

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA



“PROYECTO DE RECUPERACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA MARINA DE PERFORACIÓN ABKATUN-I”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA: MARIO MIGUEL ÁNGEL GIL PELÁEZ

DIRECTOR DE TESIS: M. I. MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ VEGA

Ciudad Universitaria, D. F. 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PROYECTO DE RECUPERACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA MARINA DE PERFORACIÓN ABKATUN-I

INDICE

INTRODUCCIÓN

I .- LAS PLATAFORMAS MARINAS EN MEXICO

**II .- INSPECCIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE ABKATUN-I Y EL
PROCEDIMIENTO DE RECUPERACIÓN**

**III.- ANÁLISIS ESTRUCTURALES EN LAS ETAPAS DE
RECUPERACIÓN Y TRASLADO DE LA SUPERESTRUCTURA A
LOS PATIOS DE CONSTRUCCIÓN**

IV.- DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE LA RECUPERACIÓN

V.- CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PROYECTO DE RECUPERACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA MARINA DE PERFORACIÓN ABKATUN-I

INDICE

INTRODUCCIÓN

I.- LAS PLATAFORMAS MARINAS EN MEXICO

- I.1 PEMEX EN LA EXTRACCIÓN COSTAFUERA
- I.2 CONFIGURACIÓN DE LAS PLATAFORMAS MARINAS

II.- INSPECCIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE ABKATUN-I Y EL PROCEDIMIENTO DE RECUPERACIÓN

- II.1 LEVANTAMIENTO FÍSICO ESTRUCTURAL DE ABKATUN – I
 - II.1.A ALCANCES DEL LEVANTAMIENTO FÍSICO EN ABKATUN – I
 - II.1.B LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL.
 - II.1.B.1 CUBIERTAS EN LOS NIVELES (+) 15.850 M Y (+) 21.700 M.
 - II.1.B.2 MARCOS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES.
 - II.1.C REPORTE FOTOGRÁFICO COMPLEMENTARIO AL LEVANTAMIENTO
- II.2 ALCANCE DE LOS TRABAJOS A REALIZAR
 - II.2.A ALCANCE GENERAL DE LOS TRABAJOS EN PATIO Y EN MAR
 - II.2.B TRABAJOS ESPECÍFICOS A REALIZAR EN MAR, EN EL SITIO ABKATUN-I
 - II.2.C TRABAJOS POR EJECUTAR EN EL PATIO DE FABRICACIÓN
- II.3 PROCEDIMIENTO DE RECUPERACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA
 - II.3.A COLOCACIÓN DE ELEMENTOS DE REFUERZO TEMPORAL PARA IZAJE.
 - II.3.B REFORZAMIENTO DE LAS OREJAS DE IZAJE
 - II.3.C SEPARACIÓN DE LA SUPERESTRUCUTRA
 - II.3.D IZAJE Y COLOCACION EN EL CHALAN DE TRANSPORTACIÓN
 - II.3.E ARREGLOS PARA LA TRANSPORTACIÓN

III.- ANÁLISIS ESTRUCTURALES EN LAS ETAPAS DE RECUPERACIÓN Y TRASLADO DE LA SUPERESTRUCTURA A LOS PATIOS DE CONSTRUCCIÓN

- III.1 ANALISIS DE IZAJE
 - III.1.A CONDICIONES DE CARGA
 - III.1.B ANÁLISIS PRELIMINAR
 - III.1.C CARGAS BÁSICAS RESULTANTES
 - III.1.D COLOCACIÓN DEL GANCHO Y CABLES DE IZAJE
 - III.1.E ANÁLISIS DE IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA RECUPERADA
 - III.1.E.1 REACCIONES EN LOS APOYOS.
 - III.1.E.2 ESFUERZOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
 - III.1.E.3 DESPLAZAMIENTOS

- III.2 OREJAS DE IZAJE
 - III.2.A CARGAS Y CONSIDERACIONES DE LA REVISIÓN
 - III.2.B GEOMETRÍA DE LAS OREJAS DE IZAJE
 - III.2.C REVISIÓN POR APLASTAMIENTO
 - III.2.D REVISIÓN POR CORTANTE (DESGARRAMIENTO)
 - III.2.E REVISIÓN POR FLEXOTENSIÓN
 - III.2.E.1 FUERZAS Y MOMENTOS ACTUANTES
 - III.2.E.2 ESFUERZOS ACTUANTES
 - III.2.F REVISIÓN POR CORTANTE EN LA PLACA PRINCIPAL (ALMA)
 - III.2.G REFUERZO DE OREJAS DE IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA RECUPERADA
 - III.2.H REVISIÓN POR CARGAS LATERALES DE LA OREJA DE IZAJE REFORZADA
- III.3 ANALISIS DE TRANSPORTACION
 - III.3.A MODELO GEOMÉTRICO
 - III.3.B ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN LA TRANSPORTACIÓN
 - III.3.B.1 CARGAS CONSIDERADAS PARA EL ANÁLISIS
 - III.3.B.2 ARCHIVOS DE ACELERACIONES Y ROTACIONES
 - III.3.B.3 RESUMEN DE CARGAS BÁSICAS Y COMBINACIONES
 - III.3.C RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL DE TRANSPORTACIÓN
 - III.3.C.1 RELACIONES DE INTERACCIÓN EN ELEMENTOS (UNITY CHECK)
 - III.3.C.2 RELACIONES DE INTERACCIÓN EN JUNTAS (PUNCHING SHEAR)
 - III.3.D COMENTARIOS DE LA TRANSPORTACIÓN

IV.- DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE LA RECUPERACIÓN

- IV.1 TRABAJOS PRELIMINARES
 - IV.1.A DESMANTELAMIENTOS
 - IV.1.B MARCO DE TRANSPORTE Y ARRASTRE
 - IV.1.C REFORZAMIENTO DE LA SUPERESTRUCTURA
- IV.2 IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA Y ACOPLAMIENTO EN EL MARCO PARA TRANSPORTE
- IV.3 TRABAJOS FINALES

V.- CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

Las plataformas marinas son grandes e impresionantes estructuras de acero que soportan intrincadas instalaciones industriales que, interconectadas, pueden llegar a formar los Complejos de Producción que son materialmente unas ciudades artificiales mar adentro. Entre los diferentes tipos de plataformas marinas, pueden encontrarse comúnmente las de Perforación, de Producción, de Enlace, de Compresión y Rebombeo, de Estabilizado, de Telecomunicaciones, Habitacionales, de Apoyo para Quemador y de Soporte para puentes y/o de otras estructuras.

Por su cantidad de soportes o Piernas como se le llama en el medio, pueden ser de tres soportes (trípodes), cuatro (tetrápodos), y las más comunes que son de ocho (octápodos), aunque en algunas instalaciones se encuentran raramente las de doce piernas. Cada una de ellas contiene y da rigidez a los Pilotes que se hincan con martillos neumáticos hasta una profundidad media de 200 metros bajo el lecho marino, por lo que también se le llama a este estilo “de plantilla”, pues el Jaket o subestructura que es lo primero que se coloca en el sitio de instalación, sirve de guía para colocar e hincar cada uno de los pilotes que posteriormente soportarán directamente a la superestructura, palabra que nos debe dar idea que es una estructura posicionada en la parte SUPERIOR del conjunto. Para mejor apreciación se ilustra un esquema de ellas en el capítulo primero (Fig. 1.6).

Este trabajo pretende dar una idea general de los trabajos de ingeniería básicos para recuperar de forma segura las estructuras que ya han salido de operación al agotarse la presión de los pozos que algún día fueron grandes productores de petróleo, pero que como todo, con el tiempo cae la presión para extraerlo y llega así al término de su vida útil.

La estructura instalada en el Campo Abkatun-I (i mayúscula) ha sido objeto de un gran trabajo de mantenimiento de forma que ha sido posible conservarla, si no en forma similar a como fue colocada (casi todas son objeto de adecuaciones a lo largo de su vida útil), sí en óptimas condiciones de operación, pues fue objeto de inspecciones y valoraciones que permiten autorizar su reutilización en una nueva plataforma, que en este caso es la denominada Yaxché-A. Esto claro, luego de su debida adecuación en los patios de trabajo localizados en Tuxpan, Veracruz.

Estos trabajos de reforzamiento y adecuación de la superestructura, para su rescate, deben estar apegados, como todo proceso de ingeniería, a la normatividad vigente y ser realizados con la debida planeación y programación, para tener la certeza de que los contratiempos que se tengan en el transcurso de los mismos, no pongan en riesgo el resultado final que para el caso que nos ocupa es la de desprender la superestructura de su base y transportarla a los patios en tierra para su posterior reutilización.

Es así que PEMEX Exploración y Producción a través del Activo Litoral Tabasco requirió el apoyo técnico para la planeación de estos trabajos y para su ejecución se asignó al Barco Grúa Tolteca de la empresa CAMSA, cuyas características técnicas son esenciales conocer para la elaboración del Proyecto para posteriormente establecer las diferentes etapas en que se dividen los trabajos para su análisis, la elaboración del proyecto y consecuentemente la ejecución de la obra.

Una vez reunidos los datos de la estructura por recuperar y las características de la grúa que realizará los trabajos de recuperación, se procedió a establecer las etapas y la serie de análisis estructurales requeridos para la ejecución segura de su izaje y transporte a tierra. Esa información y las etapas que se determinaron, se presentan en el capítulo segundo.

Por la naturaleza de este trabajo de tesis, es que se presentan las tres principales memorias de cálculo en las que se implementó el capítulo tercero, aunque es necesario mencionar que no son

todas las que se emitieron para este proyecto pero si las principales. Una de las memorias técnicas complementarias que se generaron fueron las correspondientes al Diseño del Marco de Arrastre, cuyas características técnicas se muestran en los croquis A.5 y A.6 de los Anexos pero cuyo diseño se realizó considerando a la superestructura ya ampliada y cargando con los equipos que va a contener para su instalación en el sitio de Yaxché-A. Esto debido a que dicho marco servirá para la recuperación inicial, para fijarla durante su estancia en los patios de construcción y finalmente para su traslado al sitio de su reutilización costafuera. Y para ello es necesario considerar toda una serie de factores que sobrepasan al objetivo de este trabajo.

De igual forma, el Análisis de desembarque y arrastre a los patios en Tuxpan es otra de las memorias de cálculo que se generaron pero que, por la misma estructuración del Marco de Arrastre (también denominado mas adelante Marco Soporte), diseñado para una etapa posterior, no representa la problemática objetiva de esa etapa y se decidió de igual forma no incluirla en esta presentación.

Aclarado lo anterior es que en el capítulo tercero se presentan los resúmenes de los análisis correspondientes al izaje de la superestructura, consecuentemente a las orejas de izaje; y finalmente a la estructura posicionada en el chalán de transporte a tierra, en donde se revisaron los elementos principales que conforman a la estructura y sus refuerzos colocados.

Posteriormente en el cuarto capítulo se presenta una serie fotográfica donde se pueden apreciar los principales detalles de los trabajos correspondientes a la ejecución de este proyecto.

Como todo proyecto, su implementación en la obra tiene discrepancias que es necesario solventar de una forma práctica y eficiente, pues en gabinete es imposible o inviable económicamente realizar todas y cada una de las consideraciones necesarias para que ello no suceda. En las Conclusiones se describen esas diferencias y la forma en que se resolvieron y en los Anexos se presenta la documentación que se generó consecuentemente.

Es así que quienes hemos tenido la satisfacción de trabajar en esa área de la ingeniería, vemos con agrado la oportunidad de contribuir de alguna forma con la difusión del conocimiento de estas actividades aunque sea en forma modesta pero con mucho interés, como es la elaboración del presente trabajo.

CAPÍTULO I. - LAS PLATAFORMAS MARINAS EN MEXICO

I.1 PEMEX EN LA EXTRACCIÓN COSTAFUERA

En México se inició la explotación de yacimientos de hidrocarburos fuera de la costa en 1958, en aguas del Golfo de México, con la instalación de plataformas fijas frente a la Barra de Santa Ana, en el estado de Tamaulipas.

A finales de los años sesenta se llevaron a cabo los siguientes proyectos:

- Se perforó desde una plataforma fija en la localización de Tiburón, al norte de la Barra de Tuxpan, Veracruz.
- Se instalaron 7 plataformas frente a la Barra del Río Cazones para perforar los pozos que se denominarían como Atún, Bagre, Morsa y Escualo.
- Frente a la desembocadura del Río Pánuco, en Tampico, desde 4 plataformas se perforaron adicionalmente los pozos denominados Arenque y Marsopa.

En todos los casos mencionados las plataformas fueron diseñadas en el extranjero e instaladas en tirantes no mayores a 50 metros. Estas plataformas se utilizaron únicamente para la perforación y explotación de los pozos. La mezcla de aceite y gas era enviada a través de tuberías de conducción hasta las instalaciones construidas expreso para ello en tierra firme, en donde se separaban en aceite, gas y agua que es básicamente como se compone el producto extraído.



