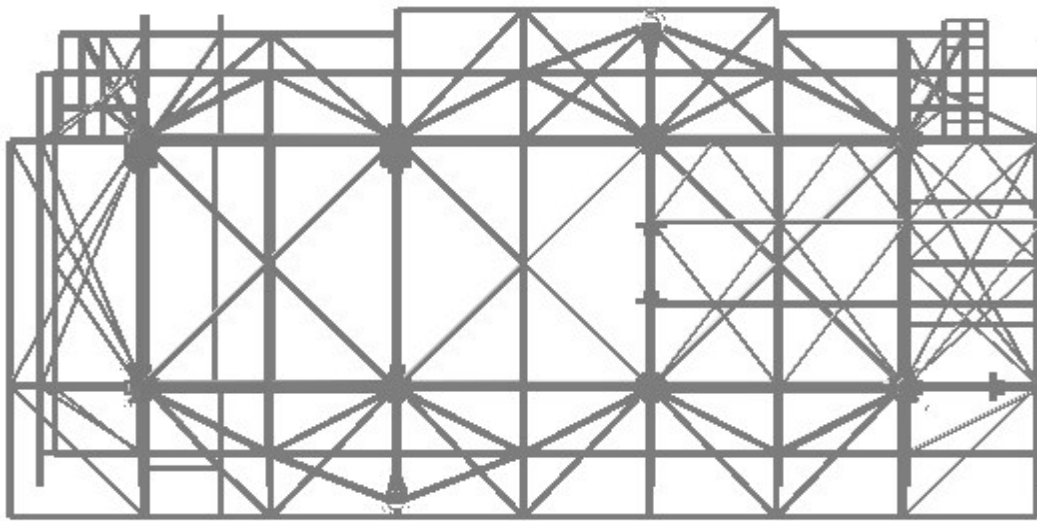
## DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La superestructura estará conformada por tres cubiertas que darán soporte a los diferentes equipos de producción; la primer cubierta se encontrará en el nivel (+) 19.100m (62'-8''), la segunda en el nivel (+) 31.100m (102'-0 7/16'') y la tercera en el nivel (+) 41.000m (134'-6 3/16'').



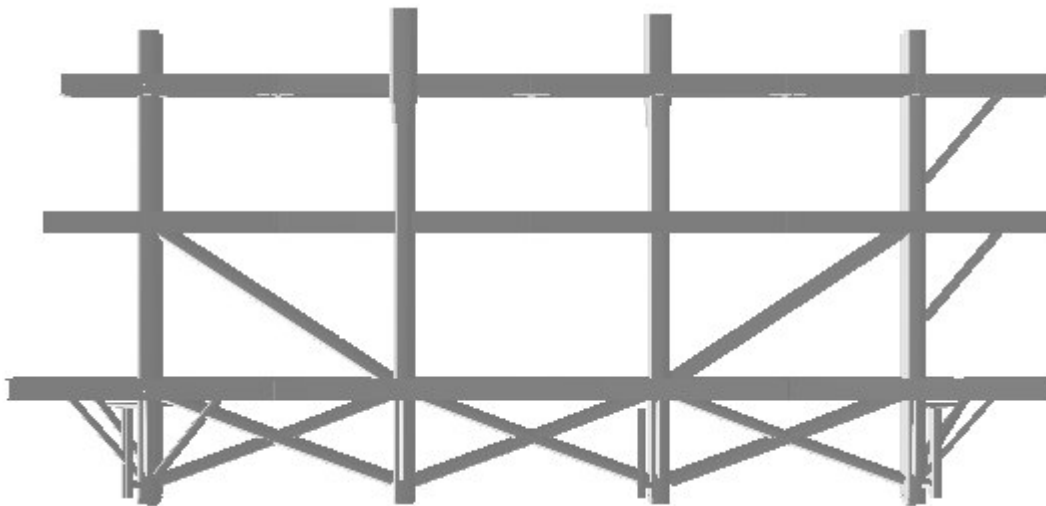
**Fig.4.- Isométrico de la superestructura**

Las cubiertas estarán soportadas por 8 columnas tubulares de 60 pulgadas de diámetro exterior dispuestas en un arreglo de 2 x 4.

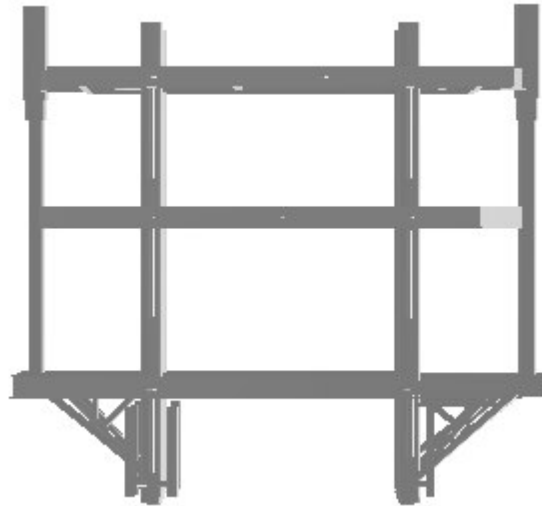


**Fig.5.- Vista superior de la superestructura**

La separación entre columnas será de 18.288m (60'-0'') en dirección transversal entre ejes A y B y de 18.288m (60'-0'') en la dirección longitudinal entre ejes 1, 2, 3 y 4.



**Fig.6.- Vista lateral de la superestructura**



**Fig.7.- Vista frontal de la superestructura**

En la plataforma se apoyarán cuatro puentes que comunican hacia las plataformas de perforación, compresión, habitacional y al trípode intermedio del quemador. La cubierta sobre la que se apoyarán dichos puentes es la del nivel (+) 19.100m (62'-8").

La estructuración de cada nivel estará formada por un sistema de piso provisto de largueros, trabes principales y secundarias, así como también de elementos de contraventeo y apuntalamiento que junto con las columnas proporcionarán resistencia y rigidez al sistema estructural de la superestructura.

Esta estructuración se da a partir de los requerimientos de los arreglos y características del funcionamiento del equipo de producción que se instalará sobre las tres cubiertas de la plataforma de producción; dicho equipo es el que se menciona a continuación:

CLAVE	DESCRIPCION DEL EQUIPO
	<b>CUBIERTA PRIMER NIVEL (+) 19.100</b>
<b>PA-0107</b>	<b>PAQUETE DE TRATAMIENTO DE AGUA ACEITOSA</b>
TL-0109	TANQUE DE DRENAJES ABIERTOS
GA-1234/1241	BOMBAS PARA AGUA
GA-1290/12991	BOMBAS PARA ACEITE
TL-0107	SEPARADOR CPI
GA-1265	BOMBA PARA SEPARADOR CPI
TL-0108	CELDA DE FLOTACION
GA-1266	BOMBA PARA CELDAS DE FLOTACION
GA-1267	BOMBA DE RECIRCULACION DE AGUA
<b>PA-7000</b>	<b>PAQUETE BOMBA DE ACEITE CRUDO</b>
GA-1300	BOMBA DE ACEITE CRUDO # 1
GA-1310	BOMBA DE ACEITE CRUDO # 2
GA-1320	BOMBA DE ACEITE CRUDO # 3
<b>PA-7010</b>	<b>PAQUETE BOMBA DE ACEITE CRUDO</b>
GA-1330	BOMBA DE ACEITE CRUDO # 4
GA-1340	BOMBA DE ACEITE CRUDO # 5
GA-1350	BOMBA DE ACEITE CRUDO # 6
<b>PA-7120</b>	<b>PAQUETE DE DRENAJES CERRADOS</b>
FA-1045	TANQUE DE DRENAJES CERRADOS
GA-1220/1221	BOMBA PARA DRENAJES CERRADOS
<b>PA-0115</b>	<b>PAQUETE COLECTOR DE DRENAJES ACEITOSOS</b>
FB-0115	TANQUE SUMIDERO PARA AGUA ACEITOSA
GA-0115 A/B	BOMBAS PARA TRANSFERENCIA
<b>PA-7190</b>	<b>PAQUETE BOMBA CONTRA-INCENDIO PRINCIPAL</b>
GA-1242	BOMBA DE AGUA CONTRA-INCENDIO PRINCIPAL
FB-0110	TANQUE DE DIA DE DIESEL
<b>PA-7300</b>	<b>PAQUETE BOMBA CONTRA-INCENDIO RESERVA</b>
GA-1243	BOMBA DE AGUA CONTRA-INCENDIO RESERVA
FB-0111	TANQUE DE DIA DE DIESEL
GA-1800/1810	BOMBA JOCKEY
FA-1800	TANQUE HIDRONEUMATICO AGUA CONTRA-INCENDIO
<b>PA-7250</b>	<b>PAQUETE DE GENERACION DE HIPOCLORITO DE SODIO</b>
<b>PA-7150</b>	<b>PAQUETE DE INYECCION DE QUIMICOS</b>
FB-0126	TANQUE DE INHIBIDOR DE CORROSION PARA GAS
GA-1270A/B, 1271A/B, 1272A/B	BOMBA DE INYECCION DE ANTIESPUMANTE
<b>PA-7220</b>	<b>PAQUETE DE RECEPTOR DE DIABLOS</b>
HR-0200	RECEPTOR DE DIABLOS 36" X 30" DE PP-MALOOB-A
<b>PA-7280</b>	<b>PAQUETE RECEPTOR DE DIABLOS</b>
HR-0201	RECEPTOR DE DIABLOS 30" X 24" DE PP-MALOOB-A
<b>PA-7230</b>	<b>PAQUETE DE RECEPTOR DE DIABLOS</b>
HR-0203	RECEPTOR DE DIABLOS 36" X 30" DE PP-ZAAP-A
<b>PA-7290</b>	<b>PAQUETE DE RECEPTOR DE DIABLOS</b>
HR-0204	RECEPTOR DE DIABLOS 30" X 24" DE PP-ZAAP-A
<b>PA-7300</b>	<b>PAQUETE DE RECEPTOR DE DIABLOS</b>
HR-0205	RECEPTOR DE DIABLOS 30" X 24" DE PP-ZAAP-B
<b>PA-7310</b>	<b>PAQUETE DE LANZADOR DE DIABLOS</b>
HR-0206	LANZADOR DE DIABLOS 36" X 30" A PP-KU-A2
<b>GA-1210 A/B</b>	<b>BOMBAS PARA AGUA DE MAR</b>
<b>GE-01</b>	<b>GENERADOR DE EMERGENCIA</b>
<b>ME-2025</b>	<b>POLIPASTO P/MANTENIMIENTO DE BOMBAS DE CRUDO</b>
<b>ME-2030</b>	<b>POLIPASTO P/MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES</b>
<b>ME-2035 A/B</b>	<b>POLIPASTO P/MANTENIMIENTO LANZAD./RECIB. DE DIABLOS</b>
<b>ME-2040</b>	<b>POLIPASTO P/MANTENIMIENTO DE PAQUETES DE DRENAJES</b>
<b>ME-2045</b>	<b>POLIPASTO P/MANTENIMIENTO BOMBAS CONTRA-INCENDIO</b>
<b>ME-2055 A/B/C</b>	<b>POLIPASTO P/ PUENTES HACIA: CB-ZAAP-C, HA-ZAAP-C Y PP-ZAAP-C</b>
<b>SC-1100A/B</b>	<b>CAPSULAS DE SALVAMENTO</b>
	<b>AREA DE TRANSFORMADORES</b>
	<b>CUARTO DE CCM-CCI</b>



<b>CLAVE</b>	<b>DESCRIPCION DEL EQUIPO</b>
	<b>CUBIERTA SEGUNDO NIVEL (+) 31.100</b>
<b>PA-7100</b>	<b>PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE</b>
FA-1095	RECIBIDOR DE GAS DE ARRANQUE
BA-7100 A/B/C	UNIDAD DE RECUPERACION DE CALOR
EA-7100 A/B	INTERCAMBIADOR GAS/GAS COMBUSTIBLE
FA-7100 A/B	SEPARADOR DE GAS ALTA PRESION
FA-7120 A	SEPARADOR DE GAS MEDIA PRESION
FA-7130 A	SEPARADOR DE GAS BAJA PRESION
FG-7100 A/B	FILTRO DE DE ENTRADA DE GAS
FG-7110 A/B/C	FILTRO DE GAS WHRU
<b>PA-7160/7161</b>	<b>PAQUETE DE AIRE DE INSTRUMENTOS</b>
EC-0797/0798	ENFRIADORES DE AIRE
FG-1512	PRE-FILTRO
FG-1513	POST-FILTRO
GB-0341/0342	COMPRESORES DE AIRE DE INSTRUMENTOS
SA-1512	SECADORA DE AIRE DE INSTRUMENTOS
TH-0351	RECIBIDOR DE AIRE DE PLANTA
TH-0352	RECIBIDOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS
<b>PA-7180</b>	<b>SISTEMA PAQUETE DE DIESEL</b>
FB-0112	TANQUE DE DIESEL
FG-1044	FILTRO DE SALIDA DE DIESEL
GA-1244/1245	BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE DIESEL
<b>PA-0112</b>	<b>PAQUETE CENTRIFUGADORA DE DIESEL</b>
CT-0112	CENTRIFUGADORA
GA-0112	BOMBA DE DIESEL SUCIO
<b>GA-0110 A/B</b>	<b>BOMAS PARA DIESEL DE LAVADO</b>
<b>PA-7270</b>	<b>PAQUETE DE FILTROS PARA ACEITE CRUDO</b>
FA-1210/1211/ 1212/1213/1214/12 15	FILTROS DUPLEX DE ACEITE CRUDO
<b>PA-7330</b>	<b>PAQUETE DE PLANTA POTABILIZADORA</b>
<b>FB-0111</b>	<b>TANQUE DE AGUA POTABLE</b>
<b>PA-7340</b>	<b>PAQUETE DE AGUA DESMINERALIZADA</b>
<b>PA-7350</b>	<b>SISTEMA HIDRONEUMATICO DE AGUA POTABLE</b>
FA-0114	TANQUE HIDRONEUMATICO
GA-1212 A/B	BOMBAS DE ALIMENTACION
<b>ME-2125</b>	<b>POLIPASTO P/MANTENIMIENTO DE PAQUETE DE AIRE Y POTABILIZADORA</b>
<b>ME-2130 A/B</b>	<b>POLIPASTO P/MANTENIMIENTO DE PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE</b>
	<b>LABORATORIO</b>
	<b>TALLER</b>
	<b>BODEGA</b>

<b>CLAVE</b>	<b>DESCRIPCION DEL EQUIPO</b>
	<b>CUBIERTA TERCER NIVEL (+) 41.100</b>
<b>PA-7080</b>	<b>PAQUETE UNIDAD RECUPERADORA DE VAPOR # 1</b>
EC-4100	ENFRIADOR DE RECICLADO DE VRU No. 1
FA-3200	SEPARADOR DE SUCCION DE VRU No. 1
GA-3200/3210	BOMBAS VRU No. 1
GB-1500	COMPRESOR DE VRU No. 1
<b>PA-7090</b>	<b>PAQUETE UNIDAD RECUPERADORA DE VAPOR # 2</b>
EC-4130	ENFRIADOR DE RECICLADO DE VRU No. 2
FA-3210	SEPARADOR DE SUCCION DE VRU No.2
GA-3250/3260	BOMBAS VRU No. 2
GB-1520	COMPRESOR DE VRU No. 2
<b>PA-7240</b>	<b>PAQUETE SEPARADOR DE 1ª ETAPA</b>
FA-1100	SEPARADOR DE 1ª ETAPA
<b>PA-7250</b>	<b>PAQUETE SEPARADOR DE 2ª ETAPA-A</b>
FA-1150	SEPARADOR DE 2ª ETAPA-A
<b>PA-7260</b>	<b>PAQUETE SEPARADOR DE 2ª ETAPA-B</b>
FA-1160	SEPARADOR DE 2ª ETAPA-B
<b>PA-</b>	<b>PAQUETE DE DIESEL PARA DILUCION</b>
FB-0113 A/B/C/D	TANQUE DE DIESEL PARA DILUCION
GA-0113 A/B	BOMBAS DE DIESEL PARA DILUCION
<b>TG-1100A/B/C</b>	<b>TURBO-GENERADORES</b>
<b>ME-2005/2006</b>	<b>GRUAS DE PEDESTAL</b>

**Tabla 3.- Relación del equipo considerado en cada planta de la plataforma**

## **OBJETIVO**

El presente trabajo tiene como objetivo el conocer los aspectos básicos para el diseño y análisis de una plataforma marina y comprender el desarrollo necesario para la realización de un Análisis en Sitio, así como entender la metodología de los programas utilizados.

Para la realización de este trabajo como ya se mencionó en la introducción se tomaron como base los planos de una la plataforma de producción en el Activo de Explotación KU-MALOOB-ZAAP, tomando como información básica la distribución de equipos con la finalidad de obtener las cargas de dicho equipo; considerando para el análisis, que la superestructura se encuentra fija en los puntos donde se une con los pilotes y la subestructura, que soportan a la plataforma en su totalidad.

Para cumplir con el objetivo de esta tesis se tendrán en cuenta las Normas y Especificaciones recomendadas por Pemex Exploración y Producción, las cuales son mencionadas en las referencias.

## **ALCANCES**

Este trabajo tiene como alcances el comprender de una forma general lo que es una plataforma marina y las actividades que se realizan para poder diseñar una plataforma. Para el diseño de plataformas marinas existen varios tipos de Software's, los mas comúnmente usados son aquellos que analizan y diseñan los elementos estructurales como son los programas SACS y ZENSCAD, tambien son comúnmente usados aquellos que diseñan pilotes.

En particular este trabajo presenta el análisis en sitio que es esencial en el diseño de plataformas marinas ya que este define en primera instancia el estado de esfuerzos de los elementos estructurales y es básico para los análisis restantes como los de arrastre, izaje, transportación y lanzamiento

Acontinuacion se describe en forma enunciativa cada uno de los distintos análisis necesarios para el diseño integral de plataformas marinas agrupando estos cada uno de los distintos cálculos, análisis y modelos necesarios para su desarrollo.

Cabe mencionar que el análisis considerado es uno de los más importantes en el diseño de plataformas, pero para el diseño total de una plataforma se realizan otros análisis de entre los cuales se podrían mencionar los siguientes:

.1- Análisis en sitio (para este trabajo de tesis solo se considera la parte ligada a la superestructura)

- A) Análisis y diseño de pilotes
- B) Análisis y diseño de la placa base
- C) Modelado de las curvas T-Z, P-Y-Q-Z
- D) Diseño de la ola, corriente, arrastre y viento
- E) Revisión del crecimiento marino
- F) Revisión de cargas
- G) Elaboración de combinaciones
- H) Análisis y diseño de la protección catódica
- I) Análisis y diseño de las defensas de pierna
- J) Análisis y diseño de los protectores de ductos
- K) Análisis y diseño de las abrazaderas fijas y móviles para risers
- L) Análisis y diseño de embarcaderos

2.- Análisis del hincado de pilotes

- A) Selección del martillo

3.- Análisis de juntas

- A) Selección de juntas tubulares

4.- Análisis de izaje (subestructura –superestructura)

- A) Análisis y diseño de las orejas de izaje
- B) Análisis y diseño de los cables de izaje
- C) Selección de grilletes y pernos
- D) Análisis y diseño del marco de izaje

5.- Análisis de arrastre

- A) Análisis y diseño de las vigas de arrastre
- B) Análisis y diseño de las orejas de arrastre

- 6.- Análisis deflexiones máximas
- 7.- Análisis de transportación
  - A) Calculo de las fuerzas inerciales
  - B) Revisión de los seguros marinos
  - C) Selección de la barcaza de transportación
- 8.- Análisis de fatiga con dominio en la frecuencia
- 9.- Análisis de sismo a nivel de resistencia
- 10.- Análisis de sismo a nivel de ductilidad
- 11.- Análisis de estabilidad
- 12.- Análisis de lanzamiento
- 13.- Análisis de flotación
- 14.- Análisis dinámico en general
- 15.- Análisis de resistencia última (push-over)

## ***CAPITULO 1 Aspectos relacionados con el Análisis y Diseño Estructural de Plataformas Marinas.***

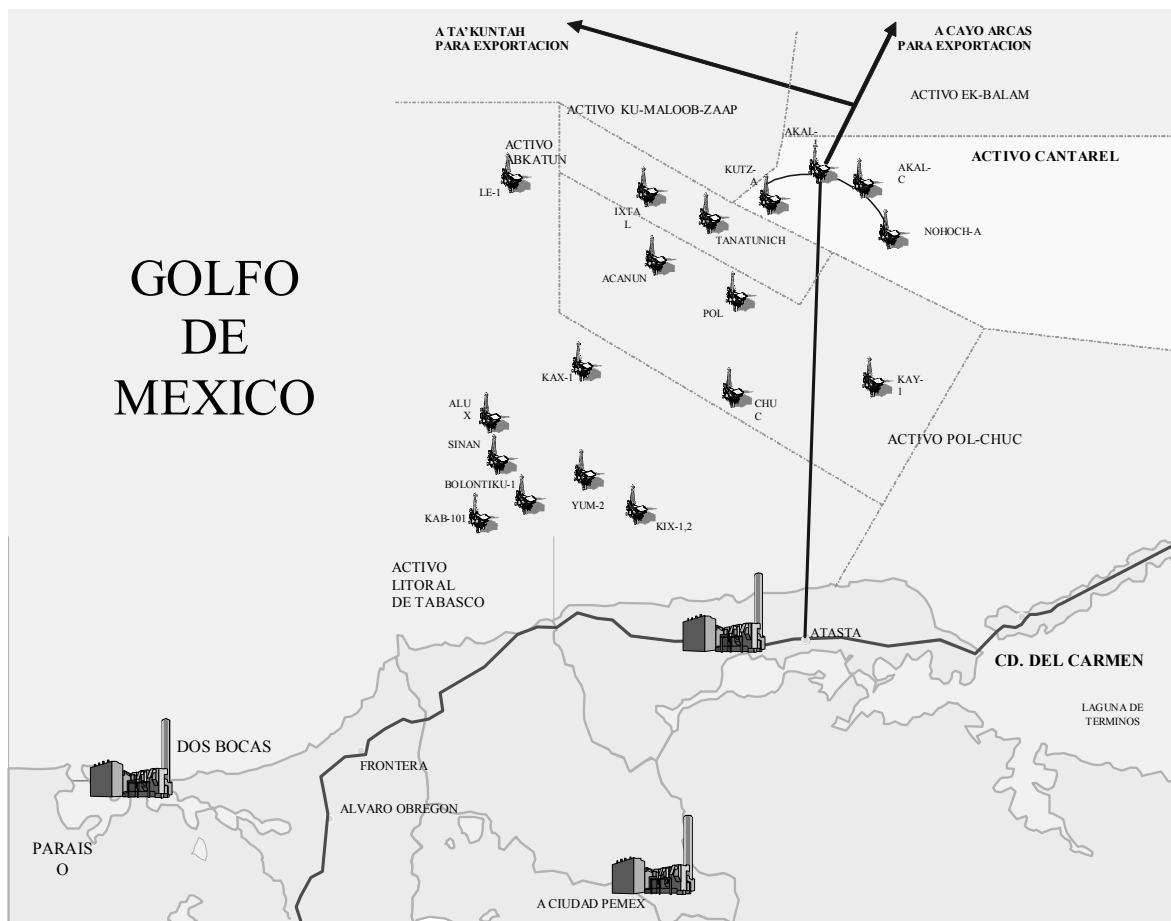
### **1.1 Generalidades**

Las condiciones propias de la Sonda de Campeche en lo que se refiere a la disposición y volumen de los mantos petrolíferos, condiciones ambientales, tirantes de agua prevalecientes en la zona y propiedades mecánicas del suelo, determinaron las características primordiales de los campos petroleros por desarrollar, los cuales quedaron constituidos a base de plataformas fijas de acero, intercomunicadas mediante puentes, y utilizando líneas de tuberías apoyadas en el lecho marino para la conducción de los productos.

Los campos petroleros desarrollados en el mar han quedado constituidos por grupos de plataformas destinadas a diversas actividades, tales como perforación de pozos, producción, enlace, habitación, compresión de gas, etc., de acuerdo con los requerimientos de producción y los procesos involucrados en la separación, manejo, envío y conducción de los productos.

En combinación con las condiciones antes descritas, las características de operación, dimensiones y peso de los equipos requeridos para la explotación, integran factores determinantes en el establecimiento de las dimensiones básicas de las plataformas.

Las plataformas fijas de acero para la explotación de petróleo constan de dos partes principales que son la estructura y el equipo, siendo este último diseñado generalmente para ser instalado sobre una plataforma, o removido de ella, con el mínimo de dificultad, por lo cual se integra en paquetes fabricados prácticamente en su totalidad en tierra, minimizando el trabajo a desarrollar en mar, dada la mayor dificultad de realización y el alto incremento en los costos de ejecución; estas plataformas pueden ser de diversos tipos, de acuerdo con la función que desarrollen.



**Fig.8.- Localización de plataformas en la Sonda de Campeche**

Algunos tipos de plataformas se describen a continuación:

### **Plataforma de Perforación**

La plataforma de perforación aloja el equipo mediante el cual se perfora el pozo y también tiene como función colocar la tubería que permitirá explotarlo y el cabezal donde se instalará más tarde la plataforma de producción.

Este tipo de plataforma generalmente dispone de conductores hincados aproximadamente a 60cm por debajo del lecho marino, así como de un equipo compuesto por varios paquetes de perforación.

La cubierta consta de dos niveles, uno de producción y otro de perforación. Esta cubierta es soportada por 8 columnas y se construye con traveses armados de placas, que unidas a la columna forman marcos rígidos para disponer de mayor espacio, facilitando la instalación del equipo y el movimiento de tuberías y simplificando su fabricación y colocación.

Cuando se encuentra debidamente instalada la superestructura, se procede a marcar sobre la cubierta las zonas donde van a estar localizados los paquetes de perforación; los cuales se transportan por medio de un chalán y para su colocación se utiliza el barco grúa.

### **Plataforma de producción**

Su función consiste en separar el gas del crudo y bombear este último a tierra.

Está compuesta por:

-Una subestructura metálica, generalmente de 8 columnas fabricadas en 4 o más niveles, según la profundidad de instalación.

-Una superestructura que consta de dos o más niveles, soportada también por columnas directamente acopladas a la subestructura. Las cubiertas se construyen con viguetas de acero, apoyadas sobre marcos rígidos hechos de placa, unidos estructuralmente a las columnas.

La plataforma de producción tiene acceso por puentes de enlace, con la plataforma de perforación, la plataforma de compresión (en algunas ocasiones), la plataforma de enlace y con el trípode del quemador.

### **Plataforma de enlace**

Para manejar la producción de las diferentes plataformas, es necesario instalar algunas de enlace, en las que se construyen los cabezales de recepción y envío de aceite crudo y gas. A dichas plataformas llegan las líneas que recolectan el crudo con gas de las plataformas de perforación y lo distribuyen a las plataformas de producción para su procesamiento; también unen las líneas que recolectan el crudo, con los oleoductos que los transportan a tierra. A bordo de estas plataformas se cuenta con instalaciones para lanzar y recibir tapones conocidos como diablos, para limpiar el interior de las líneas.

### **Plataforma habitacional**

Está diseñada para proporcionar asistencia habitacional que requieren los trabajadores de los diferentes complejos de producción de crudo y gas.

Esta plataforma puede albergar un gran número de personas, y cuenta con helipuerto, sistemas de radiocomunicación, sistema contra incendio, potabilización de agua, planta de tratamiento de aguas negras, cocina, comedores, salas de recreación, biblioteca, plantas generadoras de energía, clínica, gimnasio, etc..

### **Plataforma de rebombeo**

La función específica de este tipo de plataformas, colocadas en el punto medio entre las de enlace y tierra, es aumentar la presión y capacidad de transporte de crudo.

En ellas se dispone de turbinas de gas para accionar las bombas y de generadores con una capacidad suficiente para satisfacer sus necesidades de energía eléctrica.

### **Plataforma de almacenamiento de diesel.**

Se encuentra anexa a la estación de rebombeo y es la encargada de suministrar el combustible diesel para el consumo de las turbobombas. Cuenta con tanques de almacenamiento de diesel.

### **Plataforma de compresión de gas**

Su función es la de suministrar al gas la presión necesaria para su transporte, así como su acondicionamiento, por ejemplo, el endulzamiento de gas amargo. El gas comprimido es enviado a las correspondientes plataformas de enlace de gas.

Cabe mencionar que los módulos de compresión, permiten aprovechar el 98% del gas natural, lo que evita quemarlo a la atmósfera.

Por otra parte, la instalación de la estructura de las plataformas es generalmente con carácter permanente, considerando que su estancia en la localización que le es asignada, corresponde a un período de vida útil de 20 años en promedio, para lo cual se fija al suelo marino, con objeto de resistir satisfactoriamente las fuerzas inducidas sobre ella por las condiciones ambientales, a la vez de proporcionar un área de trabajo segura para la operación del equipo y del personal que la ocupen. La estructura típica de una plataforma para la explotación de petróleo en la Sonda de Campeche, se compone de tres partes, denominadas: superestructura, subestructura y cimentación.

Cada componente se construye independientemente de las otras llevándose a cabo su acoplamiento durante su instalación en mar.

La estructura de la plataforma se desplanta en el lecho marino y su cimentación es a base de pilotes. Sobresale del nivel del mar, hasta la elevación necesaria para la operación del equipo al que alojará.

Para el desarrollo de la ingeniería estructural en plataformas marinas es necesario la aplicación de códigos y normas que constituyen en conjunto la base y el marco de referencia requeridos para este, como son:

#### **Norma NRF-003-PEMEX-2000**

#### **Diseño y Evaluación de Plataformas Marinas Fijas en la Sonda de Campeche.**

Esta norma es el resultado de aplicar los conocimientos adquiridos por años en México, así como encausar las investigaciones y registros acumulados durante el desarrollo de la Sonda de Campeche para definir condiciones de carga, datos hidrodinámicos y condiciones ambientales con aplicación particular a esta zona geográfica.

Dicha norma señala lineamientos fundamentales para el diseño y evaluación de las plataformas, tales como su categorización basada en la producción, parámetros oceanográficos, parámetros hidrodinámicos, crecimiento marino y elevación mínima de la cubierta.

Señala los parámetros a utilizar para las siguientes condiciones:

-Operación.



- Tormenta.
- Estabilidad durante instalación.
- Fatiga.
- Sismo.
- Factor de reserva de resistencia para análisis de colapso por tormenta.
- Factor de reserva de resistencia para análisis sísmico a nivel de ductilidad.

### **API-RP2A**

#### **Prácticas recomendadas para la Planeación, Diseño y Construcción de Plataformas Marinas Fijas.**

Este documento constituye un marco de referencia necesario durante la concepción y desarrollo del proyecto.

Su contenido cubre la mayoría de los conceptos y problemas específicos del diseño de plataformas. En lo relativo al diseño de elementos estructurales, se aboca con énfasis en el establecimiento de procedimientos de diseño de tubos de sección circular, tales como punzonamiento, colapso hidrostático, fatiga y flexocompresión; por ser este tipo de elementos los idóneos para integrar la subestructura y cimentación de la plataforma.

En lo relativo a las cargas que actúan sobre la plataforma, destaca aquellas cuya importancia es determinante para el diseño de la estructura, como son las cargas ambientales (oleaje, viento y sismo), estableciendo recomendaciones y parámetros que deben ser considerados.

Dedica particular atención a la cimentación de la plataforma, en el análisis de las características del suelo y la determinación de la capacidad de carga de este en combinación con los pilotes, así como el diseño de estos, considerando aspectos de fabricación, manejo e instalación.

Establece recomendaciones relativas a cada una de las diferentes etapas del diseño, construcción, transporte e instalación de las partes principales constitutivas de la estructura (superestructura, subestructura y cimentación).

Su contenido contempla la utilización de otros reglamentos y normas con aplicación en el diseño y fabricación de estructuras metálicas, tales como el manual AISC, las normas ASTM y el código ANSI-AWS D 1.1.

### **API-SPEC-2B**

#### **Especificaciones para Fabricación de Tubos para Estructuras.**

Estas especificaciones comprenden la fabricación de tubos para estructuras, formados a partir de placa de acero rolada con soldadura longitudinal y circunferencial, para diámetros mayores que 16 pulgadas, con espesores de 0.375 pulgadas en adelante, y hasta 40 pies de longitud, destinados a formar parte de la estructura de una plataforma fija; tanto en pilotes como en elementos principales.

Establece lineamientos relativos a los procedimientos de rolado para formar los tubos considerando que el material que constituye a la placa, cumple con las normas ASTM respectivas.

Especifica los procedimientos de soldadura aplicables, así como las pruebas de calidad a que deben sujetarse los cordones de soldadura longitudinal y circunferencial respectivamente, de acuerdo al código ANSI/AWS D1.1.

Marca las tolerancias aplicables en las dimensiones de los tubos fabricados a partir de placa rolada, en lo relativo al diámetro, longitud, espesor, redondez, perímetro y rectitud; así como en la preparación de los extremos.

Cabe mencionar que gran cantidad de los elementos tubulares que forman parte de la estructura de una plataforma, requieren ser fabricados a partir de placa rolada, tomando en cuenta las grandes dimensiones que deben satisfacer; pudiendo observarse la importancia y extensa aplicación de las presentes especificaciones.

### **AISC Manual para Construcción en Acero.**

El contenido de este manual comprende la definición detallada de las propiedades geométricas y estructurales de las diversas secciones laminadas que existen en el mercado estadounidense, así como la identificación de cada una de ellas en base a las características estructurales que dieron origen a su manufactura.

Lo más sobresaliente de su contenido lo integran las especificaciones de diseño, fabricación y construcción; las cuales representan una ayuda extraordinaria para el cálculo estructural y el desarrollo de la ingeniería de detalle.

Considera los diseños plástico y elástico, especificando esfuerzos permisibles para el diseño de elementos sujetos a tensión, compresión, flexión y cortante, así como fórmulas de interacción para la acción combinada de tales esfuerzos.

Establece recomendaciones para el dimensionamiento de elementos fabricados con placas, contiene especificaciones relacionadas con el diseño de conexiones soldadas y atornilladas, así como limitaciones en cuanto a dimensiones de agujeros, tamaños de filetes de soldadura, etc.

La utilización principal de este manual se lleva a cabo durante el diseño de la superestructura de la plataforma.

Dada la importancia del contenido de este manual, las especificaciones y procedimientos de diseño que establece se hayan vertidas en programas para diseño por computadora de plataformas marinas.

Por otro lado en México se maneja un manual similar al AISC, el cual es elaborado por el Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, el cual es conocido como el manual IMCA.

### **ANSI/AWS Código de soldadura para estructuras de acero.**

Este código contiene la descripción de los conceptos involucrados en los procesos de soldadura estructural, así como la simbología de los diversos tipos de soldadura para su representación en los planos del proyecto.

Establece los diferentes procedimientos de soldadura estructural, tales como arco metálico protegido, arco sumergido, arco metálico en gas inerte y arco con fundente en el núcleo.

Contiene los procedimientos para el diseño de conexiones de soldadura de filete, limitaciones y recomendaciones en la aplicación de este tipo de soldadura. Así mismo, establece los requerimientos de las soldaduras de penetración completa, indicando los diversos tipos de preparaciones para los elementos por conectar y los márgenes de aplicación de éstos.

En relación a los materiales, indica las características de los aceros estructurales susceptibles de ser conectados mediante soldadura, así como las características propias y denominación de los diversos electrodos.

Incluye las técnicas de aplicación de la soldadura y las pruebas a que debe de ser sometida para su inspección y calificación.

Cabe mencionar que la aplicación de éste código en el diseño y construcción de las estructuras de plataformas es fundamental, ya que el 100% de las conexiones que en ellas se verifican son soldadas.

## **NORMAS ASTM**

### **Sección Acero Estructural**

Este grupo de normas contiene especificaciones, métodos de prueba, definiciones y clasificaciones, relacionados con los aceros estructurales utilizados en la fabricación de estructuras de acero en general.

En lo concerniente a la manufactura de los aceros estructurales limita su producción a los procesos de hogar abierto, oxígeno básico y horno eléctrico. Especifica de igual forma los tratamientos térmicos que deberán aplicarse.

Establece la composición química y estructura metalúrgica de los aceros estructurales, así como sus propiedades mecánicas.

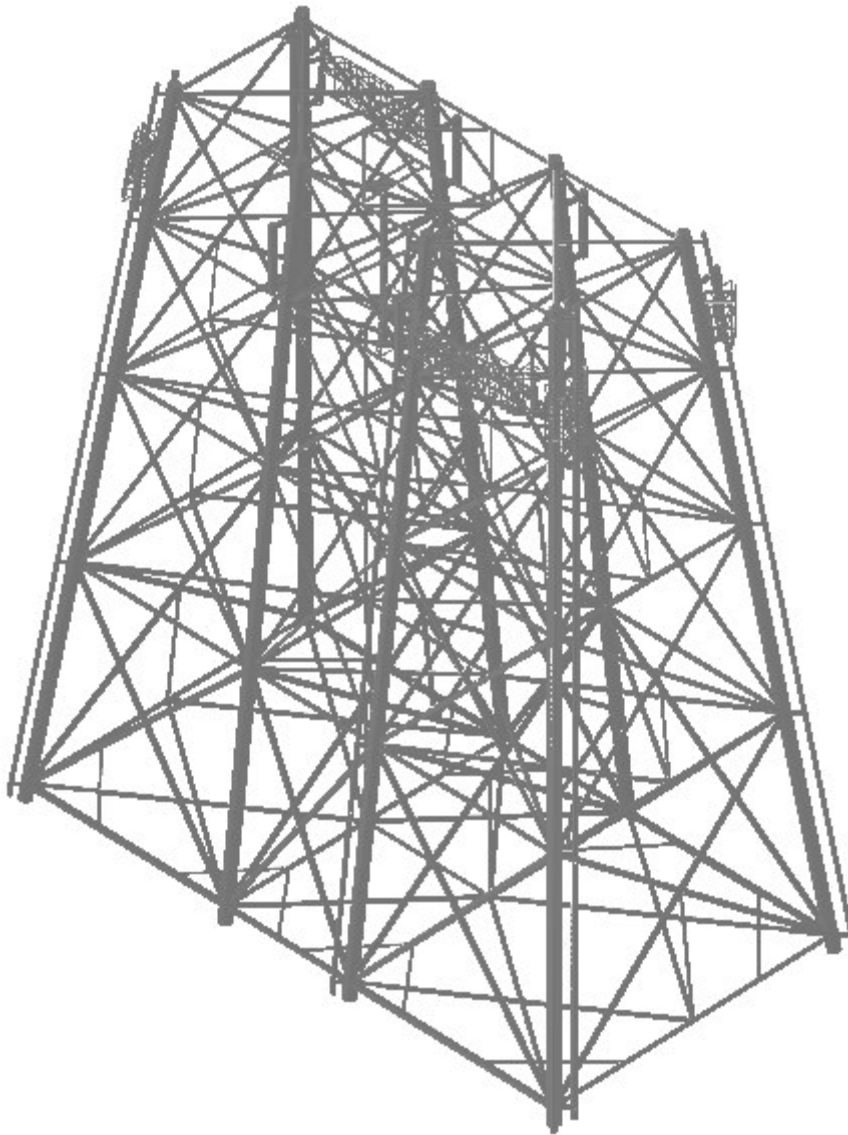
Especifica las pruebas a que deben sujetarse los diversos aceros y los rangos de valores en que deben satisfacerlas, de acuerdo con su clasificación. Así mismo, especifica las aplicaciones de cada uno de los aceros en el mercado.

## **1.2 Subestructura**

Las plataformas empleadas en la Sonda de Campeche para la explotación de hidrocarburos, pertenecen a la clasificación de plataformas de acero fijas, de acuerdo con el API (American Petroleum Institute).

Las características principales que distinguen a este tipo de plataformas, se refiere sobre todo a la subestructura, ya que el diseño de esta se halla en función de las variables que determinan la clasificación, así como el periodo de utilización de la plataforma en un mismo sitio, el cual puede considerarse de carácter permanente (varios años) o temporal (varios meses). Las propiedades del acero y de los perfiles que pueden fabricarse con este material, determinan a su vez características propias de este tipo de plataformas; como la utilización exclusiva de perfiles tubulares de sección circular y caracterizando aspectos relativos a la construcción, manejo de las estructuras, embarque y transportación, instalación por secciones, conexiones en sitio, así como toda la gama de posibilidades y restricciones inherentes al manejo del acero estructural.

La subestructura se integra totalmente por perfiles tubulares de sección circular. Su estructuración se basa en el empleo de elementos principales que constituyen sus piernas, (por ejemplo un total de ocho, en un arreglo de 2 x 4) que son interconectadas y arriostradas por elementos de menor sección, adoptando en conjunto una forma trapezoidal que se desplanta a nivel del lecho marino y con una altura que la hace sobresalir del mar hasta una elevación apropiada para su conexión con los pilotes y la superestructura. La inclinación de las piernas, está dada por la relación 1:8 (horizontal:vertical), mejorando las características de rigidez del conjunto y carga axial en los apoyos, en comparación con una estructura de piernas verticales.



**Fig.9.- Isométrico de la Subestructura**

El trabajo de la subestructura se realiza en combinación con los pilotes, que se hallan en forma concéntrica dentro de sus piernas, a través de las cuales han sido hincados en el suelo marino; los pilotes se extienden hasta una longitud superior a la subestructura, sobre la superficie media del mar, siendo conectados rígidamente con el extremo de las piernas de la subestructura. De esta manera la subestructura se apoya en los extremos superiores de los pilotes.

La subestructura contiene en el interior de sus piernas, placas espaciadoras, que limitan la holgura existente entre el diámetro interior de estas y el diámetro exterior de los pilotes, constituyendo puntos de contacto entre ambos elementos.

La subestructura constituye junto con los pilotes una estructura con rigidez y estabilidad suficientes, capaz de resistir las cargas provenientes de la superestructura, así como de las actuantes sobre ella, debidas a peso propio y oleaje, lo cual se debe a su interrelación, que se puede expresar como:

- La subestructura interconecta a los pilotes, determinando el trabajo conjunto de estos.
- La subestructura proporciona apoyo lateral a los pilotes a través de las placas espaciadoras, limitando sus longitudes libres de pandeo.
- La subestructura ejerce restricción al giro de los pilotes al nivel del lecho marino.

Por otra parte, la estructuración adoptada en la subestructura y su participación en la estructura total, determina que sus arriostramientos inclinados trabajen principalmente por carga axial, mientras que en los horizontales la flexión es la predominante.

El 100% de las conexiones de la subestructura son soldadas y las soldaduras empleadas en ellas son de penetración completa (como se puede observar en los anexos).

### **1.3 Accesorios de la subestructura**

Las condiciones por las que transita la estructura desde su fabricación hasta la instalación, establecen la necesidad de que cuente con accesorios que permitan y favorezcan su fabricación y manejo, así como su instalación y operación. Cada uno de los accesorios cumple una función específica y cada uno de ellos se sujeta a un análisis y diseño estructural. A continuación se describen las características y funciones principales de los accesorios que complementan el diseño de la subestructura.

#### **1.3.1 Sistema de deslizamiento**

##### **Vigas de deslizamiento**

Es un sistema constituido por dos vigas, donde cada una se compone de una cama de placa conectada a un arreglo de polines, sobre el cual se inicia la fabricación de la subestructura. Sus funciones principales son:

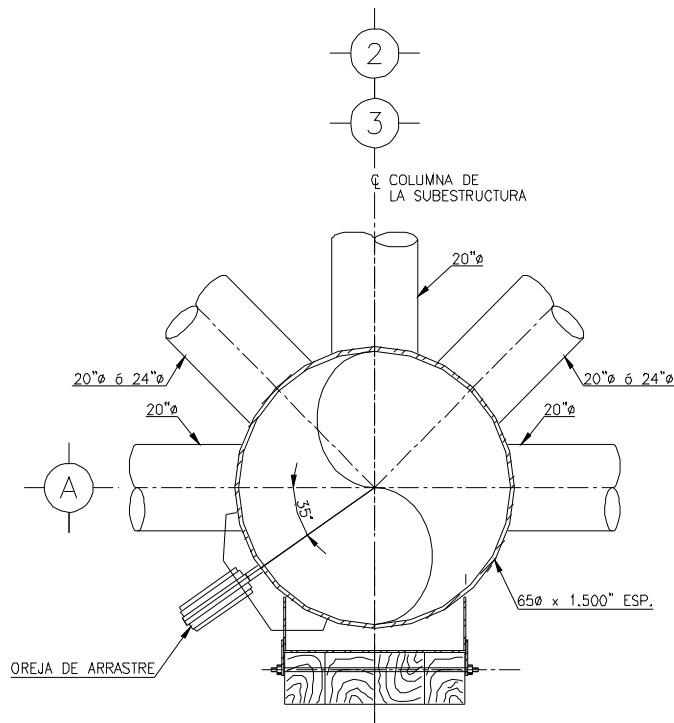
- Dar apoyo a la subestructura durante la fabricación.
- El sistema constituye un esquí para el deslizamiento de la subestructura, durante la maniobra de arrastre, y en las etapas de embarque y lanzamiento.

-Distribuye las cargas del peso propio de la subestructura sobre las piernas en que se apoya, así como sobre las traveses de fabricación del patio o de las vigas del chalán (barcaza) durante su transporte y lanzamiento.

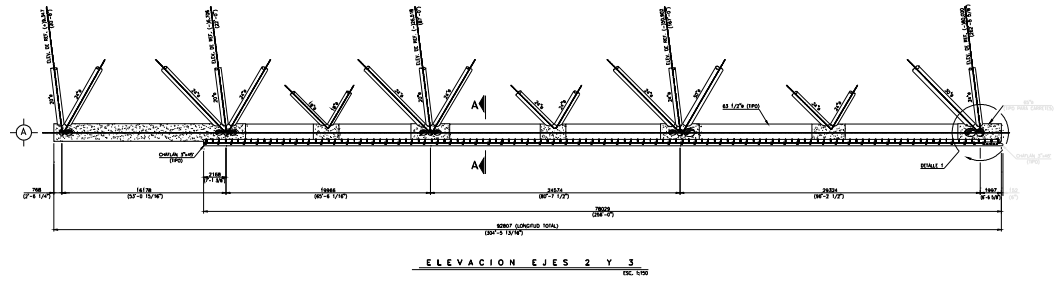
-El arreglo de madera proporciona el material de contacto entre la estructura y las traveses sobre las que se apoya y desliza.

### Orejas de Arrastre

Sistema formado por elementos constituidos por placas y conectados en las dos piernas en las que se apoya la subestructura durante su fabricación, localizados en sitios próximos a los extremos. Su función consiste en proporcionar puntos de apoyo para tirar de la subestructura, mediante un sistema de cables, poleas y malacates, con objeto de deslizarla.



**Fig.10.- Localización de orejas de arrastre y vigas de deslizamiento**



**Fig.11.- Viga de deslizamiento**

### 1.3.2 Sistema de flotación

#### Tapas de las piernas

Es necesario que la subestructura misma se provea de suficiente flotación para que sea capaz de flotar satisfactoriamente y proporcione una trayectoria de escasa profundidad dentro del agua, durante su lanzamiento en mar; condición a la que obedece que le sean instaladas tapas en ambos extremos de cada una de sus piernas.

Las tapas en el extremo inferior de las piernas (considerando su posición final en el sitio), se colocan con forma y dimensiones diseñadas de tal manera que después de cumplir con su cometido, permitan su rompimiento al ser golpeadas por el impacto de la caída libre del primer tramo de pilote, en la etapa inicial de hincado.

Por otra parte, las tapas colocadas en el extremo superior de cada pierna, son elementos planos constituidos por placa, que además sirven como base para el apoyo de tanques de flotación y provistas con válvulas utilizadas para la prueba de hermeticidad y durante la inundación de las piernas en la etapa inicial de la instalación.

#### Tanques de flotación

Para complementar la flotación de la subestructura y proporcionar a ésta una posición final de flotación conveniente, son utilizados tanques constituidos normalmente por tubería de las mismas características de la empleada para las piernas. Se ubican generalmente en la parte superior de la subestructura, conectando sus apoyos sobre las tapas superiores.

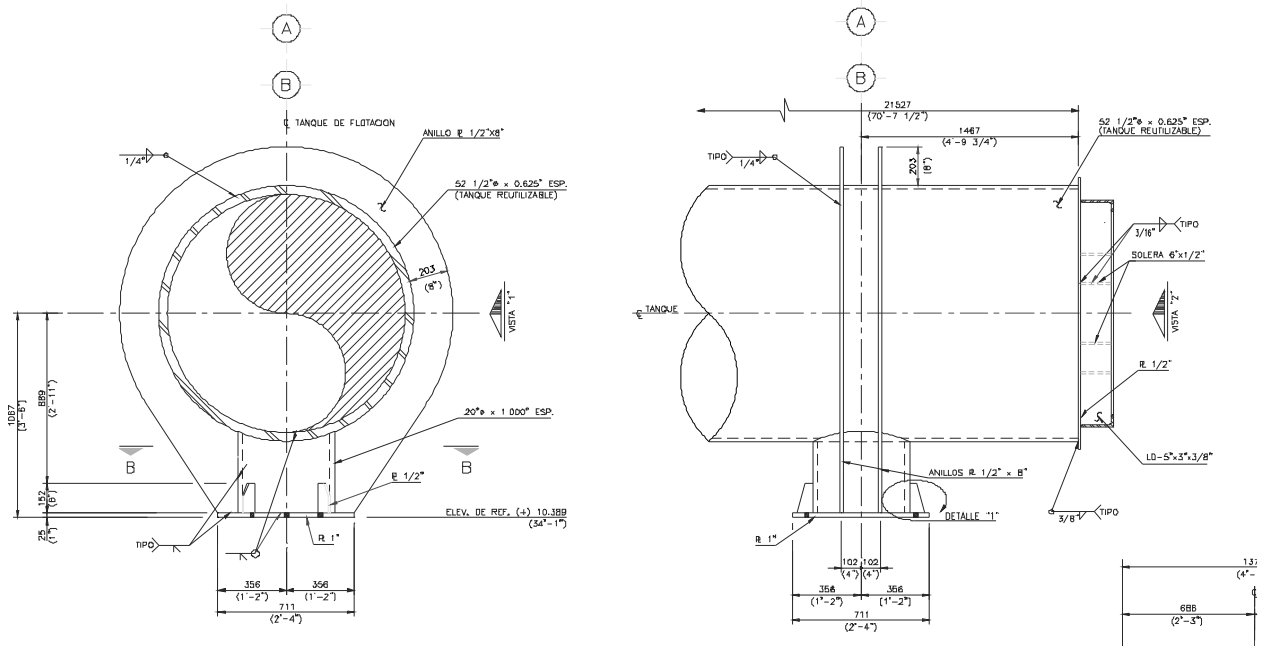


Fig 12.- Tanques de flotación



## Sistema de inundación

Consiste en válvulas instaladas en el extremo inferior de cada una de las piernas de la subestructura, operadas mediante una extensión que se manipula desde el extremo superior; permanecen cerradas durante la etapa de lanzamiento y flotación, y se abren para permitir la inundación de las piernas durante la instalación de la subestructura, completando esta acción con las válvulas ubicadas en las tapas superiores, que al abrirse, permiten la salida del aire.

### 1.3.3 Accesorios Complementarios

#### Orejas de Izaje

La subestructura debe ser provista de elementos de los cuales se pueda sujetar y manipular con la grúa de instalación. Las orejas de izaje cumplen con este objetivo, utilizándose en la etapa posterior al lanzamiento, para girar a la estructura a su posición vertical y para mantenerla suspendida en esta posición durante su acarreo hasta la localización de su instalación. Estas son colocadas en el extremo superior de las piernas interiores.

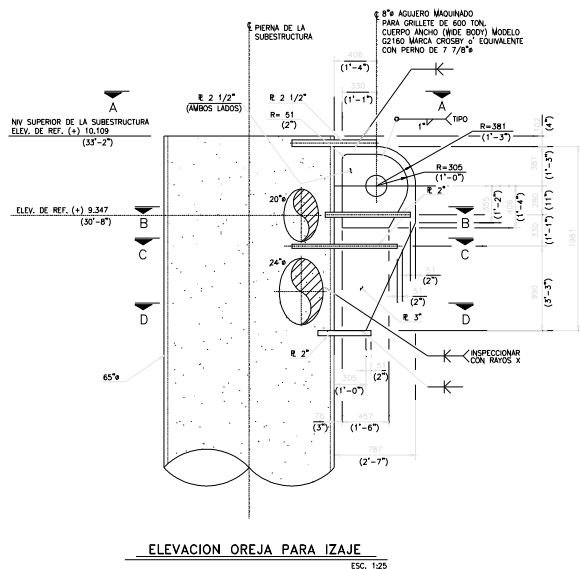


Fig.13.- Oreja para izaje

### Estructura temporal para estrobos

Los estrobos con los que se efectúa el izaje de la subestructura, son colocados desde el patio de fabricación, en las orejas de izaje, mediante grilletes. Los extremos de los estrobos que deberán de engancharse a la grúa de instalación, se sujetan sobre una estructura temporal que proporcione simultáneamente una pequeña área de trabajo para el personal que realiza esta operación.

La estructura temporal para estrobos (mesa para estrobos), se conecta a la subestructura mediante abrazaderas con tornillos, ubicándola sobre uno de sus ejes mayores, y es retirada de ésta, una vez concluida la instalación.

### Placa Base

Para llevar a cabo el hincado de pilotes, que constituyen la cimentación definitiva de la plataforma, es necesario que la subestructura se apoye temporalmente sobre el suelo, requiriendo para ello una cimentación a base de placas, que le proporcionan características de estabilidad ante condiciones de carga prevalecientes durante la instalación (carga de oleaje y peso propio). Al concluir el hincado de pilotes y la conexión de estos con la subestructura, la placa base termina su función principal.

Los elementos principales que forman parte de la placa base, se constituyen en apoyos laterales de algunos arriostramientos de la subestructura.

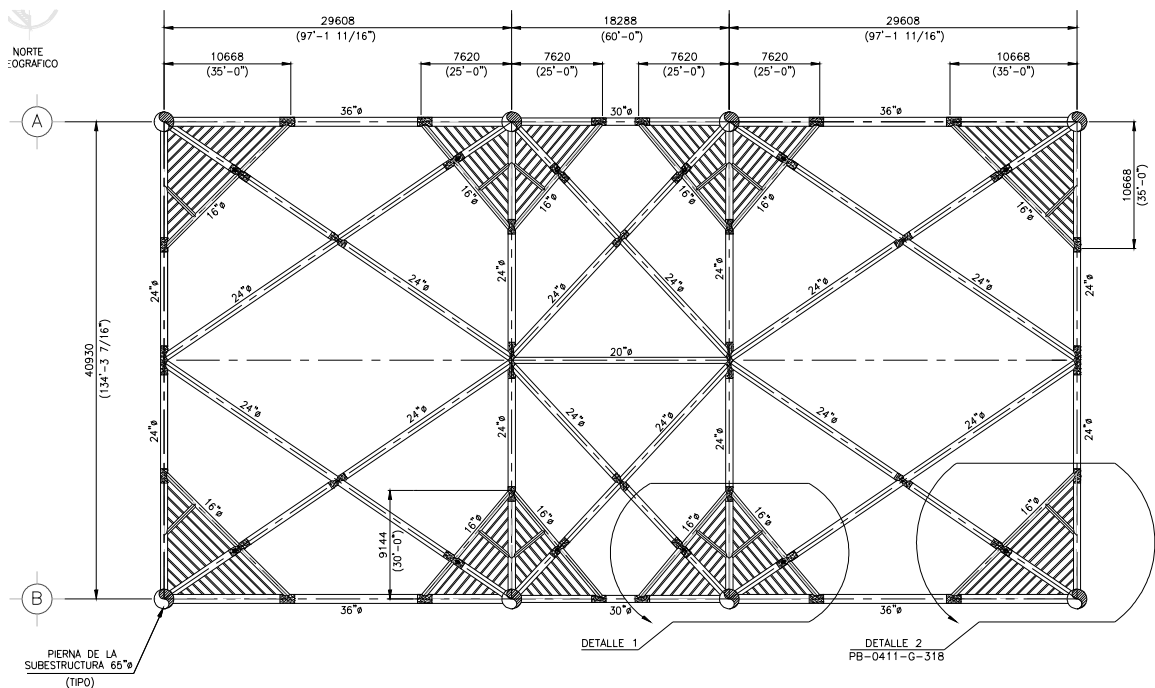
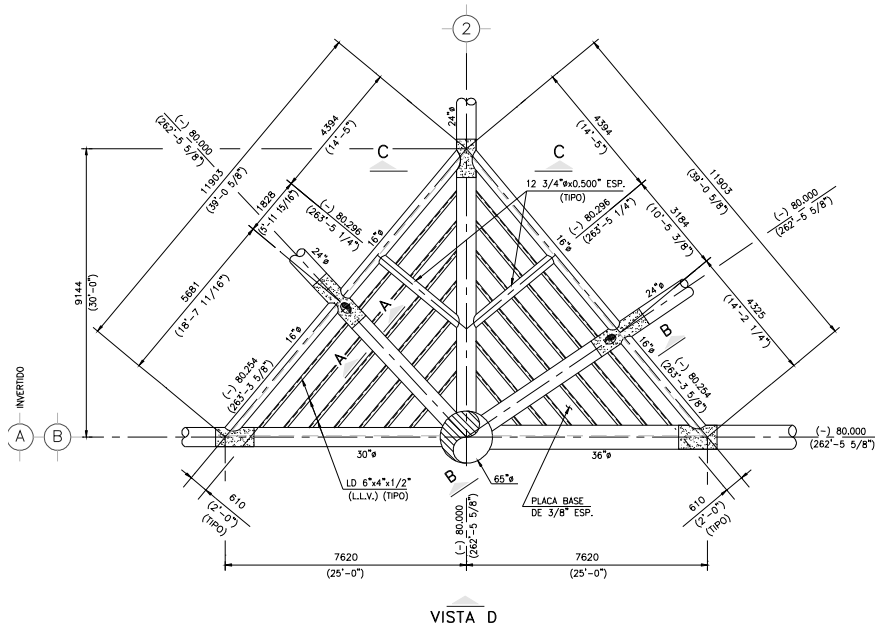


Fig.14.- Planta nivel (-)80m, con placa base

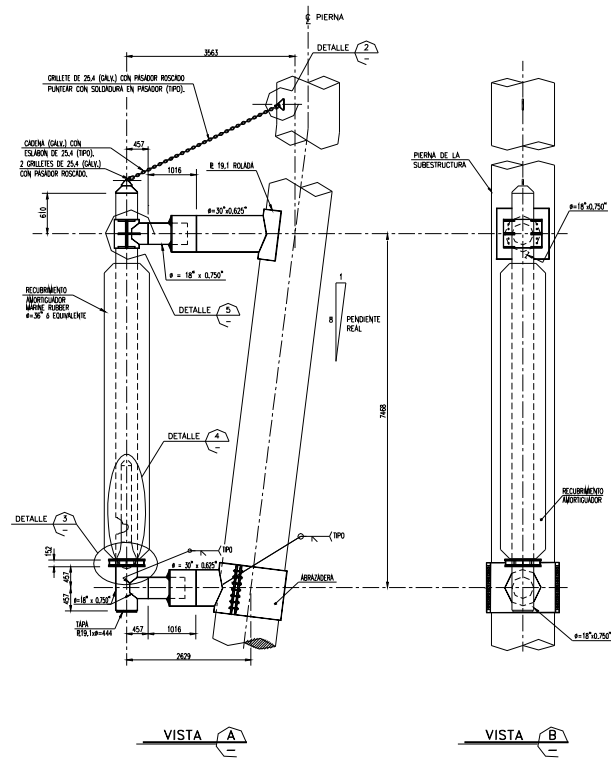


**Fig.15.- Detalle de placa base**

### Defensas

Una vez que la plataforma inicia su operación, será abastecida de insumos, mediante embarcaciones con desplazamientos. Por lo que es necesario protegerla de posibles impactos sobre su estructura, mediante defensas provistas con amortiguadores, ubicadas en cada una de las piernas de la subestructura; a pesar de que la aproximación de las embarcaciones se halla restringida a condiciones ambientales de mar en calma [altura de ola de 5 pies (1.5m) en promedio].

Las defensas se integran de un elemento vertical principal, protegido con una camisa de caucho, apoyado en sus dos extremos sobre amortiguadores en posición horizontal. Los amortiguadores son de tipo axial y el peso de la defensa es soportado mediante una cadena que deberá tensarse durante la instalación.

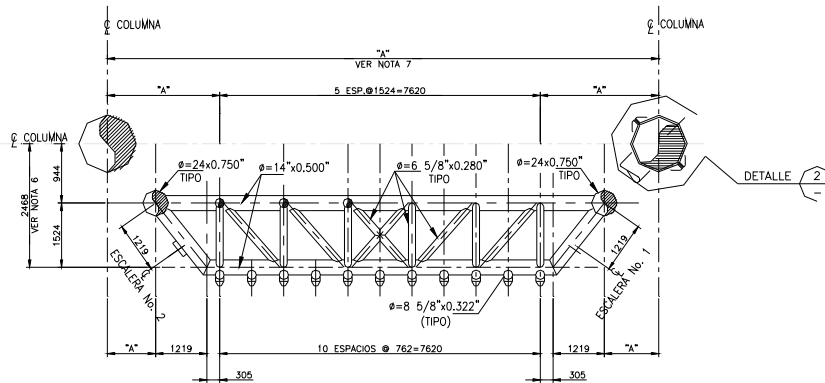


**Fig.16.- Defensas**

### Embarcaderos

Los embarcaderos cumplen una función similar a la de las defensas e incluso trabajan en combinación con ellas. Su objetivo principal es la de proporcionar una estructura que permita el acoderamiento de la embarcación con la plataforma, para abastecimiento de insumos, así como de embarque o desembarque de personal.

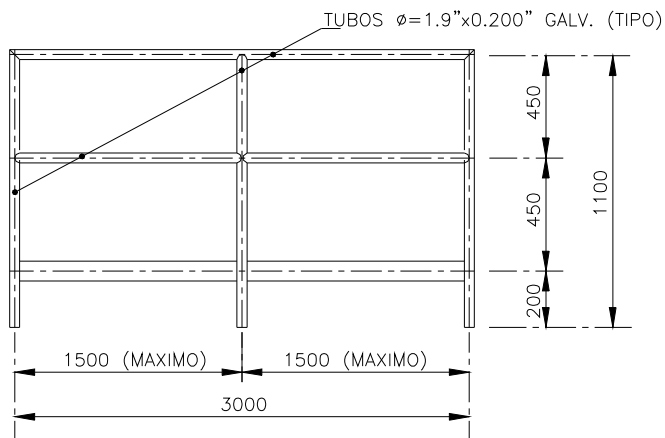
El embarcadero, constituye un acceso a la plataforma por vía marítima, cuenta con elementos de caucho adosados a los miembros estructurales que tienen contacto con la embarcación; se halla conectado rígidamente a las piernas de la subestructura, a las que transmite las cargas de impacto mediante elementos cuya sección se amplía considerablemente en la conexión.



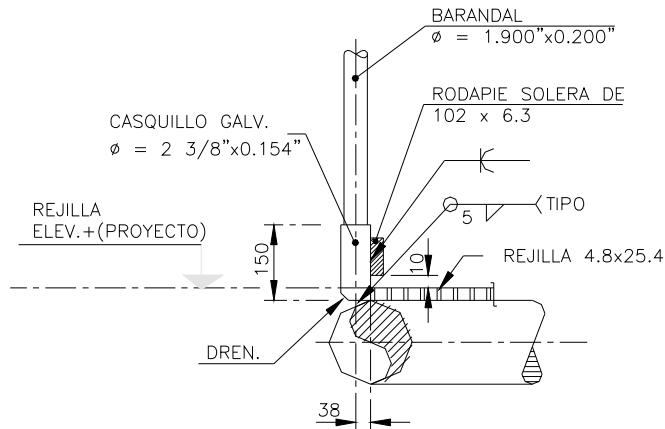
**Fig.17.- Planta de un embarcadero**

### Pasillos, Barandales y Escaleras

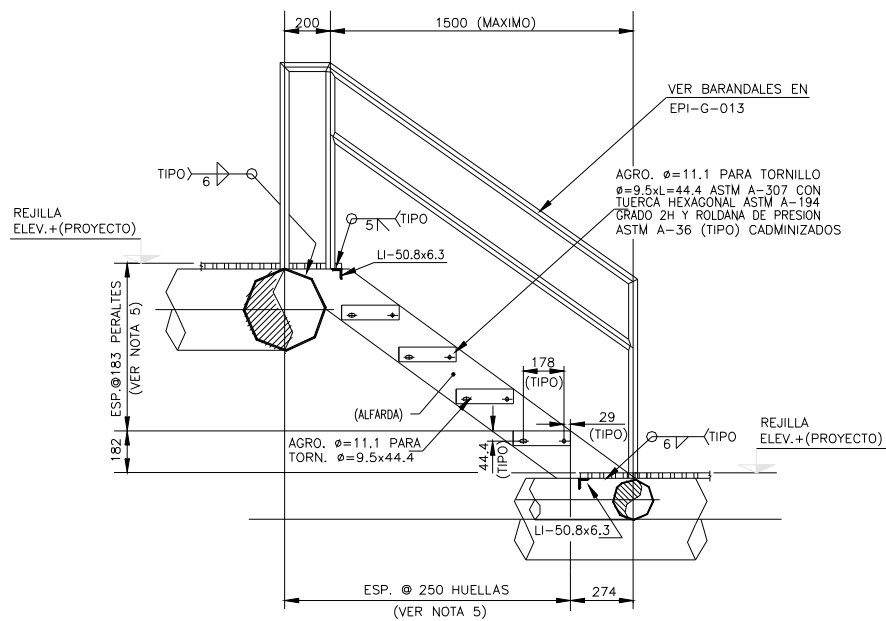
Los pasillos, barandales y escaleras proporcionan los conductos por los cuales el personal tiene acceso a los diversos sitios de la plataforma. Los pasillos se integran de elementos tubulares y rejilla galvanizada. Los barandales son de tipo tubular, desmontables; de igual forma, las escaleras que conducen a los embarcaderos son desmontables, cuyas alfardas se integran por secciones canal, contraventeadas con ángulo. Los escalones son de rejilla galvanizada, conectados a las alfardas mediante tornillos.



**Fig.18.- Barandal de tablero doble**



**Fig.19.- Detalle de barandal**



**Fig.20.- Elevación de escaleras**

## 1.4 Superestructura

La superestructura es la parte de la estructura destinada a dar alojamiento y soporte al equipo de operación de la plataforma. Está formada por marcos rígidos, con columnas tubulares de sección circular, apoyadas sobre los extremos superiores de los pilotes, usualmente en la elevación de referencia (+) 24'-0" (7.315m); e interconectadas mediante traveses de sección I fabricadas de tres placas. Las traveses dan soporte a sistemas de piso donde se apoya el equipo.

La superestructura cuenta con dos o más sistemas de piso o cubiertas, con una superficie delimitada por las necesidades del equipo y tipo de plataforma. Los sistemas de piso están formados por largueros de sección I (tipo W) rolados en caliente, sobre los que se apoya rejilla de soleras dentadas, placa antiderrapante u otros materiales con tratamientos inhibidores de fuego, dependiendo del tipo de trabajo y operación del equipo que contengan.

La primera cubierta se ubica en la elevación (+) 62'-8" (19.100m) con respecto al nivel medio bajamar de acuerdo con la Norma NRF-003 de PEMEX, bajo la consideración de que las traveses de la cubierta y el equipo que aloja se mantienen por arriba de la cresta de una ola con período de retorno superior a la de 100 años. La elevación de las siguientes cubiertas se establece en función de la altura libre requerida entre cubiertas para la instalación y operación del equipo.

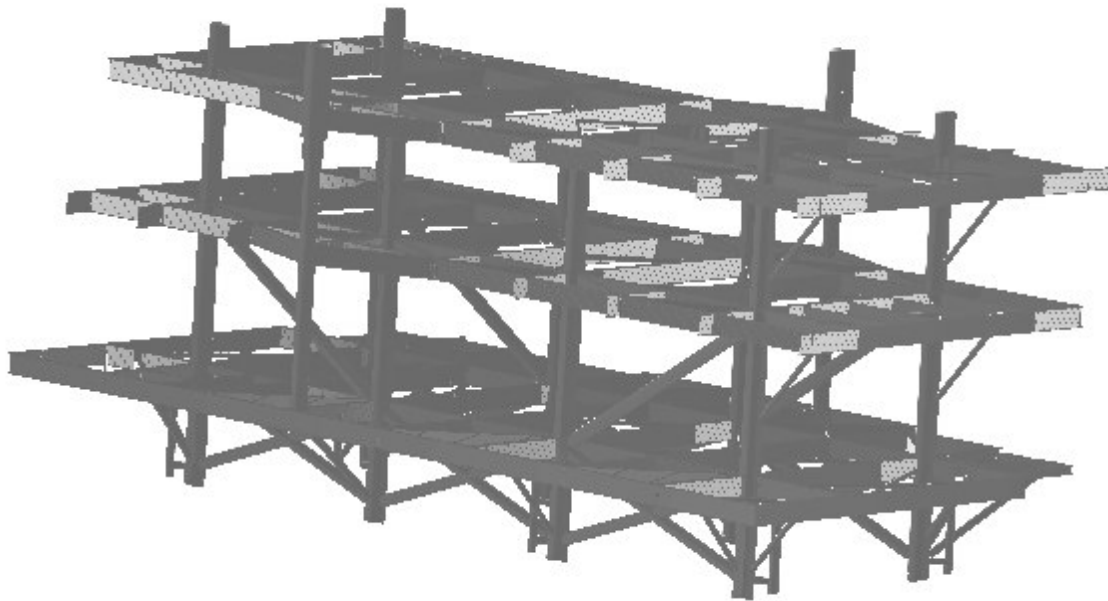
Los patines superiores del sistema de largueros se soportan lateralmente mediante elementos secundarios, los cuales pueden ser de sección canal u otra de tipo ligero. Los largueros por su parte impiden el pandeo lateral del patín superior de las traveses principales en los puntos en que se conectan con ellas.

Las traveses principales convergen horizontalmente sobre las columnas, lo que origina la formación de un anillo o placa rigidizadora alrededor de esta, lo cual reduce notablemente los efectos locales sobre la columna durante la transmisión de elementos mecánicos en el nudo.

Las traveses principales longitudinales suelen estar restringidas lateralmente en todo su peralte por traveses intermedias entre los ejes formados por las traveses transversales.

El sistema de piso es complementado por elementos horizontales inclinados (estos elementos pueden ser de sección tubular o tipo I) para restringir los desplazamientos relativos entre columnas y su terminación es a base de rejilla dentada, para la cual, en el diseño se acostumbra utilizar una rejilla tipo Irving.

Con relación a las columnas, su diámetro se establece en función del diámetro de los pilotes, con el que deben ser compatibles; y a su vez el pilote debe ser compatible con el espesor de la columna. Los efectos locales por concentraciones de esfuerzos originados a partir de la incidencia de miembros sobre las columnas, son resistidos con la utilización de anillos soldados por el interior de estas, o con solapas exteriores de placa rolada. El material de las columnas en su interconexión con las traveses principales es de acero especial (como por ejemplo el API-2H-Gr. 50, entre otros).



**Fig.21.- Isométrico de la superestructura**

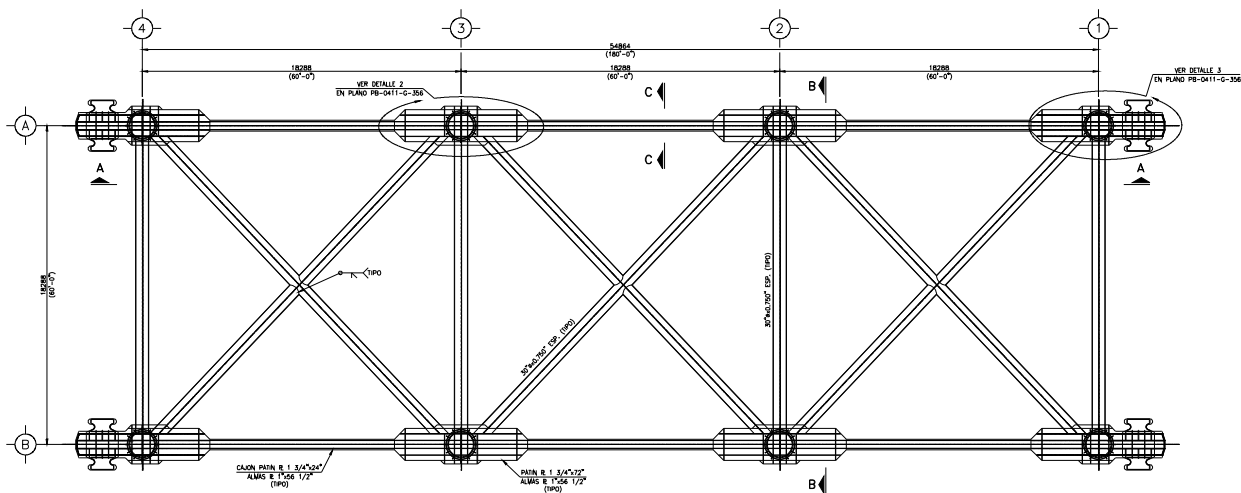
### **Marco Base de Deslizamiento**

Debido a las limitaciones de las grúas utilizadas en patios para la fabricación, es menester arrastrar a la superestructura para efectuar su embarque, por lo que es necesario apoyarla sobre una estructura denominada base de deslizamiento.

El marco de deslizamiento es requerido desde el inicio de la fabricación, ubicándolo sobre las traveses del patio de fabricación e iniciando sobre él la construcción de la superestructura. Su función principal consiste en mantener las posiciones relativas de las columnas en la base de la superestructura durante su arrastre, distribuyendo uniformemente sobre cada columna las cargas generadas durante la maniobra. Otra de sus funciones es la de distribuir la descarga de cada una de las columnas sobre las traveses de fabricación del patio.

Se halla constituido por dos traveses coincidentes con los ejes longitudinales de la superestructura, interconectadas con elementos tubulares, constituyendo en conjunto una armadura horizontal. Las traveses se apoyan sobre polines de madera, mismos que constituyen el material de contacto con las traveses del patio. Las traveses del marco rematan en ambos extremos con orejas a partir de las cuales se conectan los grilletes y estrobo utilizados para su arrastre.





**Fig.22.- Planta de marco de deslizamiento**

## 1.5 Cimentación

La cimentación correspondiente a las plataformas fijas de acero en la Sonda de Campeche, se halla constituida por pilotes tubulares de sección circular, con punta abierta, cuyas características principales se describen a continuación.

-Cada pilote consta de dos partes, una de ellas se halla contenida en el suelo marino penetrando a profundidades que pueden llegar a los 350'-0" (106.68m) en promedio. La otra parte sobresale del suelo, ubicándola en el interior de las piernas de la subestructura, a través de las cuales se extiende usualmente hasta la elevación (+) 24'-0" (7.315m) sobre el nivel medio del mar.

-El pilote se integra de varios segmentos con diferentes espesores, de acuerdo a la magnitud de los elementos mecánicos que actúan en el y a la variación que presentan a lo largo de su longitud. Las secciones más grandes se ubican en las inmediaciones del lecho marino, donde los elementos mecánicos son máximos.

-Los segmentos que conforman al pilote se conectan con soldaduras de penetración completa, de acuerdo con los requerimientos del API-RP2A, en base a lo dispuesto por el código ANSI/AWS D1.1.

-El pilote se hinca en el suelo marino por percusión, requiriendo en la punta un bisel que favorezca el corte del terreno (zapata de hincado) facilitando la penetración.

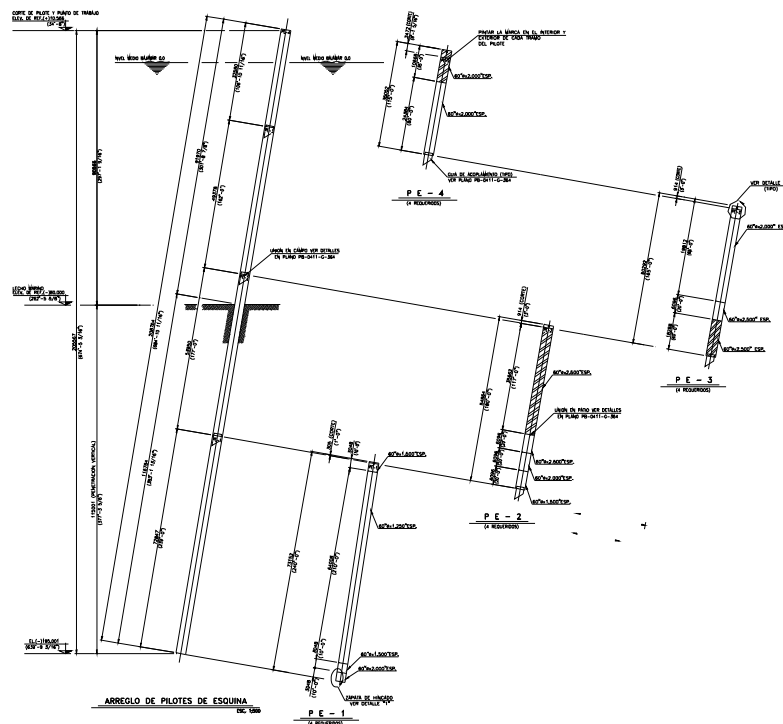
-Los pilotes mantienen la misma inclinación que las piernas de la subestructura la cual tiene una pendiente de 1:8, lo cual hace necesario utilizar unas guías para su conexión con la superestructura.

Las características mecánicas del suelo en la Sonda de Campeche, dan lugar a que el sistema suelo-pilote soporte por fricción el mayor porcentaje de las cargas axiales y la

participación de la punta sea baja, a excepción de algunos sitios en donde ésta puede ser ubicada en estratos arenosos resistentes. Cabe mencionar que solamente en condiciones de carga accidentales es solicitada la participación de la punta del pilote. La fricción demandada por la carga, desarrollada entre el suelo y el pilote, origina la disminución gradual de dicha carga, en función de la penetración del pilote, requiriéndose por consiguiente secciones de menor área a profundidades mayores.

Por otra parte, la subestructura ejerce sobre cada uno de los pilotes, restricción al giro al nivel de la superficie del terreno, la cual se halla en función de las propiedades de la sección del pilote, así como de la rigidez de la subestructura.

Los pilotes sobresalen del suelo marino, llegando usualmente hasta la elevación (+) 24'-0" (7.315m) a través de las piernas o columnas de la subestructura, las cuales cuentan con elementos denominados espaciadores que reducen la holgura entre el diámetro exterior del pilote y el diámetro interior de la pierna, restringiendo su longitud libre de pandeo. En la elevación (+) 22'-6" (6.858m) se verifica la conexión rígida entre ambos elementos constituyendo de esta manera el sistema en el que la subestructura se halla suspendida de los pilotes, transmitiendo sus cargas en dicha conexión, así como a través de los espaciadores. Simultáneamente, los espaciadores proporcionan apoyo lateral a los pilotes, limitando su longitud libre de pandeo.



**Fig.23.- Arreglo de pilotes**

## 1.6 Fabricación

Para llevar a cabo la fabricación de plataformas se requiere de instalaciones especiales, a cuyo conjunto se denomina comúnmente como “Patio de Fabricación”. La ubicación de estas instalaciones debe ser estratégica, congruente con la metodología de construcción y manejo de las estructuras que constituyen la plataforma.

Los patios de fabricación en México cuentan con instalaciones y equipos necesarios para efectuar la fabricación de acuerdo con normas, códigos y especificaciones a que se hayan sujetas obras de esta naturaleza; entre las instalaciones destacan los muelles que dan acceso a las embarcaciones, y las trabes para fabricación.

El objeto de la fabricación en patio, consiste en obtener partes de la estructura total, susceptibles de ser conectadas e instaladas en mar con un mínimo de trabajo. Las partes principales que integran a la estructura total de una plataforma son: superestructura, subestructura y cimentación. Como se ha expresado, cada una de estas partes se fabrica separadamente, para ser integradas en mar y formar de esta manera la estructura de la plataforma propiamente dicha.

La fabricación se lleva a cabo a cielo abierto y en función de las condiciones de viento y lluvia, se recurre a proteger localmente los procesos de soldadura.

Las trabes de fabricación son estructuras sobre las cuales se lleva a cabo la construcción de la subestructura y superestructura, se desplantan a escasa profundidad y generalmente se cimientan sobre pilotes. Sus objetivos principales son:

- Soportar las cargas debidas al peso propio de la subestructura y/o superestructura, así como equipos, tuberías y accesorios de éstas durante el proceso constructivo, proporcionando apoyo con suficiente rigidez.

- Construir una base para el deslizamiento de la subestructura y superestructura, conduciendolas hasta su embarque.

Los procedimientos de fabricación pretenden que la mayor parte de la construcción se realice a nivel de piso, realizando de esta manera la prefabricación de todos los elementos que conforman a las estructuras y el mayor porcentaje de su montaje. Los accesorios por su parte, se fabrican completamente a nivel de piso y posteriormente son conectados a las estructuras principales.

### **Subestructura**

El proceso de fabricación de la subestructura se inicia con la prefabricación de sus elementos (la inspección del material a utilizar, así como su preparación requerida para su utilización). El montaje da comienzo una vez que las camas o vigas de deslizamiento se han construido completamente sobre las trabes de fabricación del patio.

Las conexiones se realizan de acuerdo con las recomendaciones del API-RP-2<sup>a</sup> considerando tolerancias constructivas de acuerdo con las normas de PEMEX. La ejecución de las soldaduras, su inspección y pruebas, se realizan de acuerdo con el código ANSI/AWS D1.1.

Durante la fabricación de la subestructura, le son colocados los ánodos de sacrificio para su protección contra la corrosión. Así mismo, se sujeta al proceso de limpieza con chorro de arena a metal blanco, en aquellas superficies sujetas a la aplicación de recubrimientos para su protección contra la corrosión en la zona de mareas y zona atmosférica.

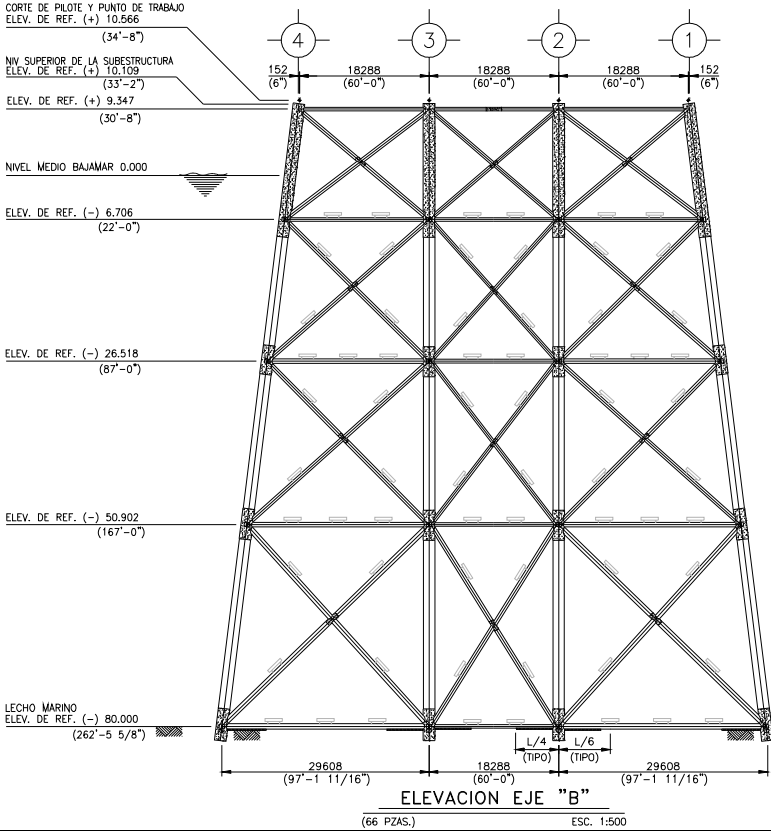
Los accesorios tales como el sistema de inundación, tapas inferiores, tapas superiores, camisas y orejas de izaje son montados en la estructura principal durante el proceso de fabricación de ésta. Aprovechando la estancia temporal de los marcos a nivel de piso.

Los embarcaderos, defensas, pasillos, placa base, orejas de arrastre, tanques de flotación y cama para estrobos, se fabrican a nivel de piso y su montaje en la estructura principal se efectúa una vez que ésta ha quedado construida prácticamente en su totalidad, e incluso durante la etapa de instalación, como es el caso del embarcadero y defensas, debido a las limitaciones de espacio con respecto al chalán de transportación.

Las alfardas de escaleras y barandales, son fabricados normalmente en sitios ajenos a los patios, donde se les somete al proceso de galvanizado por inmersión en caliente y son colocados en la subestructura durante su instalación en mar.

Algunos accesorios son recuperables, como son los tanques de flotación, estructura para estrobos y tapas superiores.

La fabricación de accesorios se lleva a cabo de acuerdo con especificaciones y normas de PEMEX, incluyendo su recubrimiento y acabado.



**Fig.24.- Protección catódica en un eje de la subestructura**

## **Superestructura**

La fabricación de la superestructura da comienzo con la prefabricación (preparación del material antes de comenzar a ser utilizado) de sus elementos principales, integrados por columnas y traveses. La prefabricación de las columnas incluye la fabricación y montaje de sus guías para acoplamiento y tapas superiores.

Al nivel del piso las columnas son conectadas entre sí, con traveses de la primera cubierta, integrando parcialmente los marcos longitudinales, mismos que son izados e instalados sobre un marco de deslizamiento dispuesto previamente sobre las traveses de fabricación del patio, mantenidos en posición vertical con apuntalamientos temporales.

En la siguiente etapa, ambos marcos se interconectan con el resto de las traveses principales transversales de la primera cubierta. La fabricación prosigue con la prefabricación y montaje de largueros, elementos secundarios y rejilla que constituyen el sistema de piso de esta cubierta.

Paralelamente a las actividades señaladas, las subsecuentes cubiertas se construyen totalmente al nivel del piso, incluyendo su limpieza y recubrimiento.

La siguiente etapa consiste en el montaje de la totalidad de las siguientes cubiertas sobre las columnas; para lo cual, cada una es izada mientras que las columnas y primera cubierta son deslizadas, ubicándolas finalmente justo debajo de ella. En estas condiciones, cada cubierta es apoyada sobre las columnas para ser conectadas e integrar de esta manera la totalidad de la superestructura.

Durante la construcción de las cubiertas complementarias, se montan soportes y arreglos de tubería, conduits, cables eléctricos, instrumentos, etc., aprovechando su estancia a nivel del piso.

Accesorios tales como escaleras, barandales, orejas para izaje, etc., se instalan en la superestructura en el momento en que pueden ser útiles.

Las tolerancias en cuanto a la rectitud de los elementos y geometría de las secciones roladas en caliente o prefabricadas, corresponden a las indicadas en manuales de diseño y construcción, así como de fabricantes de perfiles (AISC, IMCA, AHMSA, etc.). Todas las conexiones son soldadas, debiendo sujetarse a las normas y disposiciones del código ANSI/AWS D1.1 vigentes. Las tolerancias relacionadas con la fabricación de la superestructura, tales como desniveles, desplomes, desalineamientos, etc., son establecidas por PEMEX en sus especificaciones correspondientes. De igual forma, la limpieza y recubrimiento de la superestructura se realizan de acuerdo con las especificaciones establecidas por PEMEX.