FIGURA 1.1 PRINCIPALES INSTALACIONES MARINAS Y TERRESTRES DE PEMEX EN LA ACTUALIDAD

En el año de 1971, el pescador Rudecindo Cantarell, quien trabajaba con frecuencia en el golfo de Campeche, en una ocasión vio una mancha de aceite en el mar sin darle importancia. Días después, la mancha de aceite se seguía observando, esta vez era de mayores dimensiones. Sin embargo, guardó silencio durante siete años, pues no estaba muy convencido de que fuera algo importante, hasta que un día decidió notificar a PEMEX de sus observaciones. Tres años después de la notificación, personal de PEMEX decidió visitar la zona y tomar muestras.

El primer paso que dio la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos consistió en una labor inusitada de exploración para conocer la existencia e importancia de los yacimientos. Esta labor se realizó de

manera sistemática en una superficie de 8 mil Km², donde se encuentra precisamente la Sonda de Campeche. De esta área sólo están en plena explotación 700 Km², lo cual permite suponer reservas potencialmente mayores.

Durante el año de 1975 se llevó a cabo la perforación del primer pozo exploratorio Chac-1, 80 Km al norte de la Isla del Carmen, Campeche, terminándose al año siguiente. Al resultar productor este pozo abrió la expectativa de lo que posteriormente se confirmó: la existencia de varios campos productores de aceite y gas en la Sonda de Campeche.

Dichos trabajos fueron concluidos en 1977, y a partir de 1978 se inició la fabricación de las plataformas para la Sonda de Campeche, la primera de las cuales fue Akal-C.

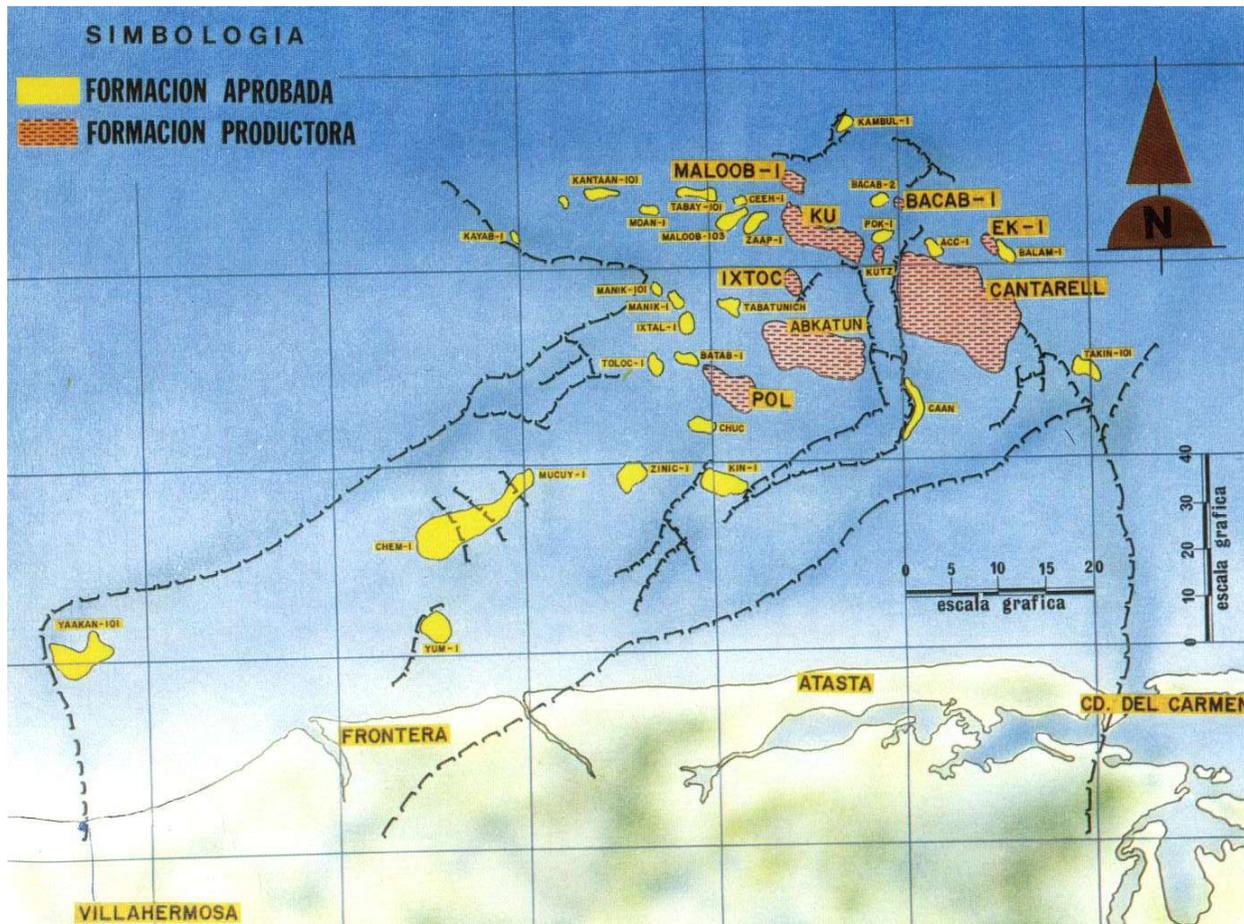


FIG. 1.2 PRINCIPALES FORMACIONES CON HIDROCARBUROS ENTRE LAS QUE SE OBSERVA EL CAMPO ABKATUN

En lo que concierne a la Ingeniería Civil, el diseño y construcción de estructuras sobre las cuales puedan realizarse los trabajos de explotación ha representado uno de los principales problemas a resolver, bajo la premisa de economía y seguridad, lo cual ha dado origen a una amplia gama de soluciones basadas fundamentalmente en el tirante de agua del sitio de interés. Algunos de los países que han desarrollado tecnologías para el diseño, fabricación e instalación de estas estructuras denominadas Plataformas Marinas son: Estados Unidos de Norteamérica, Noruega, Francia, Holanda y Gran Bretaña.

A finales de los años setentas se da inicio en nuestro país la explotación de los yacimientos petrolíferos situados en el subsuelo del mar territorial, principalmente frente a las costas de Campeche. En esta época, los trabajos de diseño, así como de la fabricación e instalación de plataformas se hallaban en manos de compañías extranjeras, principalmente norteamericanas. Sin embargo, actualmente tales actividades se realizan por profesionales nacionales en su mayoría, no

obstante que persista aún en nuestro país la dependencia tecnológica extranjera, expresada en códigos, especificaciones, programas y equipo de computación requeridos para el diseño, o bien en cuanto al equipo y maquinaria para construcción y embarcaciones para la instalación.

El diseño de plataformas marinas para la Sonda de Campeche tiene como antecedentes, criterios y procedimientos de firmas de ingeniería estadounidenses reconocidas internacionalmente, mismos que han sido asimilados y reestructurados acorde con los recursos y sistemas de trabajo existentes en el país, en base a las necesidades de Petróleos Mexicanos.

Reviste importancia significativa que México cuente con personal preparado para satisfacer sus requerimientos de instalaciones fuera de costa, dado el grado de especialización que exigen estas obras y la magnitud de su costo.

En la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios se establecen los lineamientos básicos para definir las atribuciones de Petróleos Mexicanos en su carácter de órgano descentralizado de la Administración Pública Federal, responsable de la conducción de la industria petrolera nacional.

Esta Ley determina la creación de un órgano Corporativo y cuatro Organismos Subsidiarios, que es la estructura orgánica bajo la cual actualmente opera PEMEX.

Dichos Organismos son:

- PEMEX Exploración y Producción (PEP)
- PEMEX Refinación (PXR)
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB)
- PEMEX Petroquímica (PPQ)

A su vez, PEP es la encargada de realizar las licitaciones y organizar los trabajos de exploración de nuevos yacimientos y hacerlos producir hidrocarburos, la construcción de estructuras y ductos de transporte hasta las instalaciones donde esa producción se almacena y procesa o exporta. Su estructura de organización se muestra en la figura 1.3



E PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

FIG. 1.3 ACTUAL ESTRUCTURA

Las áreas de servicios especializados de PEP están encargadas de proporcionar apoyo de naturaleza operativa a las Regiones y sus Activos. Las regiones de PEP son las áreas organizativas encargadas de maximizar el valor económico de los yacimientos, a través de la identificación y

ejecución de proyectos de inversión, así como de la operación de actividades exploratorias y de producción.

Región Norte (RN)

Se encuentra ubicada en la porción Norte y centro del país e incluye una parte continental y otra marina. Su extensión es superior a los dos millones de kilómetros cuadrados. Al Norte limita con Estados Unidos de Norteamérica, al Este con la isobata de 500 metros del Golfo de México, al Oeste con el Océano Pacífico y al Sur con el Río Tesechoacán, que constituye el límite con la Región Sur. Administrativamente, la Región Norte se compone de un activo de exploración que abarca el total de la distribución geográfica de la región y se denomina Regional de Exploración Región Norte. Este activo concentra toda la actividad exploratoria de evaluación de potencial de la región. Los activos integrales son Burgos, Poza Rica-Altamira y Veracruz, los cuales se encargan de la explotación de los campos, extender los campos ya descubiertos e incorporar reservas en las áreas cercanas a campos productores.

Región Marina Noreste (RMNE)

Esta región se encuentra ubicada en el Sureste de la República Mexicana, en Aguas Territoriales Nacionales, frente a las costas de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Abarca una superficie de 166,000 km², e incluye parte de la plataforma continental y el talud del Golfo de México. La Región Marina Noreste administra dos activos integrales a partir del año 2003, denominados Cantarell y Ku-Maloob-Zaap, cuya responsabilidad comprende la administración de los yacimientos desde etapas exploratorias, en los programas de incorporación de reservas y delimitación, hasta las etapas de producción y abandono de los campos.

Región Marina Suroeste (RMSO)

Comprende una superficie de 352,390 kilómetros cuadrados y se localiza en aguas marinas que cubren la plataforma y talud continental del Golfo de México. Hacia el Sur limita con los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche, hacia el Oriente colinda con la Región Marina Noreste, y al Norte y Poniente con aguas territoriales nacionales. La región está conformada por dos activos integrales, Abkatun-Pol-Chuc y Litoral de Tabasco, y un Activo Regional de Exploración. Los activos integrales tienen la responsabilidad de administrar los yacimientos, conducir los programas de incorporación de reservas, así como la delimitación de aquellas áreas ya descubiertas. El Activo Regional de Exploración se encarga de evaluar el potencial durante la etapa exploratoria.

Región Sur (RS)

Localizada en la porción Sur de la República Mexicana, la región abarca los estados de Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo. Operativamente, la Región Sur está dividida en cinco activos integrales y uno de exploración denominado Regional de Exploración Región Sur. Los activos integrales son Bellota-Jujo, Macuspana, Cinco Presidentes, Samaria-Luna y Muspac, que en conjunto administran un total de 147 campos.

Activo

Para fortalecer la administración integral de los yacimientos a lo largo de toda su vida productiva, se habilitaron Activos Integrales en todas las regiones, los cuales tienen la responsabilidad de los yacimientos desde etapas exploratorias (incorporación de reservas y delimitación) hasta las etapas de explotación y abandono de los campos.

Así, el Activo es el modelo de división interna de Pemex Exploración y Producción cuyo objetivo es el de explorar y producir petróleo crudo y gas natural. Esta organización se encuentra dirigida por un Subdirector Regional y se divide a su vez en activos de exploración, cuya responsabilidad es descubrir nuevos yacimientos de petróleo, y activos de producción, en los que recae la responsabilidad de administrar la producción de los campos petroleros.