## **Pilotes**

Las características mecánicas del suelo, así como los tirantes prevalecientes en la Sonda de Campeche, demandan pilotes de grandes longitudes, dando origen a que estos se constituyan por varios tramos, susceptibles de ser conectados en mar durante su instalación. La fabricación de cada tramo de pilote se lleva a cabo uniendo varias piezas de tubería, hasta lograr el arreglo y longitud requeridos. La unión de las piezas se efectúa con procesos automáticos de soldadura circunferencial, combinándolos en ocasiones con procesos manuales. La soldadura se aplica por el exterior de la tubería, debiendo ser de penetración completa.

Las piezas de tubería utilizadas para la fabricación de los tramos de pilote, deben satisfacer las especificaciones API-2B referidas a su geometría, dimensiones, procesos de soldadura aplicables y pruebas correspondientes, de acuerdo con el código ANSI/AWS D1.1.

La preparación requerida en los extremos de las piezas para su conexión, consiste en biselarlos de acuerdo a las configuraciones para conexiones precalificadas de penetración completa. Las conexiones circunferenciales se sujetan a pruebas radiográficas en el 100% de su longitud.

Para efectuar la conexión de tramos de pilotes en la etapa de instalación, estos son preparados con guías de acoplamiento en sus extremos, las cuales tienen la función de alinearlos y de servir como elementos de respaldo requeridos para obtener la penetración completa de la soldadura.

Concluida la fabricación de los tramos de pilotes, éstos se almacenan próximos al muelle del patio para su posterior embarque.

## **1.7 Transportación**

La etapa de transportación de la subestructura, superestructura y pilotes, comprende todas las actividades requeridas para disponer de estas estructuras en el sitio de su instalación.

Debido a que las componentes estructurales de las plataformas se construyen en patios localizados en sitios distantes a la Sonda de Campeche, se origina la necesidad de efectuar su traslado, mismo que solo puede realizarse por vía marítima lo cual constituye una de las características de este tipo de estructuras.

La etapa de transportación da inicio con las actividades de embarque de las estructuras, cuyo objeto es el de subirlas y asegurarlas sobre la embarcación destinada para su transporte.

### **1.7.1 Transportación de la Subestructura**

#### **Embarque**

La subestructura cuenta con accesorios diseñados expresamente para las maniobras de embarque, identificados como sistemas de deslizamiento, el cual consta de una base de madera formada por las vigas de deslizamiento y orejas de arrastre a partir de las cuales se sujeta a la subestructura para tirar de ella mediante un sistema de poleas y malacates.

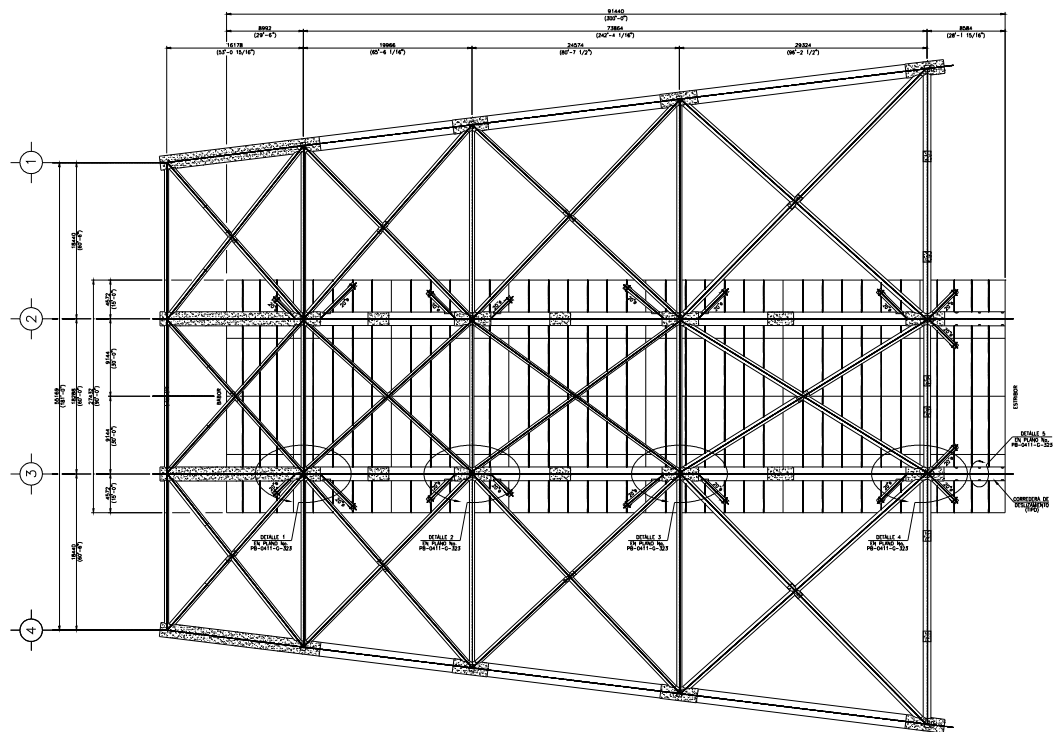
Los preparativos para el embarque de la subestructura consisten en su deslizamiento sobre las traveses de fabricación del patio, hasta aproximarla al muelle, mientras que por otro lado, el chalán para su transporte se alinea con las traveses del patio y se sujeta mediante cables a las bitas ancladas en las proximidades del muelle, efectuando conjuntamente su nivelación.

Para efectuar el deslizamiento de la subestructura es necesario aplicar grasa a sus vigas de deslizamiento, así como a las traveses del patio y del chalán.

El chalán para el transporte de la subestructura se conoce como chalán de deslizamiento, ya que se halla equipado para realizar esta maniobra, para la cual dispone de un par de malacates, un par de traveses de lanzamiento, un sistema de bombeo y un sistema de cisternas para lastrado y nivelación.

Logrado el alineamiento y nivelación del chalán, el sistema de cables y poleas que provienen de las orejas de arrastre de la subestructura, le son conectados a sus malacates, cuya operación reanuda el deslizamiento de ésta, conduciéndola hacia el chalán, hasta quedar completamente sobre él.

Una vez que la subestructura se encuentra ubicada convenientemente sobre el chalán se sujeta mediante elementos tubulares denominados amarres, cuya función es mantener unidos a ambos durante la travesía, evitándoles todo tipo de daños. La conexión de los amarres con el chalán y la subestructura es a base de soldadura; su número, ubicación y disposición, así como diámetro y espesor se determinan a partir del análisis de transportación basado en el empleo de programas de computadora diseñados expresamente para la simulación y solución de esta condición.



**Fig.25.- Localización de la subestructura sobre el chalán**

### Transporte

La duración de la transportación es de tres días aproximadamente, la cual se realiza durante condiciones meteorológicas favorables; considerándose como condiciones críticas aquellas indicadas en la norma NRF-003

## 1.7.2 Transportación de Pilotes

### Embarque

Previamente a la maniobra de embarque, los tramos de pilotes son trasladados desde el área de su almacenaje hasta el muelle. Estos trabajos se realizan con el empleo de dos grúas, ya que sólo de esta manera se asegura el control en el movimiento de los tramos y pueden sostenerse en los puntos de apoyo apropiados para su izaje, dada la gran longitud de algunos de ellos.

Para iniciar el embarque, el chalán es acoderado longitudinalmente en el muelle, acondicionándolo a continuación con pequeñas columnas encargadas de impedir el movimiento lateral de los tramos de pilotes.

El embarque de los pilotes consiste en izarlos horizontalmente y depositarlos sobre el chalán, apilándolos ordenadamente, para finalmente sujetarlos con cables a partir de las columnas de contención. Los tramos de pilotes que se apoyan directamente sobre la cubierta de la embarcación, se sujetan a ésta mediante placas que impiden su desplazamiento longitudinal y de rotación. El resto de los tramos aplicados son interconectados en sus extremos con placas que cumplen el mismo objetivo. El orden en que se embarcan los tramos considera la secuencia en que serán requeridos durante su instalación.

### Transporte

Dado que la instalación de los pilotes se realiza inmediatamente después de que la subestructura ha sido depositada en su localización, su transporte se efectúa simultáneamente al de ésta, observando la misma duración, siendo afectado por las mismas condiciones meteorológicas. La embarcación utilizada para transportar a los pilotes es conocida como chalán plano, que viene a ser la característica de su cubierta, la cual se halla libre de obstáculos o aditamentos. Al igual que el chalán de lanzamiento, no dispone de autopropulsión, requiriendo el auxilio de un remolcador.

El chalán de pilotes permanece acoderado con el barco grúa desde su arribo al sitio de la instalación. Los pilotes son liberados de sus amarres hasta el momento en que son requeridos para su hincado.

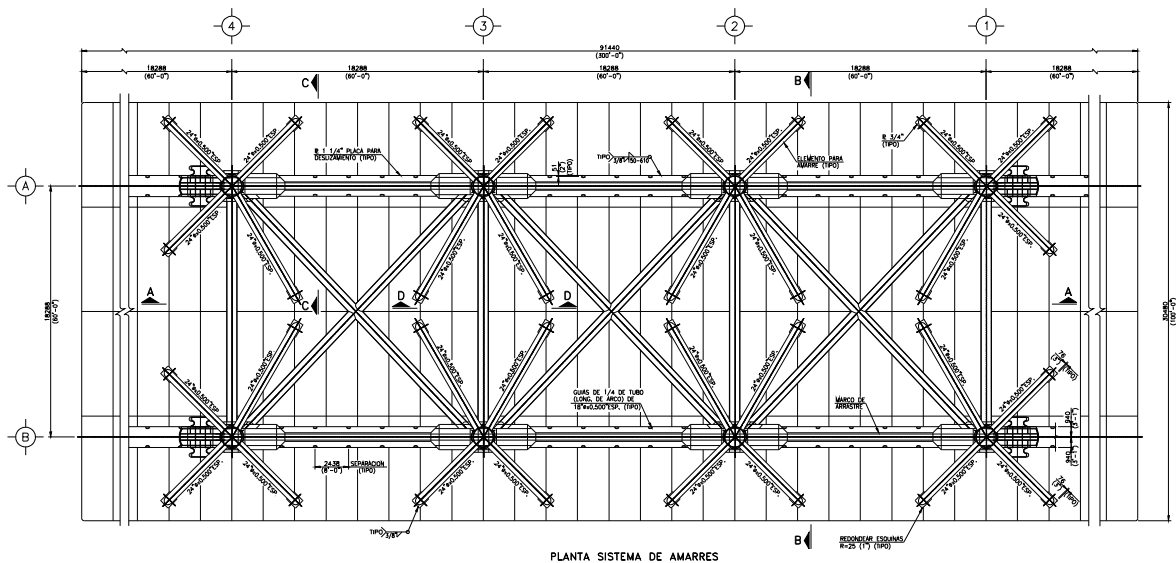
## 1.7.3 Transportación de la Superestructura

Para su embarque la superestructura es desplazada hasta el muelle del patio sobre las traveses de fabricación, con las cuales tiene contacto a través de su marco de deslizamiento. Esta acción se realiza con un sistema de tracción integrado por un par de cables conectados en las orejas para arrastre del marco, mismos que pasan a través de dos juegos de poleas ancladas en las bitas del muelle y que son jalados simultáneamente por dos grúas.

Una vez que concluye esta maniobra, inician las actividades de acoderamiento del chalán de transporte, consistentes en su alineamiento con las traveses del patio, su nivelación y fijación. Operación que es llevada a cabo con el auxilio de barcos remolcadores. El chalán



utilizado para el transporte de la superestructura es de tipo plano, acondicionado con guías para el deslizamiento de ésta sobre su cubierta. Tales guías delinean la trayectoria del deslizamiento de la estructura sobre el chalán, debiendo engrasarse previamente. Otro aditamento con el que se acondiciona el chalán, corresponde a un par de orejas soldadas en las proximidades de su proa, a partir de las cuales son anclados los dos juegos de poleas para proseguir en su oportunidad con el deslizamiento de la superestructura. Con la tracción ejercida por las grúas sobre la superestructura a través del juego de cables y poleas, se lleva a cabo su deslizamiento hacia el interior de la cubierta del chalán, mismo que se somete a una renivelación conforme va siendo afectado por el peso de la estructura. El embarque concluye con el amarre de la estructura, sujetándola al chalán con puntales soldados a ambos, empleando generalmente tres de ellos en cada columna. La transportación, se halla sujeta a las mismas condiciones descritas para la subestructura y pilotes.



**Fig.26.- Localización de seguros marinos para la superestructura**

## 1.8 Instalación

### 1.8.1 Lanzamiento de la Subestructura

Las principales características que determinan la necesidad de que la subestructura sea lanzada al mar son sus dimensiones y peso, así como las capacidades del equipo para instalación de que se disponga.

PEMEX cuenta actualmente con barcos equipados con grúas, destinados a la instalación de plataformas; las dimensiones de la subestructura impiden que la grúa sea capaz de efectuar su izaje y rotación a la posición vertical, directamente a partir del chalán, por lo que se

recurre a depositarla en el mar, donde es capaz de flotar, condición en la que es susceptible de ser girada a la posición vertical e izada parcialmente por el barco grúa, dispuesta para su instalación.

Conocido el requerimiento de lanzamiento de la subestructura se incluyen en su diseño y construcción, accesorios necesarios para tal efecto, integrados por un sistema de lanzamiento y otro de flotación. Las vigas de deslizamiento y las orejas para arrastre de la subestructura forman el primer sistema, mientras que al segundo lo forman las tapas inferiores y superiores, los tanques de flotación y sistema de inundación.

Por su parte, el chalán que ha de servir para su transporte, cuenta con características particulares que lo identifican como chalán para lanzamiento. Tales como un sistema autónomo de lastrado, un sistema de deslizamiento y un sistema de vigas giratorias.

La maniobra de lanzamiento de la subestructura involucra la participación de dos remolcadores, el barco grúa para instalación y el propio chalán de lanzamiento.

### **Inspección de la Subestructura y Lastrado del Chalán.**

En etapa previa a su lanzamiento, la subestructura es objeto de una inspección general, que incluye la verificación de que el sistema de inundación de las piernas de ésta se encuentre cerrado. Tapas, tanques de flotación, embarcadero, estructura para estorbamiento y demás accesorios son revisados. El sistema de lastrado del chalán es operado para lograr una inclinación favorable de éste para el lanzamiento.

### **Lanzamiento**

Los malacates son accionados, iniciándose el desplazamiento de la subestructura. La acción de ambos malacates se coordina para mantener a la subestructura alineada sobre las vigas del chalán. Una vez que el control de la subestructura rebasa la posición del pasador de la viga giratoria, ejerce un momento alrededor de este, ocasionando el giro de vigas y subestructura, acelerando su movimiento de ingreso al mar. La subestructura se sumerge prácticamente en su totalidad, y al cabo de unos segundos es frenada por el agua y adquiere su posición de flotación en equilibrio estable.

La posición final de flotación en equilibrio de la subestructura debe ser preferentemente tendiente a la horizontal, la cual es propicia para la siguiente maniobra, correspondiente a su izaje.

Las condiciones ambientales que deben prevalecer durante el lanzamiento e instalación de la subestructura son las de mar en calma que corresponden a alturas de oleaje de 5'-0" (1.52m) aproximadamente, y velocidades de viento despreciables.

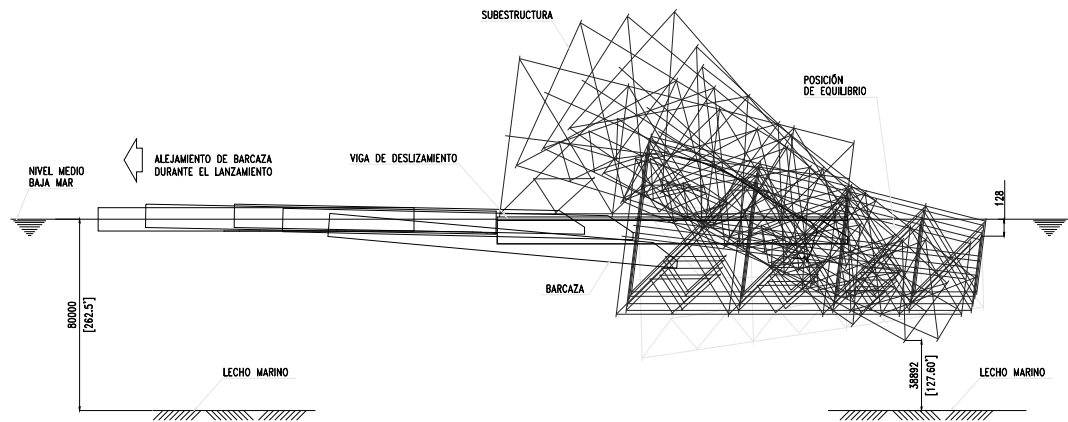


DIAGRAMA DE LANZAMIENTO DE SUBESTRUCTURA

Fig.27.- Secuencia de lanzamiento de la subestructura

### 1.8.2 Izaje de la Subestructura

La maniobra de izaje de la subestructura consiste en llevarla a la posición vertical a partir de la condición de flotación en equilibrio, mediante la acción del barco grúa, levantándola a una altura conveniente para trasladarla a su localización de instalación, depositándola finalmente sobre el lecho marino.

#### Preparativos en patio de fabricación

Una vez que termina la fabricación de la subestructura, la cual incluye las orejas para izaje, es preparada para esta maniobra colocándole una estructura temporal para estorbamiento, e instalando en las orejas los grilletes y estobos necesarios, sujetando los extremos libres de estos últimos sobre la estructura temporal. Estos preparativos se efectúan en el patio con objeto de facilitar la maniobra de izaje y abatir el tiempo de ejecución de la misma.

#### Estrobamiento del block principal de la grúa

La grúa con que se halla equipado el barco encargado de la instalación cuenta con un gancho o block principal y dos auxiliares.

El estrobamiento del block principal de la grúa consiste en enganchar a éste los extremos libres de los cuatro estobos provenientes de las orejas para izaje, para lo cual la subestructura es aproximada al barco mediante la acción del cable de control, a una distancia aproximada para la maniobra, la cual es regulada y mantenida mediante la acción de un remolcador que tira de la subestructura.

La estructura temporal para estrobamiento funciona como una plataforma de trabajo durante esta maniobra. Cuando la grúa adquiere el control de la subestructura, el cable de control es retirado al igual que el remolcador, llevándose a continuación el giro de la

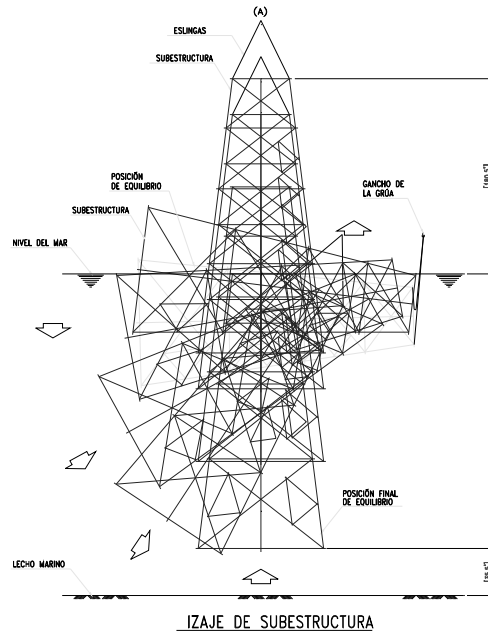
estructura, mediante el incremento progresivo de la acción de carga del gancho principal, hasta llevarla a la posición vertical.

### **Localización, Orientación y Posicionamiento de la Subestructura**

El equipo de posicionamiento y radar con que cuenta el barco grúa, permite que este se oriente y ubique de manera aproximada a la subestructura en el sitio de su instalación, sin embargo, su ubicación se realizará finalmente con el empleo de aparatos topográficos de gran precisión, visando puntos de referencia ubicados en plataformas ya instaladas. El sitio de instalación de la subestructura es sometido a una inspección visual realizada por buzos, previamente a su depósito en el lecho marino.

Una vez establecida la posición y orientación de la subestructura, es operado el sistema de inundación de sus columnas, adquiriendo mayor estabilidad ante el embate del oleaje. A continuación la subestructura es depositada en el suelo marino, condición en la que el peso total de la misma se transmite al terreno mediante el trabajo de su placa base, concluyendo de esta forma la maniobra de izaje. Las acciones que completan esta maniobra, se resumen en los siguientes conceptos:

- Desestrobamiento del gancho principal
- Desconexión y retiro de tanques de flotación
- Desconexión y retiro de estrobos y grilletes de las orejas para izaje
- Desconexión y recuperación de estructura temporal para estrobos
- Desconexión y retiro de tapas superiores de las piernas



**Fig.28.- Secuencia de izaje de la subestructura**

### **1.8.3 Instalación de Pilotes**

El arribo del chalán que porta a los pilotes, es simultáneo al de la subestructura, siendo acoderado y amarrado en un costado del barco grúa, liberando a su remolcador, el cual es utilizado en la maniobra de lanzamiento de la subestructura.

La longitud total de un pilote representativo de la cimentación de una plataforma es de 152m. aproximadamente, lo que determina que sea fabricado e instalado por tramos, los cuales se van uniendo conforme van siendo hincados. Las operaciones dan comienzo con la inspección del arreglo de los tramos de pilotes sobre el chalán, confirmando sus medidas e identificación de acuerdo a planos de proyecto, estableciendo a continuación la secuencia en que se efectuará su hincado, la cual es semejante para todas las plataformas.

Para su instalación, los tramos de pilotes son izados mediante diversos sistemas que facilitan su manejo y desestrobamiento. El primero se iza utilizando los agujeros que para este propósito le son hechos en su extremo superior desde el patio de fabricación. Los siguientes tramos son izados valiéndose de una oreja temporal conectada en su extremo inferior y una guía deslizante en el superior.

#### **Instalación del primer tramo de pilotes**

El primer tramo de pilote es en general el más largo de todos, considerando que su contacto con el suelo se efectúa después de recorrer la longitud de la columna de la subestructura, que en esta etapa le sirve como guía. Las placas espaciadoras ubicadas en el interior de cada pierna de la subestructura, limitan la holgura entre el diámetro exterior del pilote y el diámetro interior de la pierna, permitiendo que solo a través de ellas tengan contacto.

El hincado del primer tramo considera la ruptura de la tapa inferior para flotación de la columna de la subestructura, para lo cual este tramo se deja caer libremente desde una altura de 15.2m. aproximadamente, con respecto a la superficie del suelo.

Cuando el hincado por peso propio del primer tramo de pilote, debido a su caída libre no satisface la penetración requerida para éste, se hace necesario completarla con la acción de un martillo hasta la penetración necesaria.

Todos aquellos tramos de pilote que son sujetos al golpeo del martillo para ser hincados, sufren deterioro en el borde que recibe los impactos, requiriéndose su corte al término de su hincado, obteniéndose un nuevo borde de material sano para su conexión con el siguiente tramo.

#### **Instalación de los siguientes tramos de pilotes**

El segundo tramo (y los siguientes) del pilote contiene en su borde inferior, una guía de placa rolada, que permite su acoplamiento con el tramo inicial. Su longitud y forma obligan al alineamiento de los tramos, el cual en ocasiones se ajusta mediante la acción de cuñas, de tal manera que la abertura de la raíz para la soldadura se encuentre dentro del rango admisible.

La guía de acoplamiento funciona también como placa de respaldo de la soldadura, logrando que esta sea de penetración completa y su aplicación sea exclusivamente por el exterior del tubo.

El proceso de soldadura utilizado para la conexión de tramos de pilote es el de arco metálico protegido, aplicado manualmente.

Una vez que la conexión se ha concluido, es sometida a una inspección visual y de ultrasonido con objeto de verificar su calidad. Cuando la conexión es aceptada se procede al hincado de este tramo.

De acuerdo a las condiciones de resistencia del terreno, se selecciona el martillo que proporcione la energía necesaria para el hincado del pilote.

Los lapsos en que se realiza la conexión entre tramos, son aprovechados para lubricar al martillo y efectuar el cambio del material de amortiguamiento. El hincado del segundo tramo se efectúa de manera continua, lo cual se desarrolla de forma similar para los restantes.

### **Instalación del último tramo de pilote**

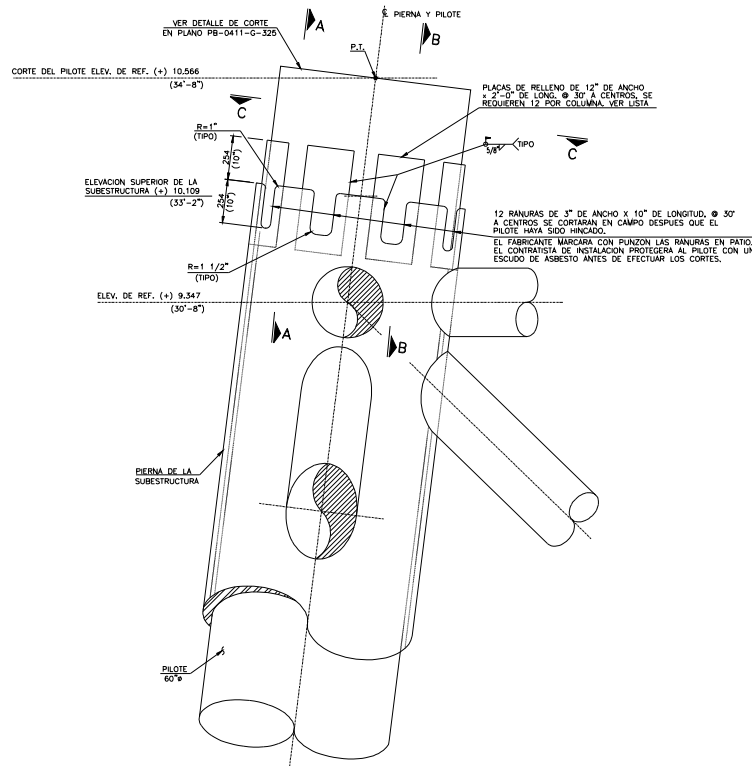
La instalación del último tramo de pilote presenta las condiciones más críticas del hincado, considerando que la mayor parte del pilote se hálle contenido en el terreno, requiriéndose una gran cantidad de golpes para vencer la capacidad de carga desarrollada hasta entonces por el sistema suelo-pilote y lograr la reanudación del hincado. Otros factores que contribuyen a que las condiciones del hincado sean críticas, corresponden al incremento de la capacidad de carga del terreno en relación a la profundidad, así como el hecho de que la transmisión del impacto del martillo hasta la punta del pilote consume parte de la energía, requiriéndose un mayor número de golpes por pie de penetración. Esto da lugar a que la longitud del último tramo sea menor que la de los demás, con objeto de que el número de golpes no sea excesivo.

La longitud de corte de la cabeza del último tramo de pilote es superior a la de los otros tramos, quedando determinada por el desplazamiento del gancho de la grúa debido a la oscilación del barco; así como a la longitud requerida para apoyar la guía del martillo. El corte de la cabeza corresponde a una longitud de 2.4m en promedio, el cual se lleva a cabo justo antes de efectuar la instalación de la superestructura.

### **Conexión de subestructura y pilotes**

La holgura perimetral existente entre el diámetro exterior del pilote y el correspondiente al interior de la pierna de la subestructura es variable, debido a los defectos propios de ambos elementos en cuanto a su redondez, diámetro, espesor e irregularidades del material, así como a los bordes de soldadura, por lo tanto, para su ajuste y conexión se utilizan placas de relleno de diferentes espesores.

Una vez terminada la conexión, la soldadura es inspeccionada con ultrasonido debiendo satisfacer los requerimientos de calidad indicados en el código ANSI/AWS D1.1. Con esta actividad concluye la instalación de la subestructura y pilotes.



**Fig.29.- Detalle de la conexión pilote-subestructura**

#### 1.8.4 Instalación de la Superestructura

La instalación de la superestructura puede llevarse a cabo inmediatamente después que concluye la instalación de la subestructura y pilotes, o bien, realizarse en una etapa posterior. Ambos casos se hallan en función de los programas de construcción e instalación de PEMEX; y en ocasiones influyen en ellos las condiciones meteorológicas.

El procedimiento común para efectuar la instalación de la superestructura, consta de su izaje a partir del chalán de transporte, colocación sobre los extremos de pilotes y conexión con estos mediante soldadura.

Una vez que concluye la instalación de la superestructura se procede a la instalación de su equipo principal (si es el caso, debido a que hay superestructuras que son izadas con los equipos ya instalados), el cual corresponde a la paquetería denominada así por estar integrada en paquetes susceptibles de ser montados y desmontados con rapidez y facilidad, al contar cada uno de ellos con estructura propia.

El peso de la paquetería en condiciones de operación asciende a 4000 toneladas aproximadamente.

### **Preparativos en patio de fabricación**

Desde el inicio de la construcción de la superestructura son fabricadas las guías que servirán para el acoplamiento de sus columnas con los pilotes durante su instalación. Las características de la guía además de facilitar el acoplamiento permiten lograr soldaduras de penetración completa entre las columnas y pilotes, debido a su propia conexión con la columna.

La condición de izaje origina la necesidad de reforzar temporalmente los marcos longitudinales de la superestructura, llevándose a cabo la refabricación y montaje de los elementos de refuerzo en el patio de fabricación.

### **Arribo de la superestructura al sitio de instalación**

La superestructura es conducida desde el patio de fabricación hasta el sitio de su instalación, sobre un chalán plano jalado por un remolcador.

A su llegada, el chalán es acoderado en un costado del barco grúa, dejando en libertad al remolcador. En esta etapa la superestructura es inspeccionada visualmente por el personal encargado de las maniobras de instalación, observando su estado general, manteniendo especial interés en el sistema de amarres y en los accesorios para su izaje.

Las condiciones ambientales requeridas para efectuar la instalación de la superestructura, corresponden a las mismas descritas para la instalación de la subestructura y pilotes, cuyas características son de mar en calma.

### **Corte de amarres**

Durante su embarque, la superestructura se sujeta al chalán de transporte mediante elementos de amarre que se conectan con soldadura. Justo antes de efectuar el izaje de la superestructura, los elementos de amarre son cortados con oxiacetileno, al igual que las placas que conectan sus columnas con el marco de deslizamiento.

### **Corte de pilotes**

El corte de las cabezas de los pilotes se realiza justo antes de la instalación de la superestructura. El postergar tal actividad hasta esta etapa, da lugar a que los bordes obtenidos en el corte se hallen libres de oxidación, ya que según se ha mencionado, la instalación de la superestructura en ocasiones se realiza después de un considerable tiempo con respecto a la instalación de sus correspondientes estructuras complementarias, subestructura y pilotes.

Por su parte, los extremos de las columnas de la superestructura son cortados y biselados desde el inicio de su fabricación, los cuales una vez conectados con las guías de acoplamiento se limpian a metal blanco y se recubren con anticorrosivo.

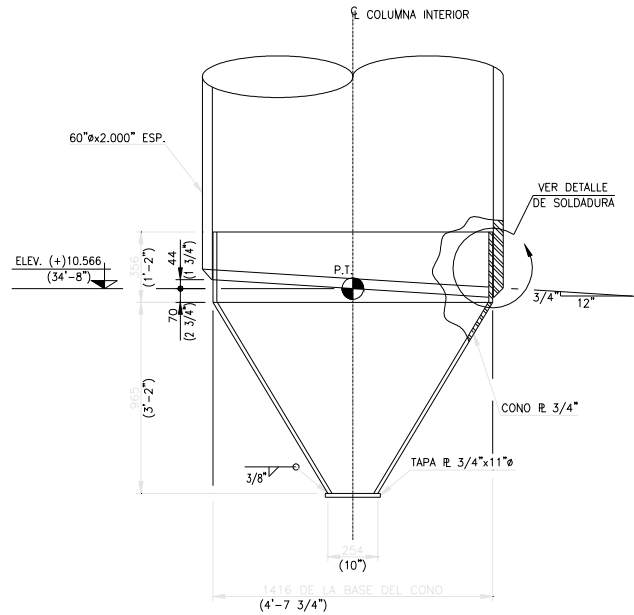
### **Izaje**

La maniobra de izaje da comienzo con el estrobamiento, consistente en enganchar sobre el block principal de la grúa, los estrobos conectados en las orejas para izaje de la superestructura. Para el control de los movimientos laterales de la superestructura le son conectados cables provenientes de los malacates auxiliares de la grúa. Durante estas maniobras el chalán es asistido por el remolcador, el cual lo mantiene junto al barco, restringiendo sus movimientos laterales. Cuando la superestructura se encuentra suspendida

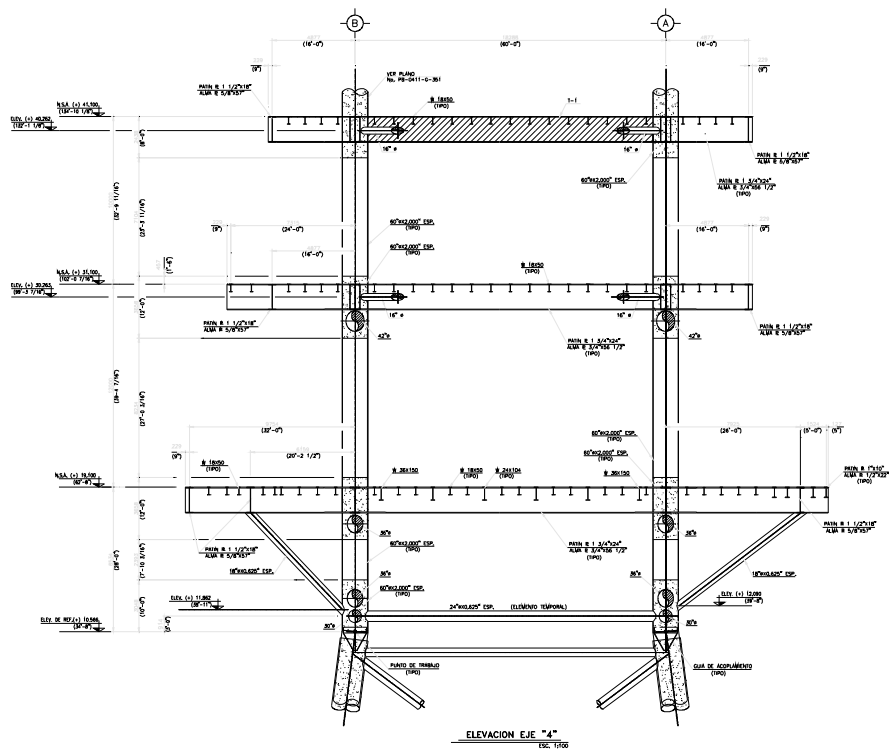


del gancho de la grúa, el chalán es separado del barco y alejado del sitio de instalación por el remolcador.

Mediante su sistema de anclas, el barco grúa se desplaza hasta quedar frente a la subestructura para colocar finalmente a la superestructura sobre los extremos de los pilotes, después de lo cual se efectúa su destrobamiento, desconectando los grilletes colocados en las orejas para izaje (en algunas superestructuras se utilizan muñones de izaje en vez de orejas, los cuales no utilizan grilletes).



**Fig.30.- Guía de acoplamiento pilote-superestructura.**



**Fig.31.- Elevación superestructura, mostrando las guías de acoplamiento**

### Soldadura

Considerando que el alquiler de las embarcaciones que participan en la instalación de la superestructura es sumamente costoso, resulta importante el tiempo de ejecución de cada una de las etapas de que consta, por lo que la ejecución de las conexiones entre columnas y pilotes se efectúa con esta premisa. Con arco-aire-carbón se eliminan las irregularidades que presentan las superficies por soldar hasta conseguir el ajuste requerido. Las soldaduras se llevan a cabo con el procedimiento manual de arco metálico protegido y su inspección se realiza con ultrasonido.

### Detallado

La instalación de la superestructura concluye con la realización de actividades secundarias, tales como la fijación de escaleras retráctiles, instalación de barandales desmontables, cubriendo los huecos de la cubierta superior requeridos por el paso de grilletes y estobos, etc., dejándola en condiciones de recibir la paquetería y equipo complementario para su operación.

## ***CAPITULO 2 Diseño preliminar y modelo geométrico.***

### **2.1 Diseño preliminar**

#### **Dimensionamiento de miembros estructurales**

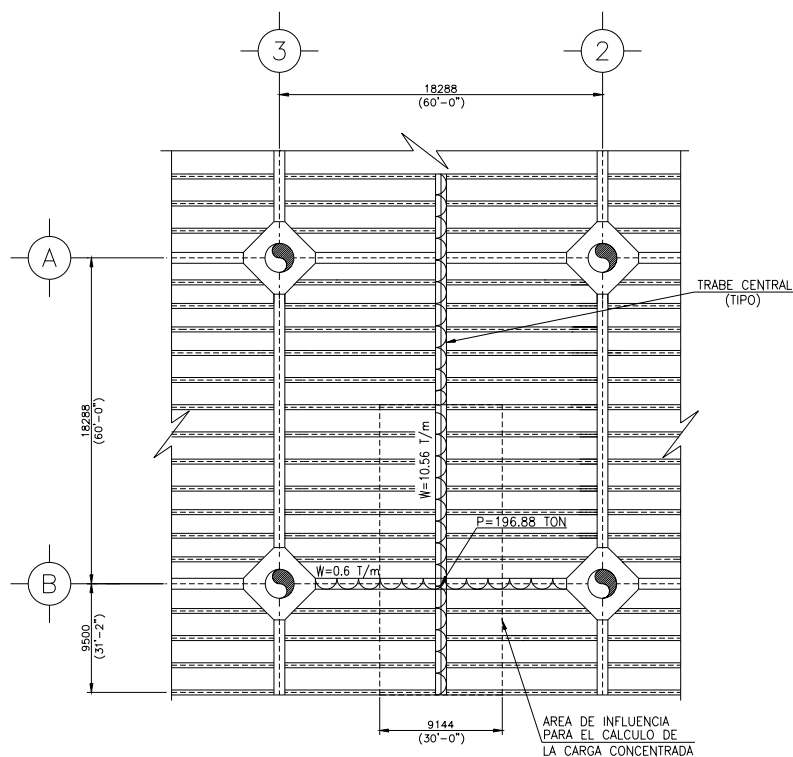
Con la finalidad de conformar el sistema de piso de las cubiertas y con éste dar el soporte con la resistencia suficiente para el equipo de producción. Se procede a realizar el dimensionamiento de los miembros estructurales principales y secundarios de la superestructura, así como de los largueros y puntales.

Los elementos estructurales de la superestructura serán dimensionados considerando una carga viva uniformemente distribuida de  $1.00 \text{ ton/m}^2$  sobre toda la cubierta. Esta carga es aplicable en los tres niveles. Adicionalmente estos elementos serán revisados con ayuda del programa utilizado, donde se sabrá si son adecuadas para el trabajo en conjunto, si no lo son se requerirá su sustitución.

#### **Dimensionamiento de traveses principales**

##### **Trabe del eje B entre los ejes 2 y 3, en nivel de cubierta (+) 19.100 m**

Se dimensionará para soportar su peso propio y la trabe central que se apoya en ella. La trabe se conecta a las columnas por medio de placas rigidizadoras lo cual ayuda a restringir los giros, por tal razón, la trabe se considera empotrada en sus extremos.



**Fig.32.- Ubicación de trabe principal y cargas aplicadas**

La trabe del eje B se dimensionará utilizando para su diseño las cargas que están actuando sobre ella.

- a) Carga uniforme debido al peso propio de la trabe del eje B
- b) Carga puntual o concentrada que corresponde a las cargas que actúan sobre la trabe central (ésta se apoya sobre la trabe del eje B y A pero en este caso solo nos interesa conocer la carga sobre el eje B ya que es en este lado donde se encuentra el volado de mayor longitud).

El ancho tributario de la trabe central es 9.144 m

Cálculo de la carga uniforme sobre la trabe central debido al peso del equipo, largueros, rejilla y peso propio que actúan sobre ella.

$$\omega_{eq} = 1.0 * 9.144 = 9.144 \text{ ton/m}$$

$$\omega_{pp} = 0.4 \text{ ton/m} \quad (\text{Peso estimado para la trabe central})$$

$$\omega_{\text{larg}} = \frac{(0.0744 * 9.144) * 15\text{pzas}}{18.288} = 0.558\text{ton/m}$$

El peso de la rejilla (IRVIN IS-05) es estimada con un valor de  $0.05 \text{ ton/m}^2$

$$\omega_{\text{rej}} = 0.050 * 9.144 = 0.457\text{ton/m}$$

La carga uniforme total sobre la trabe central es:

$$\omega_{\text{T}} = 9.144 + 0.4 + 0.558 + 0.457 = 10.559\text{ton/m}$$

Para el dimensionamiento se usa  $10.56 \text{ ton/m}$

Para la trabe del eje B se estima un peso propio igual a  $0.6 \text{ ton/m}$  aproximado.

### Obtención de la carga concentrada

La carga uniforme de  $10.56 \text{ ton/m}$  se concentra a la mitad del claro, punto donde se realiza la conexión de la trabe central.

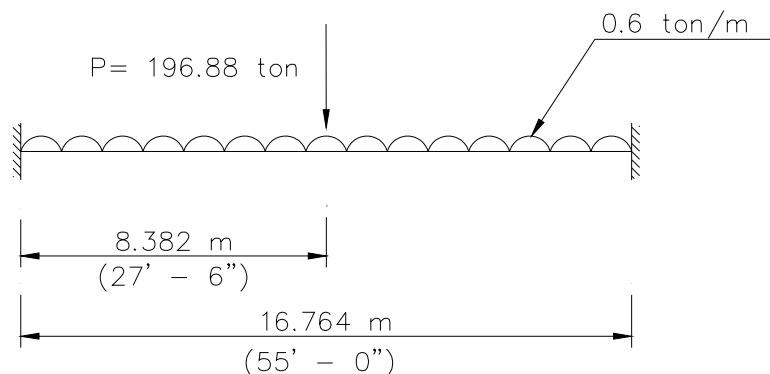
La longitud en la que actúa esta carga uniforme es la mitad de la distancia entre el eje A y B:  $18.288/2 = 9.144 \text{ m}$  y  $9.5 \text{ m}$  que corresponde al extremo en volado.

$$9.144 + 9.5 = 18.644\text{m}$$

La carga concentrada es:

$$P = 10.56 * 18.644 = 196.88\text{ton} \quad (\text{debido a la concentración de la carga central})$$

En la siguiente figura se ilustran las cargas aplicadas sobre la trabe en cuestión.



**Fig.33.- Cargas aplicadas sobre la trabe**

### Obtención de los elementos mecánicos de la trabe

La trabe para su diseño se considera totalmente empotrada, aunque es bien sabido que esta condición no existe, ya que el empotramiento perfecto es inalcanzable.

Cálculo del momento flexionante debido a la carga uniforme

$$M_{\omega} = \frac{\omega l^2}{12} = \frac{0.6 * (16.764)^2}{12} = 14.05 \text{ton} - \text{m}$$

Cálculo del cortante actuante debido a la carga uniforme

$$V_{\omega} = \frac{\omega L}{2} = \frac{0.6 * (16.764)}{2} = 5.03 \text{ton}$$

Cálculo del momento flexionante debido a la carga concentrada

$$M_p = \frac{Pl}{8} = \frac{196.88 * (16.764)}{8} = 412.56 \text{ton} - \text{m}$$

Cálculo del cortante actuante debido a la carga concentrada

$$V_p = \frac{P}{2} = \frac{196.88}{2} = 98.44 \text{ton}$$

Momento total:

$$M = M_{\omega} + M_p = 14.05 + 412.56 = 426.61 \text{ton} - \text{m}$$

Cortante total:

$$V = V_{\omega} + V_p = 5.03 + 98.44 = 103.47 \text{ton}$$

Una vez obtenidos los elementos mecánicos máximos, se propone el perfil de la trabe que satisfaga a dichas solicitaciones de carga. En este caso se propondrá una sección “I” formado por tres placas soldadas de acero A-36.

a) Revisión por flexión:

Módulo de sección requerido “ $S_{x_{req}}$ ”

$$Sx_{req} = \frac{M}{F_b} ;$$

donde  $F_b$  es el esfuerzo admisible por flexión.