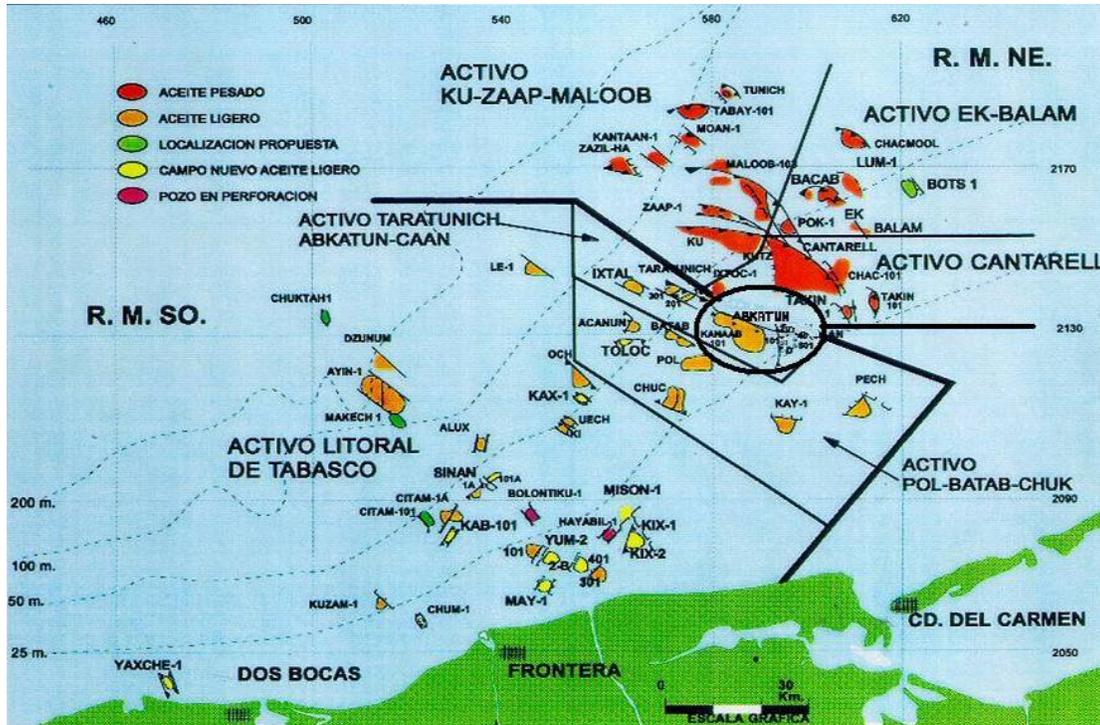


FIG 1.4 DIVISIÓN DE LOS ACTIVOS EN LA REGIÓN MARINA SUR-OESTE. EL CAMPO ABKATUN SE ENCIERRA EN EL CÍRCULO CENTRAL PARA SU MEJOR APRECIACIÓN.

La Subdirección de Ingeniería y Desarrollo de Obras Estratégicas (**SIDOE**), garantiza la eficiencia en la construcción de las mayores obras incluidas en los proyectos de inversión estratégica de PEP. La SIDOE da soporte a la creciente actividad de ingeniería y construcción asociada a las metas de crecimiento de la empresa.

I.2 CONFIGURACIÓN DE LAS PLATAFORMAS MARINAS

Las plataformas fijas de acero para la explotación de petróleo pueden ser de diversos tipos, de acuerdo con la función que desarrollen y constan de dos elementos principales que son la estructura y el equipo que soportan (ver fig. 1.10). Este último se diseña 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 complejidad de ejecución por el espacio tan limitado y el extraordinario incremento en los costos de operación.

Por su parte, la instalación de la estructura es 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.

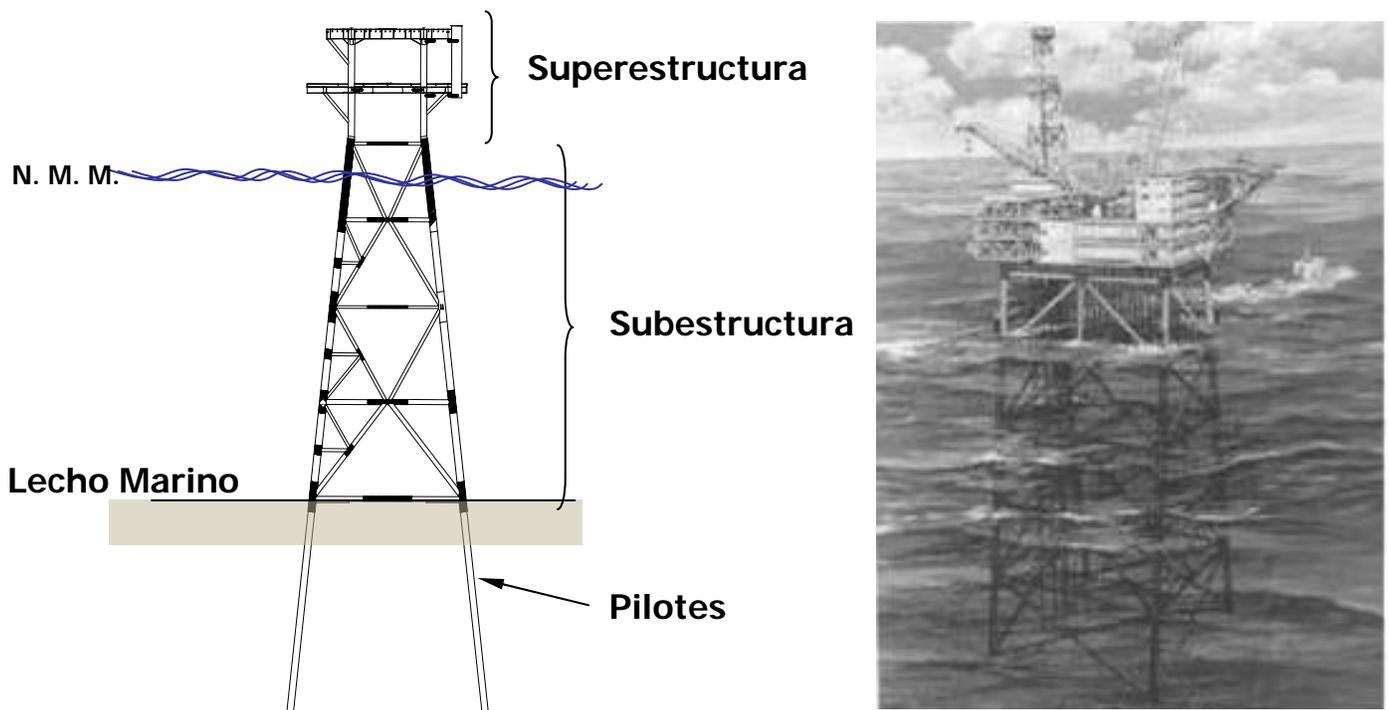


FIG 1.6 COMPONENTES BÁSICOS DE UNA PLATAFORMA MARINA

La estructura típica de una plataforma para la explotación de petróleo en la Sonda de Campeche, se compone de tres partes, denominadas: SUPERESTRUCTURA, SUBESTRUCTURA (o Jacket) Y CIMENTACION como se muestra en la fig. 1.6. Cada componente se construye independientemente de los otros llevándose a cabo su acoplamiento durante su instalación en mar.

La división de la estructura total en sus componentes es el fundamento de la técnica desarrollada para construir este tipo de estructuras y que comprende a las etapas de diseño, la construcción, el transporte, la instalación y operación o puesta en servicio.

La estructura de la plataforma se desplanta en el lecho marino y su cimentación es a base de pilotes comúnmente de sección tubular. Sobresale del nivel del mar, hasta la elevación necesaria para la operación del equipo al que alojará, que puede ser muy variado, como estructuras destinadas a operaciones diversas, almacenamiento de combustibles y suministros, comunicaciones, habitacional,

de enlace y apoyo para puentes, de quema de gas excedente y como en el caso que nos ocupa (y cuyo uso es mas frecuente), como plataformas de perforación y producción de hidrocarburos.



FIG. 1.7 EN EL COMPLEJO DE REBOMBEO, HAY UN TRÍPODE DE COMUNICACIONES, UN OCTÁPODO PARA OPERACIONES Y UN TETRÁPODO DE ALMACENAMIENTO.



FIG 1.8 UNA PLATAFORMA HABITACIONAL ENLAZADA POR PUENTES A LA ZONA DE PERFORACIÓN, PRODUCCIÓN Y TRATAMIENTO.



FIG 1.9 VISTA PANORÁMICA DE UN COMPLEJO DE PRODUCCIÓN Y PLATAFORMAS PERIFÉRICAS EN EL CAMPO CANTARELL, CERCANO AL CAMPO ABKATÚN.



FIG 1.10 PLATAFORMA TÍPICA DE PERFORACIÓN EN LA SONDA DE CAMPECHE CONTENIENDO A LOS PAQUETES QUE CONFORMAN EL EQUIPO DE PERFORACIÓN Y DE TRATAMIENTO PRIMARIO, DEL CRUDO EXTRAÍDO.

CAPÍTULO II . - INSPECCIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA DE ABKATUN-I Y EL PROCEDIMIENTO DE RECUPERACIÓN

De acuerdo con su estrategia para el desarrollo de los “SERVICIOS DE INGENIERÍA PARA ELABORACIÓN DEL PROYECTO CRUDO LIGERO MARINO, DEL ACTIVO DE EXPLOTACIÓN LITORAL DE TABASCO” (AELT), Región Marina Suroeste, se determinó la recuperación de la superestructura ABKATUN-I dado que es una zona en donde se iniciaron hace más de 20 años la explotación de los mantos petroleros y actualmente estas instalaciones están en desuso debido al agotamiento de presión de los pozos productores. Una vez recuperada la superestructura, será habilitada para su instalación en el Campo Yaxché, como la plataforma Yaxché-A.

Otros factores que determinaron la necesidad de recuperar la superestructura son la escasez y consecuente encarecimiento internacional de acero estructural, la necesidad de retirar las estructuras obsoletas que se encuentran en el mar y abatir costos de mantenimiento especializado que este tipo de construcciones requiere dado el ambiente altamente corrosivo, aunado a la existencia de nuevos proyectos para dotar a los pescadores de la región, de instalaciones para la cría especializada de especies altamente cotizadas y que se pueden adaptar por medio de redes, los jackets o subestructuras donde se desplantan las esas estructuras marinas.

La recuperación de la superestructura y transportación de ésta a un patio, está a cargo de la Gerencia de Mantenimiento Integral (GMI), en Coordinación con la Subdirección de Ingeniería y Desarrollo de Obras Estratégicas (SIDOE) de la Región Marina Sur Oeste. El desarrollo de la Ingeniería Básica, Bases de Diseño e Ingeniería de Detalle de la Subestructura Nueva, ingeniería de recuperación de la superestructura existente y adecuación de la misma, quedó a cargo de una compañía privada en su orden de trabajo OT-08 titulada “DESARROLLO DE BASES TÉCNICAS, INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA UNA SUBESTRUCTURA TIPO OCTÁPODA YAXCHÉ-A, INCLUYENDO CONDUCTORES, PILOTES, EQUIPO SOBRE CUBIERTA Y HELIPUERTO”.

II.1 LEVANTAMIENTO FÍSICO ESTRUCTURAL DE ABKATUN – I

Dentro de los alcances de la ingeniería básica se consideró realizar un levantamiento físico y fotográfico de la superestructura ABKATUN-I existente con el objetivo de conocer las dimensiones actuales reales de los elementos estructurales principales, así como también su estado físico, basados en los reportes de inspección y mantenimiento. Con lo anterior se elaborará un modelo para llevar a cabo los análisis estructurales correspondientes de recuperación y reutilización para YAXCHÉ-A: izaje, embarque, transportación y desembarque en patios de fabricación. La información que se obtuvo del levantamiento físico y fotográfico de la superestructura de Abkatun-I servirá para realizar las adecuaciones que deben realizarse a esta estructura para satisfacer los requerimientos de arreglos de equipo y servicios en su reutilización para la plataforma YAXCHÉ – A.

II.1.A ALCANCES DEL LEVANTAMIENTO FÍSICO EN ABKATUN – I

- Corroborar dimensiones generales de proyecto y registrar diferencias.
- Localizar y medir voladizos (Cantilivers) que se fueron adicionando al proyecto original.
- Inspección visual del estado en que se encuentra la estructura.
- Inspección visual de orejas para izaje de la superestructura y corroborar dimensiones y su orientación.
- Identificar espacios libres y/o interferencias para la instalación de elementos temporales de reforzamiento para la condición de izaje.
- Levantamiento del arreglo general del equipo: localización, dimensiones y datos generales.
- Levantamiento de rutas de tubería principal: diámetro, válvulas, sistema de soportería.

II.1.B LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL.

Se realizaron los levantamientos de las plantas estructurales en las elevaciones (+) 15.850 y (+) 21.700 (ver figs. 2.1 y 2.2), así como de los marcos longitudinales A y B y transversales 1, 2, 3 y 4 (figs. 2.5 a 2.9); la localización y dimensiones de los voladizos (cantilivers) en ambas plantas, pedestal de grúa, localización y detalles de escaleras, detalles de perfiles estructurales, barandales, localización de muro contra incendio, orejas de izaje de la superestructura y detalles de conexión. obteniendo con esto la condición previa al izaje, de la superestructura de la plataforma ABKATUN-I.

II.1.B.1 CUBIERTAS EN LOS NIVELES (+) 15.850 M Y (+) 21.700 M.

El levantamiento estructural de las cubiertas consistió en lo siguiente:

- Obtención de la distribución de largueros y las dimensiones de su sección transversal (PERFIL W18 x 50 en la cubierta inferior y W14 x 22 en la cubierta superior)
- Distribución y elevación de elementos de arriostramiento horizontal del sistema de piso y dimensiones de su sección transversal
- Localización y dimensiones de soportes para camisas de succión de agua de mar.
- Localización y obtención de dimensiones de trabes secundarias.
- Obtención de dimensiones de cantilivers (extensiones), distribución de elementos estructurales y dimensiones de la sección transversal de los perfiles.
- Inspección visual del estado general de los elementos: recubrimiento, corrosión, otros daños o anomalías.

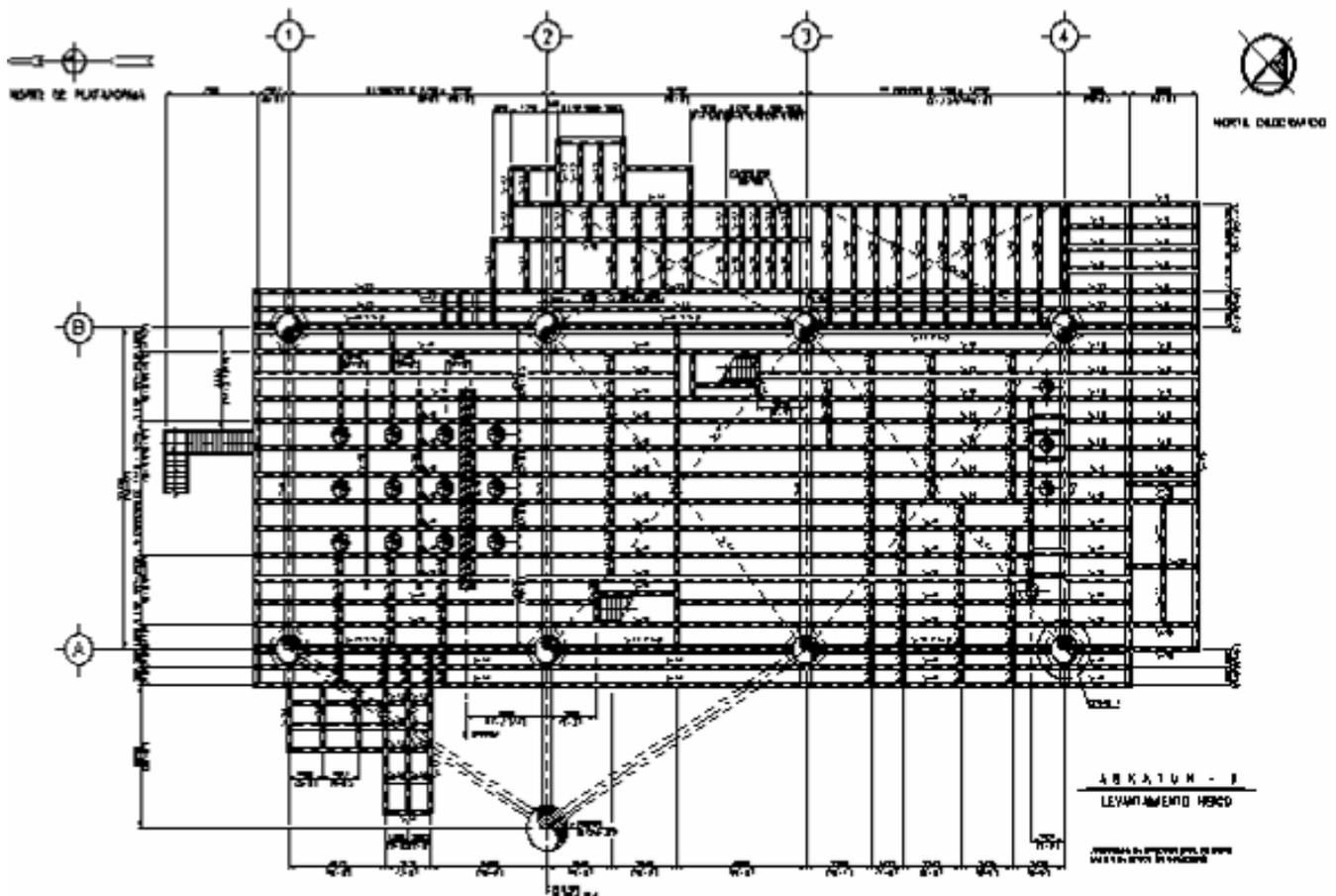


FIGURA 2.1 CROQUIS DE CUBIERTA INFERIOR N.S.A. (+) 15.850 (52'-0")

En la cubierta en elevación (+) 15.850 m, frente al Eje B, entre los Ejes 2, 3 y 4 existe un cantiliver que se agregó a la estructura original, que tiene un voladizo de 5.28 m, estructurado con perfiles tipo I. Las dimensiones y estructuración del cantiliver están indicados en los croquis 2.1 y 2.2 del levantamiento.

En la cubierta elevación (+) 21.700 se identificaron dos cantilivers adicionales a la estructura original de la plataforma: uno frente al Eje B entre los Ejes 3 y 4, y otro frente al Eje A desde el lado Sur de la cubierta hasta el Eje 2. en ambas extensiones se tomaron medidas a detalle de su estructuración y de los elementos que los integran, geometría de vigas, separación entre ellas y conexiones con la estructura principal.

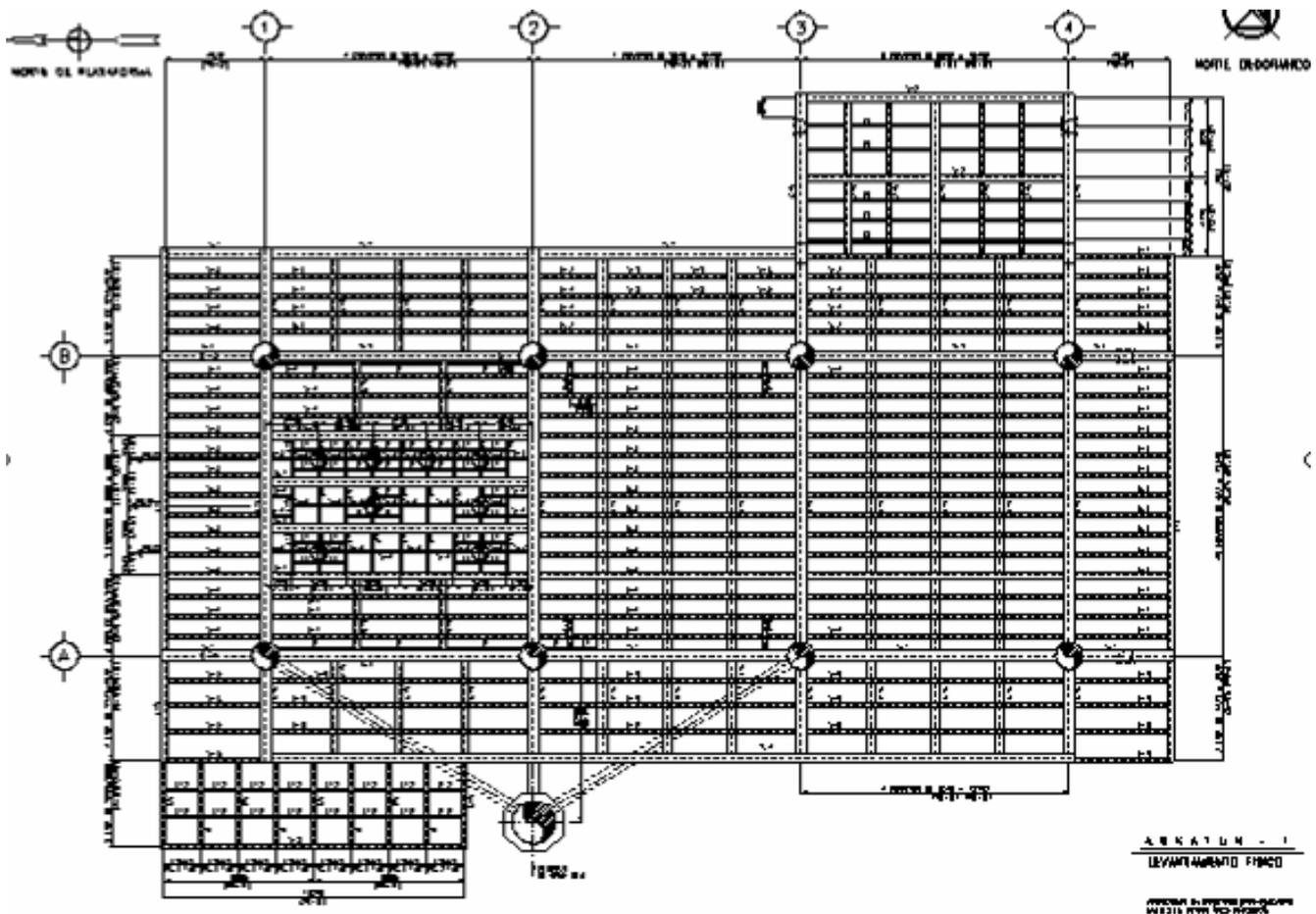


FIGURA 2.2 CROQUIS DE CUBIERTA PRINCIPAL N.S.A. (+) 21.641 (71'-0")

El cantiliver localizado frente al Eje B, entre los Ejes 3 y 4 soporta actualmente al bote salvavidas, el cual será también retirado al igual que el resto del equipo. De los levantamientos realizados a los cantilivers adicionales a la estructura original se concluyó que no son aptos para ser utilizados nuevamente, ya que no cumplen con los requerimientos dimensionales para el futuro arreglo de equipo.

II.1.B.2 MARCOS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES.

Se realizó una inspección visual de las plantas estructurales y los ejes longitudinales y transversales de la plataforma, determinándose que en términos generales los elementos estructurales conservan buena apariencia, están libres de oxidación y de golpes. dicha inspección fue documentada con la toma de fotografías.

Se obtuvieron los siguientes datos:

- Diámetro de columnas, puntales y contraventeos.
- Peralte, ancho y espesor de patines de las traves principales para las elevaciones de Referencia (+) 15.850 m y (+) 21.700 m.

Durante los levantamientos de las columnas y marcos A, B, 1, 2, 3 y 4 se observó que no existen obstrucciones sobre sus ejes, para realizar la instalación de los elementos temporales de reforzamiento para el izaje de la superestructura.

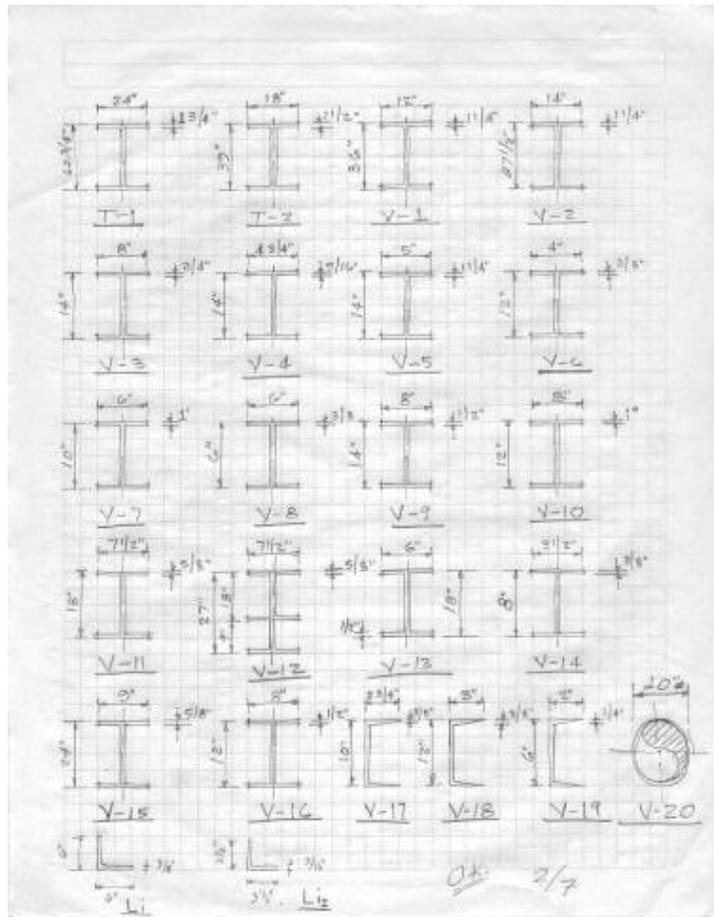


FIGURA 2.3 CROQUIS DE SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS DE PISO

Se realizó la localización e inspección de las orejas de izaje de la superestructura, las cuales están en las columnas 2-A, 3-A, 2-B y 3-B. Se detallaron las mismas, indicando su distribución y espesores de placa, peralte y orientación.

De la inspección se observó que las orejas conservan buena apariencia, no presentando oxidación en soldadura y placas. El croquis correspondiente es el numerado como Figura 2.4 y su localización respectiva en los croquis de las figuras 2.6 y 2.7.