Asumiendo  $F_b = 0.6F_y$

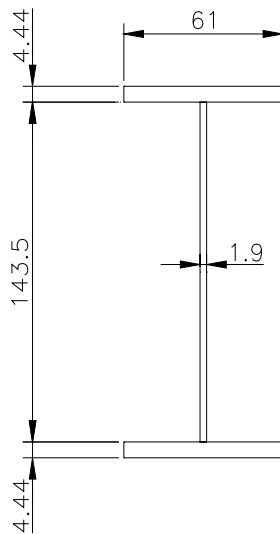
$F_y = 2530 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  para acero A-36 ; sustituyendo para  $F_b$

$F_b = 0.6 * 2530 = 1518 \text{kg/cm}^2$  Usar  $F_b$  igual a  $1520 \text{kg/cm}^2$ .

Por lo tanto, se obtiene el valor del módulo de sección requerido.

$$Sx_{req} = \frac{M}{F_b} = \frac{42661000}{1520} = 28,066 \text{cm}^3$$

Se considera la siguiente sección "I" (cotas en centímetros)



**Fig.34.- Sección I considerada**

Cálculo del momento de inercia

$$I_x = \Sigma (I_o + Ad^2)$$

$$I_x = \frac{1.9 \times 143.5^3}{12} + \left[ \left( \frac{61.0 \times 4.44^3}{12} \right) + (61.0 * 4.44)(73.97)^2 \right] 2$$

$$I_x = 467,873.1 + (1'482,362.4) 2$$

$$I_x = 3'432,598 \text{ cm}^4$$

Cálculo del módulo de sección

$$S_x = \frac{I_x}{y} = \frac{3432598}{76.19} = 45,053 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto, se acepta la sección propuesta debido a que se cumple la siguiente relación:

$$S_x = 45,053 \text{ cm}^3 > S_{x_{req}} = 28,066 \text{ cm}^3$$

Cálculo del área de la sección

$$A_s = (61.0 * 4.44) * 2 + (143.5 * 1.9)$$

$$A_s = 814.33 \text{ cm}^2$$

A continuación se calcula el peso propio de la trabe con la sección propuesta y se compara éste con el peso estimado.

$$w_v = 0.081433 * 7850 = 639 \text{ kg/m} > 600 \text{ kg/m}$$

Observe que es parecido al peso inicialmente propuesto.

b) Revisión por cortante:

El esfuerzo cortante que actúa sobre la trabe es el siguiente.

$$f_v = \frac{V}{A}; \quad \text{donde } V = 103.47 \text{ Ton} \quad \text{y "A" es el área del alma de la sección propuesta.}$$

$h = 143.50 \text{ cm}$  Peralte del alma de la sección "I" propuesta

$t_w = 1.9 \text{ cm}$  Espesor de alma



$$A = t_w * h = 272.65 \text{ cm}^2$$

Sustituyendo

$$f_v = \frac{V}{A} = \frac{103470}{272.65} = 379.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo del esfuerzo cortante permisible en el alma de la trabe armada

Esta revisión se realizará por medio de la Tabla 10, del Apéndice A, correspondiente al manual IMCA. Para acero con  $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$  se deben calcular las siguientes relaciones:

Relación de esbeltez  $h/t$  (Peralte del alma / espesor)

$$\frac{h}{t_w} = \frac{143.5}{1.9} = 75.5$$

Relación  $a/h$  (Separación entre atiesadores / peralte del alma)

Se considera una distancia sin atiesadores de  $16.764/2 = 8.382 \text{ m}$

$$\frac{a}{h} = \frac{838.2}{143.5} = 5.84 > 3.0$$

Donde: 3.0 es el valor de la máxima relación  $a/h$  calculada en la Tabla 10.

El esfuerzo permisible a cortante, obtenido de la tabla es:  $F_v = 896 \text{ kg/cm}^2$

$$\therefore F_v > f_v$$

El esfuerzo permisible está por encima del esfuerzo actuante y por lo tanto se aceptan las dimensiones del alma de la sección "I" propuesta.

c) Revisión por desplazamientos

En la revisión por condiciones de servicio se compara el desplazamiento producido por las cargas contra la deformación permisible.

El desplazamiento actuante para un miembro empotrado en sus extremos y con carga concentrada al centro del claro es el siguiente:

$$\delta_p = \frac{PL^3}{192EI} = \frac{196.88 * 16.764^3}{192 * 20390000 * 0.0343259} = 0.007 \text{ m} = 0.7 \text{ cm}$$

El desplazamiento actuante para un miembro empotrado en sus extremos con carga uniformemente distribuida es:

$$\delta_{\omega} = \frac{5\omega L^4}{384EI} = \frac{5 * 0.6 * 16.764^4}{384 * 20390000 * 0.0343259} = 0.0008m = 0.1cm$$

El desplazamiento calculado total

$$\delta_{cal} = 0.8cm$$

Desplazamiento permisible

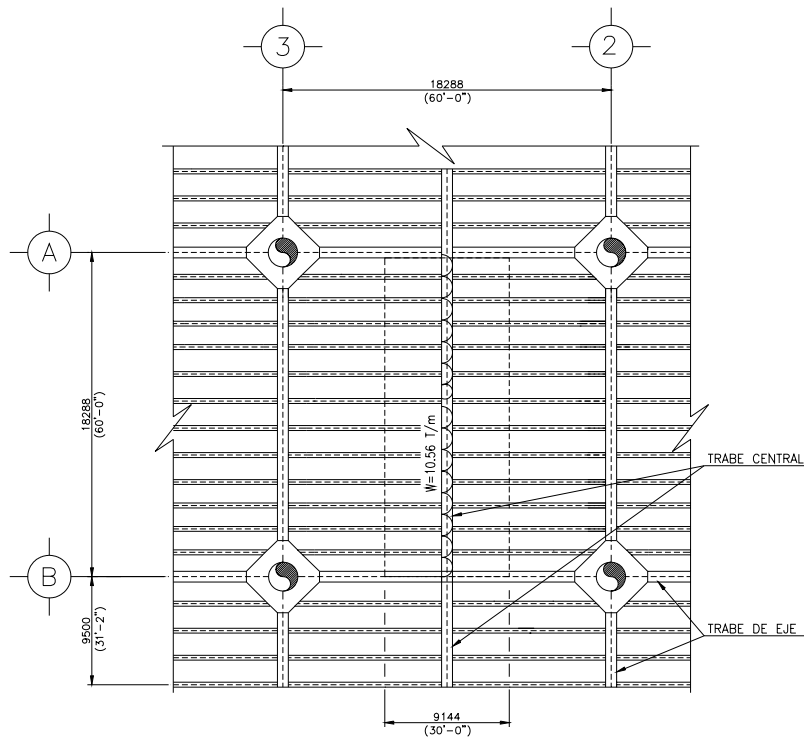
$$\delta_{perm} = \frac{L}{360} = \frac{16.764}{360} = 4.65cm$$

$$\delta_{cal} = 0.8cm < \delta_{perm} = 4.65cm$$

La sección “I” también es adecuada por desplazamientos.

### **Trabe secundaria**

La trabe central es un elemento secundario que soporta los largueros y a su vez transmite las cargas que reciben los largueros por la carga de equipo, rejilla y peso propio a las trabes principales de los ejes A y B de la superestructura. La trabe central tiene una longitud de 18.288 m (60'-0") entre apoyos y un ancho tributario de 9.144 m (30'-0").



**Fig.35.- Ubicación de trabe central en cubierta y cargas aplicadas**

La trabe central tiene un volado en cada uno de sus extremos, uno con longitud de 9.500 m (31' - 2") sobre el eje B y otro de 7.568 m (24' - 9 15/16") sobre el eje A, y aunque la trabe es continua se idealiza como un elemento simplemente apoyado entre los ejes A y B. La trabe será revisada con una carga uniformemente distribuida.

Determinación de la carga sobre la trabe central

Como no se conoce la sección de la trabe se estima un peso propio de 0.4 ton/m, para el dimensionamiento también se considerará el peso de los largueros y rejilla.

$$\omega_{eq} = 1.0 * 9.144 = 9.144 \text{ ton/m}$$

$$\omega_{pp} = 0.4 \text{ ton/m (Estimado)}$$

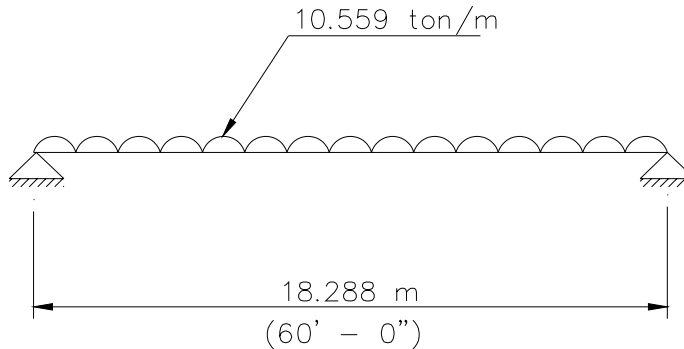
$$\omega_{largo} = \frac{(0.0744 * 9.144) * 15 \text{ pzas}}{18.288} = 0.558 \text{ ton/m}$$

El peso de la rejilla (IRVIN IS-05) se estima igual a 0.05 ton/m<sup>2</sup>

$$\omega_{rej} = 0.050 * 9.144 = 0.457 \text{ ton/m}$$

$$\omega_r = 9.144 + 0.4 + 0.558 + 0.457 = 10.559 \text{ ton/m}$$

En la siguiente figura se ilustra las condiciones de apoyo y la carga que actúa sobre la trabe central.



**Fig.36.- Cargas sobre la trabe**

### Obtención de los elementos mecánicos de la trabe

Cálculo del momento flexionante

$$M = \frac{\omega l^2}{8} = \frac{10.559 * (18.288)^2}{8} = 441.48 \text{ ton - m}$$

Cálculo del cortante actuante

$$V = \frac{\omega L}{2} = \frac{10.559 * (18.288)}{2} = 96.55 \text{ ton}$$

Una vez obtenidos los elementos mecánicos máximos, se determina la sección de la trabe que resista los elementos mecánicos que generan las cargas. En este caso se propondrá una sección "I" formado por tres placas de acero A-36.

a) Revisión por flexión:

Módulo de sección requerido "S<sub>Xreq</sub>"

$$Sx_{req} = \frac{M}{F_b} ;$$

donde  $F_b$  es el esfuerzo admisible por flexión.

Asumiendo  $F_b = 0.6F_y$

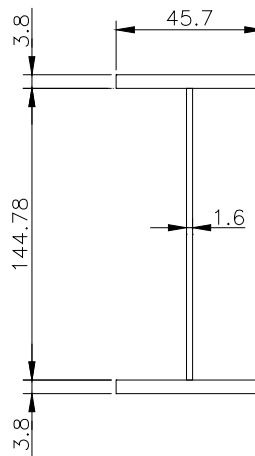
$F_y = 2530 \frac{kg}{cm^2}$  para acero A-36 ; sustituyendo para  $F_b$

$F_b = 0.6 * 2530 = 1518kg/cm^2$  Usar  $F_b$  igual a  $1520 kg/cm^2$ .

Por lo tanto, se obtiene el valor del módulo de sección requerido.

$$Sx_{req} = \frac{M}{F_b} = \frac{44148000}{1520} = 29,045cm^3$$

Se considera la siguiente sección (cotas en centímetros)



**Fig.37.- Perfil considerado**

Cálculo del momento de inercia

$$Ix = \Sigma (I_o + Ad^2)$$

$$Ix = \frac{1.6 \times 144.78^3}{12} + \left[ \left( \frac{45.7 \times 3.8^3}{12} \right) + (173.66)(74.29)^2 \right] 2$$

$$Ix = 404,636 + (209 + 958,430) 2$$

$$I_x = 2,321,914 \text{ cm}^4$$

Cálculo del área de la sección

$$A_s = (45.7 * 3.8) * 2 + (144.78 * 1.6)$$

$$A_s = 579 \text{ cm}^2$$

A continuación se calcula el peso propio de la trabe con la sección propuesta y se compara con el peso estimado.

$$w_s = 0.0579 * 7850 = 454.5 \text{ kg/m} > 400 \text{ kg/m}$$

Observe que es parecido al peso inicialmente propuesto.

Cálculo del módulo de sección

$$S_x = \frac{I_x}{y} = \frac{2321914}{76.19} = 30,475 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto, se acepta la sección propuesta debido a que se cumple la siguiente relación:

$$S_x = 30475 \text{ cm}^3 > S_{x, \text{req}} = 29045 \text{ cm}^3$$

b) Revisión por cortante:

El esfuerzo cortante que actúa sobre la trabe es el siguiente.

$$f_v = \frac{V}{A}; \quad \text{donde } V = 96.55 \text{ Ton} \quad \text{y "A" es el área del alma de la sección propuesta.}$$

$h = 144.78 \text{ cm}$  Peralte del alma de la sección "I" propuesta

$t_w = 1.6 \text{ cm}$  Espesor de alma

$$A = t_w * h = 231.65 \text{ cm}^2$$

Sustituyendo

$$f_v = \frac{V}{A} = \frac{96550}{231.65} = 416.8 \text{ kg/cm}^2$$

### Cálculo del esfuerzo cortante permisible de la trabe armada

Esta revisión se realizará por medio de la Tabla 10, del Apéndice A, correspondiente al manual IMCA. Para acero con  $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$  se deben calcular las siguientes relaciones:

Relación de esbeltez  $h/t$  (Peralte del alma / espesor)

$$\frac{h}{t_w} = \frac{144.78}{1.6} = 90.5$$

Relación  $a/h$  (Separación entre atiesadores / peralte del alma)

$$\frac{a}{h} = \frac{1828.8}{144.78} = 12.63 > 3.0$$

Donde: 3.0 es el valor de la máxima relación  $a/h$  calculada en la Tabla 10.

El esfuerzo permisible a cortante, obtenido de la tabla es:  $F_v = 710 \text{ kg/cm}^2$

$$\therefore F_v > f_v$$

El esfuerzo permisible anterior está por encima del esfuerzo actuante y por lo tanto se aceptan las dimensiones del alma de la sección "I" propuesta.

### c) Revisión por desplazamientos

Ahora se procede a la revisión por condiciones de servicio y para ello se compara el desplazamiento producido por la carga uniformemente repartida en la trabe, contra la deformación permisible.

El desplazamiento actuante para un miembro simplemente apoyado con carga uniformemente distribuida es como sigue:

$$\delta_{act} = \frac{5\omega L^4}{384EI} = \frac{5 * 10.559 * 18.288^4}{384 * 20390000 * 0.02321914} = 0.032\text{m} = 3.2\text{cm}$$

Desplazamiento permisible

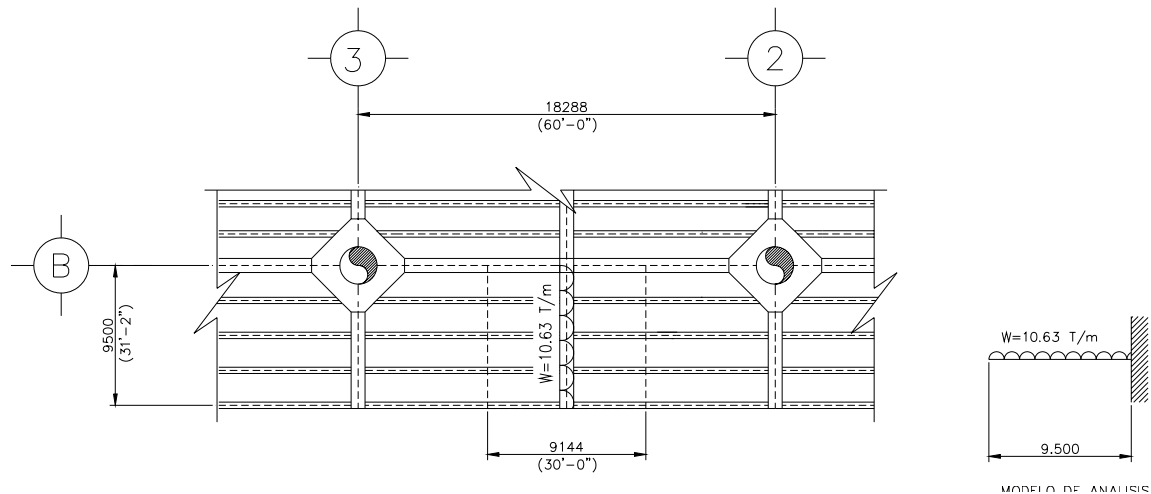
$$\delta_{perm} = \frac{L}{360} = \frac{1828.8}{360} = 5.08\text{cm}$$

$$\delta_{act} = 3.2\text{cm} < \delta_{perm} = 5.08\text{cm}$$

La sección “I” también es satisfactoria por desplazamientos.

### Dimensionamiento del volado de la trabe central, en extremo del eje B y en la cubierta del nivel (+) 19.100 m

La sección de éste elemento es la misma que la trabe central y sus propiedades geométricas son iguales.



**Fig.38.- Elemento en voladizo con carga uniforme**

La trabe tiene un ancho tributario de 9.144 m y la carga que gravita sobre ella la determinamos con esta distancia.

$$\omega_{eq} = 1.0 * 9.144 = 9.144 \text{ ton/m}$$

$$\omega_{pp} = 0.0579 * 7850 = 0.455 \text{ ton/m} \quad (\text{Ver sección de la trabe central})$$

$$\omega_{l_{arg}} = \frac{(0.0744 * 9.144) * 8}{9.5} = 0.573 \text{ ton/m}$$

El peso de la rejilla (IRVIN IS-05) se estima igual a 0.05 ton/m<sup>2</sup>

$$\omega_{rej} = 0.050 * 9.144 = 0.457 \text{ ton/m}$$

$$\omega_T = 9.144 + 0.455 + 0.573 + 0.457 = 10.63 \text{ ton/m}$$



## Obtención de los elementos mecánicos de la trabe

Cálculo del momento flexionante

$$M = \frac{\omega l^2}{2} = \frac{10.63 * (9.50)^2}{2} = 479.68 \text{ton} - m$$

Cálculo del cortante actuante

$$V = \omega L = 10.63 * 9.5 = 100.99 \text{ton}$$

a) Revisión por flexión:

Módulo de sección requerido “ $S_{x_{req}}$ ”

$$S_{x_{req}} = \frac{M}{F_b} = \frac{47968000}{1520} = 31,558 \text{cm}^3$$

$$S_x = 30,475 \text{cm}^3 < S_{x_{req}} = 31,558 \text{cm}^3$$

Aunque la sección está un poco escasa, se acepta para términos de dimensionamiento. Se acepta la sección por flexión.

b) Revisión por cortante:

El esfuerzo cortante que actúa sobre la trabe es el siguiente.

$$f_v = \frac{V}{A} ;$$

donde  $V = 100.99 \text{ Ton}$  y “ $A$ ” es el área del alma de la sección propuesta.

$h = 144.78 \text{cm}$  Peralte del alma de la sección “I” propuesta

$t_w = 1.6 \text{cm}$  Espesor de alma

$$A = t_w * h = 231.65 \text{cm}^2$$

Sustituyendo

$$f_v = \frac{V}{A} = \frac{100990}{1.6 * 144.78} = 436 \text{kg} / \text{cm}^2$$

Cálculo del esfuerzo cortante permisible de la trabe armada

Esta revisión se realizará por medio de la Tabla 10, del Apéndice A, correspondiente al manual IMCA. Para acero con  $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$  se tiene:

Relación de esbeltez  $h/t$  (Peralte del alma / espesor)

$$\frac{h}{t_w} = \frac{144.78}{1.6} = 90.5$$

Relación  $a/h$  (Separación entre atiesadores / peralte del alma)

$$\frac{a}{h} = \frac{950}{144.78} = 6.5 > 3.0$$

Donde: 3.0 es el valor de la máxima relación  $a/h$  calculada en la Tabla 10.

El esfuerzo permisible a cortante, obtenido de la tabla es:  $F_v = 710 \text{ kg/cm}^2$

$$\therefore F_v = 710 \text{ kg/cm}^2 > f_v = 436 \text{ kg/cm}^2$$

El valor anterior está muy por encima del actuante y por lo tanto se aceptan las dimensiones del alma de la sección "T" propuesta.

a) Revisión por desplazamientos

El desplazamiento producido por la carga uniforme:

$$\delta_{act} = \frac{\omega L^4}{8EI} = \frac{10.63 * 9.5^4}{8 * 20390000 * 0.02321914} = 0.023 \text{ m} = 2.3 \text{ cm}$$

Desplazamiento permisible

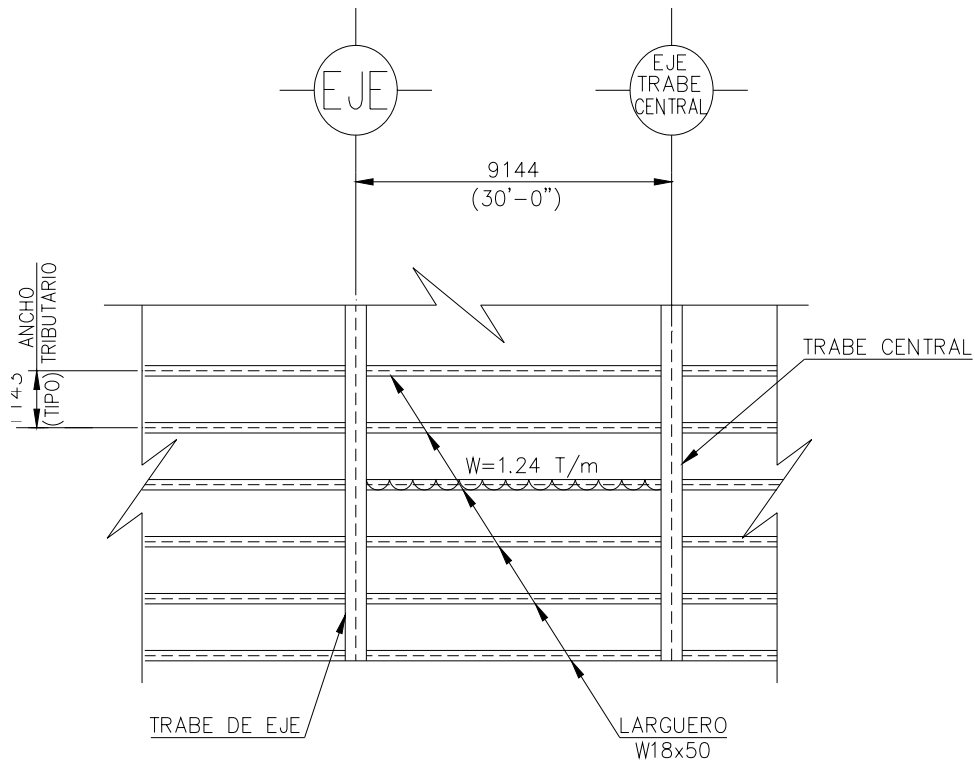
$$\delta_{perm} = \frac{L}{180} = \frac{950}{180} = 5.28 \text{ cm}$$

$$\delta_{act} = 2.3 \text{ cm} < \delta_{perm} = 5.28 \text{ cm}$$

La sección "T" también es satisfactoria por desplazamientos.

## Largueros

Este es un elemento que transmite las cargas de la cubierta sobre las traves principales de los marcos transversales y traves centrales. Los largueros tiene una longitud de 9.144 m (30'-0") entre apoyos y un ancho tributario de 1.143 m (3'-9") tal como se indica en la figura



**Fig.39.- Ubicación de largueros en cubierta y cargas aplicadas**

El larguero se idealiza como una viga simplemente apoyada en sus extremos con carga uniformemente distribuida.

### Obtención de la carga uniforme sobre el larguero

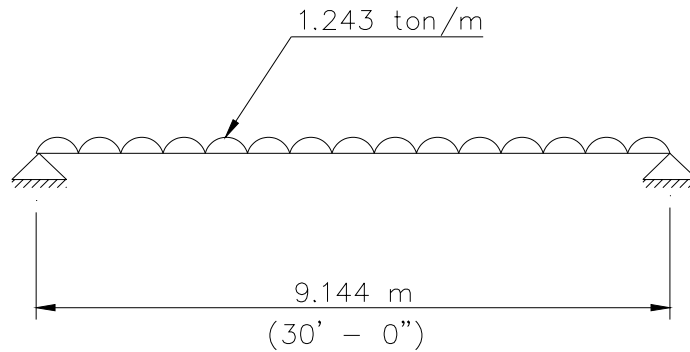
En seguida, se obtiene la carga total por metro lineal y para ello se hace una estimación del peso propio del larguero de 0.1 ton/m.

$$\omega_{eq} = 1.0 * 1.143 = 1.143 \text{ ton/m}$$

$$\omega_{pp} = 0.1 \text{ ton/m}$$

$$\omega_T = 1.143 \text{ ton/m} + 0.1 \text{ ton/m}$$

Por lo tanto la carga total es de:  $\omega_T = 1.243 \text{ ton/m}$



**Fig.40.- Cargas y apoyos en la trabe**

El larguero se arriostrará de tal manera que el esfuerzo permisible a flexión sea el máximo que nos permiten las disposiciones del AISC.

### **Obtención de los elementos mecánicos del larguero**

Cálculo del momento flexionante

$$M = \frac{\omega l^2}{8} = \frac{1.243 * (9.144)^2}{8} = 12.99 \text{ ton - m}$$

Cálculo del cortante actuante

$$V = \frac{\omega L}{2} = \frac{1.243 * (9.144)}{2} = 5.68 \text{ ton}$$

Una vez obtenidos los elementos mecánicos, se determina el perfil que satisfaga a dichas sollicitaciones de carga.

a) Revisión por flexión:

Módulo de sección requerido “ $S_{x_{req}}$ ”

$$S_{x_{req}} = \frac{M}{F_b} ; \text{ donde } F_b \text{ es el esfuerzo admisible por flexión.}$$

Asumiendo  $F_b = 0.6F_y$

$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$  para acero A-36 ; sustituyendo para  $F_b$   
 $F_b = 0.6 * 2530 = 1518 \text{ kg/cm}^2$  Se considera  $F_b$  igual a  $1520 \text{ kg/cm}^2$ .

Se capacitará al larguero a trabajar a su máximo esfuerzo permisible, colocando arriostramientos a las distancias requeridas para este fin.

Por lo tanto, se obtiene el valor del módulo de sección requerido.

$$S_{x_{\text{req}}} = \frac{M}{F_b} = \frac{1299000}{1520} = 854.61 \text{ cm}^3$$

Se hace uso de los perfiles recomendados en el Manual IMCA para la elección del larguero apropiado. Pensamos conveniente usar un perfil IR 457x74.5 (W18x50), el cual tiene las siguientes propiedades geométricas:

$$S_x = 1457 \text{ cm}^3$$

$$A = 94.8 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 33298 \text{ cm}^4$$

$S_x = 1457 \text{ cm}^3 > S_{x_{\text{req}}} = 854.61 \text{ cm}^3$
--

Note que el módulo de sección propuesto esta por encima del requerido y con ello garantizamos que el esfuerzo permisible sea mayor que el esfuerzo actuante o calculado.

$$f_b = \frac{M}{S_x} = \frac{1299000}{1457} = 891.5 \text{ kg/cm}^2 < 1520 \text{ kg/cm}^2$$

b) Revisión por cortante:

El esfuerzo cortante que actúa sobre el larguero es el siguiente.

$$f_v = \frac{V}{A}; \quad \text{donde } V = 5.68 \text{ Ton} \text{ y "A" es el área del alma de la sección propuesta.}$$

$d = 45.7 \text{ cm}$  Peralte total de la sección IR

$t_f = 1.45 \text{ cm}$  Espesor de los patines

$t_w = 0.9 \text{ cm}$  Espesor de alma

$$A = t_w * (d - 2 * t_f) = 38.52 \text{ cm}^2$$

Sustituyendo

$$f_v = \frac{V}{A} = \frac{5680}{38.52} = 147.45 \text{ kg/cm}^2$$

El anterior valor se debe comparar con el esfuerzo permisible, el cual se calcula como sigue.

$$F_v = 0.4F_y$$

$$F_v = 0.4 * 2530 = 1012 \text{kg/cm}^2$$

El esfuerzo permisible a cortante es mayor que el esfuerzo cortante actuante por lo tanto la sección IR propuesta pasa por flexión y cortante. Ahora solo resta hacer una revisión por condiciones de servicio y para ello se compara el desplazamiento producido por la carga uniformemente repartida en el larguero contra la deformación permisible.

c) Revisión por desplazamientos

El desplazamiento actuante para un miembro simplemente apoyado con carga uniformemente distribuida es como sigue:

$$\delta_{act} = \frac{5\omega L^4}{384EI} = \frac{5 * 1.243 * 9.144^4}{384 * 20390000 * 0.00033298} = 0.017m$$

Desplazamiento permisible

$$\delta_{perm} = \frac{L}{360} = \frac{914.4}{360} = 2.54cm$$

$$\delta_{act} = 1.7cm < \delta_{perm} = 2.54cm$$

La sección IR 457x74.5 (W18x50) también es satisfactoria por desplazamientos.

d) Determinación de la longitud de arriostramiento para que el larguero IR 457x74.5 (W18x50) pueda trabajar con el máximo esfuerzo permisible de 1520 kg/cm<sup>2</sup>

Para que la sección propuesta del larguero desarrolle su esfuerzo permisible a flexión que indica el Manual IMCA, se debe garantizar el cumplimiento de la siguiente relación.

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} \leq \frac{l}{r_t} \leq \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}}$$

En la cual “l” es la distancia entre secciones transversales arriostradas para evitar el giro o desplazamiento lateral del patín de compresión

F<sub>b</sub> es el esfuerzo permisible a flexión igual a 0.6 F<sub>y</sub>

Donde: F<sub>y</sub> es el esfuerzo de fluencia del acero; para acero A-36 F<sub>y</sub> = 2530 kg/cm<sup>2</sup>

Entonces:

$$F_b = 0.6 * 2530 = 1520 \text{ kg/cm}^2$$

Para la sección propuesta IR 457x74.5 (W18x50)

$L = 914.4 \text{ cm}$  Longitud total del larguero.

$r_T = 4.9 \text{ cm}$  Radio de giro de una sección que comprende el patín en compresión más un tercio del área del alma en compresión tomada con respecto a un eje en el plano del alma.

$l = 305 \text{ cm}$  Longitud de arriostramiento propuesta.

$C_b = 1$  Es el coeficiente para cuando el momento de flexión, en cualquier punto de la sección no arriostrada, es mayor que en cualquiera de sus extremos.

Sustituyendo

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 (1)}{2530}} \leq \frac{305}{4.9} \leq \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 (1)}{2530}}$$

Por lo tanto de tiene que:  $53.23 < 62.24 < 119.12$

Cumpléndose la anterior relación, podemos calcular el esfuerzo permisible por flexión con la siguiente expresión:

$$F_b = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y \left(\frac{l}{r_T}\right)^2}{1080 \times 10^5 C_b} \right] F_y = \left[ \frac{2}{3} - \frac{2530(62.24)^2}{1080 \times 10^5 (1)} \right] 2530 = 1457 \text{ kg/cm}^2 < 1520 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto, proponemos dividir el claro de 9.144 m en cuatro espacios.

$$l = \frac{L}{4} = \frac{914.4}{4} = 228.6 \text{ cm}$$

entonces:

$$\frac{l}{r_T} = \frac{228.6}{4.9} = 46.6 \text{ cm}$$

sustituyendo en la fórmula para el cálculo del esfuerzo permisible.

$$F_b = \left[ \frac{2}{3} - \frac{2530(46.6)^2}{1080 \times 10^5 (1)} \right] 2530 = 1558 \text{ kg/cm}^2 > 1520 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo tanto el arriostramiento se colocará a 2.286 m.

## **2.2 Modelo Geométrico**

El modelo geométrico de la Superestructura de la plataforma considera todos los elementos estructurales principales y secundarios que participan en la rigidez de la estructura, tales como columnas, traveses principales, traveses secundarios, pedestal de grúa y elementos de arriostramiento.

En el modelo se contempla la modelación de accesorios de la Superestructura, los cuales no contribuyen en la rigidez de la estructura, pero su presencia en la estructura, incrementa las acciones sobre la plataforma.

El modelo generado para el análisis in situ, considera la geometría (ya descrita), cargas gravitatorias (vivas y muertas), cargas ambientales (viento: operación y tormenta), combinaciones de cargas bajo las cuales se revisarán elementos y juntas que forman la estructura.

### **2.2.1 Nodos**

Para iniciar la modelación, es necesario establecer la topología del modelo, asignando nodos en los puntos de conexión de los arriostramientos verticales y horizontales para la generación de elementos que definen la geometría del modelo.

### **2.2.2 Elementos**

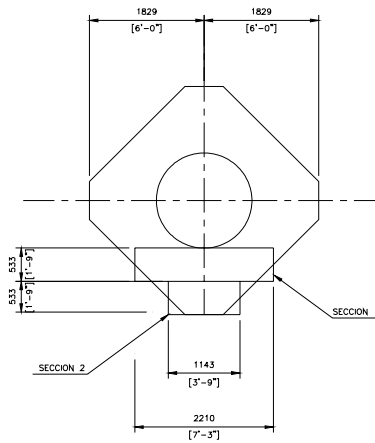
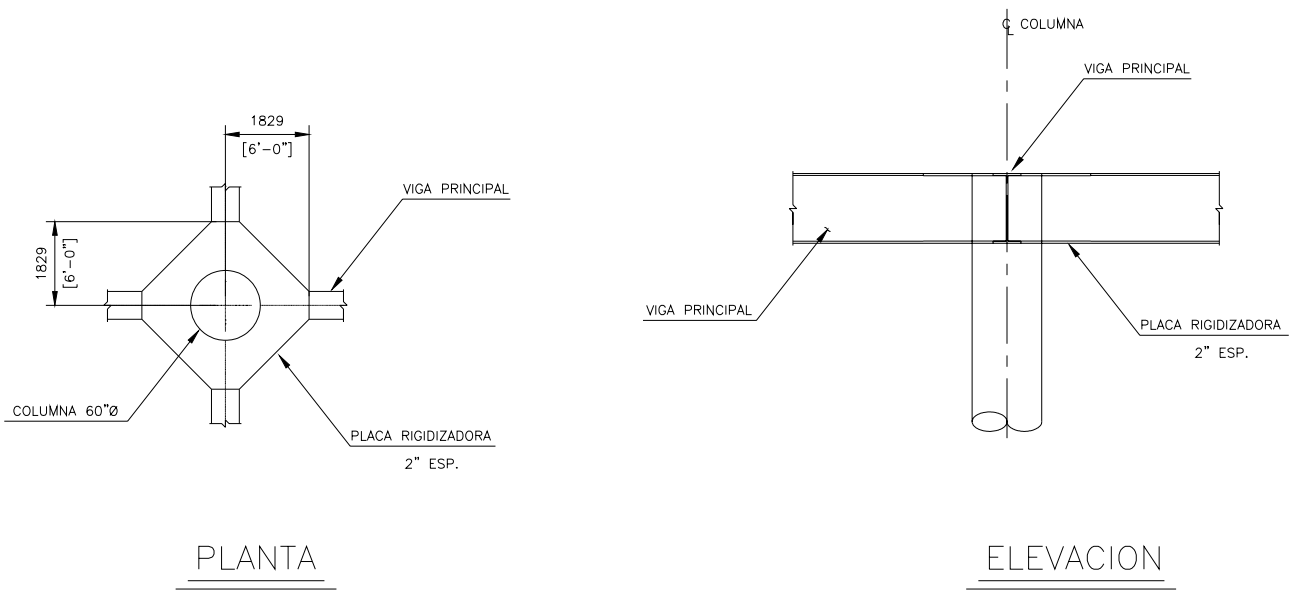
La superestructura está formada principalmente por perfiles abiertos en su mayoría traveses armados y/o perfiles laminados, en menor proporción se emplean elementos tubulares para los elementos diagonales y puntales, así como para el pedestal de las grúas.

Los elementos que constituyen las plantas son básicamente traveses principales, que se conectan a las columnas por medio de placas rigidizadoras (placas estrella), lo cual ayuda a restringir los giros y por tal razón se consideran empotradas en sus extremos; otros son los traveses secundarios que son elementos que soportan a los largueros y a su vez transmiten las cargas que soportan los largueros, a los traveses principales y por último son los largueros, que transmiten las cargas de la cubierta.

La conexión de los traveses principales a las columnas de la superestructura se realiza mediante placas rigidizadoras, las cuales forman dos anillos de sección variable que se unen a los patines de los traveses principales. Para realizar el modelado de estas placas, es necesario determinar secciones equivalentes tipo "I" cuya área y propiedades geométricas sean muy aproximadas a la sección original.



## OBTENCIÓN DE SECCIONES EQUIVALENTES PARA PLACA RIGIDIZADORA



**Fig.41.- Detalle de placa rigidizadora**

Se propone utilizar para la modelación las siguientes secciones:

Sección 1

WF Patín : 87" x 2.0" de esp.

Alma : 60" x 3/4" de esp.

## Sección 2

WF Patín : 45" x 2.0" de esp.

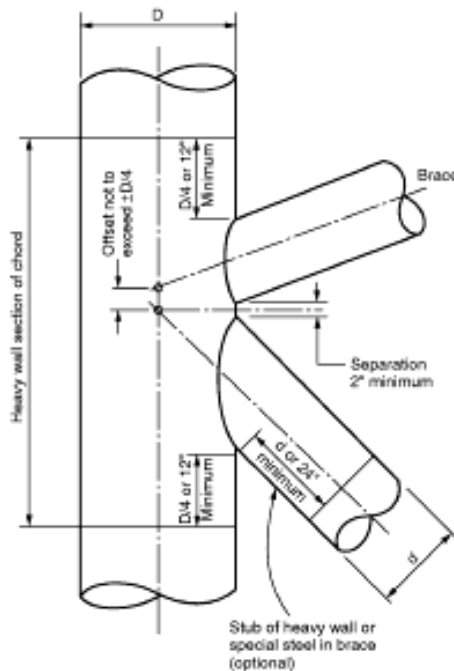
Alma : 60" x 3/4" de esp.

Las secciones 1 y 2 aplican para las ocho columnas de las cubierta inferior, intermedia y superior.

### 2.2.3 Offsets

Los miembros fuera de la junta (Member Offsets) son los miembros de una estructura que no pueden concurrir con las juntas incidentes, creando en el programa un miembro fuera de la junta (elementos a cara exterior y no a nodos).

Para este trabajo, en los puntos de conexión y arriostramientos de elementos verticales y horizontales se establecen los offsets correspondientes en los extremos de los elementos.



**Fig.42.- Detalle de una junta simple**

## 2.2.4 Longitudes Efectivas

Las longitudes efectivas se refieren a las longitudes libres sin arriostramiento del elemento, la longitud efectiva se denomina  $KL$ , para la plataforma, (así como para otras construcciones) se asigna el factor de longitud efectiva “K” a los elementos tubulares que trabajan a compresión de la subestructura y de la superestructura de acuerdo con lo indicado en el AISC o en México se puede usar el Manual IMCA, donde la tabla C-C2.1 del AISC indica valores de K dependiendo del tipo de apoyo en sus extremos; este manual presenta los factores de longitud efectiva recomendados cuando se tienen condiciones ideales aproximadas, proporcionando dos grupos de valores K; uno de ellos es el valor teórico y el otro el valor recomendado para el diseño, basado en el hecho de que no son posibles las condiciones de articulación y empotramiento perfecto. A su vez estos manuales dan como otra herramienta para la obtención del factor K los Nomogramas para calcular la longitud efectiva, uno de ellos se desarrolló para columnas sin desplazamientos laterales y el otro para columnas con desplazamientos laterales.

Por otra parte en las recomendaciones prácticas API-RP 2A –WSD, 21a edición se menciona que para las plataformas marinas se pueden usar los valores mostrados en la tabla siguiente; pero en realidad en la práctica suelen usarse los dados por el manual AISC.

ELEMENTO TUBULAR	FACTORES KY Y
	KZ
Columnas de la subestructura	1.00
Diagonales principales en “X”	0.90
Elementos tubulares horizontales	0.80
Diagonales secundarias	0.70

**Tabla 4.- Factores K dados por el API**

## 2.2.5 Relaciones de Esbeltez

Para los elementos tubulares como las columnas se maneja que la relación de esbeltez  $KL/r$  sea menor a 200; aunque en las recomendaciones prácticas API-RP-2A –WSD se recomienda que los contraventeos verticales principales su relación de esbeltez  $KL/r$  esta limitada a 80.

Para los perfiles I o traveses principales y secundarias armadas utilizados principalmente en la superestructura, se utiliza la relación de esbeltez  $h/t$  (peralte del alma / espesor), para el cálculo del esfuerzo cortante permisible en el alma de las traveses armadas.

## 2.2.6 Niveles de Arriostramiento

Se utiliza sistemas de arriostramiento horizontal para lograr el trabajo conjunto del sistema de piso de las cubiertas y una distribución equitativa de cargas laterales hacia las columnas, se utilizarán arriostramientos horizontales con arreglos en “X”.

Así como también se limita a un uso mínimo la utilización de puntales, para evitar interferencias sobre la distribución de equipos y las trayectorias de tuberías.

Se colocarán contraventeos en forma de “X” en los marcos de los ejes A y B. Estos elementos se localizan por debajo del nivel (+) 19.100 m y servirán principalmente en la etapa de izaje de la plataforma.

**2.2.7 Elevaciones**

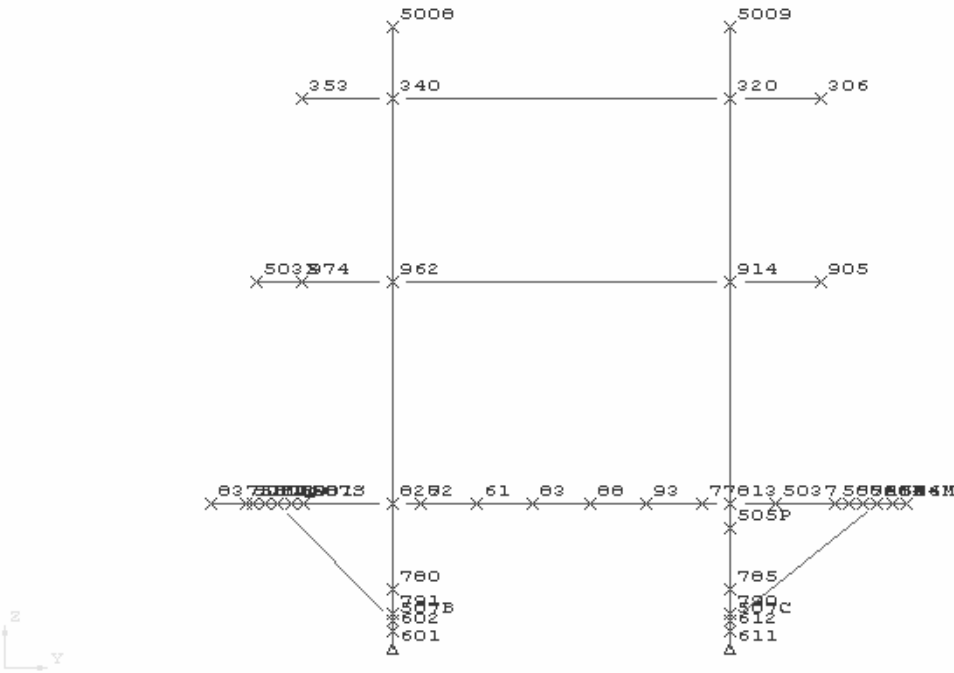


Fig.43.-ELEVACIÓN EJE 1

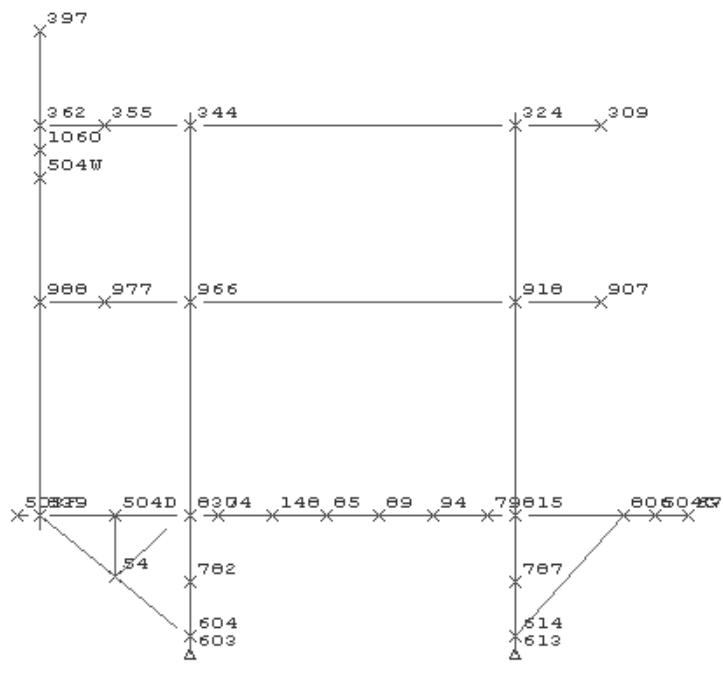


Fig.44.-ELEVACIÓN EJE 2

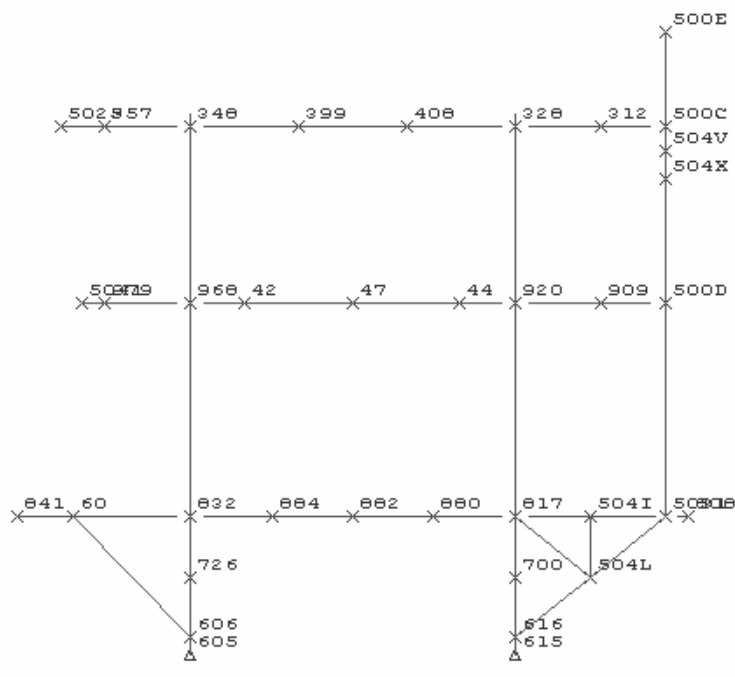


Fig.45.-ELEVACIÓN EJE 3

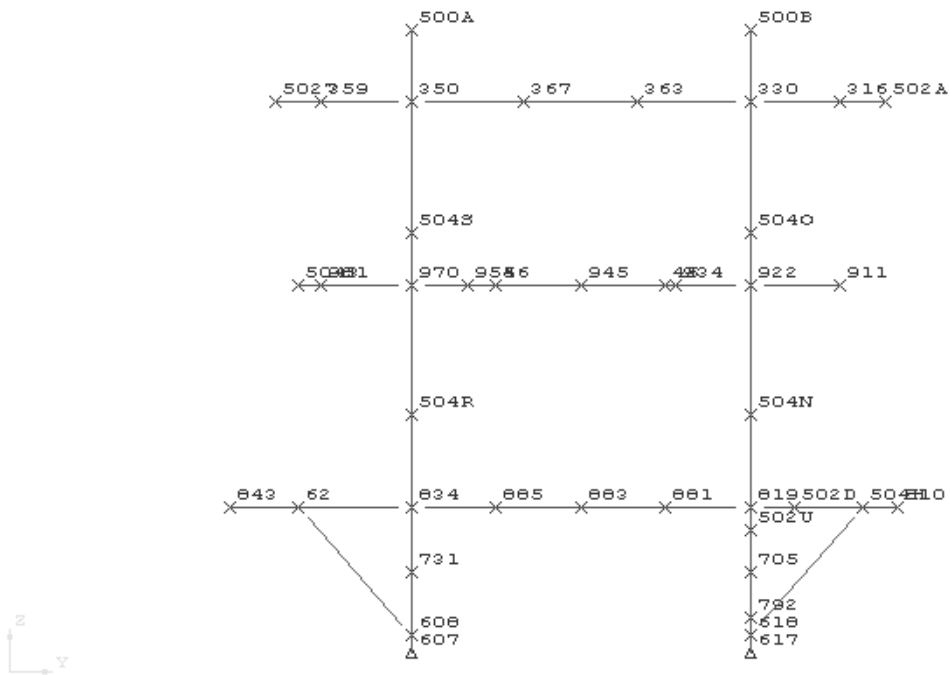


Fig.46.- ELEVACIÓN EJE 4

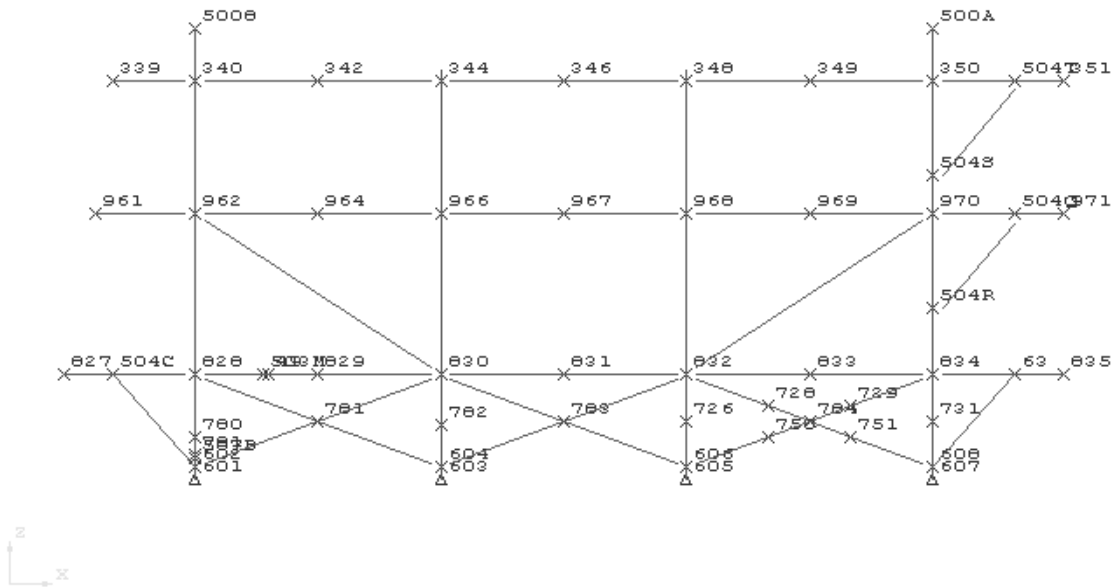


Fig.47.- ELEVACIÓN EJE A

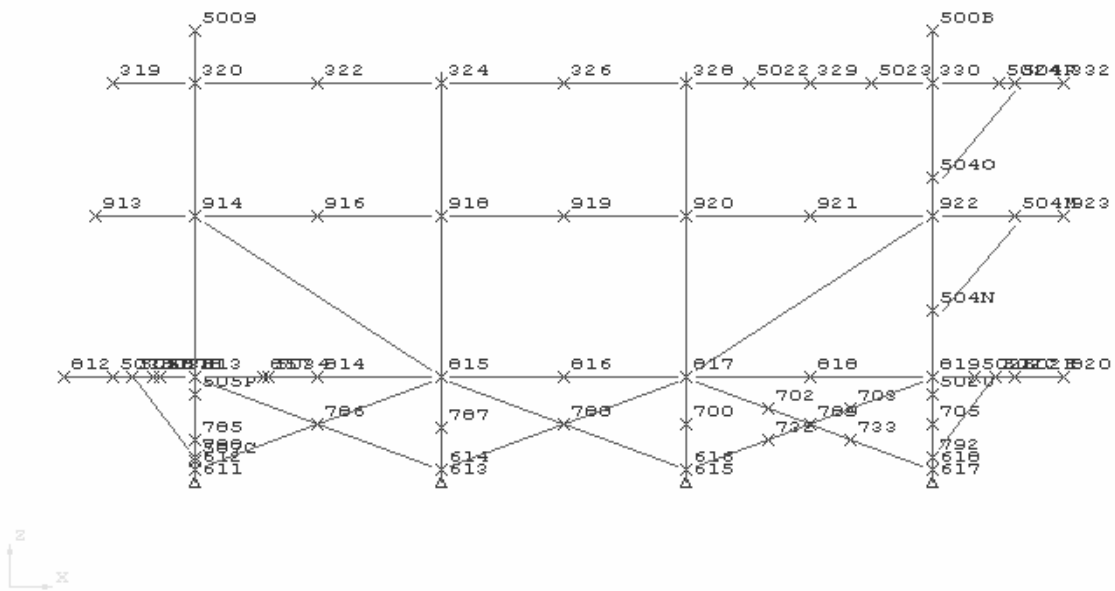


Fig.48.- ELEVACIÓN EJE B

## 2.2.8 Plantas

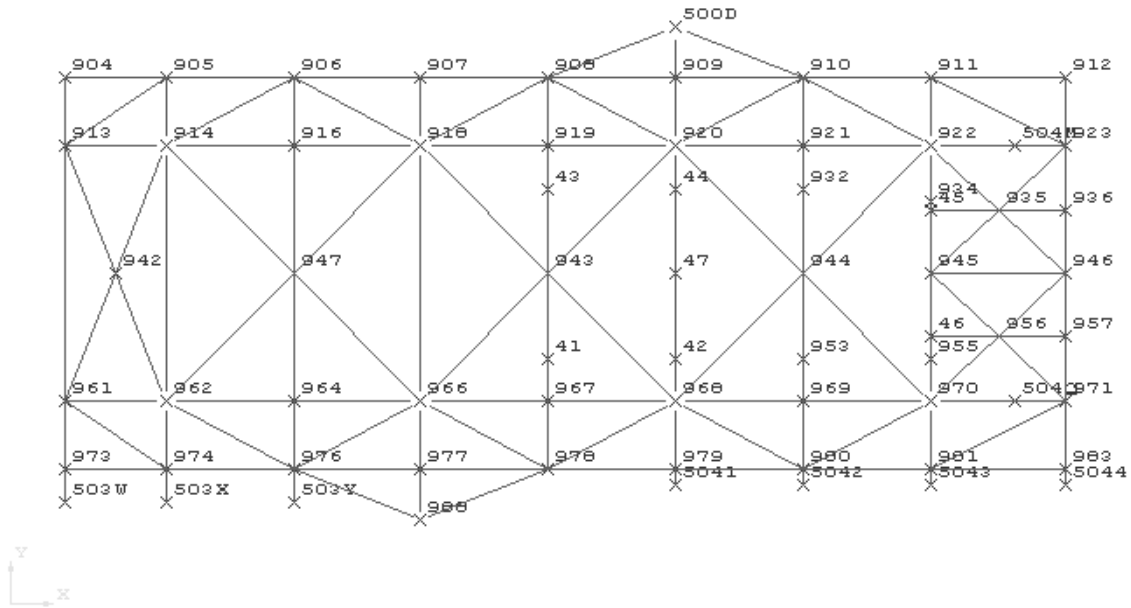


Fig.49.-Planta 31.100m.

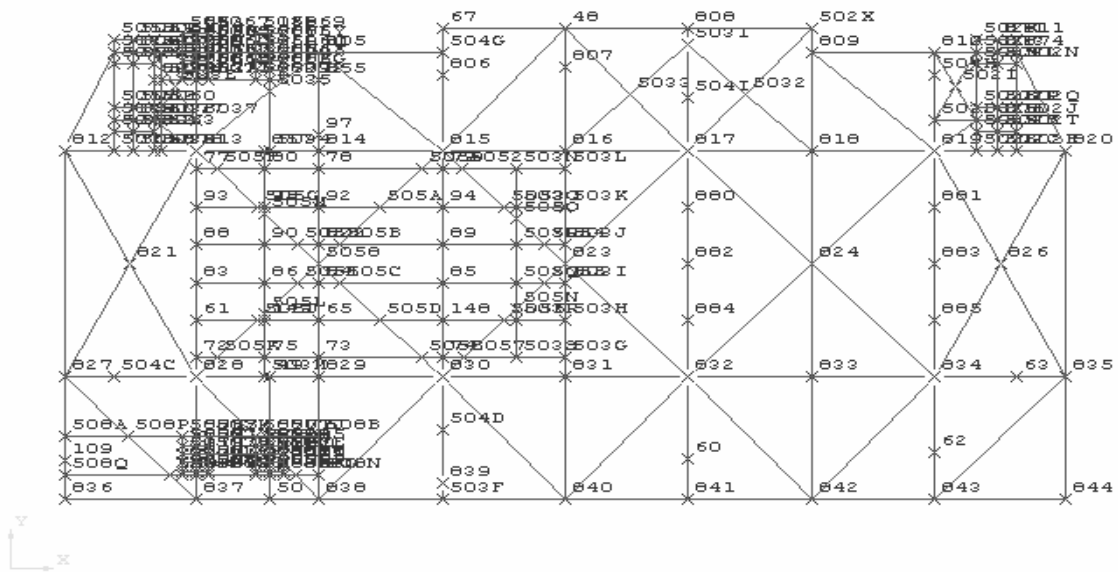


Fig.50.-Planta 19.100m



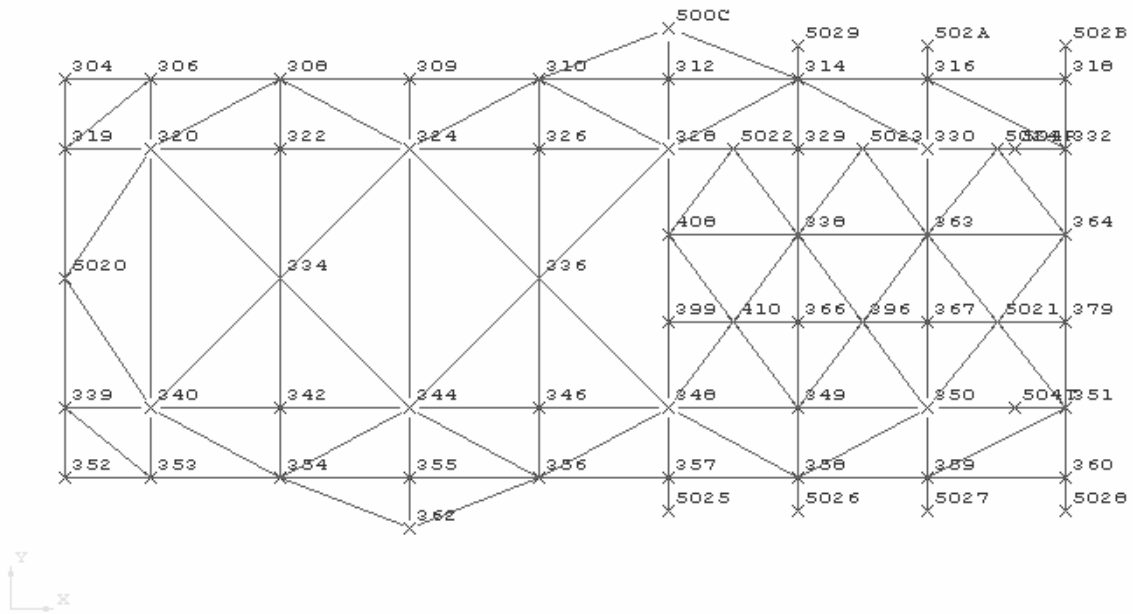


Fig.51.-Planta 41.100m

### 2.2.9 Propiedades Mecánicas

Aquí se definen las características particulares de cada grupo de elementos que integran la estructura tales como diámetro y espesor para elementos tubulares, dimensiones de almas y patines así como los espesores para las secciones abiertas de tipo “I”, incluyéndose el esfuerzo de fluencia ( $F_y$ ) del acero empleado.

## **CAPITULO 3 Cargas**

### **3.1 CARGAS**

La estructuración de las cubiertas tiene como finalidad principal dar soporte a los equipos que serán colocados en cada nivel.

El sistema estructural de la cubierta debe de ser capaz de autoportar los elementos estructurales principales, elementos secundarios y la carga muerta no generada de largueros, arriostramientos y al sistema de piso.

La distribución de tuberías induce cargas sobre los elementos estructurales y son consideradas para el análisis.

Dentro del grupo de cargas vivas se encuentran la carga uniforme en el área de pasillos y la carga en áreas libres.

#### **3.1.1 Peso propio (Carga muerta generada)**

Se refiere al peso propio de los elementos estructurales principales y secundarios que contribuyen en la rigidez y resistencia del sistema estructural. Será generada mediante instrucciones con el programa de análisis.

Corresponde al caso de carga 1 y su valor es de 4795.421 kips.

#### **3.1.2 Peso propio (Carga muerta no generada)**

La carga muerta no generada está constituida por cargas de tipo permanente, entre las cuales se encuentran comprendidos el peso propio de la plataforma que no fue generado, como son los largueros, la rejilla; así como también el peso de tuberías, ánodos, estructuras accesorias, equipo fijo, materiales almacenados y paquetería.

Las cubiertas fueron estructuradas mediante un sistema de piso a base de largueros, arriostramientos y rejilla. Los largueros son de sección transversal IR 457 X 74.5 (W 18 x 50) las cuales se encargarán de transmitir las cargas hacia los elementos principales y secundarios. Como estos elementos no serán modelados en la cubierta, es importante obtener su peso junto con los elementos de arriostramiento (sección C 10" x 15.3 Lb/ft).

Obtención de la carga debida a largueros sobre la trabe del eje "1".

Separación entre largueros: 1.143m (3.75 ft)

Peso de largueros: 74.5 kg/m (50.1 Lb/ft)

Ancho tributario:  $3.784 + 4.572 = 8.356\text{m}$  (27.415 ft)

$$\omega_{lar} = \frac{74.5}{1.145} \times 8.356 = 544 \text{ kg/m } (0.366 \text{ Lb/ft})$$

La proporción de carga que se transmite al elemento estructural depende del número de arriostramientos existentes en el ancho tributario, en este caso considerando 1.5 veces.

Peso de arriostramiento: 22.76 kg/m

$$\omega_{arr} = 22.76 \times 1.5 = 35 \text{ kg/m } (0.023 \text{ kips/ft})$$

La carga total es:

$$\omega = 544 + 35 = 579 \text{ kg/m } (0.385 \text{ Kips/ft})$$

### 3.1.2.1 Carga de Equipo

Para el cálculo de las cargas de equipo se consideran las cargas gravitacionales del equipo considerandolo como peso de equipo vacío, peso de equipo en operación y peso de equipo lleno de agua.

Los pesos del equipo mencionado anteriormente, vacíos (carga muerta) y de operación son transmitidos a los elementos estructurales mediante cargas uniformes ó a través de cargas puntuales.

Las cargas de equipo son las siguientes:

CARGA MUERTA EQUIPO NIV.+19.1M= 808.62 ton  
 CARGA MUERTA EQUIPO NIV.+31.1M=248.33 ton  
 CARGA MUERTA EQUIPO NIV.+41.1M=709.80 ton  
 CARGA EQUIPO EN OPERACION NIV.+19.1M= 89.86 ton  
 CARGA EQUIPO EN OPERACION NIV.+31.1=57.15 ton  
 CARGA EQUIPO EN OPERACION NIV.+41.1M= 1035.58 ton

### 3.1.2.2 Carga Viva

Las cargas vivas, son aquellas relativas a las personas, herramientas, equipo menor, etc., que se encuentren ubicados en la plataforma en un momento determinado.

La carga viva aplicada en este trabajo fueron tomadas de las bases de diseño, y esta es la carga sobre las áreas de pasillos que tiene un valor de 488.3 Kg/m<sup>2</sup> (100 Lb/ft<sup>2</sup>), y la carga viva en áreas libres para almacenamiento temporal o para equipo misceláneo, se aplica sólo en áreas específicas de la cubierta, su valor es de 1708.8 Kg/m<sup>2</sup> (350 Lb/ft<sup>2</sup>); las cargas se obtienen de acuerdo a los anchos tributarios de las trabes. Estos valores consideran un caso extremo de carga viva y por tanto, se deben reducir para las condiciones de carga accidentales.

Quedan incluidos dentro del concepto de carga viva, los líquidos contenidos en recipientes y los materiales almacenados en lugares a propósito; se debe de considerar para cada caso, cual es el valor que permanece actuando cuando se suspende la operación de la plataforma por mal tiempo.

### 3.1.2.3 Viento (Operación, Tormenta)

Las fuerzas ejercidas por el viento sobre los elementos estructurales son calculados de acuerdo con la norma API-RP2A-WSD, tal como se indica en la sección 2.3.2.b “Propiedades del viento”

La velocidad del viento que se considera en el área correspondiente a la plataforma es tomada de la norma NRF-003-PEMEX-2000, en cada caso ya sea para operación o para tormenta como se observa en las figuras siguientes, donde la condición con tormentas de invierno exclusivamente es considerada para condición en operación.

Areas: Ku, Ixtal-1.

Profundidad de agua: 63 a 77 m

Parámetros	Diseño	Evaluación			
		Rango Elástico	Resistencia última		
		Nivel diseño	Moderada	Alta	Muy alta
Período de retorno de referencia (años)	171	94	719	854	1431
Altura de ola máxima (m)	16.70	15.00	21.00	21.50	23.00
Período de la ola (s)	11.74	11.26	13.05	13.21	13.69
Marea astronómica (m)	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Marea de tormenta (m)	1.01	0.95	1.17	1.19	1.24
Velocidades máximas de viento a 10 m sobre el NMM (m/s)					
3 s	58.08	52.60	73.19	74.90	80.02
5 s	56.13	50.83	70.73	72.38	77.33
15 s	51.93	47.02	65.44	66.96	71.54
1 min	46.63	42.22	58.76	60.13	64.24
1 h	38.96	35.28	49.10	50.24	53.68
Velocidades de corriente (cm/s):					
0% de la profundidad	131	115	173	178	193
50% de la profundidad	100	86	121	124	133
95% de la profundidad	46	41	56	58	61

**Tabla 5.- Parámetros para la condición de tormenta**

Areas: Ku, Ixtal – I.

Profundidad de agua: 63 a 77 m

Período de retorno (años)	10
Altura de ola significativa (m)	4.68
Altura máxima de la ola (m)	8.7
Período de la ola (s)	11.08
Altura de la marea astronómica (m)	0.76
Altura de la marea de tormenta (m)	0.35
Velocidades máximas de viento a 10 m (m/s), promedios de 1 h	15.8
Velocidades de corriente (cm/s)	
0%	43
50%	36
95%	11

**Tabla 6.- Parámetros para la condición de operación**

La fuerza que actúa sobre los objetos, se calcula con la fórmula 2.3.2-8 de la norma API y es:

$$F=(p/2)u^2C_sA$$

Donde:

F= fuerza del viento

P=densidad de la masa del aire (0.0023668 slugs/ft<sup>3</sup>)

U=velocidad del viento (ft/s)

C<sub>s</sub>=coeficiente de forma

A=área del objeto (ft<sup>2</sup>)

Coefficientes de forma (C<sub>s</sub>):

Elemento	C <sub>s</sub>
Vigas	1.5
Caras de construcciones	1.5
Secciones cilíndricas	0.5
Areas proyectadas sobre plataforma	1.0

**Tabla 7.- Coeficientes de forma**

La fórmula anterior está relacionada con el perfil del viento, esto es, la velocidad del viento se incrementa a partir de una altura z=32.8 ft.

La velocidad del viento de una hora  $U_{(z)}$  (ft/s) a partir del nivel  $z$  (ft) está dada por la siguiente fórmula:

$$U_{(z)}=U_0 \times [1 + C \times \ln(z/32.8)]$$
$$C=5.73 \times 10^{-2} \times (1 + 0.0457 \times U_0)^{1/2}$$

Donde:

$U_0$  (ft/s)=velocidad del viento de una hora a 32.8ft sobre el nivel del mar.

$z$  (ft)=altura sobre el nivel del mar.

### 3.1.2.4 Combinaciones

Resulta indispensable para el análisis estructural la agrupación de cargas en forma de condiciones de carga, con objeto de diferenciar los efectos provocados por la acción de cada una de éstas en la estructura, identificando además los diversos tipos de cada carga que deben combinarse para intervenir en un análisis determinado, considerando las diversas direcciones de incidencia del oleaje, así como las magnitudes de éste correspondientes al período de retorno aplicable.

Cada combinación de cargas expresa una condición a la que se sujeta la estructura, con objeto de conocer su comportamiento.

Usualmente se realiza una combinación de cargas para cada una de las direcciones de incidencia del oleaje para las condiciones de tormenta. En cambio, para las condiciones de operación, las direcciones de incidencia del oleaje no son importantes, considerando para este caso combinaciones de carga en que se analizan alternativas de la distribución de los equipos.

### 3.1.3 Diagramas de cargas

LOAD CONDITION 4

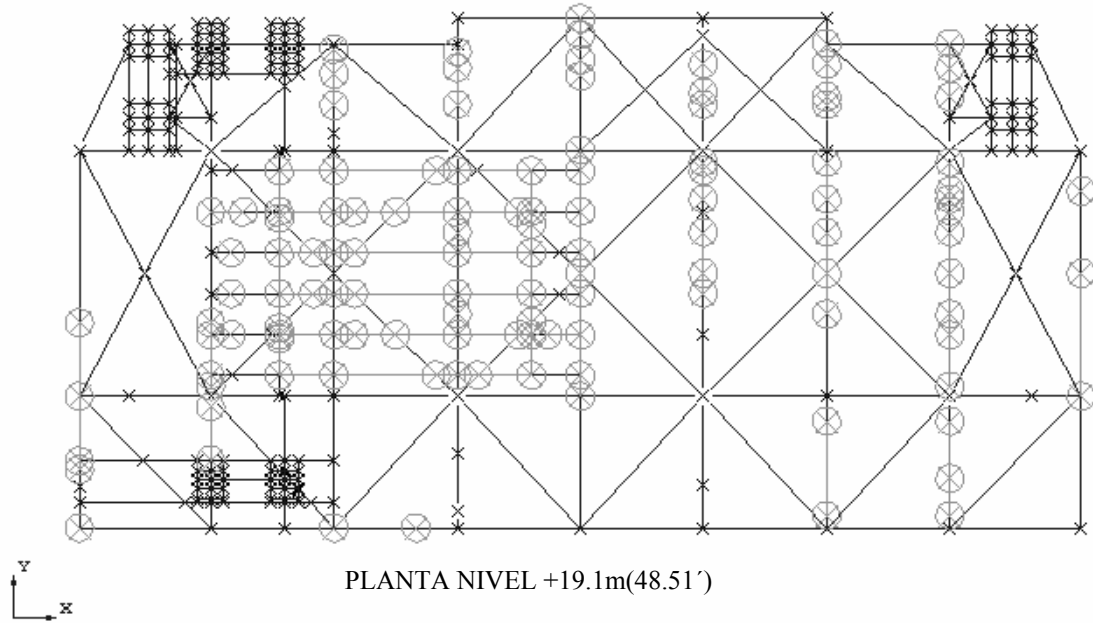
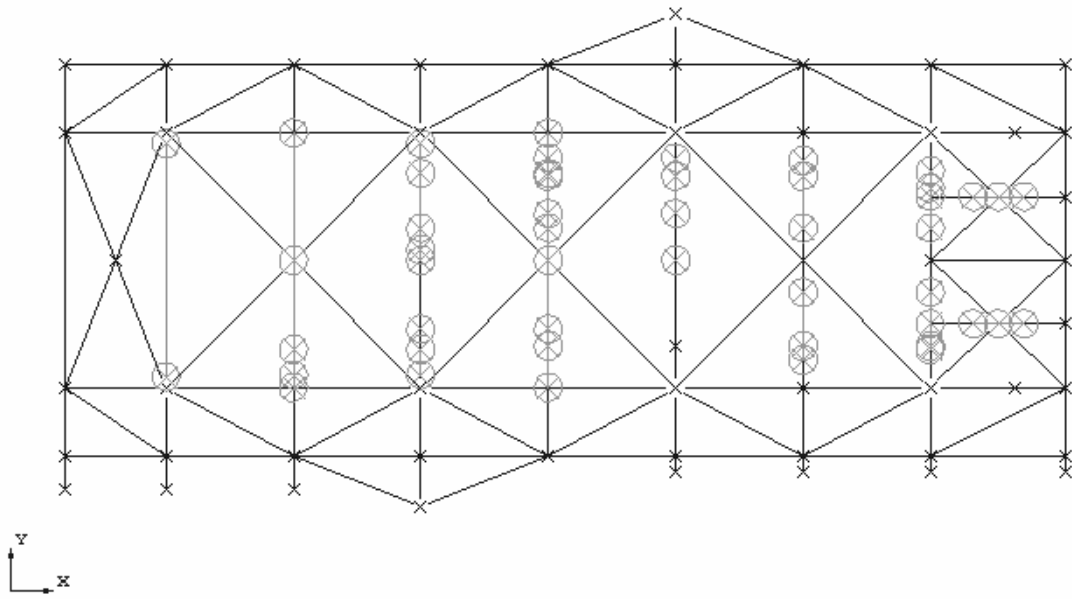


Fig.52.-CARGA MUERTA DE EQUIPO = -808.62 ton(-1765.044 kips)

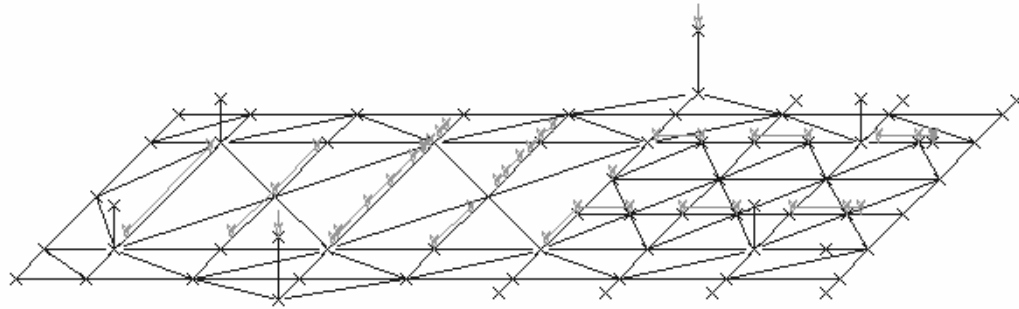


PLANTA NIVEL +31.1m(102.04')

Fig.53.-CARGA MUERTA DE EQUIPO = -248.33 ton(-547.508 kips)



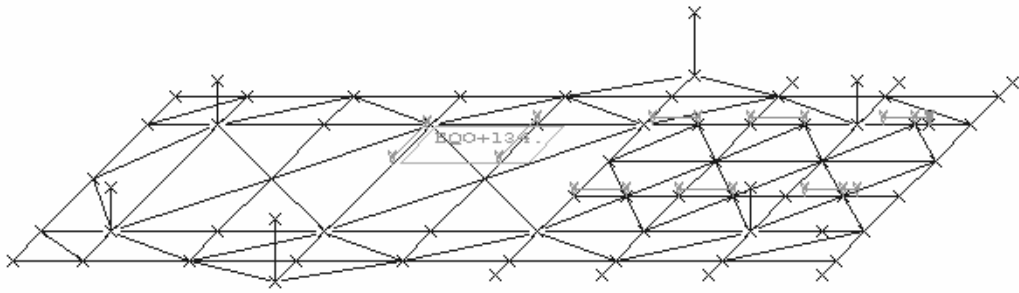
LOAD CONDITION 6



PLANTA NIVEL +41.1m(134.85')

Fig.54.-CARGA MUERTA DE EQUIPO = -709.80 ton(-1564.818 kips)

LOAD CONDITION 7



PLANTA NIVEL +41.1m(134.85')



Fig.55.-CARGA DE EQUIPO EN OPERACIÓN = -1035.58 ton(-2283.031 kips)

LOAD CONDITION 8

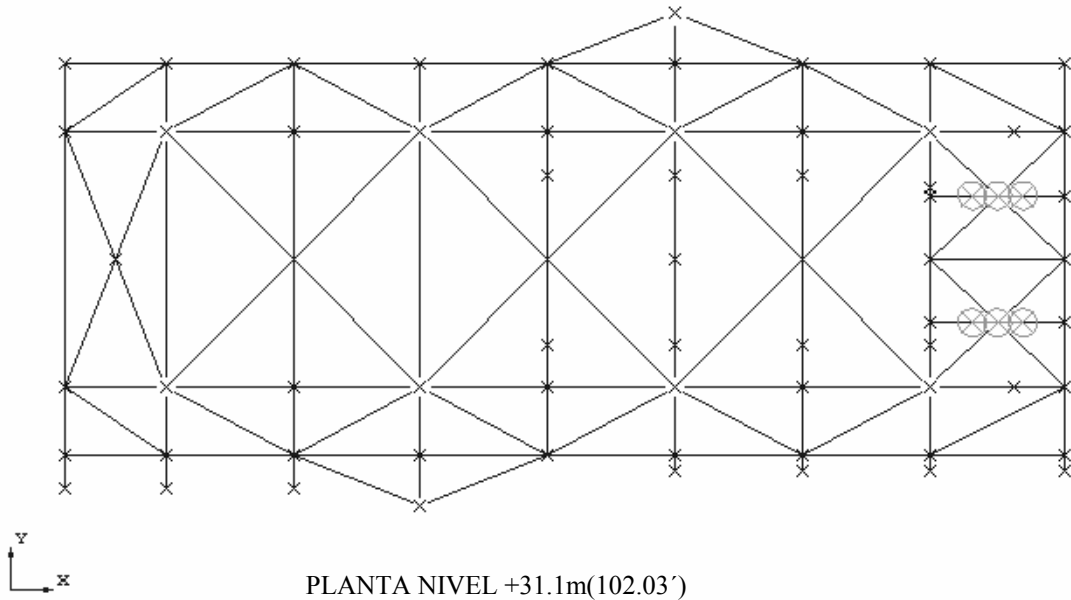
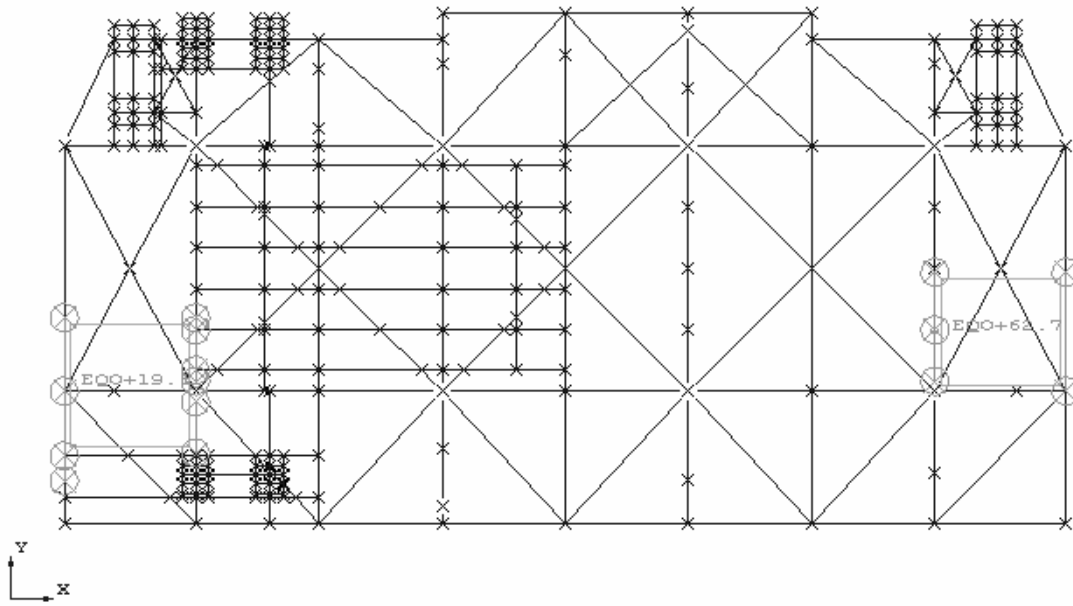


Fig.56.-CARGA DE EQUIPO EN OPERACIÓN = -57.15 ton(-126.00. kips)

LOAD CONDITION 9



PLANTA NIVEL +19.1m(62.67')

Fig.57.-CARGA DE EQUIPO EN OPERACIÓN = -89.86 ton(-198.104. kips)

### 3.1.4 Oleaje

Para las cargas de oleaje el programa SACS, determina las fuerzas hidrodinámicas por medio de la ecuación de Morison.

$$F=1/2 \rho C_d A u |u| + \rho C_m V du/dt$$

Donde:

F= fuerza hidrodinámica (lb)

$\rho$ = Densidad del agua [(lb-seg<sup>2</sup>)/pie<sup>2</sup>]

A= Area expuesta proyectada por el elemento en la dirección del movimiento del agua (pie<sup>2</sup>).

C<sub>d</sub>= Coeficiente de arrastre.

C<sub>m</sub>= Coeficiente de masa o inercia.

u= Componente del vector de velocidad del agua, perpendicular al eje del elemento (pie/seg)

V= Volumen desplazado por el elemento (pie<sup>3</sup>).

du/dt= Componente del vector de aceleración del agua, perpendicular al eje del elemento (pie/seg<sup>2</sup>).

Las velocidades y aceleraciones de las partículas de agua son funciones de la altura de ola, de su período, del tirante de agua, de la distancia al fondo marino y del tiempo. Estas funciones pueden determinarse por diferentes métodos o teorías entre las que se encuentran:

- Ola de Airy o Lineal
- Stokes de 5° orden
- Función de corriente
- Ola senoidal
- Ola solitaria

La aplicación de cada una de las teorías se define con base en parámetros, considerando aquí los parámetros señalados por la norma NRF-003-PEMEX-2000 para cada área, en nuestro caso se consideran los del área Ku.

Como ejemplo se presentan los datos correspondientes al diseño de estructuras para la condición de Operación:

Período de retorno	(años)	10.00
Altura de ola significativa	(m)	4.68
Altura máxima de la ola (m)	(m)	8.70
Período de la ola	(s)	11.08
Altura de la marea astronómica	(m)	0.76

Altura de la marea de tormenta	(m)	0.35
Velocidades máximas de viento a 10 m	(m/s) 1 h	15.08
Velocidades de corriente (cm/s)	0%	43.00
	50%	36.00
	95%	11.00
Coefficiente de cinemática de la ola		1.00
Coefficiente de arrastre	Superficie rugosa	Cd = 1.05
Coefficiente de inercia	Superficie rugosa	Cm = 1.20

**Tabla 8.- Datos para diseño en condición de operación**

A continuación se presenta el cálculo de los parámetros para la determinación de las fuerzas de oleaje:

Período aparente de la ola:

Período de la ola:  $T = 11.08 \text{ s}$

Tirante de agua incluyendo marea de tormenta y marea astronómica:

$$d = 80.00 + 0.76 + 0.35 = 81.11 \text{ m (266.11 ft)}$$

Velocidad promedio del perfil de la corriente:

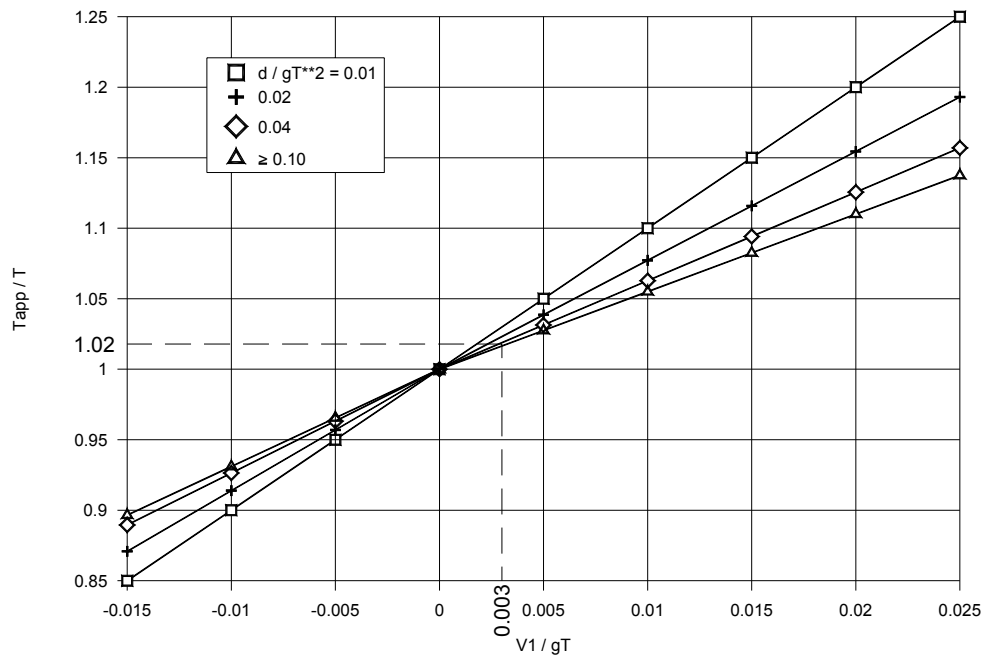
$$V1 = (43 + 36 + 11) / 3 = 30 \text{ cm/s (0.98 ft/s)}$$

Aceleración de la gravedad:  $g = 981 \text{ cm/s}^2 (32.2 \text{ ft/s}^2)$

$$V1 / gT = (30 \text{ cm/s}) / (981 \text{ cm/s}^2 * 11.08 \text{ s}) = 0.003$$

$$d / gT^2 = 8111 \text{ cm} / [981 \text{ cm/s}^2 (11.08 \text{ s})^2] = 0.746$$

Con estos valores se emplea la gráfica 2.3.1-2 del API RP-2A:



**Gráfica 1.- Efecto Doppler**

De acuerdo con esta gráfica se encuentra un valor de  $T_{app} / T = 1.02$ :

$$T_{app} = 1.02 T = 1.02 (11.08) = 11.30 \text{ s}$$

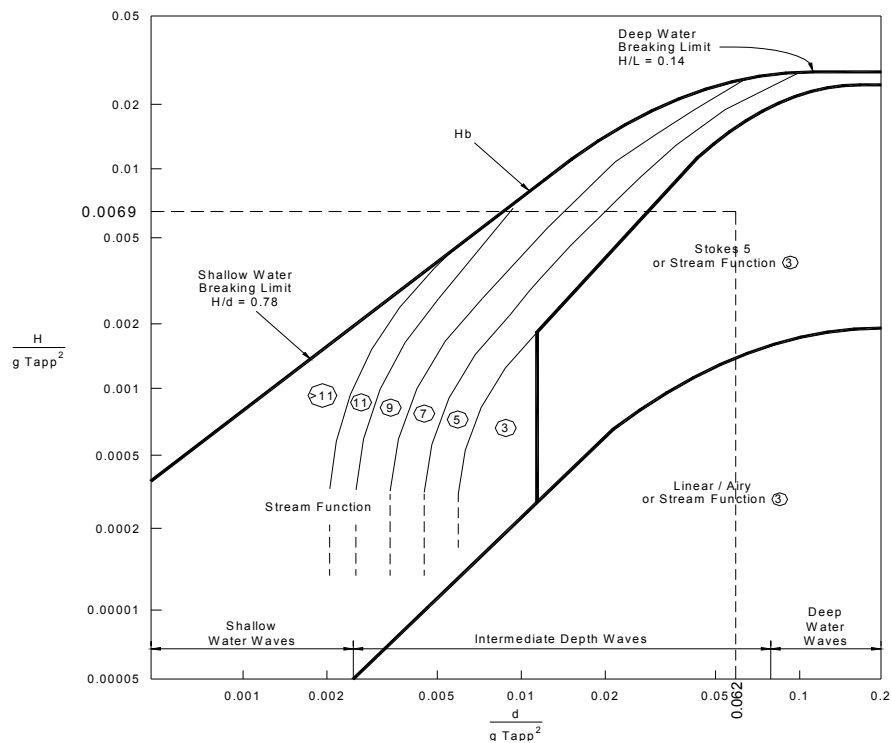
Cinemática bidimensional de la ola:

$$d / g T_{app}^2 = 8111 \text{ cm} / [ 981 \text{ cm/s}^2 (11.30 \text{ s})^2 ] = 0.062$$

Altura máxima de la ola

$$H / g T_{app}^2 = 870 \text{ cm} / [ 981 \text{ cm/s}^2 (11.30 \text{ s})^2 ] = 0.0069$$

Usando la gráfica 2.3.1-3 del API RP-2A:



**Gráfica 2.- Regiones donde se aplica Stream Function, Stokes 5 y Teoría lineal de oleaje**  
De acuerdo con esta gráfica, se debe usar la teoría "Stream function" de 3er orden.