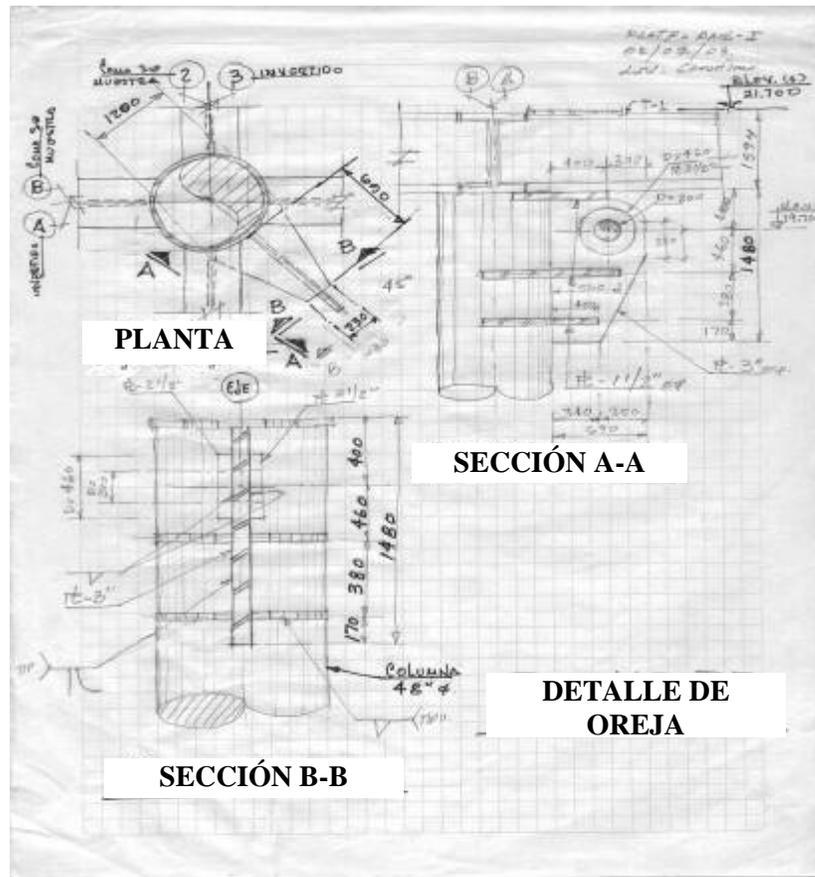


FIGURA 2.4 CROQUIS DE LAS OREJAS DE IZAJE EXISTENTES EN LA PARTE SUPERIOR DE LAS COLUMNAS CENTRALES

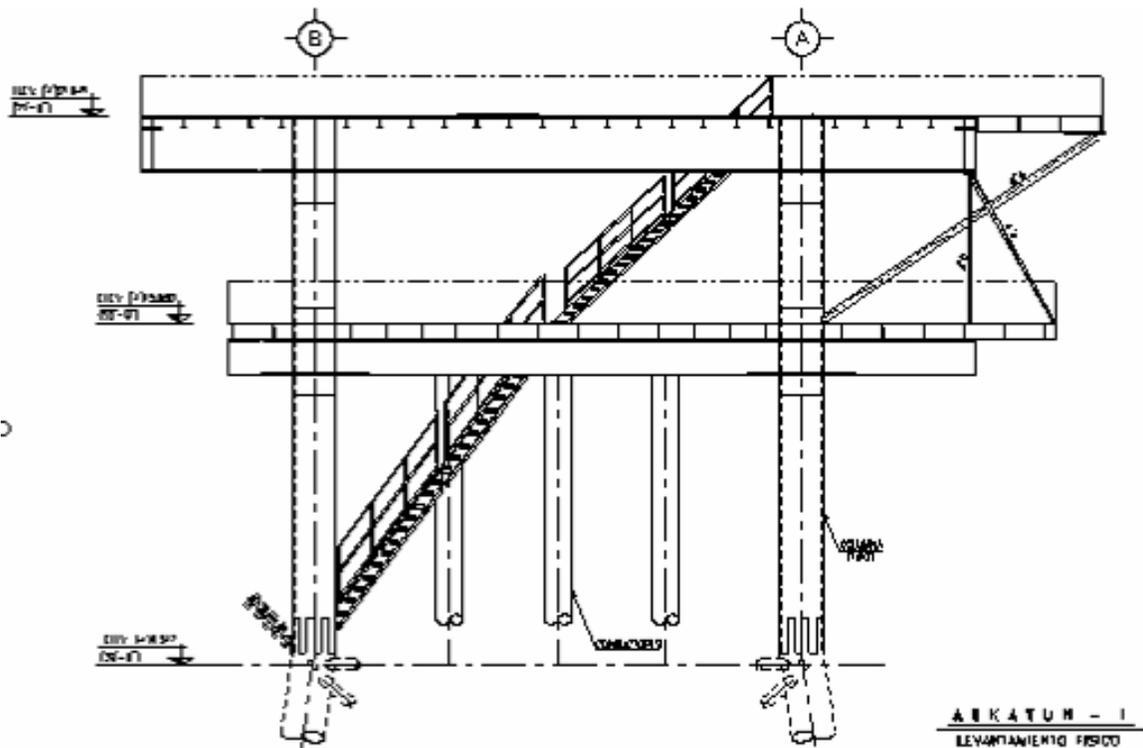


FIGURA 2.5 CROQUIS DE ELEVACIÓN EN EJE 1

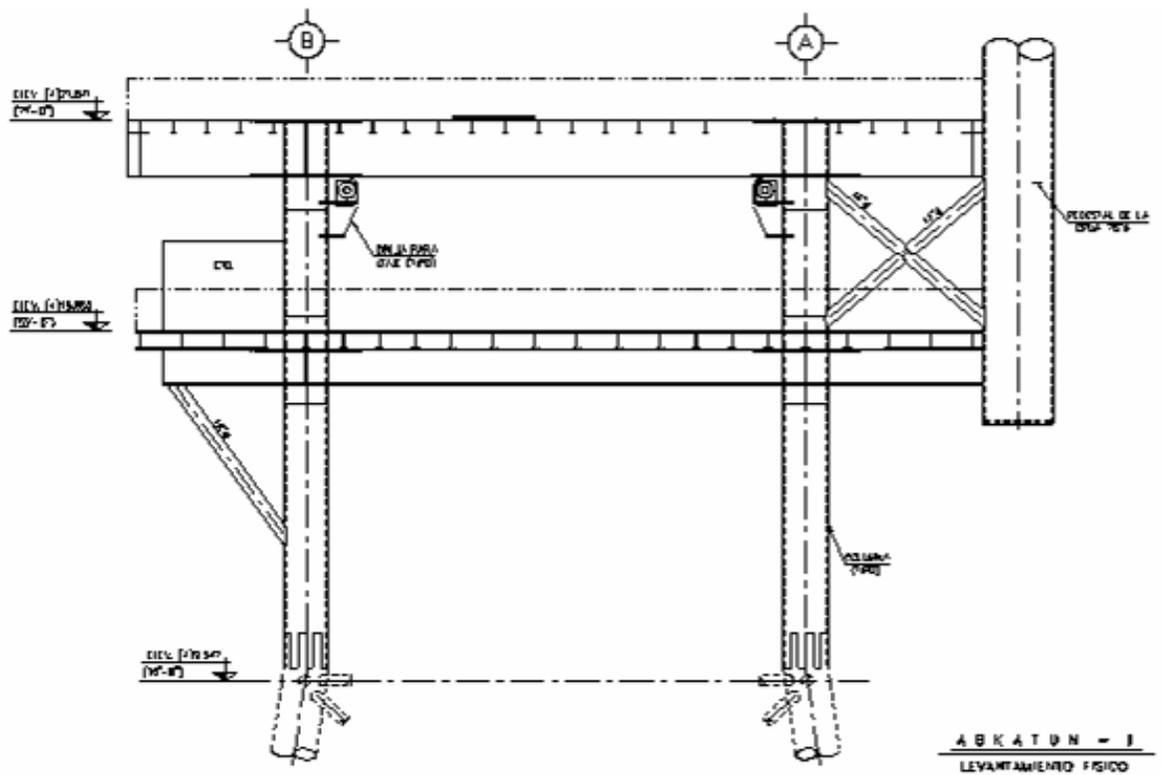


FIGURA 2.6 CROQUIS DE ELEVACIÓN EN EJE 2

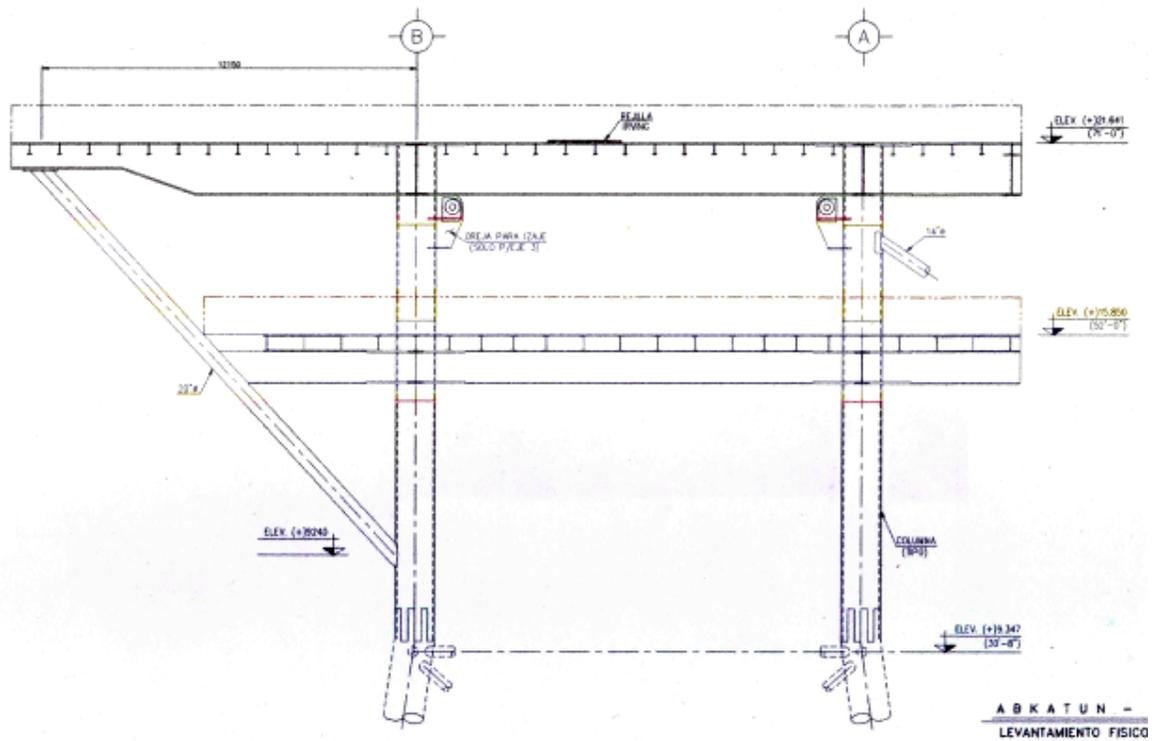


FIGURA 2.7 CROQUIS DE ELEVACIONES EN EJES 3 Y 4
(Son similares excepto por las orejas de izaje que solo se encuentran en Eje 3)