Este resultado se debe de introducir al programa junto con algunos de los parámetros vistos, para que el programa pueda utilizar la fórmula de Morison.

Para cada dirección de oleaje se requiere hacer un barrido de olas ubicando a diferentes distancias la posición de la cresta de tal manera que permita conocer la posición crítica de la ola, que al actuar sobre la plataforma le provoque el momento de volteo máximo.

### **3.1.5 Sismo**

El sismo se puede entender como un movimiento de la tierra que va a inducir un movimiento en una estructura por medio de su cimentación; para poder empezar un análisis sísmico se necesita convertir las masas de la estructura en fuerzas, las cuales pueden ser obtenidas con la segunda ley de Newton  $F=ma$ ; para que a partir de estas fuerzas se puedan obtener los cortantes en cada masa considerada.

Existen diversos procedimientos para calcular las sollicitaciones que el sismo de diseño introduce en la estructura, estos se pueden subdividir en dos grupos: los de tipo estático y los dinámicos.

#### **Análisis estático**

Los métodos de este tipo se basan generalmente en la determinación de la fuerza lateral total (cortante en la base) a partir de la fuerza de inercia que se induce en un sistema equivalente de un grado de libertad, para después distribuir esta cortante en fuerzas concentradas a diferentes alturas de la estructura, obtenidas suponiendo que ésta va a vibrar esencialmente en su primer modo natural.

#### **Análisis dinámico**

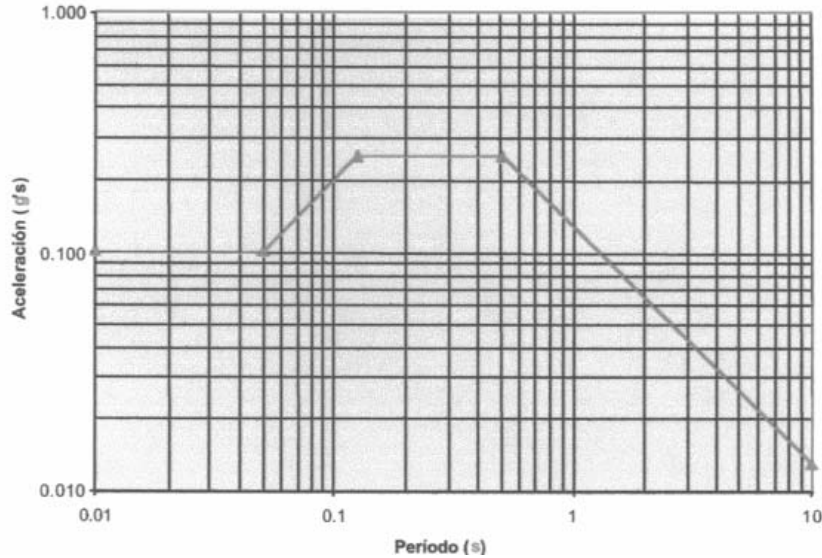
En los métodos dinámicos se realiza una idealización de la estructura a base de masas y resortes; el método dinámico más utilizado es el análisis modal con técnicas de espectro de respuesta.

Para este método se determinan los tres primeros modos de traslación, y todos aquellos adicionales que tengan un período mayor que 0.4 segundos. Para calcular la participación de cada modo natural en las fuerzas laterales que actúan sobre la estructura, se considera la aceleración correspondiente al espectro de diseño reducido por ductilidad y para el período particular del modo en cuestión.

#### **Análisis sísmicos en las plataformas**

PEMEX por medio de la norma de referencia NRF-003 pide que se elaboren dos análisis sísmicos; un análisis a nivel de resistencia y otro a nivel de ductilidad.

El análisis a nivel de resistencia, es para garantizar que la plataforma posee niveles de resistencia y rigidez adecuados, para evitar un daño estructural significativo ante la presencia de un sismo que tiene una probabilidad razonable de ser excedido durante la vida útil de la plataforma. Este análisis se considera satisfecho si la estructura es adecuada para soportar las cargas obtenidas a partir del espectro de diseño siguiente:



**Fig.58.- Espectro de diseño a nivel de resistencia (200 años de período de retorno)**

Este espectro corresponde al espectro para suelo tipo B indicado en el API-RP-2.

El análisis a nivel de ductilidad se realiza para garantizar que la plataforma posee la reserva de capacidad suficiente para evitar su colapso ante la presencia de un sismo excepcional e intenso. Este análisis se realiza mediante el método incremental de cargas (pushover), la relación entre la carga última de la estructura (obtenida de este análisis) y la carga de referencia, debe satisfacer el factor de reserva de resistencia mínimo. Considerando las cargas estáticas equivalentes del análisis sísmico a nivel de resistencia, las cuales se incrementan gradualmente para visualizar el factor de reserva de resistencia que tiene la plataforma. El factor de reserva de resistencia mínimo requerido de acuerdo a la categoría de exposición de la plataforma es de 1.60 de acuerdo con lo indicado en la tabla 11.1 de la Norma de referencia NRF-003-PEMEX-2000. La carga de referencia será la correspondiente al nivel de resistencia, o sea el cortante total obtenido a partir del espectro de diseño.

## ***CAPÍTULO 4 Datos del programa***

El objetivo del Análisis en Sitio, es conocer los esfuerzos a los que estarán sujetos los Elementos y Juntas que conforman una Plataforma Marina Fija, bajo la combinación de Cargas Estáticas (cargas gravitatorias, flotación, presión hidrostática, viento, corriente y oleaje). Los requerimientos de resistencia bajo las combinaciones de cargas correspondientes, deben ser aplicados conforme a las recomendaciones del API-RP-2A (WSD), 20ª Edición.

### **4.1 Datos de entrada al Programa SACS.**

Para realizar el análisis es necesario contar con la siguiente información:

- Generar modelo para análisis en sitio, que considera: geometría, cargas gravitatorias (vivas y muertas), cargas ambientales, combinaciones de cargas bajo las cuales se revisarán elementos y juntas (estas se revisan principalmente en el caso de la subestructura) que forman la estructura.
- Estudio geotécnico del sitio de instalación, curvas T-Z, Q-Z y curvas P-Y para condiciones de cargas estáticas (datos cíclicos) este estudio se considera solo en el caso de analizar la estructura completa, por lo que para nuestro caso, como estamos considerando únicamente la superestructura, no es necesario.
- Datos correspondientes a las cargas que se consideran en el análisis (arreglo y pesos de equipo), así como características de los accesorios a instalar durante la vida útil de la plataforma.

#### **4.1.1 Preparación del Archivo.**

El procedimiento de análisis consiste en los siguientes puntos:

- Una vez generado el modelo estructural formado por nodos, elementos, grupos de identificación de elementos, generación de offsets (elementos a cara exterior y no a nodos), cálculo y modelado de factores de longitud efectiva, verificación

de conectividades especiales en elementos, verificación de restricciones nodales, verificación de condiciones de grupos de elementos ( en el caso de la estructura sumergida todos los elementos deberán indicarse que generen flotación, a excepción de piernas de la subestructura y pilotes), etc.

-Se procede a capturar las cargas de estructura no modelada (Sistema de piso y accesorios, separando cargas en cubierta y en subestructura), de equipo (vivas y muertas)

-Se generan las combinaciones de carga, considerando ocho direcciones para condiciones de Operación y ocho direcciones para condición de Tormenta en el caso de un tetrápodo, hexápodo, octápodo ó dodecápodo, en el caso de trípodes se consideran direcciones ortogonales  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $270^\circ$ , además a cada  $30^\circ$  considerando las bisectrices del trípode analizado.

-El archivo con el modelo y cargas está listo para el análisis.

-Desde el menú principal del programa SACS, se hace clic con el ratón en la pestaña “Runfile Wizard” se selecciona el icono correspondiente a “STATIC ANÁLISIS”, en las opciones se activa “Static w/Pile Soil Interaction” para proceder a seguir las instrucciones en la selección de los archivos correspondientes para generar el archivo con extensión “RUN” que contiene las instrucciones para realizar el análisis en cuanto a los archivos de entrada y salida que se han de considerar.

-Una vez generado el archivo tipo “RUN” se procede a ejecutarlo para realizar el análisis, que una vez terminado se procede a abrir los archivos tipo “LST” para observar los resultados en forma de listado o bien de manera gráfica al seleccionar el icono “VIEW RESULTS”.

-El proceso de análisis es iterativo, se realizan los cambios de material o reforzamiento adecuados en las secciones que resulten sobre-esforzadas con el fin lograr resultados satisfactorios.

-Una vez satisfecho con los resultados se procede a realizar el reporte correspondiente, donde se describen las consideraciones en que se basó el análisis, así como los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

## Datos de entrada:

A continuación se muestra un extracto del archivo de entrada de la plataforma considerada para este trabajo.

```

LDOPT SF NF+Z 64.200 490.00 0.00 0.00GLOBEN MPT
PLATAFORMA DE PRODUCCION (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP)
OPTONS EN SDUCJT 1 1 PTPTPT PT
LCSEL ST 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64
LCSEL ST 65 66 67 68 69
AMOD
AMOD 62 1.333 63 1.333 64 1.333 65 1.333 66 1.333 67 1.333 68 1.333
AMOD 69 1.333
SECT
SECT ACE WF 10.001.000 24.000.500
SECT AZZ WF 24.001.750 60.000.750
SECT TNV41-2 PRI307.13187879.1187879.171867.40 60.000 45.000127.1180.0
SECT TNV41-3 PRI211.13105093.6105093.615491.10 60.000 24.000127.184.00
SECT TNV41-4 WF 24.001.750 60.000.625 1.00
SECT TNV41-5 WF 18.001.750 60.000.750
SECT TNV41-6 WF 24.001.750 60.000.750
SECT TR31-10 WF 28.291.750 60.000.750 1.00
SECT TR31-11 WF 12.750.750 24.000.500 1.00
SECT TRN1-1 WF 20.001.500 36.000.750
SECT TRN1-2 WF 15.001.250 24.000.500
GRUP
***** GRUPOS DE COLUMNAS*****
GRUP AA1 60.000 2.000B29.0011.1550.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AA2 60.000 2.000B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00 4.0
GRUP AA2 60.000 2.000B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AA3 60.000 2.000 29.0011.1536.00 1 1.001.00 N490.00
GRUP AA3 60.000 2.000 29.0011.1550.00 1 1.001.00 490.007.40
GRUP AA4 60.000 2.000 29.0011.1550.00 1 1.001.00 N490.004.60
GRUP AA4 60.000 2.000 29.0011.1536.00 1 1.001.00 N490.00
GRUP AA4 60.000 2.000B29.0011.1550.00 1 1.001.00 490.007.75
GRUP AA5 60.000 2.000 29.0011.1550.00 1 1.001.00 N490.004.25
GRUP AA5 60.000 2.000 29.0011.1536.00 1 1.001.00 N490.00
GRUP AA5 60.000 2.000B29.0011.1550.00 1 1.001.00 490.005.25
***** GRUPOS DE SECCIONES TUBULARES *****
GRUP AAC 16.000 0.500B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AAD 16.000 0.500B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AAG TRN31-5 29.0011.1536.00 1 1.001.00 N490.001.75
GRUP AAG TRN31-6 29.0011.1536.00 1 1.001.00 N490.001.75
GRUP AAG TRN31-1 B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AAH TRN31-1 B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AAI TRN19-3 29.0011.6036.00 1 1.001.00 N490.00
GRUP AAI TRN19-8 29.0011.6036.00 1 1.001.00 N490.001.25
GRUP AAI TRN19-7 29.0011.6036.00 1 1.001.00 N490.001.25
***** GRUPOS DE SUPERESTRUCTURA *****
*
***** GRUPOS DEL NIVEL (+) 19.100 *****
GRUP AAQ TRN19-1 B29.0011.6036.00 1 1.001.00 490.001.75
GRUP AAQ TRN19-2 B29.0011.6036.00 1 1.001.00 490.001.75
GRUP AAQ TRN19-3 B29.0011.6036.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AAR TRN19-3 B29.0011.6036.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AAU 12.750 0.375 29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AAX TRN19-4 B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
*
***** GRUPOS DEL NIVEL (+) 31.100 *****
GRUP AAY TRN31-5 B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.001.75
GRUP AAY TRN31-6 B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.001.75
GRUP AAY TRN31-1 B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP AAY TRN31-6 B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.001.75
GRUP AAY TRN31-5 B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.001.75
GRUP AAZ TR31-11 B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
***** GRUPOS DE SECCIONES PARA PUENTES *****
GRUP ACA TRN19-3 29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP ACB TRN19-4 29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP ACC 60.000 2.000 29.0011.1536.00 1 1.001.00 N490.00
GRUP ACC 60.000 2.000 29.0011.1550.00 1 1.001.00 N490.007.75
GRUP ACD TRN19-3 29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP ACE ACE 29.0011.1536.00 1 1.001.00 N490.00
***** PUNTALES PARA PEDESTAL *****
GRUP DP1 20.000 0.500B29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP P18 18.000 0.625 29.0011.6036.00 1 1.001.00 0.50N490.00
GRUP PP1 20.000 0.750 29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP PP3 18.000 0.625 29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP PP4 14.000 0.500 29.0011.6036.00 1 1.001.00 0.50N490.00
GRUP PP5 18.000 0.500 29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP PP6 18.000 0.625 29.0011.6036.00 1 1.001.00 0.50N490.00
GRUP PP7 20.000 0.625 29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
GRUP PP8 24.000 0.750 29.0011.6036.00 1 1.001.00 0.50N490.00
GRUP PP9 24.000 0.750 29.0011.1536.00 1 1.001.00 490.00
MEMBER
MEMBER1 320 322 A11
MEMBER OFFSETS 30.00
MEMBER1 330 363 A11
MEMBER OFFSETS -30.00
MEMBER1 330S023 A11
MEMBER OFFSETS -30.00
MEMBER1 340 342 A11
MEMBER OFFSETS 30.00
MEMBER1 350 349 A11
MEMBER OFFSETS -30.00
MEMBER1 350 367 A11
MEMBER OFFSETS 30.00
MEMBER 363 367 A12
MEMBER 310 326 A16
MEMBER 314 329 A16
MEMBER 326 336 A16
MEMBER 336 346 A16
MEMBER 338 329 A16
MEMBER 346 356 A16
MEMBER 349 358 A16
MEMBER 349 366 A16
MEMBER 358S026 A16
MEMBER 366 338 A16
* COLUMNAS EJE A *
MEMBER2 813 914 AA4
* COLUMNAS EJE B *

```

```

MEMBER2 828 962 AA4
MEMBER OFFSETS
MEMBER OFFSETS 30.00
MEMBER1 918 907 AAG
MEMBER OFFSETS 30.00
MEMBER1 918 916 AAG 7.50
MEMBER OFFSETS
MEMBER1 918 919 AAG -30.00
MEMBER OFFSETS
MEMBER1 920 44 AAG 30.00
MEMBER OFFSETS
MEMBER1 920 909 AAG -30.00
MEMBER OFFSETS 30.00
MEMBER1 920 919 AAG
***** MIEMBROS DE SUPERESTRUCTURA *****
*MEMBER 805504G AAX
MEMBER 807 48 AAX
MEMBER 808502X AAX
MEMBER 809 810 AAX
MEMBER2 809 819 AAX
MEMBER OFFSETS -30.00
MEMBER 809502X AAX
MEMBER1 8135035 AAX
MEMBER OFFSETS 22.68 19.65
MEMBER 814 97 AAX
MEMBER1 815 48 AAX 0.800.80
MEMBER OFFSETS 23.11 19.13
MEMBER1 815 805 AAX 0.800.80
MEMBER OFFSETS -23.11 19.13
MEMBER 816 807 AAX
MEMBER 8165033 AAX
MEMBER2 8175032 AAX
JOINT
JOINT 41 0.000-20.184 99.534
JOINT 42 30.000-20.184 99.534
JOINT 43 0.000 19.816 99.534
JOINT 44 30.000 19.816 99.534
JOINT 45 90.000 15.000 99.534
JOINT 46 90.000-15.000 99.534
JOINT 47 30.000 0.000 99.534
JOINT 48 0.000 62.000 60.164
JOINT 49 -72.000-30.000 60.164
JOINT 50 -72.000-62.000 60.164
***** NUDOS DE SUPERESTRUCTURA *****
JOINT 803 -105.00 56.000 60.164
JOINT 804 -90.000 56.000 60.164
JOINT 805 -60.000 56.000 60.164
JOINT 806 -30.000 50.000 60.164
JOINT 807 0.000 52.001 60.164
JOINT 808 30.000 62.000 60.164
JOINT 809 60.000 56.000 60.164
JOINT 810 90.000 56.000 60.164
JOINT 811 110.000 59.281 60.164
JOINT 812 -122.00 30.000 60.164
AREA
*** AREAS PROYECTADAS PARA PRESION DE VIENTO *****
* DIRECCION "X" 0 GRADOS
* NIVEL (+) 19.100 M *
AREA1X1005.0 -82.03 0.00 66.68 1.00 837 862 828 813 804 64 F
AREA2X1005.0 -82.03 0.00 53.56 1.00 837 862 828 813 804 64 F
* NIVEL (+) 31.100 M *
AREA3X1522.0 -82.03 0.00 108.60 1.00 974 962 914 905 F
AREA4X 580.0 -82.03 0.00 94.53 1.00 974 914 914 905 F
*
* DIRECCION "X" 180 GRADOS
* NIVEL (+) 19.100 M *
AREAAX1005.0 97.97 0.00 66.76 1.00 803 62 834 885 883 881 819F
AREABX1005.0 97.97 0.00 53.56 1.00 803 62 834 885 883 881 819F
* NIVEL (+) 31.100 M *
AREACX1522.0 97.97 0.00 108.60 1.00 981 970 955 945 934 922 F
AREADX1522.0 587.97 0.00 94.53 1.00 981 970 955 945 934 922 F
*
* DIRECCION "Y" 90 GRADOS
* NIVEL (+) 19.100 M *
AREA1Y1922.0 0.00 21.86 66.76 1.00 827 828 829 830 831 832 833F
AREA2Y1922.0 0.00 21.86 53.56 1.00 827 828 829 830 831 832 833F
* NIVEL (+) 31.100 M *
AREA3Y3076.0 0.00 21.86 108.60 1.00 961 962 964 966 967 968 969F
AREA4Y1172.0 0.00 21.86 94.53 1.00 961 962 964 966 967 968 969F
*
* DIRECCION "Y" A 270 GRADOS
* NIVEL (+) 19.100 M *
AREAAY1922.0 0.00 81.85 66.76 1.00 812 813 814 815 816 817 818F
AREABY1922.0 0.00 81.85 53.56 1.00 812 813 814 815 816 817 818F
* NIVEL (+) 31.100 M *
AREACY3076.0 0.00 81.85 108.60 1.00 913 914 916 918 919 920 921F
AREADY3076.0 0.00 81.85 94.53 1.00 913 914 916 918 919 920 921F
LOAD
LOADCN 1
LOADLB 1CARGA MUERTA GENERADA
DEAD
DEAD -Z M
LOADCN 2
LOADLB 2CARGA LARGUEROS
***LDS1** -116.000 -61.960 60.164 -116.000 30.040 60.164 -84.000
***LDS2** -61.960 60.164 -84.000 30.040 60.164 13.930
***LDS3** 0.250 0 1 3 0 02 -2EQUPPRESLAR+19.1
LOAD Z 828 72 -0.3343 -0.3343 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 836508Q -0.2228 -0.2228 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 109508A -0.2228 -0.2228 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 827 812 -0.2228 -0.2228 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 61 83 -0.2228 -0.2228 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 72 61 -0.8435 -0.8435 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 83 88 -0.2228 -0.2228 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 88 93 -0.2228 -0.2228 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 93 77 -0.2228 -0.2228 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 837508L -0.2228 -0.2228 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 77 813 -0.3343 -0.3343 GLOB UNIF LAR+19.1
LOAD Z 1195081 -0.2543 -0.2543 GLOB UNIF LAR+19.1
LOADCN 3
LOADLB 3CARGA REJILLA
***LDS1** -62.000 60.164 60.164 30.000 60.164 122.000
***LDS2** -62.000 60.164 122.000 30.000 60.164 9.197
***LDS3** 0.250 0 1 3 0 03 -2EQUPPRESREJ+19.1

```

LOAD Z	880 817	-0.3310	-0.3310							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	881 819	-0.3421	-0.3421							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	832 884	-0.3310	-0.3310							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	834 885	-0.3421	-0.3421							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	882 880	-0.2759	-0.2759							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	883 881	-0.2851	-0.2851							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	884 882	-0.2759	-0.2759							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	885 883	-0.2851	-0.2851							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	823503J	-0.1379	-0.1379							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	831503G	-0.1379	-0.1379							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	835 820	-0.1471	-0.1471							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	840 831	-0.1379	-0.1379							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOAD Z	844 835	-0.1471	-0.1471							GLOB UNIF	REJ+19.1
LOADCN	4										
LOADLB	4CARGA MUERTA EQUIPO NIV.+19.1M										
LOAD Z	80 78	-0.2630	-0.2630							GLOB UNIF	CCM-62.7
LOAD Z	80 78	-1.0100	-1.0100							GLOB UNIF	CCM-62.7
LOAD Z	785059	-0.2630	-0.2630							GLOB UNIF	CCM-62.7
LOAD Z	785059	-1.0100	-1.0100							GLOB UNIF	CCM-62.7
LOAD Z	5059 79	-0.2630	-0.2630							GLOB UNIF	CCM-62.7
LOAD Z	79503N	-0.2630	-0.2630							GLOB UNIF	CCM-62.7
LOADCN	5										
LOADLB	5CARGA MUERTA EQUIPO NIV.+31.1M										
LOAD	943	-2.2000								GLOB JOIN	EQV+102.
LOAD Z	947 916	-0.4040	-0.4040							GLOB UNIF	EQV+102.
LOAD Z	947 916	-0.7350	-0.7350							GLOB UNIF	EQV+102.
LOAD Z	964 947	-0.4040	-0.4040							GLOB UNIF	EQV+102.
LOAD Z	964 947	3.00000	-1.10006.00000	-1.1000						GLOB UNIF	EQV+102.
LOAD Z	935 936	-1.83706.00000	-1.8370							GLOB UNIF	EQV+102.
LOAD Z	956 957	-1.83706.00000	-1.8370							GLOB UNIF	EQV+102.
LOAD Z	962 914	-1.0650	-1.0650							GLOB UNIF	EQV+102.
LOAD Z	966 918	35.0000	-2.193013.0000	-2.1930						GLOB UNIF	EQV+102.
LOAD Z	966 918	11.2500	-5.5100							GLOB CONC	EQV+102.
LOAD Z	966 918	0.50000	-1.10006.00000	-1.1000						GLOB UNIF	EQV+102.
LOAD Z	966 918	27.5000	-0.735027.5000	-0.7350						GLOB UNIF	EQV+102.
LOADCN	6										
LOADLB	6CARGA MUERTA EQUIPO NIV.+41.1M										
LOAD	397	-77.200								GLOB JOIN	EQV+134.
LOAD	408	-11.020								GLOB JOIN	EQV+134.
LOAD Z	310 326	9.50000	-4.83006.50000	-4.8300						GLOB UNIF	EQV+134.
LOAD Z	334 322	-3.463024.0000	-3.4630							GLOB UNIF	EQV+134.
LOAD Z	342 334	6.00000	-3.463024.0000	-3.4630						GLOB UNIF	EQV+134.
LOAD Z	324 309	-1.89004.00000	-1.8900							GLOB UNIF	EQV+134.
LOAD Z	366 396	-7.6430	-7.6430							GLOB UNIF	EQV+134.
LOAD Z	340 320	3.50000	-3.463048.0000	-3.4630						GLOB UNIF	EQV+134.
LOAD Z	344 324	3.50000	-1.341048.0000	-1.3410						GLOB UNIF	EQV+134.
LOADCN	7										
LOADLB	7CARGA EQUIPO EN OPERACION NIV.+41.1M										
LOAD Z	3285022	-23.460	-23.460							GLOB UNIF	EQQ+134.
LOAD Z	399 410	-23.460	-23.460							GLOB UNIF	EQQ+134.
LOAD Z	5023 329	-23.460	-23.460							GLOB UNIF	EQQ+134.
LOAD Z	366 396	-23.460	-23.460							GLOB UNIF	EQQ+134.
LOAD Z	3305024	5.00000	-23.460	-23.460						GLOB UNIF	EQQ+134.
LOAD Z	5024504P	-23.460	-23.460							GLOB UNIF	EQQ+134.
LOAD Z	504P 332	-23.4600.50000	-23.460							GLOB UNIF	EQQ+134.
LOADCN	8										
LOADLB	8CARGA EQUIPO EN OPERACION NIV.+31.1										
LOAD Z	935 936	-5.25006.00000	-5.2500							GLOB UNIF	EQQ+102.
LOAD Z	45 935	10.0000	-5.2500	-5.2500						GLOB UNIF	EQQ+102.
LOAD Z	46 956	10.0000	-5.2500	-5.2500						GLOB UNIF	EQQ+102.
LOAD Z	956 957	-5.25006.00000	-5.2500							GLOB UNIF	EQQ+102.
LOADCN	9										
LOADLB	9CARGA EQUIPO EN OPERACION NIV.+19.1M										
***LDS1**	-122.000	-45.000	60.164	-122.000	-12.000	60.164	-90.000				
***LDS2**	-45.000	60.164	-90.000	-12.000	60.164	100.000					
***LDS3**	0.250	0	1	3	0	09	-2EQUPPRESEQ+19.1				
LOAD Z	109508A	-2.0000	-2.0000							GLOB UNIF	EQQ+62.7
LOAD Z	827 812	-1.600018.0000	-1.6000							GLOB UNIF	EQQ+62.7
LOADCN	10										
LOADLB	10CARGA VIVA AREAS LIBRES NIV.+19.1M										
LOAD Z	838508N	-0.9000	-0.9000							GLOB UNIF	CVP+62.7
LOAD Z	840 831	-0.9000	-0.9000							GLOB UNIF	CVP+62.7
LOAD Z	816 807	-0.9000	-0.9000							GLOB UNIF	CVP+62.7
LOAD Z	842 833	-0.9000	-0.9000							GLOB UNIF	CVP+62.7
LOAD Z	818 809	-0.9000	-0.9000							GLOB UNIF	CVP+62.7
LOAD Z	827 812	-0.3600	-0.3600							GLOB UNIF	CVP+62.7
LOAD Z	844 835	-0.3600	-0.3600							GLOB UNIF	CVP+62.7
LOAD Z	835 820	-0.3600	-0.3600							GLOB UNIF	CVP+62.7
LOAD Z	817504I	-0.9000	-0.9000							GLOB UNIF	CVP+62.7
LOADCN	11										
LOADLB	11CARGA VIVA AREAS LIBRES NIV.+31.1M										
***LDS1**	-70.000	-30.000	99.534	-70.000	-10.000	99.534	45.000				
***LDS2**	-30.000	99.534	45.000	-10.000	99.534	350.000					
***LDS3**	0.250	0	1	3	0	011	-2EQUPPRESC.V.31.1				
LOAD Z	968 42	-14.088	-14.088							GLOB UNIF	C.V.102.
LOAD Z	42 47	-10.50010.1837	-10.500							GLOB UNIF	C.V.102.
LOAD Z	966 918	-12.00017.5000	-12.000							GLOB UNIF	C.V.102.
LOAD Z	964 41	-10.500	-10.500							GLOB UNIF	C.V.102.
LOAD Z	41 943	-10.50010.1837	-10.500							GLOB UNIF	C.V.102.
LOAD Z	964 947	-8.750020.0000	-8.7500							GLOB UNIF	C.V.102.
***LDS1**	-114.000	30.000	99.534	-114.000	46.000	99.534	122.000				
***LDS2**	30.000	99.534	122.000	46.000	99.534	100.000					
***LDS3**	0.250	0	1	3	0	011	-2EQUPPRESC.V.102.				
LOADCN	12										
LOADLB	12CARGA VIVA AREAS LIBRES NIV.+41.1M										
***LDS1**	30.000	-54.001	132.014	30.000	-46.001	132.014	122.000				
***LDS2**	-54.001	132.014	122.000	-46.001	132.014	100.000					
***LDS3**	0.250	0	1	3	0	012	-2EQUPPRESC.V.41.1				
LOAD Z	5025 357	-1.5000	-1.5000							GLOB UNIF	C.V.134.
LOAD Z	5027 359	-3.1000	-3.1000							GLOB UNIF	C.V.134.
LOAD Z	5026 358	-3.0000	-3.0000							GLOB UNIF	C.V.134.
LOAD Z	5028 360	-1.6000	-1.6000							GLOB UNIF	C.V.134.
LOADCN	13										
LOADLB	13CARGA TUBERIAS NIV.+41.1M										
LOAD Z	344 355	-2.249010.5000	-2.2490							GLOB UNIF	TUB+134.
LOAD Z	346 356	-4.498013.0000	-4.4980							GLOB UNIF	TUB+134.
LOAD Z	3575025	-4.4980	-4.4980							GLOB UNIF	TUB+134.
LOAD Z	348 357	-4.4980	-4.4980							GLOB UNIF	TUB+134.
LOAD Z	348 399	-4.49808.50000	-4.4980							GLOB UNIF	TUB+134.
LOAD Z	3585026	-4.4980	-4.4980							GLOB UNIF	TUB+134.
LOADCN	14										
LOADLB	14CARGA MUERTA EN MODULOS NIV.+19.1M										
LOAD Z	827 812	5.00000	-15.400							GLOB CONC	TUB+62.7
LOAD	72	-6.6100								GLOB JOIN	TUB+62.7
LOAD	75	-16.530								GLOB JOIN	TUB+62.7

LOAD	73			-16.530			GLOB JOIN	TUB+62.7
LOAD Z	840	831	16.0000	-11.020			GLOB CONC	TUB+62.7
LOAD Z	832	60	13.5000	-11.020			GLOB CONC	TUB+62.7
LOAD Z	842	833	5.00000	-8.1600			GLOB CONC	TUB+62.7
LOAD Z	62	843	7.00000	-24.900			GLOB CONC	TUB+62.7
LOAD Z	885	883	7.00000	-22.050			GLOB CONC	TUB+62.7
LOAD Z	833	824	22.0000	-22.050			GLOB CONC	TUB+62.7
LOAD Z	824	818	19.0000	-6.6000			GLOB CONC	TUB+62.7
LOAD Z	819	881	8.50000	-15.400			GLOB CONC	TUB+62.7
LOADCN	15							
LOADLB	15	CARGA MUERTA EN MODULOS NIV.	+31.1M					
LOAD Z	968	979		-0.9640			GLOB UNIF	TUB+102
LOAD Z	969	980		-2.8920			GLOB UNIF	TUB+102
LOAD Z	920	909		-2.2490			GLOB UNIF	TUB+102
LOAD Z	922	911		-2.2490			GLOB UNIF	TUB+102
LOAD Z	910	921		-4.4980			GLOB UNIF	TUB+102
LOAD Z	968	42	2.50000	-4.4980			GLOB UNIF	TUB+102
LOAD Z	47	42	13.0000	-4.4980			GLOB UNIF	TUB+102
LOAD Z	969	953	5.00000	-4.4980			GLOB UNIF	TUB+102
LOAD Z	953	944		-4.49807.18400	-4.4980		GLOB UNIF	TUB+102
LOAD	914			-66.130			GLOB JOIN	TUB+102
LOADCN	16							
LOADLB	16	PESO MUERTO DE PUENTES(4 PUENTES)NIV	19.1M					
LOAD	804			-81.700			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850			-81.700			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862			-40.850			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875			-132.36			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873			-132.36			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119			-40.850			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	856			-132.00			GLOB JOIN	CM-PUEN
LOAD	803			-132.00			GLOB JOIN	CM-PUEN
LOADCN	17							
LOADLB	17	C.M.DE PASILLOS EN PUENTES(4 PUENTES)						
LOAD	804			-11.510			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850			-11.510			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862			-5.7550			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875			-9.0200			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873			-9.0200			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119			-5.7550			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	856			-8.9800			GLOB JOIN	CM-PUEN
LOAD	803			-8.9800			GLOB JOIN	CM-PUEN
LOADCN	18							
LOADLB	18	C.V.PASILLOS EN PUENTES(4 PUENTES)						
LOAD	804			-61.580			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850			-61.580			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862			-30.790			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	862			-30.790			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875			-59.300			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873			-59.300			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119			-30.790			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	856			-30.790			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	856			-8.9800			GLOB JOIN	CV-P-PUEN
LOAD	803			-8.9800			GLOB JOIN	CV-P-PUEN
LOADCN	19							
LOADLB	19	C.M. TUBERIAS EN PUENTES(4 PUENTES)						
LOAD	804			-31.120			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850			-31.120			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862			-62.240			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875			-83.730			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873			-83.730			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119			-62.240			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	856			-91.833			GLOB JOIN	CM-T-PUEN
LOAD	803			-91.833			GLOB JOIN	CM-T-PUEN
LOADCN	20							
LOADLB	20	INCREMENTO POR OPERACION DE TUBERIAS						
LOAD	804			-9.2600			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850			-9.2600			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	875			-48.110			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873			-48.110			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	856			-47.969			GLOB JOIN	INC-0-TU
LOAD	803			-47.969			GLOB JOIN	INC-0-TU
LOADCN	21							
LOADLB	21	VIENTO OPERACION EN PUENTES O GR.						
LOAD	804	2.46000		1.61000			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	2.46000		-1.6100			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	2.46000		-1.6100			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	6.60000					GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	6.60000					GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	2.46000		1.61000			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		-0.04500	0.14900			GLOB JOIN	V-OP-PU
LOAD	856		-0.0130	0.1600			GLOB JOIN	V-OP-PU
LOADCN	22							
LOADLB	22	VIENTO OPERACION EN PUENTES 45 GR.						
LOAD	804	2.000002.000001.06000					GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	2.000002.00000-1.0600					GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	2.000002.00000-1.0600					GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	2.000002.00000-1.0600					GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	3.310003.310002.75000					GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	3.310003.31000-2.7500					GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	2.000002.000001.06000					GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		1.750001.71400				GLOB JOIN	V-OP-PU
LOAD	856		2.28500-1.4740				GLOB JOIN	V-OP-PU
LOADCN	23							
LOADLB	23	VIENTO OPERACION EN PUENTES 90 GR.						
LOAD	804		3.51000				GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850		3.51000				GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862		3.51000				GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875		3.130002.48000				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873		3.13000-2.4800				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119		3.51000				GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		1.780001.52100				GLOB JOIN	V-OP-PU
LOAD	856		2.24100-1.5210				GLOB JOIN	V-OP-PU
LOADCN	24							
LOADLB	24	VIENTO OPERACION EN PUENTES 135 GR.						
LOAD	804		-1.92001.92000-0.9700				GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850		-1.92001.92000.97000				GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862		-1.92001.92000.97000				GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875		-3.20003.200002.52000				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873		-3.20003.20000-2.5200				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119		-1.92001.92000.97000				GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		1.810001.46300				GLOB JOIN	V-OP-PU
LOAD	856		2.29500-1.7020				GLOB JOIN	V-OP-PU
LOADCN	25							
LOADLB	25	VIENTO OPERACION EN PUENTES 180 GR.						
LOAD	804		-2.4600	-1.6100			GLOB JOIN	PUENTE 2



LOAD	850	-2.4600	1.61000			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	-2.4600	1.61000			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	-6.6000				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	-6.6000				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	-2.4600	-1.6100			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		0.04500-0.1640			GLOB JOIN	V-OP-PU
LOAD	856		0.01400-0.1600			GLOB JOIN	V-OP-PU
LOADCN	26						
LOADLB	26	VIENTO OPERACION EN PUENTES 225 GR.					
LOAD	804	-2.0000	-2.0000-1.0000			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	-2.0000	-2.00001.00000			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	-2.0000	-2.00001.06000			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	-3.3100	-3.3100-2.7500			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	-3.3100	-3.31002.75000			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	-2.0000	-2.0000-1.0600			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		-1.7550-1.7140			GLOB JOIN	V-OP-PU
LOAD	856		-2.28501.47400			GLOB JOIN	V-OP-PU
LOADCN	27						
LOADLB	27	VIENTO OPERACION EN PUENTES 270 GR.					
LOAD	804	-3.5100				GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	-3.5100				GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	-3.5100				GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	-3.1300	-2.4800			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	-3.1300	-2.48000			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	-3.5100				GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803	-1.7990	-1.5210			GLOB JOIN	V-OP-PU
LOAD	856	-2.2430	-1.52100			GLOB JOIN	V-OP-PU
LOADLB	29	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 0 GR.					
LOAD	804	14.9700	9.78000			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	14.9700	-9.7800			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	14.9700	-9.7800			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	40.1300				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	40.1300				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	14.9700	9.78000			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		-0.27600.99600			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOAD	856		-0.08400.97300			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOADCN	30						
LOADLB	30	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 45 GR.					
LOAD	804	12.2200	12.22006.44000			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	12.2200	12.2200-6.4400			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	12.2200	12.2200-6.4400			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	20.1400	20.140016.7100			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	20.1400	20.1400-16.710			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	12.2200	12.22006.44000			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		10.682010.4220			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOAD	856		13.8960-8.9650			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOADCN	31						
LOADLB	31	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 90 GR.					
LOAD	804	21.3700				GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	21.3700				GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	21.3700				GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	19.0500	15.0600			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	19.0500	-15.060			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	21.3700				GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		10.82109.25000			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOAD	856		13.6400-9.2500			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOADCN	32						
LOADLB	32	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 135 GR.					
LOAD	804	-11.7000	11.7000-5.8900			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	-11.7000	11.70005.89000			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	-11.7000	11.70005.89000			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	-19.4400	19.440015.3200			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	-19.4400	19.4400-15.320			GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	-11.7000	11.7000-5.8900			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		10.98908.89800			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOAD	856		13.9650-10.355			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOADCN	33						
LOADLB	33	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 180 GR.					
LOAD	804	-14.970	-9.7800			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	850	-14.970	9.78000			GLOB JOIN	PUENTE 2
LOAD	862	-14.970	9.78000			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	875	-40.130				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	873	-40.130				GLOB JOIN	PUENTE 1
LOAD	119	-14.970	-9.7800			GLOB JOIN	PUENTE 3
LOAD	803		0.27600-0.9960			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOAD	856		0.08400-0.9720			GLOB JOIN	V-TR-PU
LOADCN	34						
LOADCN	37						
LOADLB	37	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA O GR.					
WIND							
WIND		30.74	0.0	21AP1X2X3X4X			
LOADCN	38						
LOADLB	38	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 45 GR					
WIND							
WIND		30.74	45.00	21AP1X2X3X4X	1Y2Y3Y4Y		
LOADCN	39						
LOADLB	39	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 90 GR					
WIND							
WIND		30.74	90.00	21AP1Y2Y3Y4Y			
LOADCN	40						
LOADLB	40	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 135 G					
WIND							
WIND		30.74	135.00	21AP1Y2Y3Y4Y	AXBXCXDX		
LOADCN	41						
LOADLB	41	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 180 G					
WIND							
WIND		30.74	180.00	21APAXBXCXDX			
LOADCN	45						
LOADLB	45	VIENTO TORMENTA EN ESTRUCTURA O GR.					
WIND							
WIND		75.80	0.0	21AP1X2X3X4X			
LOADCN	46						
LOADLB	46	VIENTO TORMENTA EN ESTRUCTURA 45 GR.					
WIND							
WIND		75.80	45.00	21AP1X2X3X4X	1Y2Y3Y4Y		
LOADCN	47						
LOADLB	47	VIENTO TORMENTA EN ESTRUCTURA 90 GR.					
WIND							
WIND		75.80	90.00	21AP1Y2Y3Y4Y			
LOADCN	48						
LOADLB	48	VIENTO TORMENTA EN ESTRUCTURA 135 GR					
WIND							
WIND		75.80	135.00	21AP1Y2Y3Y4Y	AXBXCXDX		
LOADCN	49						
LOADLB	49	VIENTO TORMENTA EN ESTRUCTURA 180 GR					

```

WIND
WIND      75.80      180.00      21APAXBXCXDX
*
*COMBINACION PARA CARGAS GRAVITACIONALES *
LCOMB
LCOMB  53  1 1.050  2 1.000  3 1.000  4 1.000  5 1.000  6 1.000
LCOMB  53  7 1.000  8 1.000  9 1.000 10 1.000 11 1.000 12 1.000
LCOMB  53 13 1.000 14 1.000 15 1.000 16 1.000 17 1.000 18 1.000
LCOMB  53 19 1.000 20 1.000
*
*COMBINACION PARA CARGAS DE OPERACION *
LCOMB  54  1 1.000  2 1.000  3 1.000  4 1.000  5 1.000  6 1.000
LCOMB  54  7 1.000  8 1.000  9 1.000 10 1.000 11 1.000 12 1.000
LCOMB  54 13 1.000 14 1.000 15 1.000 16 1.000 17 1.000 18 1.000
LCOMB  54 19 1.000 20 1.000 21 1.000 22 1.000
*
LCOMB  55  1 1.050  2 1.000  3 1.000  4 1.000  5 1.000  6 1.000
LCOMB  55  7 1.000  8 1.000  9 1.000 10 1.000 11 1.000 12 1.000
LCOMB  55 13 1.000 14 1.000 15 1.000 16 1.000 17 1.000 18 1.000
LCOMB  55 19 1.000 20 1.000 21 1.000 22 1.000 23 1.000
*
LCOMB  56  1 1.050  2 1.000  3 1.000  4 1.000  5 1.000  6 1.000
LCOMB  56  7 1.000  8 1.000  9 1.000 10 1.000 11 1.000 12 1.000
LCOMB  56 13 1.000 14 1.000 15 1.000 16 1.000 17 1.000 18 1.000
LCOMB  56 19 1.000 20 1.000 21 1.000 22 1.000 23 1.000 24 1.000
*
*COMBINACIONES PARA CARGAS DE TORMENTA *
LCOMB  62  1 1.050  2 1.000  3 1.000  4 1.000  5 1.000  6 1.000
LCOMB  62  7 1.000  8 1.000  9 1.000 100.7000 110.7000 120.7000
LCOMB  62 13 1.000 14 1.000 15 1.000 16 1.000 17 1.000 180.7000
LCOMB  62 19 1.000 20 1.000 21 1.000 22 1.000 23 1.000 24 1.000
*
LCOMB  63  1 1.050  2 1.000  3 1.000  4 1.000  5 1.000  6 1.000
LCOMB  63  7 1.000  8 1.000  9 1.000 100.7000 110.7000 120.7000
LCOMB  63 13 1.000 14 1.000 15 1.000 16 1.000 17 1.000 180.7000
LCOMB  63 19 1.000 20 1.000 21 1.000 22 1.000 23 1.000 24 1.000
*
LCOMB  64  1 1.050  2 1.000  3 1.000  4 1.000  5 1.000  6 1.000
LCOMB  64  7 1.000  8 1.000  9 1.000 100.7000 110.7000 120.7000
LCOMB  64 13 1.000 14 1.000 15 1.000 16 1.000 17 1.000 180.7000
LCOMB  64 19 1.000 20 1.000 21 1.000 22 1.000 23 1.000 24 1.000
END
END

```

SACS Release 5.1

\*\*\*\*\* EDI/SACS IV SEASTATE PROGRAM \*\*\*\*\*

TIME 08:36:55

ID=13400534  
SEA PAGE 1

PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP)

SEA VERSION 5.1.06

\*\*\*\*\* SEASTATE OPTIONS \*\*\*\*\*

```

ANALYSIS OPTIONS      UNITS (ENGLISH OR METRIC) ..... ENGLISH
                       VERTICAL COORDINATE ..... +Z
                       ALL MEMBERS ..... NON-FLOODED
                       DENSITY OF SEAWATER ..... 64.20 LBS/CU.FT.
                       DENSITY OF CONSTRUCTION MATERIAL ..... 490.00 LBS/CU.FT.
                       MUDLINE ELEVATION ..... 0.00 FT
                       WATER DEPTH ..... 0.00 FT

LOAD OPTIONS          GENERATE LOADS IN STRUCTURAL COORD. .. YES
                       GENERATE LOADS IN MEMBER COORD. .... NO
                       GENERATE LOAD COMBINATIONS ..... NO
                       OUTPUT SELECTED LOAD CASES ONLY ..... NO
                       GENERATE TIME HISTORY LOADS ..... NO
                       GENERATE BASE TRANSFER FUNCTION ..... NO
                       GENERATE WIND GUST LOADS ..... NO

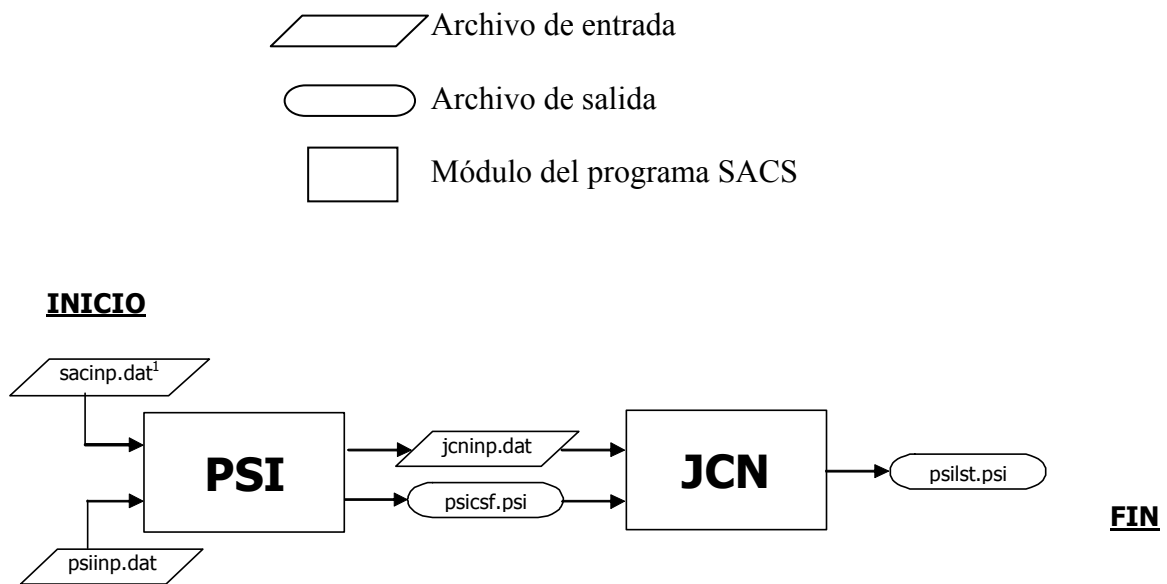
HYDROSTATIC COLLAPSE PERFORM HYDROSTATIC COLLAPSE CHECK ... NO
OPTIONS              HYDROSTATIC COLLAPSE FOR FLOODED GROUPS NO

PRINT OPTIONS        INPUT ECHO ..... NO PRINT
                       OUTPUT ECHO ..... NO PRINT
                       SACS IV INPUT REPORTS ..... PRINT
                       SEASTATE INPUT REPORTS ..... PRINT
                       MEMBER SUMMARY FOR SEASTATE LOADS ..... PRINT

```

#### 4.1.2 Comandos

A continuación se presenta el diagrama de flujo del Análisis, indicando los módulos empleados del programa SACS y los nombres de archivos de entrada y salida.