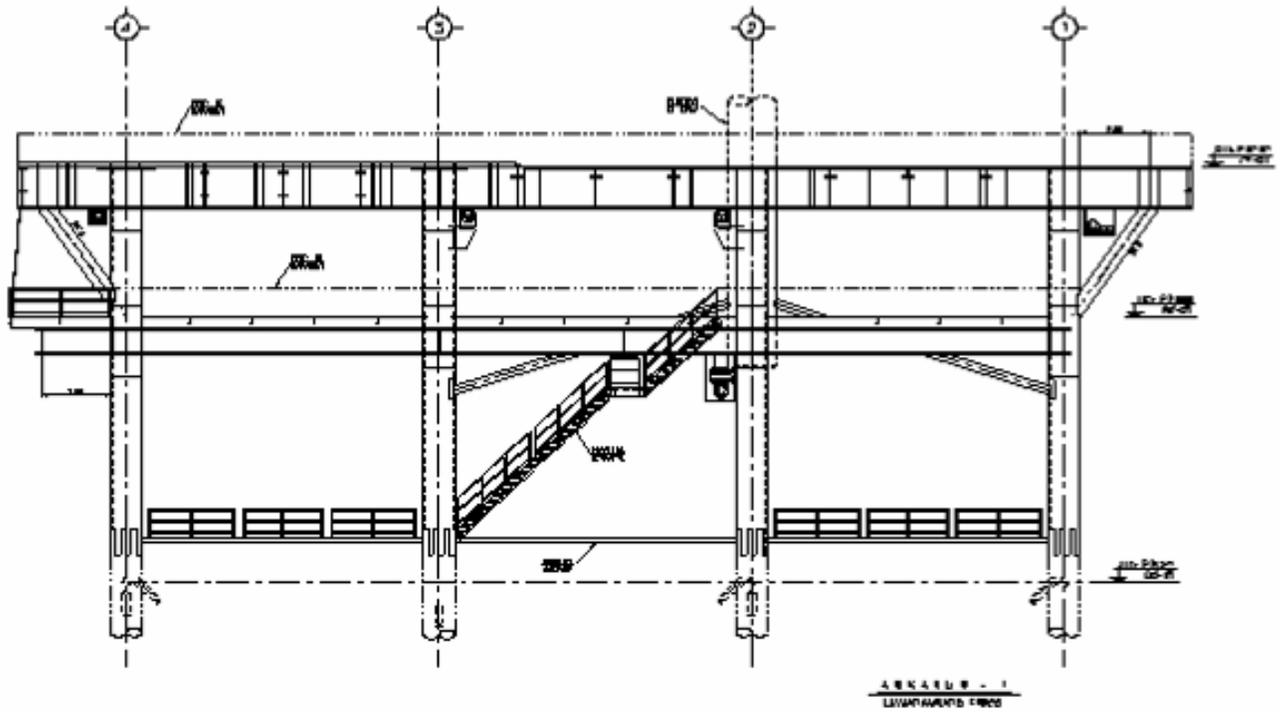


FIGURA 2.8 CROQUIS DE ELEVACIÓN EN EJE A

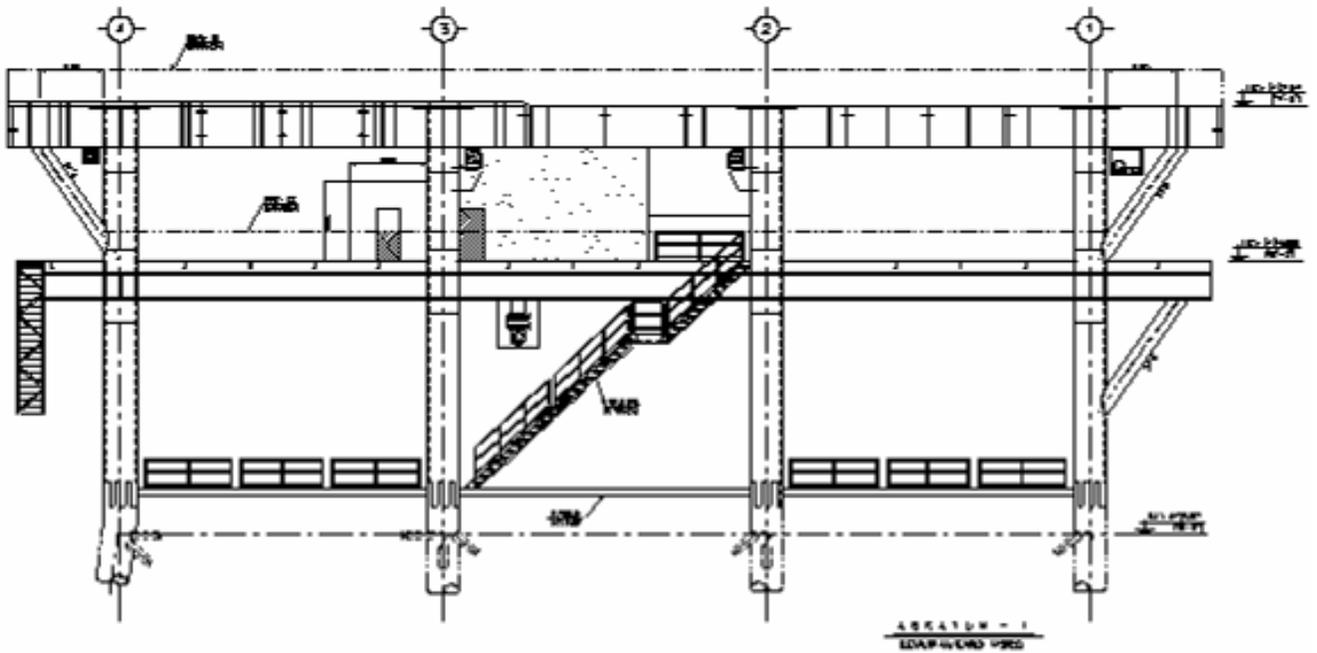


FIGURA 2.9 CROQUIS DE ELEVACIÓN EN EL EJE B

II.1.C REPORTE FOTOGRÁFICO COMPLEMENTARIO AL LEVANTAMIENTO



FIGURA 2.10 ABKATUN-I SUPERESTRUCTURA EJE A



FIGURA 2.11 ABKATUN-I SUPERESTRUCTURA EJE B



FIGURA 2.12 ABKATUN-I SUPERSTRUCTURA EJE 1



FIGURA 2.13 ABKATUN-I SUPERSTRUCTURA EJE 4

II.2 ALCANCE DE LOS TRABAJOS A REALIZAR

En términos generales, el alcance de los trabajos para recuperar la superestructura de Abkatún-I consiste en tres tipos; los que se requieren realizar una parte en tierra y otra en mar, los específicos a realizar costafuera y los específicos a realizar en tierra.

II.2.A ALCANCE GENERAL DE LOS TRABAJOS EN PATIO Y EN MAR

- ◆ Procura, suministro de materiales y fabricación del marco de arrastre,
- ◆ Procura, suministro de materiales y colocación de elementos temporales para izaje de la superestructura.

II.2.B TRABAJOS ESPECÍFICOS A REALIZAR EN EL SITIO ABKATUN-I

- ◆ Desmantelamiento y retiro de equipos y tuberías localizados en las cubiertas de la plataforma Abkatun-I
- ◆ Suministro, fabricación, y montaje de elementos temporales en los ejes A y B
- ◆ Desmantelamiento y retiro de largueros W-14x22 en la zona de las orejas de izaje de la Cubierta Superior. Ver figura 2.14 para mejor apreciación de este trabajo.
- ◆ Reforzamiento de las orejas de izaje acorde con el análisis correspondiente.
- ◆ Cierre de válvulas en lecho marino, corte y retiro de los 12 conductores de los pozos de perforación.
- ◆ Colocación de estrobos para izaje de la superestructura.
- ◆ Desbaste de soldadura en la unión del pilote y columna de superestructura o punto de trabajo.
- ◆ Izaje, colocación y amarre de la superestructura a la barcaza.
- ◆ Suministro, fabricación, y montaje de seguros marinos para el transporte de la superestructura.
- ◆ Transporte de la superestructura hasta el patio de desembarque.

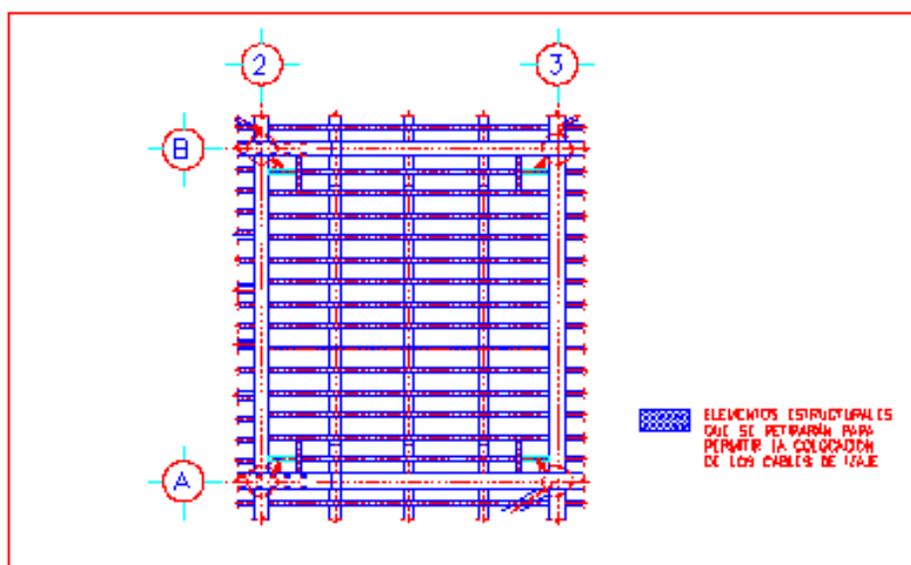


FIGURA 2.14 CORTE Y RETIRO DE ELEMENTOS LOCALIZADOS SOBRE LAS OREJAS DE IZAJE

II.2.C TRABAJOS POR EJECUTAR EN EL PATIO DE FABRICACIÓN

- ◆ Desembarque de la subestructura y arrastre en el patio hasta el sitio de su adecuación.
- ◆ Ingeniería “as-built” e integración de libros de proyecto.

II.3 PROCEDIMIENTO DE RECUPERACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA

Contando con la información recabada tanto en gabinete (con copia de los planos de diseño incluidos para este trabajo en los ANEXOS) como en el sitio, con los resultados del levantamiento, se tienen los elementos requeridos para establecer el procedimiento a desarrollar para la recuperación de la superestructura, una vez que se hayan retirado todos los equipos y tuberías contenidos en ella.

El procedimiento planteado es el siguiente:

II.3.A COLOCACIÓN DE ELEMENTOS DE REFUERZO TEMPORAL PARA IZAJE.

Por análisis y ejecución de izajes realizados en estructuras anteriormente, la experiencia nos indica que es necesario colocar tubos de 20” de diámetro y 0.500” de espesor, aunque las características definitivas de estos elementos se definirán en los análisis de las etapas de izaje y arrastre a los que se verá sujeta la estructura.

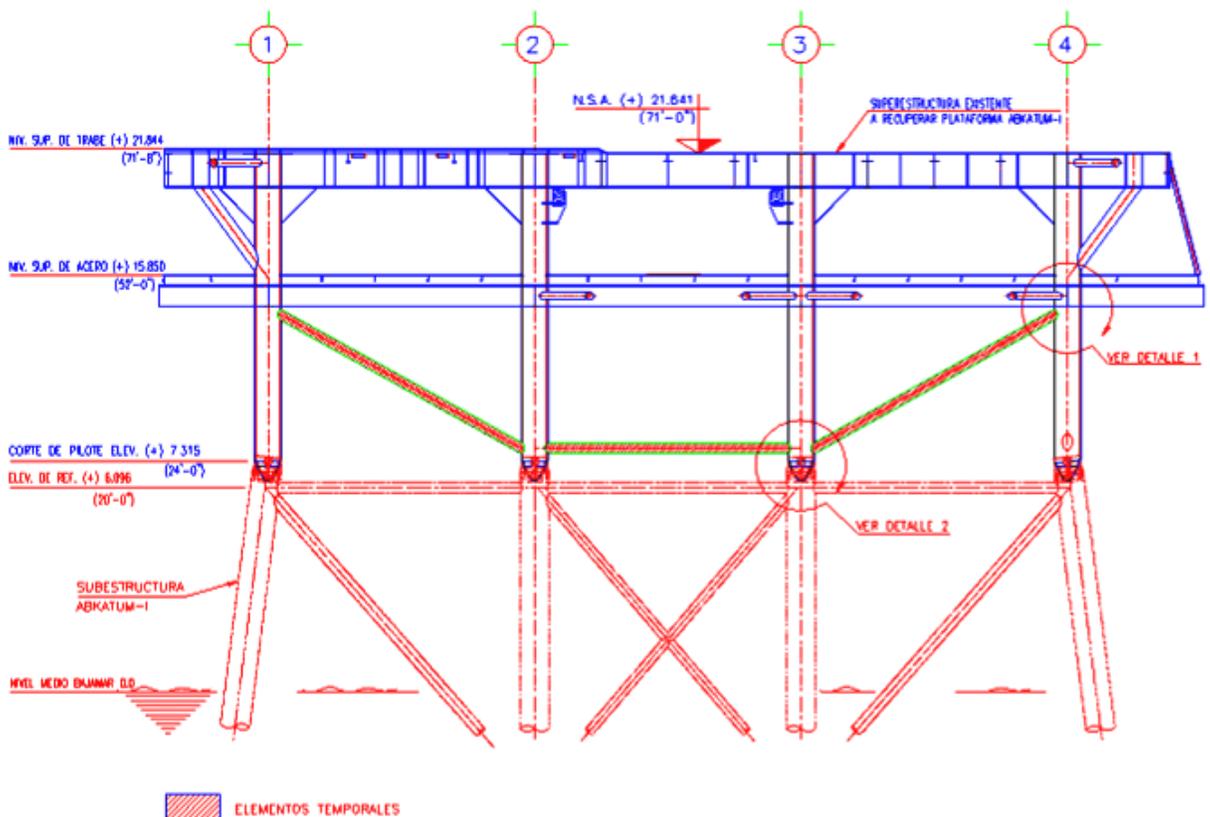


FIGURA 2.15 COLOCACIÓN DE ELEMENTOS DE REFUERZO PARA EL IZAJE

II.3.B REFORZAMIENTO DE LAS OREJAS DE IZAJE

Este reforzamiento se realizará conforme al análisis correspondiente, que se incluye en el capítulo 3 y es necesario debido a la nueva ubicación del centroide gravitacional, provocado por los cambios estructurales y eliminación de equipos que se realizan en la superestructura como parte de los trabajos previos a la recuperación. La revisión estructural y justificación del reforzamiento se pueden consultar en los capítulos III.1 y III.2.