#### Módulos:

**PSI** Static w/ Pile Soil Interaction

**JCN** Post, Joint Can

**PST** Post, Element stress / code check

Descripción de archivos de **entrada** utilizados:

- sacinp.dat.-** archivo de entrada del modelo con cargas básicas y combinaciones.
- psiinp.sup .-** datos de mecánica de suelos, curvas T-Z, Q-Z, curvas P-Y para condiciones de cargas estáticas (datos cíclicos).
- pstinp.pst.-** archivo de entrada para revisar elementos estructurales (AISC / API).
- jcninp.dat.-** archivo de entrada para revisar juntas (AISC / API).

Descripción de los archivos de **salida** generados:

**psilst.psi.-** listado de resultados del análisis estático (resumen de cargas, reacciones desplazamientos, elementos mecánicos, combinación de esfuerzos), pudiendo incluir listado de resultados de la revisión de elementos estructurales (AISC / API) y listado de resultados de la revisión de juntas (AISC / API).

# CAPÍTULO 5 Resultados

A continuación se muestran extractos de los resultados obtenidos por el programa para la plataforma considerada en este trabajo

## 5.1 Propiedades Mecánicas de todos los elementos.

SACS Release 5.1  
PLATAFORMA DE PRODUCCION (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) TIME 08:37:00 PRE PAGE 2 ID=13400534

TUBULAR MEMBER PROPERTIES

GRP	M/S	JOINT THICK FT	WALL THICK IN	OUTSIDE DIAM. IN	E 1000 KSI	G 1000 KSI	AXIAL AREA IN**2	**** MOMENTS OF INERTIA ****			YIELD STRESS KSI	KY	KZ	SHAER AREA IN**2	RING SPACE FT	SECT LENG FT	TAPER FT
								X-X IN**4	Y-Y IN**4	Z-Z IN**4							
A17	1	0.00	0.500	16.00	29.0	11.6	24.347	1463.9	731.94	731.94	36.0	1.0	1.0	12.17	0.00	0.00	0.00
AA1	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AA2	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	4.00	0.00
AA2	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AA3	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AA3	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	7.40	0.00
AA4	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	4.60	0.00
AA4	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AA4	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	7.75	0.00
AA5	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	4.25	0.00
AA5	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AA5	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	5.25	0.00
AA6	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	7.00	0.00
AA6	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AA7	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AA7	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	4.60	0.00
AA8	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	8.35	0.00
AA8	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AA8	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	4.06	0.00
AA9	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	3.94	0.00
AA9	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AA9	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	5.50	0.00
AAB	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.6	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	182.21	0.00	4.60	0.00
AAB	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.6	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	182.21	0.00	0.00	0.00
AAC	1	0.00	0.500	16.00	29.0	11.1	24.347	1463.9	731.94	731.94	36.0	1.0	1.0	24.35	0.00	0.00	0.00
AAD	1	0.00	0.500	16.00	29.0	11.1	24.347	1463.9	731.94	731.94	36.0	1.0	1.0	24.35	0.00	0.00	0.00
AAU	1	0.00	0.375	12.75	29.0	11.1	14.579	558.67	279.34	279.34	36.0	1.0	1.0	14.58	0.00	0.00	0.00
ABB	1	0.00	0.375	12.75	29.0	11.2	14.579	558.67	279.34	279.34	36.0	1.0	1.0	14.58	0.00	0.00	0.00
ABD	1	0.00	0.365	10.75	29.0	11.1	11.908	321.47	160.73	160.73	36.0	1.0	1.0	11.91	0.00	0.00	0.00
ABL	1	0.00	1.250	76.00	29.0	11.1	293.54	0.41016E+06	0.20508E+06	0.20508E+06	36.0	1.0	1.0	293.54	0.00	0.00	0.00
ABO	1	0.00	1.000	36.00	29.0	11.1	109.96	33701.	16851.	16851.	36.0	1.0	1.0	109.96	0.00	0.00	0.00
ABP	1	0.00	1.000	36.00	29.0	11.1	109.96	33701.	16851.	16851.	36.0	1.0	1.0	109.96	0.00	0.00	0.00
ABR	1	0.00	1.000	42.00	29.0	11.1	128.81	54163.	27081.	27081.	36.0	1.0	1.0	128.81	0.00	0.00	0.00
ABT	1	0.00	1.250	62.00	29.0	11.6	238.56	0.22020E+06	0.11010E+06	0.11010E+06	36.0	1.0	1.0	119.28	0.00	0.00	0.00
ABW	1	0.00	0.750	48.00	29.0	11.1	111.33	62154.	31077.	31077.	36.0	1.0	1.0	111.33	0.00	0.00	0.00
ABX	1	0.00	0.750	24.00	29.0	11.1	54.782	7410.9	3705.5	3705.5	36.0	1.0	1.0	54.78	0.00	0.00	0.00
AC1	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	4.25	0.00
AC1	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AC2	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
AC2	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	5.25	0.00
ACC	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	36.0	1.0	1.0	364.42	0.00	0.00	0.00
ACC	1	0.00	2.000	60.00	29.0	11.1	364.42	0.30685E+06	0.15342E+06	0.15342E+06	50.0	1.0	1.0	364.42	0.00	7.75	0.00
ADA	1	0.00	0.500	12.75	29.0	11.1	19.242	723.09	361.54	361.54	36.0	1.0	1.0	19.24	0.00	0.00	0.00
D42	1	0.00	1.000	36.00	29.0	11.1	109.96	33701.	16851.	16851.	36.0	1.0	1.0	109.96	0.00	0.00	0.00
DD1	1	0.00	0.500	12.75	29.0	11.6	19.242	723.09	361.54	361.54	36.0	1.0	1.0	9.62	0.00	0.00	0.00
DP1	1	0.00	0.500	20.00	29.0	11.1	30.631	2913.7	1456.9	1456.9	36.0	1.0	1.0	30.63	0.00	0.00	0.00
P18	1	0.00	0.625	18.00	29.0	11.6	34.116	2578.1	1289.1	1289.1	36.0	1.0	1.0	17.06	0.00	0.00	0.00
PP3	1	0.00	0.625	18.00	29.0	11.1	34.116	2578.1	1289.1	1289.1	36.0	1.0	1.0	34.12	0.00	0.00	0.00
PP4	1	0.00	0.500	14.00	29.0	11.6	21.206	967.51	483.76	483.76	36.0	1.0	1.0	10.60	0.00	0.00	0.00
PP5	1	0.00	0.500	18.00	29.0	11.1	27.489	2106.3	1053.2	1053.2	36.0	1.0	1.0	27.49	0.00	0.00	0.00

SACS Release 5.1  
PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) DATE 19-JUL-2004 TIME 08:37:00 PRE PAGE 4 ID=13400534

WIDE FLANGE/WIDE FLANGE COMPACT MEMBER PROPERTIES

GRP	M/S	JNT THK FT	** FLANGE THICK IN	** WEB WIDTH THICK IN	FILET RAD. IN	DEPTH IN	E 1000 KSI	G 1000 KSI	AXIAL AREA IN**2	**** MOMENTS OF INERTIA ****			YIELD STRESS KSI	KY	KZ	FLANGE BRACE FT	SECT LEN FT	TPR FT
										X-X IN**4	Y-Y IN**4	Z-Z IN**4						
A13	1	0.0	1.75	24.00	0.625	1.000	60.00	29.0	11.6	119.3	90.57	0.8067E+05	4033.	50.0	1.0	1.0	0.0	0.00
A14	1	0.0	2.00	87.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	390.0	471.3	0.3038E+06	0.2195E+06	50.0	1.0	1.0	0.0	1.75
A14	1	0.0	2.00	45.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	222.0	247.3	0.1624E+06	0.3038E+05	50.0	1.0	1.0	0.0	1.75
A14	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	50.0	1.0	1.0	0.0	0.00
A16	1	0.0	1.75	18.00	0.750	0.750	60.00	29.0	11.6	105.4	71.73	0.6473E+05	1703.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
A18	1	0.0	1.75	24.00	0.750	0.750	60.00	29.0	11.6	126.4	93.16	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AAA	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.6	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AAG	1	0.0	2.00	87.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	390.0	471.3	0.3038E+06	0.2195E+06	36.0	1.0	1.0	0.0	1.75
AAG	1	0.0	2.00	45.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	222.0	247.3	0.1624E+06	0.3038E+05	36.0	1.0	1.0	0.0	1.75
AAG	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AAH	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AAI	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.6	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AAI	1	0.0	1.75	28.29	0.750	1.000	60.00	29.0	11.6	141.4	110.0	0.9529E+05	6606.	36.0	1.0	1.0	0.0	1.25

AAX	1	0.0	1.50	18.00	0.625	1.000	60.00	29.0	11.1	89.63	46.27	0.5586E+05	1459.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AAY	1	0.0	2.00	87.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	390.0	471.3	0.3038E+06	0.2195E+06	36.0	1.0	1.0	0.0	1.75
AAZ	1	0.0	2.00	87.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	390.0	471.3	0.1624E+06	0.3038E+05	36.0	1.0	1.0	0.0	1.75
AAZ	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AAZ	1	0.0	2.00	45.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	222.0	247.3	0.1624E+06	0.3038E+05	36.0	1.0	1.0	0.0	1.75
AAZ	1	0.0	2.00	87.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	390.0	471.3	0.3038E+06	0.2195E+06	36.0	1.0	1.0	0.0	1.75
AAZ	1	0.0	0.75	12.75	0.500	1.000	24.00	29.0	11.1	30.38	5.456	3060.	259.3	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
ABC	1	0.0	1.50	18.00	0.625	1.000	50.00	29.0	11.1	83.38	45.46	0.3717E+05	1459.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
ABE	1	0.0	1.50	18.00	0.625	1.000	60.00	29.0	11.1	89.63	46.27	0.5586E+05	1459.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
ABK	1	0.0	1.50	18.00	0.625	1.000	60.00	29.0	11.1	89.63	46.27	0.5586E+05	1459.	36.0	1.0	1.0	3.8	0.00
ABM	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
ABZ	1	0.0	2.00	87.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.6	390.0	471.3	0.3038E+06	0.2195E+06	36.0	1.0	1.0	0.0	1.75
ABZ	1	0.0	2.00	45.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.6	222.0	247.3	0.1624E+06	0.3038E+05	36.0	1.0	1.0	0.0	1.75
ABZ	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.6	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
ACA	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
ACB	1	0.0	1.50	18.00	0.625	1.000	60.00	29.0	11.1	89.63	46.27	0.5586E+05	1459.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
ACD	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
ACE	1	0.0	1.00	10.00	0.500	0.500	24.00	29.0	11.1	31.00	7.682	3090.	166.9	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
ACF	1	0.0	1.75	24.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	126.4	94.68	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AKA	1	0.0	2.00	87.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.6	390.0	471.3	0.3038E+06	0.2195E+06	36.0	1.0	1.0	0.0	1.75
AKA	1	0.0	2.00	45.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.6	222.0	247.3	0.1624E+06	0.3038E+05	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AXX	1	0.0	1.50	18.00	0.750	1.000	60.00	29.0	11.1	96.00	50.26	0.5779E+05	1460.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
AZZ	1	0.0	1.75	24.00	0.750	0.750	60.00	29.0	11.6	126.4	93.16	0.8255E+05	4034.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
TS1	1	0.0	1.50	20.00	0.750	0.750	36.00	29.0	11.6	84.75	50.14	0.2011E+05	2001.	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00
TS2	1	0.0	1.25	15.00	0.500	0.500	24.00	29.0	11.6	48.25	20.16	5271.	703.3	36.0	1.0	1.0	0.0	0.00

SACS Release 5.1 ID=13400534  
 PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) DATE 19-JUL-2004 TIME 08:37:00 PRE PAGE 6

PRISMATIC MEMBER PROPERTIES

GRP	M/S	JOINT THICK FT	HEIGHT IN	WIDTH IN	E KSI	G KSI	AXIAL AREA IN**2	***** MOMENTS OF INERTIA *****			YIELD STRESS KSI	KY	KZ	SECTION LENGTH FT
								X-X IN**4	Y-Y IN**4	Z-Z IN**4				
A11	1	0.00	60.00	87.00	29.0	11.1	475.13	0.33167E+06	0.33167E+06	0.37712E+06	50.0	1.0	1.0	1.75
A11	1	0.00	60.00	45.00	29.0	11.1	307.13	0.18788E+06	0.18788E+06	71867.	50.0	1.0	1.0	1.75
A11	1	0.00	60.00	24.00	29.0	11.1	211.13	0.10509E+06	0.10509E+06	15491.	50.0	1.0	1.0	0.00
A12	1	0.00	60.00	24.00	29.0	11.6	211.13	0.10509E+06	0.10509E+06	15491.	50.0	1.0	1.0	0.00
A15	1	0.00	60.00	87.00	29.0	11.1	475.13	0.33167E+06	0.33167E+06	0.37712E+06	50.0	1.0	1.0	1.75
A15	1	0.00	60.00	45.00	29.0	11.1	307.13	0.18788E+06	0.18788E+06	71867.	50.0	1.0	1.0	1.75
A15	1	0.00	60.00	24.00	29.0	11.1	211.13	0.10509E+06	0.10509E+06	15491.	50.0	1.0	1.0	0.00
A15	1	0.00	60.00	45.00	29.0	11.1	307.13	0.18788E+06	0.18788E+06	71867.	50.0	1.0	1.0	1.75
A15	1	0.00	60.00	87.00	29.0	11.1	475.13	0.33167E+06	0.33167E+06	0.37712E+06	50.0	1.0	1.0	1.75

## 5.2 Sumatoria de Cargas.

SACS Release 5.1 ID=13400534  
 \*\*\*\*\* EDI/SACS IV SEASTATE PROGRAM \*\*\*\*\* DATE 19-JUL-2004 TIME 08:36:55 SEA PAGE 139

PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP)

\*\* SEASTATE BASIC LOAD CASE DESCRIPTIONS \*\*

LOAD CASE	LOAD LABEL	***** DESCRIPTION *****
1	1	CARGA MUERTA GENERADA
2	2	CARGA LARGUEROS
3	3	CARGA REJILLA
4	4	CARGA MUERTA EQUIPO NIV.+19.1M
5	5	CARGA MUERTA EQUIPO NIV.+31.1M
6	6	CARGA MUERTA EQUIPO NIV.+41.1M
7	7	CARGA EQUIPO EN OPERACION NIV.+41.1M
8	8	CARGA EQUIPO EN OPERACION NIV.+31.1M
9	9	CARGA EQUIPO EN OPERACION NIV.+19.1M
10	10	CARGA VIVA AREAS LIBRES NIV.+19.1M
11	11	CARGA VIVA AREAS LIBRES NIV.+31.1M
12	12	CARGA VIVA AREAS LIBRES NIV.+41.1M
13	13	CARGA TUBERIAS NIV.+41.1M
14	14	CARGA MUERTA EN MODULOS NIV.+19.1M
15	15	CARGA MUERTA EN MODULOS NIV.+31.1M
16	16	PESO MUERTO DE PUENTES(4 PUENTES)NIV
17	17	C.M.DE PASILLOS EN PUENTES(4 PUENTES)
18	18	C.V.PASILLOS EN PUENTES(4 PUENTES)NI
19	19	C.M. TUBERIAS EN PUENTES(4 PUENTES)N
20	20	INCREMENTO POR OPERACION DE TUB.EN P
21	21	VIENTO OPERACION EN PUENTES 0 GR.
22	22	VIENTO OPERACION EN PUENTES 45 GR.
23	23	VIENTO OPERACION EN PUENTES 90 GR.
24	24	VIENTO OPERACION EN PUENTES 135 GR.
25	25	VIENTO OPERACION EN PUENTES 180 GR.
26	26	VIENTO OPERACION EN PUENTES 225 GR.
27	27	VIENTO OPERACION EN PUENTES 270 GR.
28	28	VIENTO OPERACION EN PUENTES 315 GR.
29	29	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 0 GR.
30	30	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 45 GR.
31	31	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 90 GR.
32	32	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 135 GR.
33	33	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 180 GR.
34	34	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 225 GR.
35	35	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 270 GR.
36	36	VIENTO TORMENTA EN PUENTES 315 GR.
37	37	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 0 GR.
38	38	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 45 GR
39	39	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 90 GR
40	40	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 135 G
41	41	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 180 G
42	42	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 225 G
43	43	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 270 G
44	44	VIENTO OPERACION EN ESTRUCTURA 315 G
45	45	VIENTO TORMENTA EN ESTRUCTURA 0 GR.

SACS Release 5.1 ID=13400534  
 \*\*\*\*\* EDI/SACS IV SEASTATE PROGRAM \*\*\*\*\* DATE 19-JUL-2004 TIME 08:36:55 SEA PAGE 140

PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP)

\*\* SEASTATE BASIC LOAD CASE DESCRIPTIONS \*\*

LOAD	LOAD	***** DESCRIPTION *****
------	------	-------------------------

CASE	LABEL								
46	46	VIENTO	TORMENTA	EN	ESTRUCTURA	45	GR.		
47	47	VIENTO	TORMENTA	EN	ESTRUCTURA	90	GR.		
48	48	VIENTO	TORMENTA	EN	ESTRUCTURA	135	GR.		
49	49	VIENTO	TORMENTA	EN	ESTRUCTURA	180	GR.		
50	50	VIENTO	TORMENTA	EN	ESTRUCTURA	225	GR.		
51	51	VIENTO	TORMENTA	EN	ESTRUCTURA	270	GR.		
52	52	VIENTO	TORMENTA	EN	ESTRUCTURA	315	GR.		

SACS Release 5.1 \*\*\*\*\* EDI/SACS IV SEASTATE PROGRAM \*\*\*\*\* DATE 19-JUL-2004 ID=13400534 SEA PAGE 141  
 TIME 08:36:55

PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP)

\*\*\*\*\* SEASTATE BASIC LOAD CASE SUMMARY \*\*\*\*\*  
 RELATIVE TO MUDLINE ELEVATION

LOAD CASE	LOAD LABEL	FX (KIPS)	FY (KIPS)	FZ (KIPS)	MX (FT-KIPS)	MY (FT-KIPS)	MZ (FT-KIPS)	DEAD LOAD (KIPS)	BUOYANCY (KIPS)
1	1	0.000	0.000	-4795.421	-1646.735	6458.760	0.000	4795.427	0.000
2	2	0.000	0.000	-992.495	2187.414	6635.541	0.000	0.000	0.000
3	3	0.000	0.000	-643.579	1429.264	4327.054	0.000	0.000	0.000
4	4	0.000	0.000	-1765.044	10048.710	-8481.031	0.000	0.000	0.000
5	5	0.000	0.000	-547.508	-1135.241	8536.364	0.000	0.000	0.000
6	6	0.000	0.000	-1564.818	-7127.377	21886.236	0.000	0.000	0.000
7	7	0.000	0.000	-2283.031	-23083.775	136735.344	0.000	0.000	0.000
8	8	0.000	0.000	-126.000	0.000	13356.001	0.000	0.000	0.000
9	9	0.000	0.000	-198.104	4811.402	-4848.399	0.000	0.000	0.000
10	10	0.000	0.000	-2105.767	29460.146	-22430.104	0.000	0.000	0.000
11	11	0.000	0.000	-1795.419	16669.645	-15341.704	0.000	0.000	0.000
12	12	0.000	0.000	-1387.024	14864.767	11312.216	0.000	0.000	0.000
13	13	0.000	0.000	-1271.080	12649.155	84110.500	0.000	0.000	0.000
14	14	0.000	0.000	-176.270	4205.843	3473.684	0.000	0.000	0.000
15	15	0.000	0.000	-762.943	9675.833	6067.342	0.000	0.000	0.000
16	16	0.000	0.000	-773.820	-29939.426	-19777.500	0.000	0.000	0.000
17	17	0.000	0.000	-70.530	-2409.027	-2788.530	0.000	0.000	0.000
18	18	0.000	0.000	-382.880	-7193.755	-9384.721	0.000	0.000	0.000
19	19	0.000	0.000	-537.846	-13801.209	-16825.951	0.000	0.000	0.000
20	20	0.000	0.000	-210.678	-10068.547	-1470.510	0.000	0.000	0.000
21	21	23.040	-0.058	-0.011	4.131	1442.984	-645.286	0.000	0.000
22	22	16.620	20.655	-0.820	-1312.644	986.966	-968.899	0.000	0.000
23	23	0.000	24.321	0.000	-1480.511	0.000	-902.145	0.000	0.000
24	24	-14.080	18.185	1.701	-1218.616	-732.524	-56.128	0.000	0.000
25	25	-23.040	0.059	-0.324	-17.191	-1478.159	645.181	0.000	0.000
26	26	-14.620	-18.660	-0.240	1133.257	-941.878	713.424	0.000	0.000
27	27	0.000	-24.342	0.000	1481.774	0.000	904.350	0.000	0.000
28	28	14.400	-10.294	0.239	646.368	929.617	-781.114	0.000	0.000
29	29	140.140	-0.360	1.969	104.551	8990.208	-3922.922	0.000	0.000
30	30	89.160	113.738	1.457	-6907.243	5749.048	-4357.604	0.000	0.000
31	31	0.000	148.041	0.000	-9011.318	0.000	-5491.785	0.000	0.000
32	32	-85.680	110.634	-1.457	-6821.209	-5519.877	-353.884	0.000	0.000
33	33	-140.140	0.360	-1.968	-104.513	-8990.104	3922.922	0.000	0.000
34	34	-87.080	-111.658	-1.458	6781.492	-5604.212	4182.577	0.000	0.000
35	35	0.000	-148.042	0.000	9011.380	0.000	5491.890	0.000	0.000
36	36	85.680	-110.634	1.457	6821.209	5519.877	353.884	0.000	0.000
37	37	132.450	-0.085	-0.196	4.454	12179.240	14.800	0.000	0.000
38	38	115.582	105.408	-0.211	-10041.947	10473.277	-272.707	0.000	0.000
39	39	-0.085	149.154	-0.103	-14205.894	-5.863	279.213	0.000	0.000
40	40	-118.342	105.527	0.066	-10048.244	-10731.295	667.573	0.000	0.000
41	41	-136.183	0.085	0.196	-4.451	-12532.401	-14.800	0.000	0.000
42	42	-123.556	-105.408	0.211	10041.947	-11227.238	2028.224	0.000	0.000
43	43	0.085	-149.154	0.103	14205.894	5.866	-279.214	0.000	0.000
44	44	121.036	-105.527	-0.066	10048.242	10985.812	-2423.091	0.000	0.000
45	45	869.310	-0.540	-1.291	28.350	80555.547	116.409	0.000	0.000

SACS Release 5.1 \*\*\*\*\* EDI/SACS IV SEASTATE PROGRAM \*\*\*\*\* DATE 19-JUL-2004 ID=13400534 SEA PAGE 142  
 TIME 08:36:55

PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP)

\*\*\*\*\* SEASTATE BASIC LOAD CASE SUMMARY \*\*\*\*\*  
 RELATIVE TO MUDLINE ELEVATION

LOAD CASE	LOAD LABEL	FX (KIPS)	FY (KIPS)	FZ (KIPS)	MX (FT-KIPS)	MY (FT-KIPS)	MZ (FT-KIPS)	DEAD LOAD (KIPS)	BUOYANCY (KIPS)
46	46	758.046	693.826	-1.368	-66602.516	69199.609	-1618.375	0.000	0.000
47	47	-0.540	981.760	-0.644	-94218.781	-37.263	2038.325	0.000	0.000
48	48	-776.259	694.590	0.457	-66642.602	-70902.938	4500.996	0.000	0.000
49	49	-893.987	0.540	1.291	-28.335	-82889.906	-116.410	0.000	0.000
50	50	-810.752	-693.826	1.368	66602.570	-74183.070	13126.681	0.000	0.000
51	51	0.541	-981.760	0.644	94218.781	37.279	-2038.329	0.000	0.000
52	52	794.068	-694.590	-0.457	66642.586	72585.164	-16009.310	0.000	0.000

SACS Release 5.1 \*\*\*\*\* EDI/SACS IV SEASTATE PROGRAM \*\*\*\*\* DATE 19-JUL-2004 ID=13400534 SEA PAGE 177  
 TIME 08:36:55

PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP)

\*\*\*\*\* SEASTATE COMBINED LOAD CASE SUMMARY \*\*\*\*\*  
 RELATIVE TO MUDLINE ELEVATION

LOAD CASE	LOAD LABEL	FX (KIPS)	FY (KIPS)	FZ (KIPS)	MX (FT-KIPS)	MY (FT-KIPS)	MZ (FT-KIPS)
53	53	0.000	0.000	-22630.025	9514.775	201873.516	0.000
54	54	155.490	-0.143	-22390.461	9605.696	215172.797	-630.487
55	55	132.202	126.063	-22631.057	-1839.815	213333.766	-1241.606
56	56	-0.085	173.475	-22630.129	-6171.628	201867.656	-622.932
57	57	-132.422	123.712	-22628.258	-1752.085	190409.688	611.445
58	58	-159.223	0.144	-22630.154	9493.134	187862.953	630.382
59	59	-138.176	-124.068	-22630.055	20689.979	189704.406	2741.648
60	60	0.085	-173.495	-22629.922	25202.443	201879.375	625.136
61	61	135.436	-115.821	-22629.854	20209.385	213788.938	-3204.205
62	62	1009.450	-0.900	-20928.020	-6492.575	302172.563	-3806.513
63	63	847.206	807.564	-20928.607	-80135.234	287575.469	-5975.979
64	64	-0.540	1129.801	-20929.342	-109855.570	212589.547	-3453.460
65	65	-861.939	805.224	-20929.697	-80089.289	136204.000	4147.112
66	66	-1034.127	0.900	-20929.375	-6758.323	120746.797	3806.512

67	67	-897.832	-805.484	-20928.787	66758.586	132839.531	17309.258
68	68	0.541	-1129.802	-20928.053	96604.680	212664.094	3453.561
69	69	879.747	-805.224	-20927.697	66838.320	290731.844	-15655.426

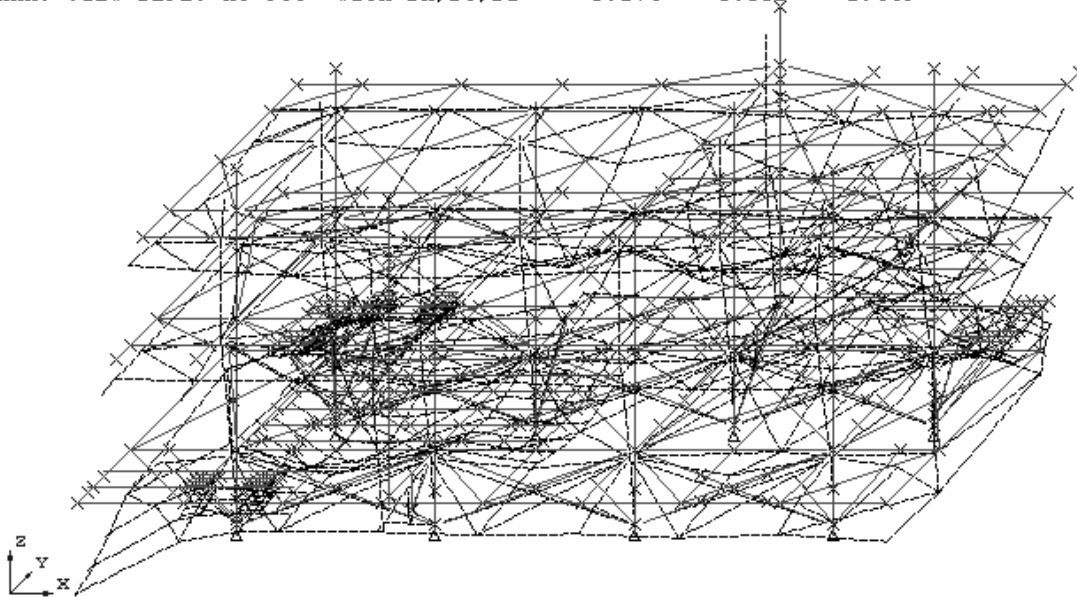
### 5.3 Deflexiones en los nodos.

SACS Release 5.1 ID=13400534  
 PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) DATE 19-JUL-2004 TIME 11:36:59 PST PAGE 164

\*\*\*\*\* MAXIMUM JOINT DEFLECTION REPORT \*\*\*\*\*

LOAD CASE	JOINT	*** X-DIRECTION *** DEFLECTION IN	*** Y-DIRECTION *** DEFLECTION IN	*** Z-DIRECTION *** DEFLECTION IN
53	500E	0.2363	500A 0.4776	336 -1.5006
54	500E	0.2607	500A 0.4757	336 -1.4963
55	500E	0.2544	500A 0.5937	336 -1.5006
56	397	0.2341	500A 0.6453	336 -1.5004
57	397	0.2152	500A 0.6012	336 -1.5003
58	500E	0.2113	500A 0.4778	336 -1.5006
59	500E	0.2122	500A 0.3703	336 -1.5005
60	500E	0.2413	500A 0.3098	336 -1.5008
61	500E	0.2691	500A 0.3460	336 -1.5011
62	500E	0.3941	500A 0.5039	366 -1.4348
63	397	0.3699	500A 1.2770	366 -1.4412
64	397	0.2643	500A 1.6227	366 -1.4507
65	397	0.1387	500A 1.3264	366 -1.4570
66	883	-0.1218	500A 0.5054	366 -1.4580
67	500B	0.1105	500B -0.7407	836 -1.4941
68	500E	0.2630	500B -1.0288	836 -1.5114
69	500E	0.4411	500B -0.7850	366 -1.4360

DEFL SHAPE LC 68  
 MAX. GLOBAL DEFL. AT 366 WITH DX,DY,DZ= 0.174 -0.852 -1.443  
 MAX. VIEW DEFL. AT 366 WITH DX,DY,DZ= 0.174 -0.852 -1.443



### 5.4 Reacciones

SACS Release 5.1 ID=13400534  
 PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) DATE 19-JUL-2004 TIME 11:36:59 PST PAGE 7

SACS-IV SYSTEM REACTION FORCES AND MOMENTS

JOINT NUMBER	LOAD CASE	***** KIPS ***** FORCE(X)	***** KIPS ***** FORCE(Y)	***** KIPS ***** FORCE(Z)	***** FT-KIPS ***** MOMENT(X)	***** FT-KIPS ***** MOMENT(Y)	***** FT-KIPS ***** MOMENT(Z)
601	53	-1.729	-542.317	2471.569	2619.243	264.274	1.038
	54	-16.358	-538.905	2418.500	2614.493	191.158	-6.795
	55	-14.480	-560.722	2430.917	2961.394	195.301	-11.696
	56	-2.577	-566.028	2445.594	3055.843	257.734	-10.286
	57	9.303	-556.696	2472.552	2900.468	320.388	-2.726
	58	11.496	-542.916	2496.464	2619.220	332.380	7.809
	59	7.317	-523.571	2507.495	2267.316	313.641	10.552
	60	-0.884	-518.597	2497.542	2182.533	270.804	12.360
	61	-8.462	-531.131	2472.849	2401.641	227.369	7.046



62	-106.306	-495.204	2057.461	2588.896	-258.019	-46.843	
63	-102.524	-611.994	1955.917	4735.512	-247.587	-74.225	
64	-23.981	-652.839	2052.369	5441.073	160.083	-68.604	
65	33.297	-598.898	2244.478	4419.438	564.867	-23.521	
66	68.814	-503.476	2390.560	2593.559	648.137	45.544	
67	41.790	-378.638	2463.961	301.498	525.898	61.794	
68	-11.473	-346.296	2398.765	-256.287	250.232	76.600	
69	-66.282	-408.677	2233.201	918.277	-52.093	37.362	
603	53	30.121	-205.361	2710.011	429.918	-83.662	-16.748
	54	7.208	-201.843	2689.370	428.244	-174.492	-18.426
	55	8.194	-223.062	2702.233	745.648	-170.446	-13.767
	56	28.512	-228.944	2684.612	863.447	-88.426	-13.062
	57	49.399	-221.380	2682.183	733.087	-5.457	-14.414
	58	53.667	-204.751	2698.038	429.142	10.466	-14.680
	59	46.479	-187.850	2721.209	111.997	-19.767	-21.478
	60	31.726	-181.775	2735.412	-3.649	-78.913	-20.439
	61	18.061	-190.912	2734.166	150.919	-132.716	-15.398
	62	-120.615	-199.859	2477.684	557.888	-679.350	-27.430
	63	-112.642	-307.671	2343.536	2593.101	-639.261	3.259
	64	21.046	-348.738	2224.323	3405.092	-98.518	9.744
	65	156.379	-298.268	2209.260	2529.677	439.684	-0.384
	66	186.118	-191.756	2313.309	550.511	551.165	-0.642
	67	139.104	-82.234	2467.193	-1532.452	353.438	-44.949
	68	43.754	-42.593	2561.481	-2295.715	-29.397	-37.799
	69	-52.564	-95.263	2558.964	-1368.916	-411.133	-13.911
605	53	-40.368	-181.107	3023.368	901.143	-52.395	-42.872
	54	-61.312	-178.871	2985.046	894.564	-137.529	-42.337
	55	-60.066	-194.608	2994.655	1182.389	-132.483	-46.854
	56	-41.618	-200.710	2993.597	1305.597	-58.789	-49.616
	57	-22.064	-195.872	3010.581	1201.619	20.194	-48.549
	58	-17.620	-181.001	3035.312	898.549	39.002	-42.129
	59	-24.862	-167.907	3051.276	628.246	10.803	-40.218
	60	-39.121	-161.504	3053.138	496.684	-46.013	-36.130
	61	-51.310	-166.426	3039.230	598.936	-95.235	-33.989
	62	-171.274	-165.315	2641.384	970.074	-588.557	-37.558
	63	-161.202	-252.604	2519.305	2797.824	-554.572	-65.410
	64	-39.303	-293.348	2512.331	3623.232	-67.317	-82.662
	65	87.790	-261.081	2625.816	2928.052	446.487	-75.978
	66	118.354	-164.137	2790.418	939.080	575.972	-32.869
	67	71.031	-78.205	2896.650	-843.164	391.625	-20.103
	68	-21.555	-35.993	2909.009	-1714.301	22.183	7.327
	69	-108.198	-67.023	2815.683	-1063.098	-328.064	17.883

SACS Release 5.1 ID=13400534  
 PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) DATE 19-JUL-2004 TIME 11:36:59 PST PAGE 10

SACS-IV SYSTEM REACTION FORCES AND MOMENTS SUMMARY  
 \*\*\* MOMENTS SUMMED ABOUT ORIGIN \*\*\*

LOAD CASE	FORCE(X)	FORCE(Y)	FORCE(Z)	MOMENT(X)	MOMENT(Y)	MOMENT(Z)
53	0.000	0.000	22630.016	-9505.518	-201872.891	0.001
54	-155.490	0.144	22390.451	-9596.610	-215172.234	630.450
55	-132.202	-126.062	22631.047	1849.030	-213333.125	1241.574
56	0.086	-173.475	22630.119	6180.889	-201866.828	622.909
57	132.423	-123.712	22628.250	1761.292	-190408.813	-611.484
58	159.227	-0.142	22630.141	-9484.027	-187862.203	-630.416
59	138.177	124.066	22630.045	-20680.570	-189703.531	-2741.555
60	-0.084	173.499	22629.916	-25193.129	-201878.547	-625.480
61	-135.436	115.820	22629.846	-20200.023	-213788.234	3204.261
62	-1009.448	0.902	20928.018	6501.720	-302171.531	3806.522
63	-847.204	-807.565	20928.605	80144.648	-287574.531	5975.960
64	0.542	-1129.799	20929.338	109864.523	-212588.656	3453.439
65	861.938	-805.223	20929.693	80098.469	-136203.344	-4147.179
66	1034.132	-0.899	20929.371	6767.543	-120745.984	-3806.492
67	897.833	805.491	20928.785	-66749.836	-132838.563	-17309.238
68	-0.539	1129.810	20928.051	-96595.531	-212663.266	-3453.698
69	-879.747	805.229	20927.693	-66829.438	-290731.000	15655.447

### 5.5 Relaciones de Interacciones Máximas en los elementos.

SACS Release 5.1 ID=13400534  
 PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) DATE 19-JUL-2004 TIME 11:36:59 PST PAGE 218

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP I - UNITY CHECKS GREATER THAN 1.33

\*\* NO UNITY CHECKS IN THIS GROUP \*\*

SACS Release 5.1 ID=13400534  
 PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) DATE 19-JUL-2004 TIME 11:36:59 PST PAGE 219

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 1.00 AND LESS THAN 1.33

MEMBER	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UNITS	LOAD COND NO.	DIST FROM END	AXIAL STRESS KSI	BENDING STRESS Y KSI	Z KSI	SHEAR FORCE FY KIPS	FZ KIPS	KLY/R	KLZ/RZ	SECOND-HIGHEST UNITY CHECK	HIGHEST LOAD COND	THIRD-HIGHEST UNITY CHECK	LOAD COND
813-505F	TT3	1.005	56	0.0	2.52	-20.73	-0.41	0.46	53.09	5.7	28.2	1.001	55	0.998	57

SACS Release 5.1 ID=13400534  
 PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) DATE 19-JUL-2004 TIME 11:36:59 PST PAGE 220

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP III - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.00 AND LESS THAN 0.50

MEMBER	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UNITS	LOAD COND NO.	DIST FROM END	AXIAL STRESS KSI	BENDING STRESS Y KSI	Z KSI	SHEAR FORCE FY KIPS	FZ KIPS	KLY/R	KLZ/RZ	SECOND-HIGHEST UNITY CHECK	HIGHEST LOAD COND	THIRD-HIGHEST UNITY CHECK	LOAD COND
320- 322	A11	0.131	56	27.5	0.14	3.74	-0.04	-0.86	61.40	14.7	38.2	0.131	55	0.130	57
330- 363	A11	0.423	56	3.5	-0.59	-12.02	-0.03	0.04	337.14	9.3	24.0	0.419	57	0.419	55

340- 342 A11	0.134	60	27.5	0.06	3.96	0.01	-0.21	66.06	14.7	38.2	0.134	61	0.134	59
350- 349 A11	0.364	59	27.5	0.20	10.64	-0.07	-0.83	239.83	14.7	38.2	0.364	60	0.363	58
5023- 329 A12	0.355	56	15.0	0.10	10.53	0.00	-0.56	-21.32	8.1	21.0	0.354	57	0.354	55
324- 322 A14	0.211	55	3.5	0.23	-6.68	0.01	0.30	114.83	12.8	57.9	0.211	61	0.210	60
328- 408 A14	0.486	56	0.0	-0.18	-4.36	-0.01	0.38	293.84	14.2	63.9	0.484	57	0.484	55
344- 342 A14	0.203	61	3.5	0.09	-6.48	0.12	-0.45	115.43	12.8	57.9	0.202	60	0.202	54
348- 349 A14	0.471	60	27.5	0.41	13.54	-0.03	-0.45	213.86	12.8	57.9	0.471	59	0.469	58
340- 320 A15	0.136	68	3.5	-0.21	-5.00	0.10	-0.53	166.47	29.5	76.8	0.125	67	0.122	64
408- 399 A15	0.414	56	16.5	-0.30	12.04	-0.04	-0.30	88.72	10.6	27.3	0.413	55	0.413	57
310- 326 A16	0.407	56	16.0	-0.09	-9.42	0.12	0.22	-91.30	7.7	47.8	0.407	55	0.403	57
314- 329 A16	0.309	56	0.0	-0.17	-7.03	0.06	-0.14	78.46	7.7	47.8	0.308	55	0.308	57
338- 329 A16	0.435	60	0.0	-0.17	9.10	-0.03	0.09	-100.87	9.7	59.7	0.435	61	0.433	59
346- 356 A16	0.403	60	0.0	-0.10	-9.30	-0.13	0.24	118.78	7.7	47.8	0.403	59	0.399	61
349- 358 A16	0.337	59	0.0	-0.20	-7.50	-0.21	0.50	87.49	7.7	47.8	0.336	60	0.334	58
358-5026 A16	0.134	53	0.0	0.00	-1.52	0.00	0.00	68.55	3.9	23.9	0.134	55	0.134	56
5029- 314 A16	0.081	53	8.0	0.00	-0.77	0.00	0.00	-41.56	3.9	23.9	0.081	55	0.081	56
338- 363 A17	0.272	55	30.0	0.17	-7.12	-0.03	0.00	-4.36	65.7	65.7	0.272	56	0.271	57
363- 364 A17	0.186	55	0.0	0.09	-4.91	0.09	-0.07	2.70	70.0	70.0	0.186	56	0.185	57
408- 338 A17	0.179	56	30.0	0.05	4.77	-0.08	-0.01	0.11	65.7	65.7	0.179	57	0.178	55
5021- 379 A18	0.150	61	0.0	0.01	2.42	0.04	0.18	76.81	7.5	34.0	0.149	60	0.149	55

SACS Release 5.1  
 PLATAFORMA DE PRODUCCION PB-ZAAP-C (ACTIVO KU-MALOOB-ZAAP) DATE 19-JUL-2004 ID=13400534  
 TIME 11:36:59 PST PAGE 256

SACS IV - \* \* \* M E M B E R G R O U P S U M M A R Y \* \* \*  
 API RP2A 21ST/AISC 9TH

GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END FT	* APPLIED AXIAL KSI	STRESSES BEND-Y KSI	* BEND-Z KSI	*** ALLOWABLE AXIAL KSI	EULER KSI	STRESSES BEND-Y KSI	*** BEND-Z KSI	CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS KLY FT	KLZ FT	* CM VALUES Y	* Z
A11	350- 367	56	0.66	17.5	-0.57	19.03	0.03	27.86	258.75	30.00	30.00	C<.15	17.5	17.5	0.85	0.85
A12	363- 367	56	0.66	20.0	-0.57	19.04	0.01	27.39	190.22	30.00	30.00	C<.15	20.0	20.0	0.85	0.85
A13	5022- 329	57	0.51	0.0	0.18	1.60	-0.13	30.00	155.80	30.00	37.50	SHEAR	15.0	15.0	0.85	0.85
A14	328-5022	57	0.96	0.0	0.04	-5.25	0.04	30.00	76.08	18.51	15.30	SHEAR	12.5	12.5	0.85	0.85
A15	408- 399	56	0.41	16.5	-0.30	12.04	-0.04	27.48	200.76	30.00	30.00	C<.15	20.0	20.0	0.85	0.85
A16	336- 346	58	0.88	0.0	-0.11	16.36	-0.19	12.52	18.62	19.02	27.00	C<.15	30.0	30.0	0.85	0.85
A17	338- 363	55	0.27	30.0	0.17	-7.12	-0.03	21.60	34.64	27.00	27.00	TN+BN	30.0	30.0	0.85	0.85
A18	367-5021	61	0.89	0.0	0.08	-19.23	-0.07	21.60	129.31	23.76	27.00	SHEAR	16.0	16.0	0.85	0.85
AA1	617- 618	56	0.50	3.0	-9.97	6.01	1.73	30.00*****		37.50	37.50	C>.15B	3.0	3.0	0.85	0.85
AA2	792- 705	56	0.44	4.0	-7.58	2.19	0.71	21.606830.28		27.00	27.00	C>.15B	8.0	8.0	0.85	0.85
AA3	705-5020	56	0.37	0.0	-7.57	0.22	-0.31	21.427991.71		27.00	27.00	C>.15A	7.4	7.4	0.85	0.85
AA4	813- 914	59	0.23	4.6	-2.40	-2.94	-0.70	20.41	282.17	27.00	27.00	C<.15	39.4	39.4	0.85	0.85
AA5	962- 340	68	0.16	27.2	-1.19	4.12	-0.13	27.54	552.77	35.99	35.99	C<.15	32.5	32.5	0.85	0.85
AA6	608- 731	56	0.42	7.0	-7.70	1.60	0.09	21.603613.90		27.00	27.00	C>.15B	11.0	11.0	0.85	0.85
AA7	731- 834	61	0.43	6.9	-7.79	0.18	-1.72	21.603303.85		27.00	27.00	C>.15B	11.5	11.5	0.85	0.85
AA8	832- 968	56	0.32	35.3	-5.82	-0.99	-0.01	20.41	282.16	27.00	27.00	C>.15A	39.4	39.4	0.85	0.85
AA9	968- 348	60	0.35	29.5	-3.52	5.06	-0.76	21.60	357.63	27.00	27.00	C>.15B	35.0	35.0	0.85	0.85
AAA	504P- 332	57	0.35	0.0	-0.07	-8.02	-0.07	17.37	229.88	23.76	27.00	C<.15	12.0	12.0	0.85	0.85
AAB	834-504R	61	0.42	16.4	-6.52	-1.08	2.93	21.601632.32		27.00	27.00	C>.15B	16.4	16.4	0.85	0.85
AAC	832- 824	60	0.34	0.0	2.37	-6.22	0.03	21.60	30.56	27.00	27.00	TN+BN	31.9	31.9	0.85	0.85
AAD	324- 336	57	0.28	0.0	-0.51	-6.81	0.10	16.44	30.56	27.00	27.00	C<.15	31.9	31.9	0.85	0.85
AAG	328- 326	55	0.69	3.5	0.26	-14.59	-0.02	21.60	44.48	21.60	27.00	TN+BN	27.5	27.5	0.85	0.85
AAH	504T- 351	58	0.57	0.0	-0.07	-13.52	-0.02	17.37	229.88	23.76	27.00	C<.15	12.0	12.0	0.85	0.85

## **CAPITULO 6 Conclusiones**

Como conclusión a lo visto en este trabajo, puedo decir que el análisis y diseño de una plataforma marina es muy complejo, debido a la experiencia que se requiere para comprender a fondo las variables que se involucran en el proceso.

Así también creo importante destacar que se tiene que aprender a trabajar en grupo ya sea con personas de la misma disciplina o de otras disciplinas que estén involucradas en el diseño.

Por último puedo decir que las plataformas marinas tienen características estructurales diferentes a las presentadas normalmente en edificios, sobre todo por las condiciones ambientales a las que están sometidas durante su vida útil.

Por otra parte también es conveniente evitar cambios bruscos en la rigidez de la plataforma, así como conservar la simetría en lo posible con objeto de evitar concentraciones de esfuerzos y torsiones excesivas.

Después de todo lo visto puedo añadir que el avance de las plataformas marinas a nivel mundial es muy grande, aunque desgraciadamente en México no se cuenta con todo el avance en el diseño de estas. Cabe mencionar que no se sabe ciertamente cuanto tiempo más se requerirán plataformas de este tipo, ya que como es sabido dependen del volumen de petróleo existente; actualmente se están realizando varios proyectos de construcción de plataformas, pero es difícil predecir el futuro en este campo.

El mantenimiento tiene como objetivo lograr que una plataforma siga operando bajo condiciones seguras, y debido a que estas estructuras están expuestas a la corrosión, es necesario mantener una revisión periódica del daño a los elementos estructurales; esta revisión es en principio visual, y en caso necesario se recurre a una revisión ultrasónica, en la cuál se detecta el espesor de los elementos que han sufrido la corrosión.

En algunas ocasiones estos elementos deben de ser cambiados por otro, para lo cual se debe instalar un elemento temporal que trabaje de una manera similar al que va a ser sustituido; pero no siempre es posible dicha sustitución, en estos casos se puede recurrir a llenar el elemento tubular (si es el caso) con concreto, con la finalidad de darle mayor resistencia al elemento afectado.

Por esto y otros factores involucrados en las plataformas de este tipo, considero que los ingenieros que laboran y que van a laborar en este ámbito, deben mantener una constante preparación al respecto, para que estén enterados de los avances tecnológicos y puedan en caso dado dar respuesta a un problema que se les presente en cualquiera de las fases mencionadas.

Con esto quiero decir que la preparación de un ingeniero no termina cuando acaba su carrera, sino que tiene que estar en constante preparación por el tiempo que este laborando.

# ***Anexos.***

## ANEXO 1

### **Soldaduras**

Se define la soldadura como un procedimiento para unir dos partes metálicas. En el proceso de soldadura pueden existir algunos de los conceptos siguientes:

- Calor
- Presión
- Fusión
- Metal de aporte

La soldadura empleada para fines estructurales es la soldadura al arco eléctrico.

En este procedimiento se tiene:

- Calor
- Fusión
- Metal de aporte (electrodo)

En los procesos de soldadura al arco debe existir protección durante la fusión del metal con el fin de evitar la contaminación con el aire. Cuando se emplea el proceso de soldadura manual, el electrodo está protegido con una cubierta protectora que crea una atmósfera que evita la contaminación y a la vez controla la fusión del electrodo y crea una capa de escoria.

Existen otros procesos (entre los cuales se encuentra el ya mencionado) de soldadura que pueden agruparse en tres categorías como son: el proceso de soldadura de arco, el proceso de soldadura a gas y el proceso de soldadura por resistencia.

#### -Soldadura al arco eléctrico

En el proceso de soldadura de arco, el soldador obtiene un electrodo adecuado, sujeta el cable de tierra a la pieza de trabajo y ajusta la corriente eléctrica para crear una corriente intensa que salte entre el electrodo y el metal. En seguida mueve el electrodo a lo largo de las líneas de unión del metal que ha de soldar, dando suficiente tiempo para que el calor del arco funda el metal. El metal fundido procedente del electrodo, se deposita en la junta y junto con el metal fundido de los bordes, se solidifica para formar una junta sólida. El electrodo se selecciona de acuerdo con las especificaciones del trabajo.

#### -Soldadura a gas

La soldadura a gas, utiliza una llama de intenso calor, producida por la combinación de un gas combustible con aire u oxígeno. Los gases combustibles de uso más común son el acetileno, el gas natural, el propano y el butano. Muy a menudo, los combustibles se queman con oxígeno, lo que permite obtener temperaturas de combustión mucho mayores.

Las partes a soldar pueden fundirse y ponerse en contacto a medida que se va realizando la operación de fusión con el soplete; al retirar el soplete, las partes metálicas quedan unidas al enfriarse. Si se necesita metal de aporte para realizar una soldadura, se seleccionan las varillas de soldadura atendiendo a las especificaciones del trabajo, y se funden con el calor del soplete.

#### -Soldadura por resistencia

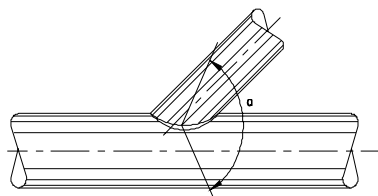
La soldadura por resistencia es un proceso que se efectúa a máquina, la soldadura se logra por el calor generado por la resistencia ofrecida por las piezas de trabajo al paso de la

electricidad por el lugar indicado y la fusión producida por la presión de los electrodos de contacto.

En las plataformas marinas el proceso de soldadura utilizado es el correspondiente a la soldadura de arco, utilizando los electrodos adecuados de acuerdo con las recomendaciones prácticas API-RP-2A y el código AWS D1.1.

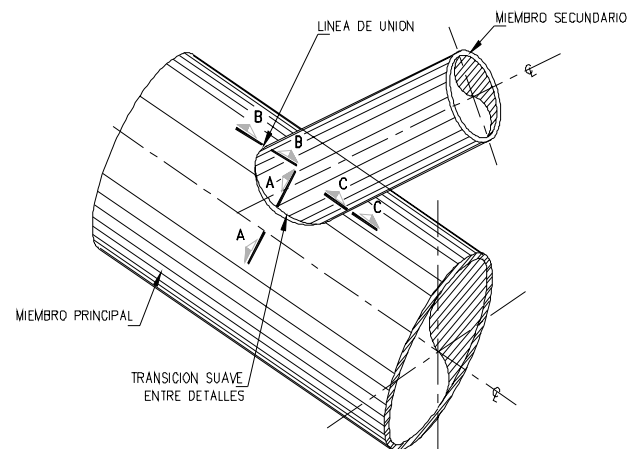
A continuación se muestran las soldaduras típicas usadas en la subestructura y en la superestructura.

#### -Soldaduras en Subestructura

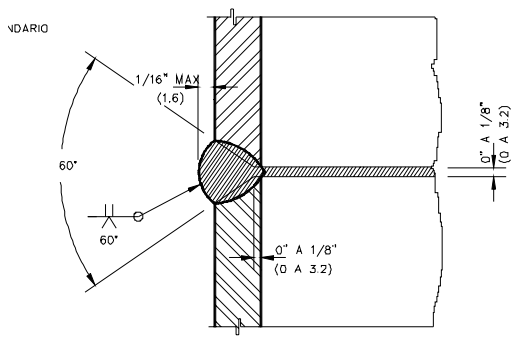


**NOTAS:**

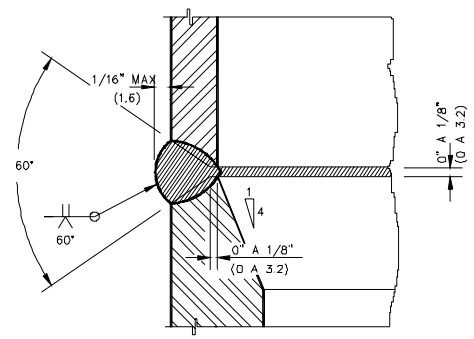
"a" ES EL ANGULO FORMADO POR LAS SUPERFICIES EXTERIORES DEL MIEMBRO SECUNDARIO Y EL PRINCIPAL EN ALGUN PUNTO SOBRE LA LINEA DE UNION. ( ANGULO DIEDRO LOCAL )



### CONEXION TIPO



**ESPEORES IGUALES**



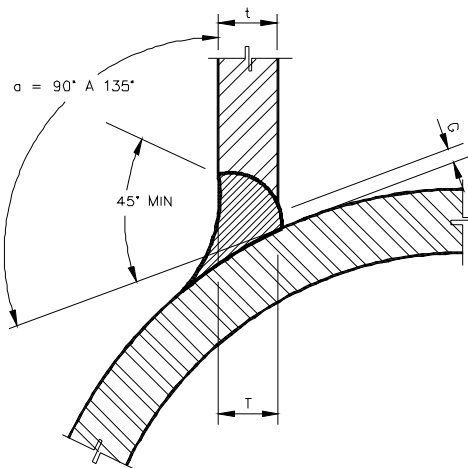
**ESPEORES DIFERENTES**

**DETALLE 2.- CONEXION TUBULAR A TOPE, PROCEDIMIENTO MANUAL,  
ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO RECUBIERTO**

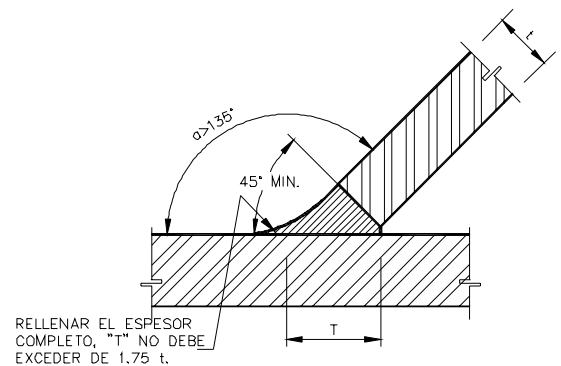
ANGULO DE BISEL " b "	SEPARACION EN LA RAIZ " G "
MAYOR 90°	0" A 3/16" (0 A 4.8 mm.)
45° A 90°	1/16" A 3/16" (1.6 A 4.8 mm.)
MENOR 45°	1/8" A 1/4" (3.2 A 6.3 mm.)

N O T A:  
INCLUYE TOLERANCIA

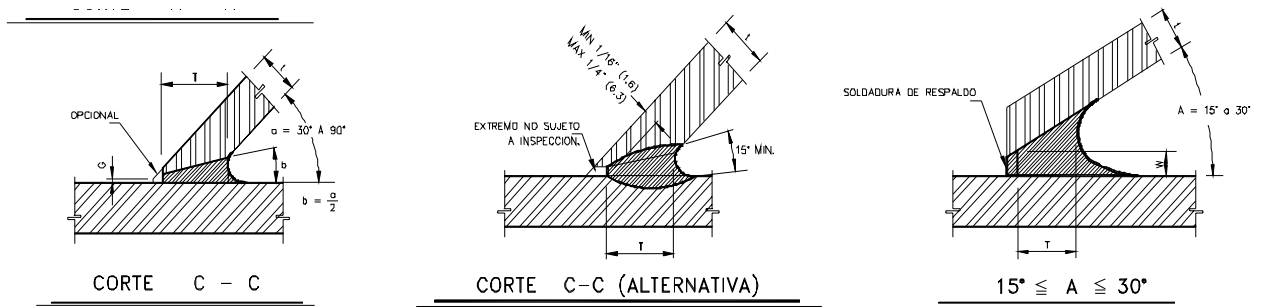
" a "	" T " MIN.
50° A 135°	1.25 t
35° A 50°	1.50 t
MENOR 35°	1.75 t
MAYOR 135°	VER CORTE B-B



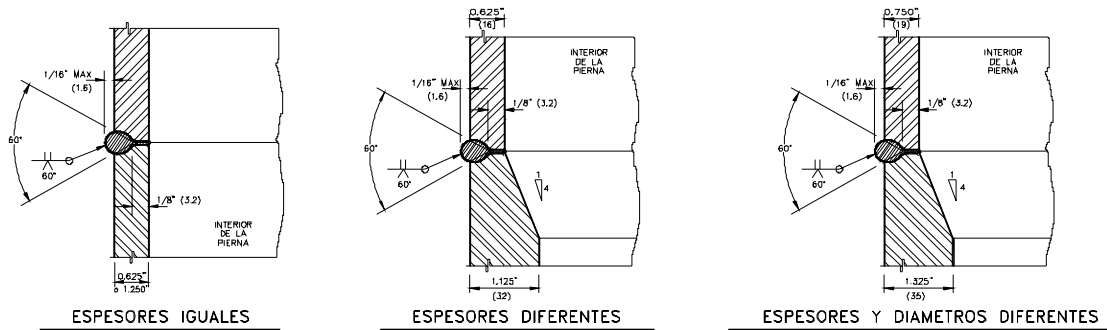
**CORTE A - A**



**CORTE B - B**



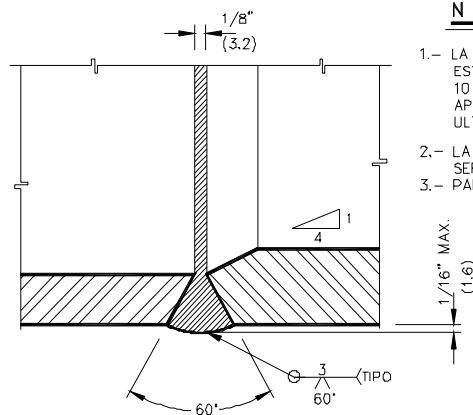
DETALLE 1.- CONEXION TUBULAR TIPO, PROCEDIMIENTO MANUAL, ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO RECUBIERTO



DETALLE 3.- CONEXION TIPO, SOLDADURA EN PIERNAS CON ARCO SUMERGIDO

W	a = b
0.125" (3.2)	22.5"-30"
0.188" (4.8)	15"-22.5"

NOTAS:  
 NO SE PERMITE BISEL EXTERIOR.  
 BISEL INTERIOR OPCIONAL.  
 ABERTURA DE LA RAIZ "G" < W.  
 SE HARAN LOS PASOS NECESARIOS  
 HASTA QUE SU ANCHO GARANTICE  
 LA SOLDADURA.



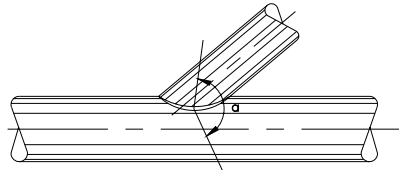
**NOTAS :**

- 1.- LA PREPARACION Y EJECUCION DE LAS SOLDADURAS ESTARA ACORDE CON LO SENALADO EN LA SECCION 10 Y 11 DE LAS RECOMENDACIONES PRACTICAS API-RP-2A ULTIMA EDICION Y EL CODIGO AWS. D1.1. ULTIMA EDICION.
- 2.- LA TOLERANCIA EN LOS ANGULOS DE LOS BISELES SERA DE (+) 5° A (-) 0°
- 3.- PARA NOTAS GENERALES VER PLANO E-C428-01-EA-2500

DETALLE 4.- CONEXION TUBULAR A TOPE EN CONTRAVENTEOS Y MIEMBROS SECUNDARIOS

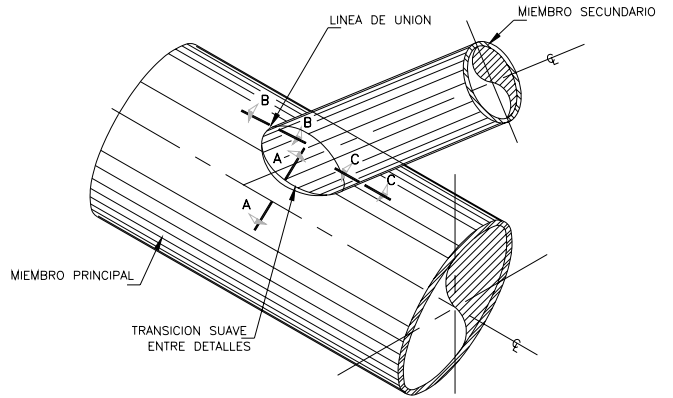


# -Soldaduras en Superestructura



**NOTAS:**

"a" ES EL ANGULO FORMADO POR LAS SUPERFICIES EXTERIORES DEL MIEMBRO SECUNDARIO Y EL PRINCIPAL EN ALGUN PUNTO SOBRE LA LINEA DE UNION. (ANGULO DIEDRO LOCAL)



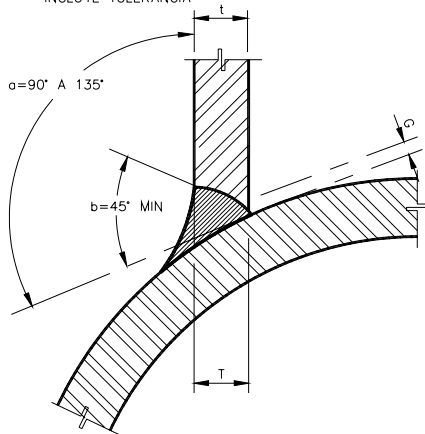
**DETALLE 1. CONEXION TIPO**

ANGULO DE BISEL "b"	SEPARACION EN LA RAIZ "G"
MAYOR 90°	(0" A 3/16") 0 A 5 mm.
45° A 90°	(1/16" A 3/16") 2 A 5 mm.
MENOR 45°	(1/8" A 1/4") 3 A 6 mm.

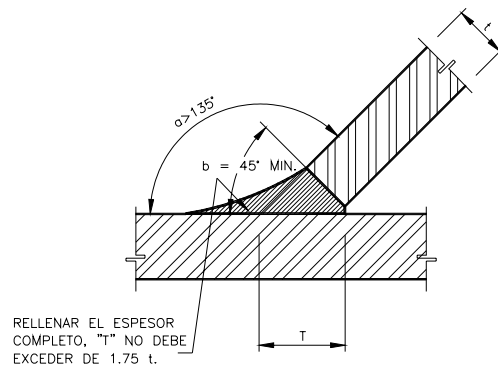
"a"	"T" MIN.
50° A 135°	1.25 t
35° A 50°	1.50 t
MENOR 35°	1.75 t
MAYOR 135°	VER CORTE B-B

**NOTA:**

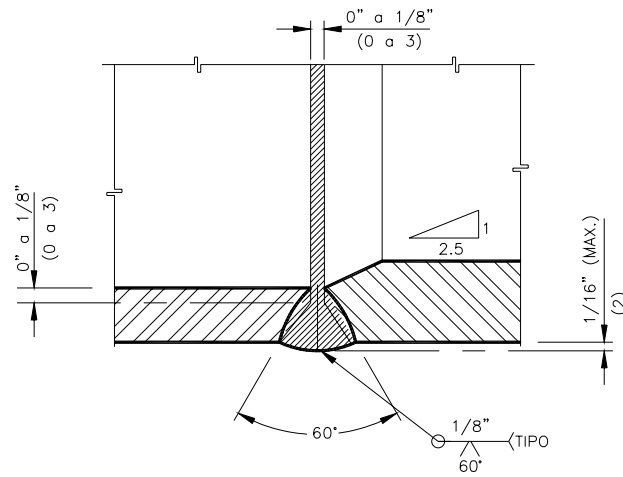
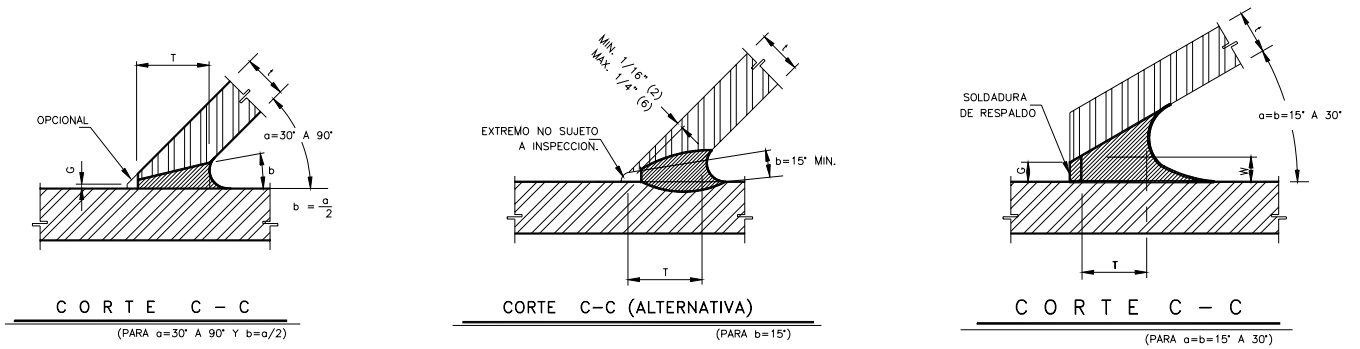
INCLUYE TOLERANCIA



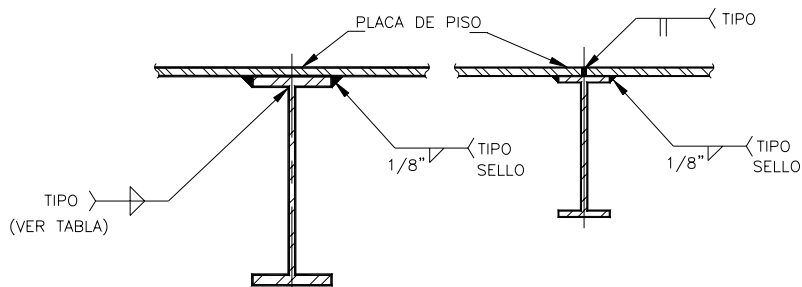
**CORTE A - A**



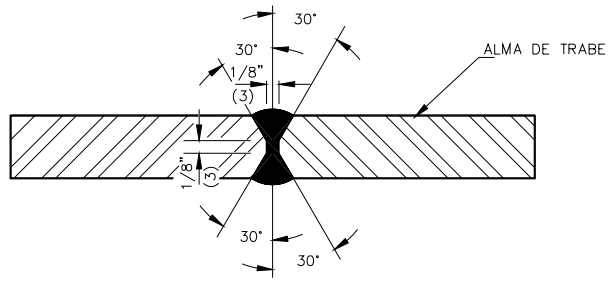
**CORTE B - B**



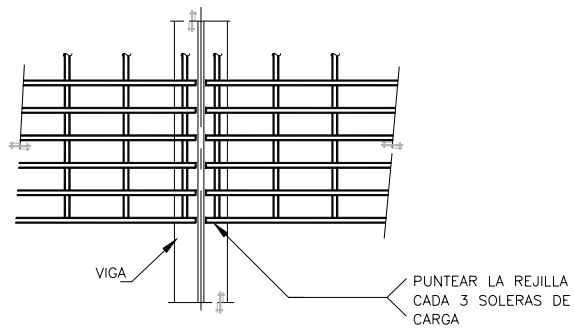
**DETALLE 2.- CONEXION TUBULAR A TOPE  
EN CONTRAVENTEOS Y MIEMBROS SECUNDARIOS**



**CONEXION DE PLACA A TRABE O VIGA**

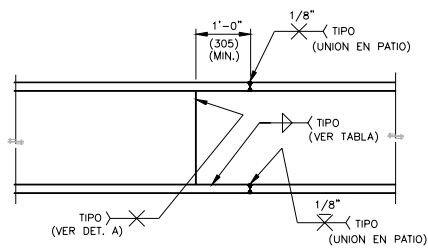


DETALLE A

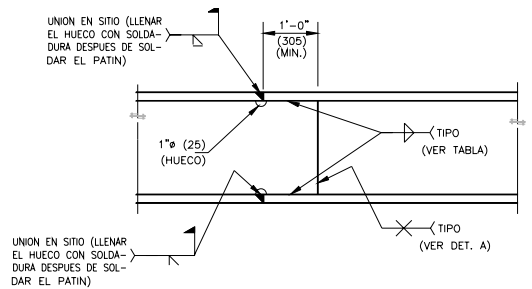


PLANTA

CONEXION DE REJILLA A VIGA



UNION DE TRABE PATIO




UNION DE TRABE SITIO

W	a = b
(0.125") 3	22.5'-30'
(0.188") 5	15'-22.5'

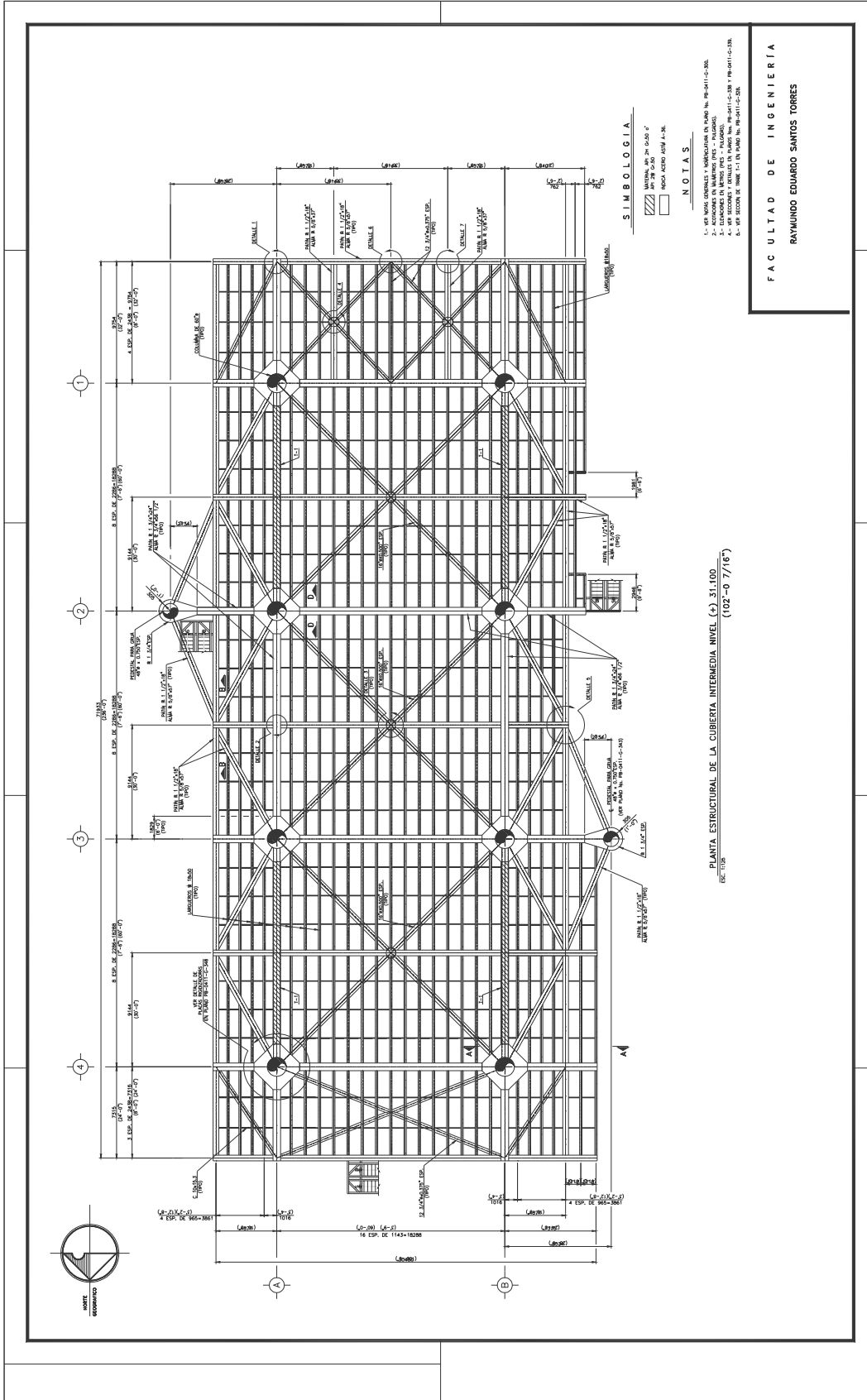
**NOTAS:**

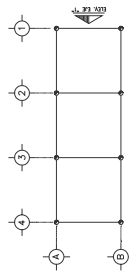
- NO SE PERMITE BISEL EXTERIOR.
- BISEL INTERIOR OPCIONAL.
- ABERTURA DE LA RAIZ "G"<W.
- SE HARAN LOS PASOS NECESARIOS HASTA QUE SU ANCHO GARANTICE LA SOLDADURA.

TABLA DE SOLDADURAS TIPO 	
TAMAÑO DE FILETE MÍNIMO PARA CONEXIÓN DE ALMA A PATÍN (EXCEPTO INDICADOS)	
1/4" (6) < PATÍN ≤ 1/2" (13)	TAMAÑO DEL FILETE 3/16" (5)
1/2" (13) < PATÍN ≤ 3/4" (19)	TAMAÑO DEL FILETE 1/4" (6)
3/4" (19) < PATÍN ≤ 1" (25)	TAMAÑO DEL FILETE 5/16" (8)
1" (25) < PATÍN ≤ 1 3/4" (44)	TAMAÑO DEL FILETE 3/8" (10)
1 3/4" (44) < PATÍN ≤ 2" (51)	TAMAÑO DEL FILETE 1/2" (12)

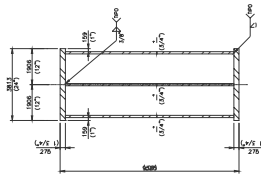
-  EL ESPESOR DEL ALMA DEBERA SER MENOR O IGUAL QUE EL ESPESOR DEL PATÍN.

# Planos





GRUPO DE LOCALIZACION  
ESC. 1/500



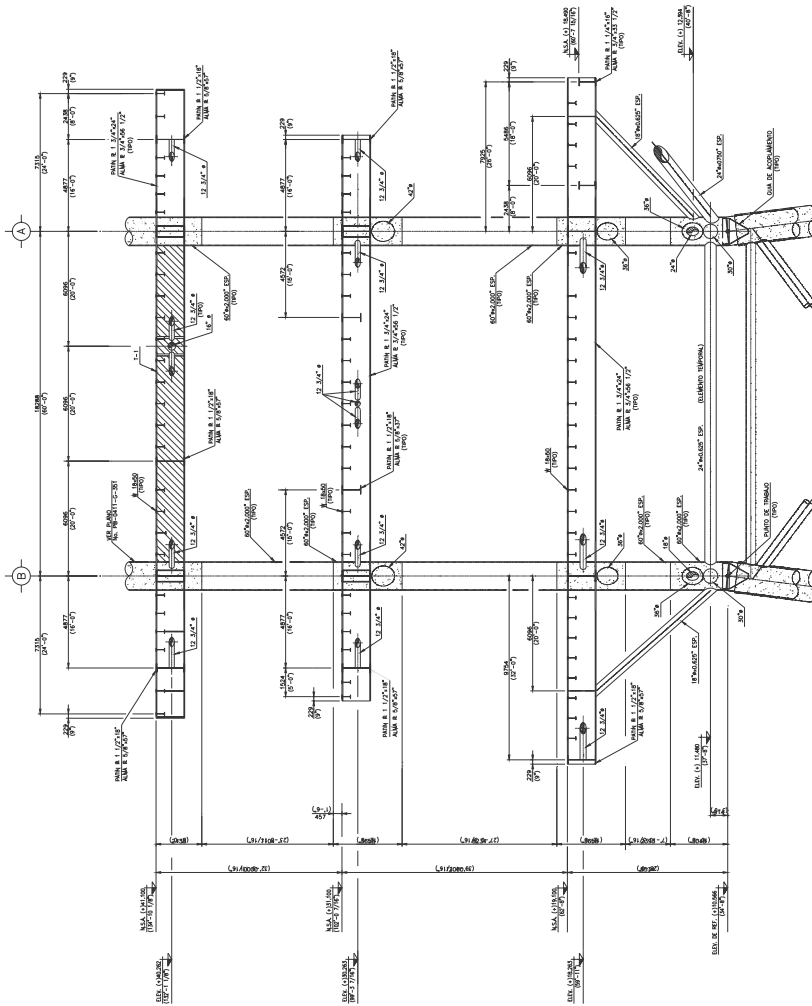
SECCION T-1  
ESC. 1/10

SIMBOLOGIA

- ACERO S235 o S275
- MATERIAL DE CONCRETO
- SUPLEMENTOS S-1, S-4 Y S-5
- ROSCA ACERO A307 A-308

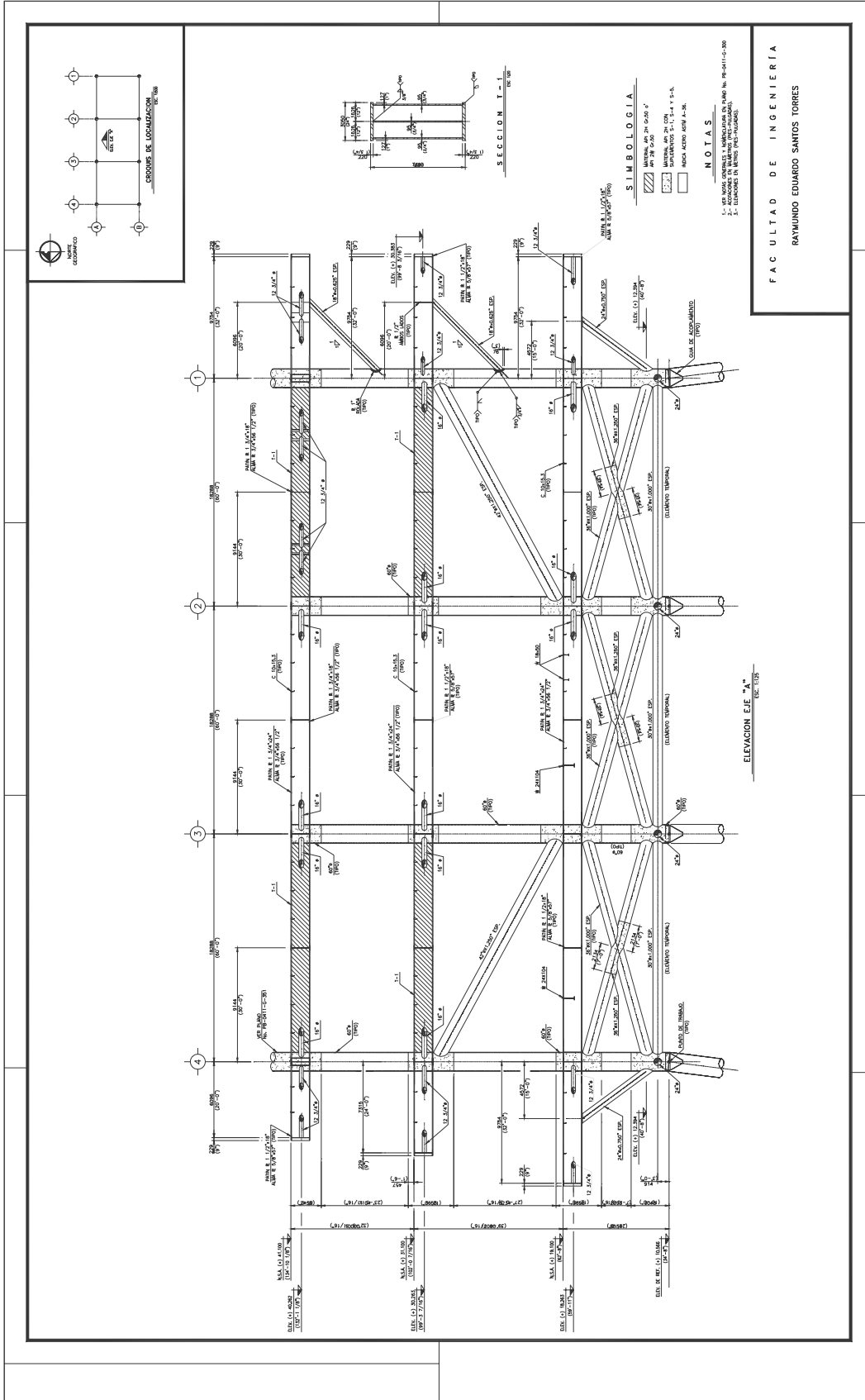
NOTAS

- 1- USAR ROSCA GENERAL Y MANUFACTURA EN PAIS No. PE-D111-0-200
- 2- USAR ROSCA EN MANUFACTURA EN PAIS No. PE-D111-0-200
- 3- MANUFACTURA EN MANUFACTURA EN PAIS No. PE-D111-0-200



ELEVACION LATERAL  
ESC. 1/200

FACULTAD DE INGENIERIA  
RAYMUNDO EDUARDO SANTOS TORRES





## **Normas y referencias.**

-Diseño de Estructuras Metálicas  
Método ASD  
Jack C. McCormac  
Ed. Alfaomega.

-Soldadura  
Aplicaciones y práctica.  
Henry Horwitz, P.E.  
Ed. Alfaomega.

-Diseño Estructural  
Roberto Meli Piralla  
Ed. Limusa.

- API-RP-2A -RP-WSD(Recommended practice for planning, designing and constructing fixed offshore platforms- working stress design)  
Twenty- first edition, December 2000

- NRF-003-PEMEX-2000  
Norma de referencia de PEMEX rev-0 del 18 de dic-2000

- AISC (American institute of steel construction inc.)  
Manual de construcción en acero, diseño por esfuerzos permisibles, (ninth edition)

- AWS-D1.1(American welding society)  
Structural welding code-steel

-Manual de Construcción en Acero IMCA.  
Instituto Mexicano de la Construcción en Acero.  
Ed. Limusa.

-SACS  
Seastate  
Release 5  
User's Manual

-Proyecto de Ingeniería Estructural de una Plataforma Marina  
Ing. Roberto Chavez Argüelles

-Diseño y Cálculo Estructural por Computadora de la Plataforma Marina de PEMEX  
(Tetrápodo Recuperador de Pozos OCH-TA)  
Tesis Profesional  
Ing. Pedro Ramirez Olmos.