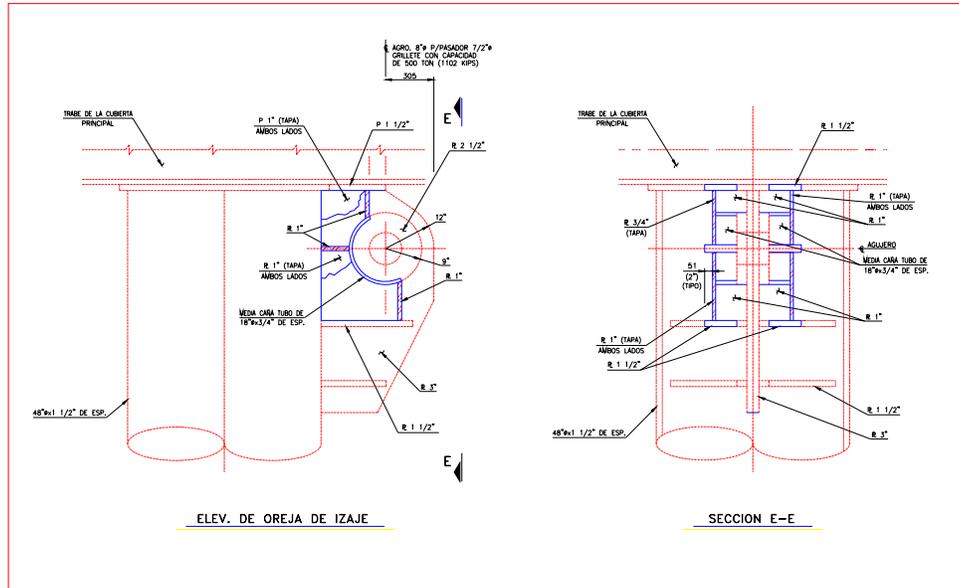


FIGURA 2.16 REFORZAMIENTO DE LAS OREJAS DE IZAJE

II.3.C SEPARACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA

Para separar a la superestructura de la base, tan solo se requiere cortar los cordones de soldadura que unen las columnas en su extremo inferior, con los pilotes de cimentación. El desbaste deberá realizarse hacia el lado del pilote evitando dañar el extremo inferior de las columnas. Antes de terminar estos cortes, los cables de izaje de la grúa deberán ser colocados en las orejas y tensados previendo un movimiento descendente brusco de la superestructura al momento de terminar la separación.

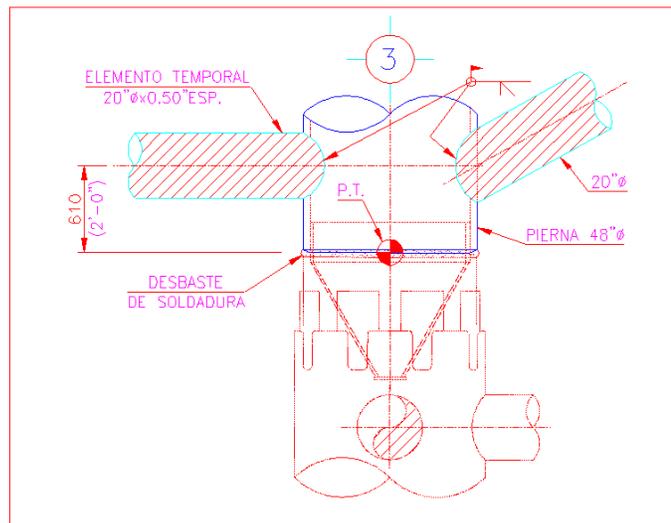


FIGURA 2.17 CORTE DE LA SOLDADURA EN LA UNIÓN COLUMNA-PILOTE

II.3.D IZAJE Y COLOCACION EN EL CHALAN DE TRANSPORTACIÓN

Una vez separada la estructura de los pilotes, se procede a izarla y el barco/grúa se separa del jacket para dar el espacio necesario y que se coloque debajo de la superestructura el chalán conteniendo al marco soporte.

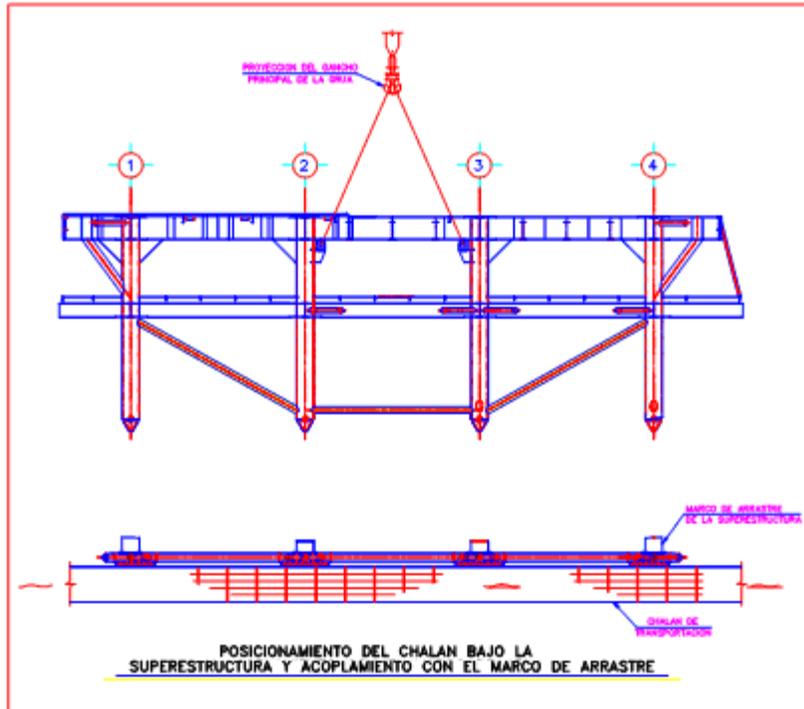


FIGURA 2.18 IZAJE Y COLOCACIÓN EN EL CHALÁN DE TRANSPORTE

II.3.E ARREGLOS PARA LA TRANSPORTACIÓN

Con las columnas de la superestructura asentadas en los respectivos casquillos del marco soporte, se colocarán los elementos de refuerzo lateral denominados "Seguros Marinos". Adicionalmente se colocarán pequeñas placas que unan a las columnas con los casquillos del marco soporte; estas placas se conocen como "Grapas".

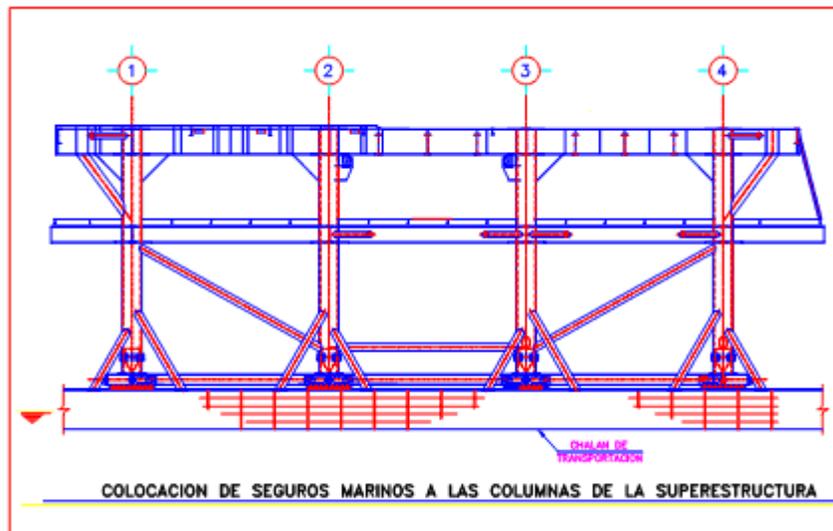


FIGURA 2.19 COLOCACION DE SEGUROS MARINOS PARA LA TRANSPORTACIÓN A TIERRA

CAPÍTULO III . - ANÁLISIS ESTRUCTURALES EN LAS ETAPAS DE RECUPERACIÓN Y TRASLADO DE LA SUPERESTRUCTURA A LOS PATIOS DE CONSTRUCCIÓN



PLATAFORMA DE PERFORACIÓN ABKATUN – I CON EL BARCO-GRÚA TOLTECA POSICIONADO A UN COSTADO, PARA REALIZAR LOS TRABAJOS DE RECUPERACION DE LA SUPERESTRUCTURA.

III.1 ANALISIS DE IZAJE

Es necesario analizar el izaje de la superestructura recuperada durante su retiro, de acuerdo a las condiciones que presenta actualmente y verificar que el comportamiento estructural sea el adecuado a las nuevas necesidades.

Las condiciones actuales se revisaron mediante un levantamiento físico y fotográfico que se realizó en el sitio de Abkatun-I. El modelo del análisis se elaboró con la información de los documentos anteriores, agregando los reportes de inspección y mantenimiento y los planos originales del proyecto de Abkatun-I (Ver Anexo A).

El objetivo de este documento es analizar la superestructura para comprobar que durante su etapa de recuperación, el comportamiento de la superestructura en el proceso de izaje sea adecuado. Es decir, que los esfuerzos que se presentan en cada uno de sus elementos no excedan los valores máximos permisibles.

III.1.A CONDICIONES DE CARGA

PESO PROPIO: Esta carga incluye el peso propio de todos los elementos estructurales presentes en la estructura al momento de ser izada y su magnitud es calculada automáticamente por el programa de análisis ZenScad Versión 4.3. a partir de la modelación de esos elementos, por esta razón también se le llama “Carga Muerta Generada” y se presenta generalmente con la Condición de Carga 1 (LOAD CASE 1).

CARGA VIVA: Durante el izaje de la superestructura no se considera que actúe carga viva alguna, por lo que únicamente se toma en cuenta la carga muerta. Las cubiertas están despejadas de los equipos y módulos que se encuentran en ella actualmente, por lo que no se considera su peso para el análisis. Es necesario aclarar que las cargas ambientales también se consideran despreciables pues para esa maniobra se requieren condiciones de mar y viento en calma y si alguno de esos parámetros no se cumple el izaje de la estructura no se realiza.

PESO DE ELEMENTOS NO MODELADOS: Dentro de esta carga se contempla el peso de todos los elementos que se apoyan sobre la estructura, pero que no forman parte de ella o bien no influyen en su comportamiento estructural; al no estar modelados, su magnitud no es calculada automáticamente por el programa de análisis, sino que es necesario calcularla e introducir sus valores. A este tipo de cargas también se les conoce como “Carga Muerta No Generada” y se contemplan entre otros, escaleras y barandales, el muro contra incendio y las orejas de izaje, cargas que se aplican en las Condiciones de Carga 2 a 5; el sistema de piso consistente en el peso de la rejilla y los elementos estructurales que la soportan tanto de la cubierta superior como de la inferior se presentan en las Condiciones de Carga 6 y 7 respectivamente.

A continuación se presenta un resumen de estas Cargas a considerarse en el Análisis.

TABLA 3.1 RESUMEN DE CARGAS PARA EL ANÁLISIS DE IZAJE.

| PESO PARA IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA DURANTE SU ETAPA DE INSTALACIÓN | | |
|--|----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN | CARGA EN: | |
| | Kips | Ton. |
| PESO DE LA ESTRUCTURAL PRINCIPAL | 1,203.7 | 546.0 |
| BARANDALES, ESCALERAS, OREJAS DE IZAJE, MURO CONTRA INCENDIO | 48.7 | 22.1 |
| SISTEMA DE PISO EN CUBIERTA INFERIOR (LARGUEROS W 18 x 50 Y REJILLA 1 1/4" x 3/16") | 223.1 | 101.2 |
| SISTEMA DE PISO EN CUBIERTA SUPERIOR (LARGUEROS W 14 x 22 Y REJILLA 1 1/4" x 3/16") | 215.8 | 97.9 |
| CARGA TOTAL | 1,691.3 | 767.2 |

Con el propósito de dar una mayor rigidez a los marcos de la superestructura recuperada al momento de su izaje y traslado, se colocarán en el modelo los elementos temporales en los ejes A y B, tal como se muestra en la figura 3.1

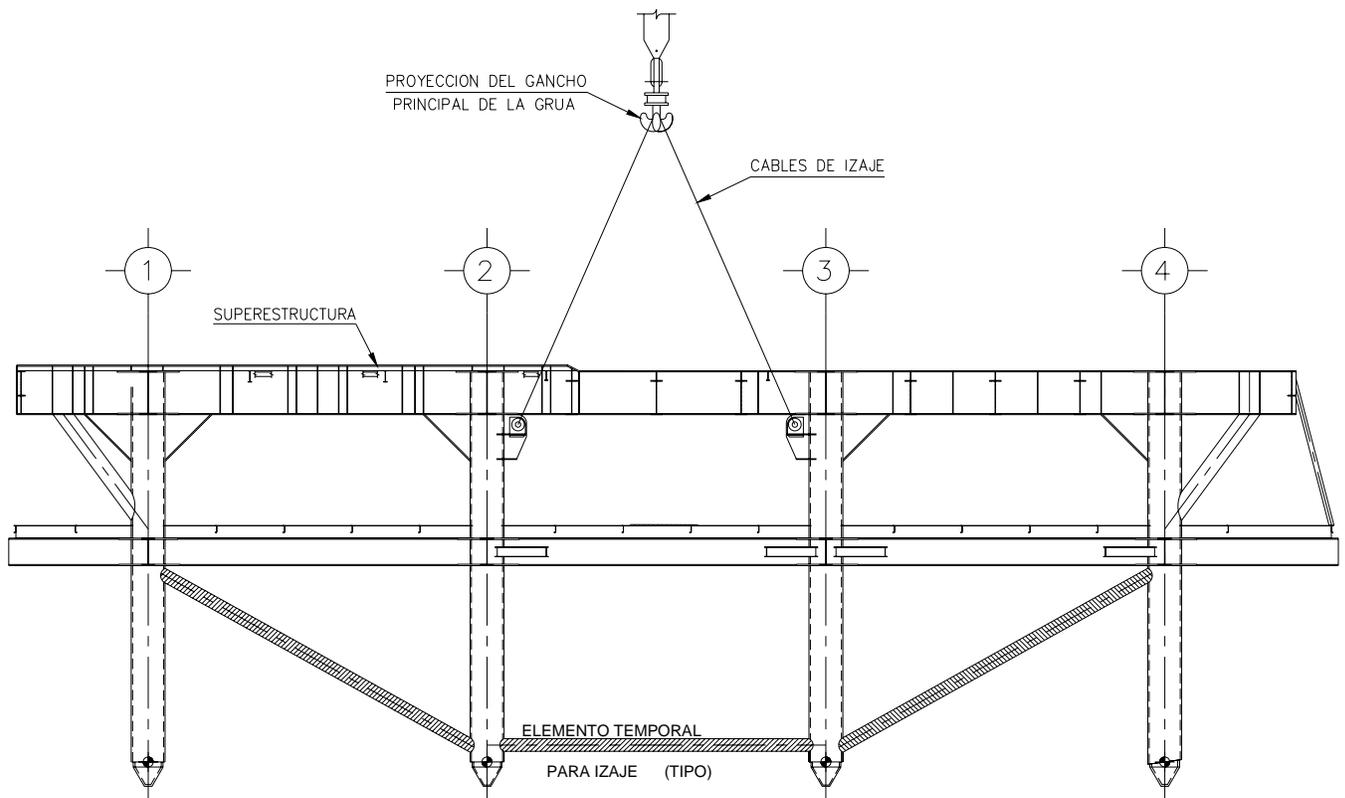


FIGURA 3.1 ARREGLO DE ELEMENTOS DE REFUERZO TEMPORAL PARA EL IZAJE Y TRASLADO

III.1.B ANÁLISIS PRELIMINAR

Simulando la superestructura de la plataforma apoyada sobre las columnas, se realiza un análisis previo en el que se determinan las coordenadas del centro de gravedad con objeto de establecer la posición del gancho de la grúa sobre el que se conectarán los cables para el izaje.

III.1.C CARGAS BÁSICAS RESULTANTES

A continuación se muestra el listado de cargas utilizado en el programa de Análisis ZenScad:

* * * Applied Load Summary * * *

| Load Case | Total Force(X) (Kips) | Total Force(Y) (Kips) | Total Force(Z) (Kips) | Total Moment(X) (In-Kips) | Total Moment(Y) (In-Kips) | Total Moment(Z) (In-Kips) |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0.000 | 0.000 | -1203.745 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| C.G. X (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 1.428 | | |
| C.G. Y (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 0.753 | | |
| C.G. Z (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 68.290 | | |
| Global Moments (Ft-Kips) | | -905.860 | 1718.860 | 0.000 | | |
| Mudline Moments (Ft-Kips) | | -905.860 | 1718.860 | 0.000 | | |
| 2 | 0.000 | 0.000 | -14.266 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| C.G. X (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 4.691 | | |
| C.G. Y (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 4.024 | | |
| C.G. Z (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 70.990 | | |
| Global Moments (Ft-Kips) | | -57.406 | 66.923 | 0.000 | | |
| Mudline Moments (Ft-Kips) | | -57.406 | 66.923 | 0.000 | | |
| 3 | 0.000 | 0.000 | -18.720 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| C.G. X (Ft) | | 0.000 | 0.000 | -0.597 | | |
| C.G. Y (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 1.271 | | |
| C.G. Z (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 67.115 | | |
| Global Moments (Ft-Kips) | | -23.802 | -11.182 | 0.000 | | |
| Mudline Moments (Ft-Kips) | | -23.802 | -11.182 | 0.000 | | |
| 4 | 0.000 | 0.000 | -8.840 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| C.G. X (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| C.G. Y (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| C.G. Z (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 79.059 | | |
| Global Moments (Ft-Kips) | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| Mudline Moments (Ft-Kips) | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| 5 | 0.000 | 0.000 | -6.888 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| C.G. X (Ft) | | 0.000 | 0.000 | -9.500 | | |
| C.G. Y (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 22.500 | |
| C.G. Z (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 79.059 | | |
| Global Moments (Ft-Kips) | | -154.980 | -65.436 | 0.000 | | |
| Mudline Moments (Ft-Kips) | | -154.980 | -65.436 | 0.000 | | |
| 6 | 0.000 | 0.000 | -223.081 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| C.G. X (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 15.617 | | |
| C.G. Y (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 6.773 | | |
| C.G. Z (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 61.042 | | |
| Global Moments (Ft-Kips) | | -1510.850 | 3483.858 | 0.000 | | |
| Mudline Moments (Ft-Kips) | | -1510.850 | 3483.858 | 0.000 | | |
| 7 | 0.000 | 0.000 | -215.801 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| C.G. X (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 1.932 | | |
| C.G. Y (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 1.723 | | |
| C.G. Z (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 79.059 | | |
| Global Moments (Ft-Kips) | | -371.879 | 416.904 | 0.000 | | |
| Mudline Moments (Ft-Kips) | | -371.879 | 416.904 | 0.000 | | |
| 8 | 0.000 | 0.000 | -1691.341 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| C.G. X (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 3.317 | | |
| C.G. Y (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 1.788 | | |
| C.G. Z (Ft) | | 0.000 | 0.000 | 68.818 | | |
| Global Moments (Ft-Kips) | | -3024.777 | 5609.927 | 0.000 | | |
| Mudline Moments (Ft-Kips) | | -3024.777 | 5609.927 | 0.000 | | |

De los resultados de la Condición de Carga Total Muerta Generada y No Generada obtenemos su combinación en la Condición de Carga 8 que es sobre la que se hace el cálculo estructural.

El centroide se obtiene internamente con el programa de análisis al dividir los Momentos M_x y M_y entre el total de la carga aplicada.

$$F_z = -1,691.34 \text{ kips}; \quad M_x = -3,024.78 \text{ ft-kips}; \quad M_y = 5,609.93 \text{ ft-kips}$$

$$\text{Asi que } e_x = M_y / F_z = 3.317 \text{ ft} = 1.011 \text{ m} \quad e_y = M_x / F_z = 1.788 \text{ ft} = 0.545 \text{ m}$$

Estos datos tambien se observan en la tabla anterior, y el programa los presenta como **C.G. X** y **C.G. Y** respectivamente.

De estos resultados del análisis realizado con el programa ZenScad, se determina que el Centro de Gravedad (C.G.) para la superestructura a recuperar, se localiza entre los ejes 2 y 3, y entre los ejes A y B, tal como lo ilustra la figura que se presenta a continuación:

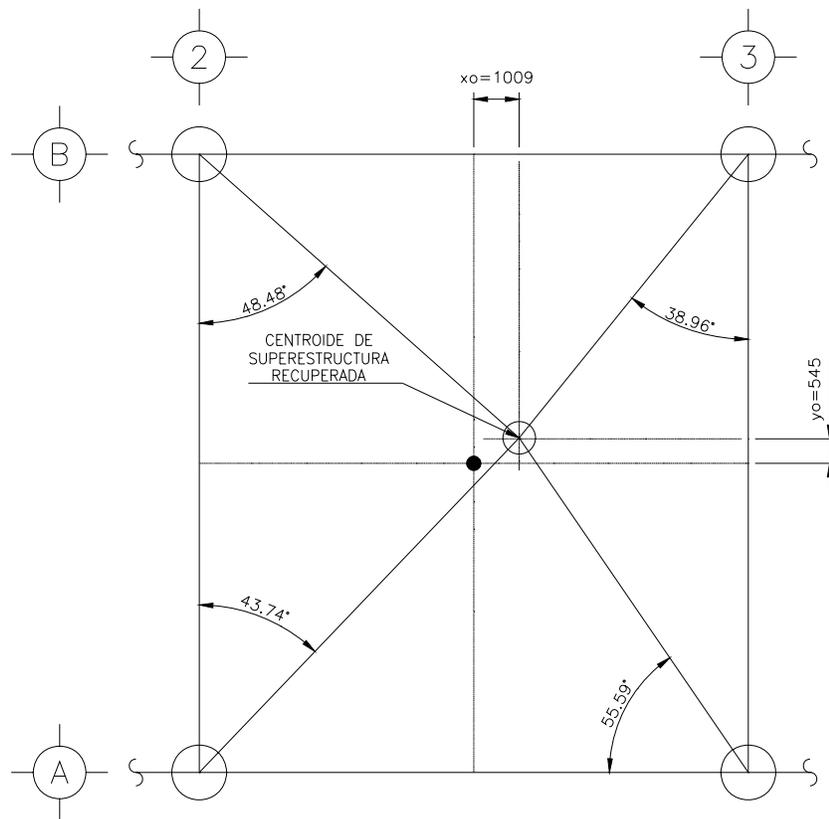


FIGURA 3.2 CENTROIDES GEOMETRICO Y GRAVITACIONAL

Este CG no coincide con el centroide donde se dirigen las orejas debido a que cuando fue instalada originariamente, esta superestructura contenía los equipos e instalaciones de operación necesarias para operar cuando los pozos estuvieran produciendo. Para la recuperación, parte de estos elementos fueron retirados, muchos otros fueron retirados tiempo antes cuando los pozos de la plataforma dejaron de extraer petróleo del subsuelo. Ese CG original se encuentra referenciado en los planos originales de diseño de la plataforma y una copia de ese plano específico se presenta en los anexos.

III.1.D COLOCACIÓN DEL GANCHO Y CABLES DE IZAJE

El gancho donde llegarán los cables que parten de las orejas de izaje estará ubicado verticalmente sobre el CG, a una altura tal que los ángulos de los cables con el plano horizontal sea cuando menos de 60°.

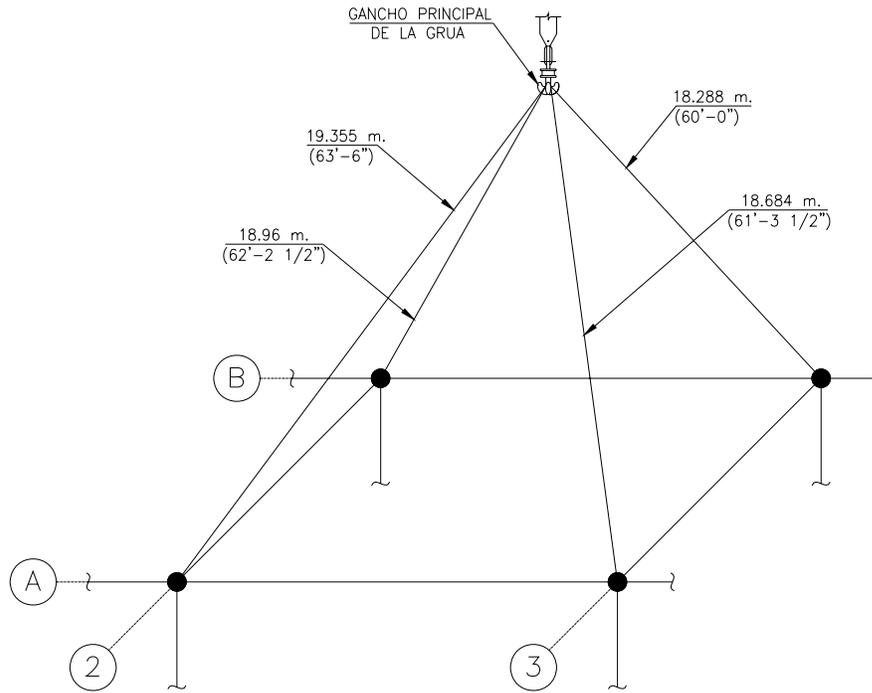


FIGURA 3.3 DETALLE DE ARREGLO PARA CABLES DE IZAJE

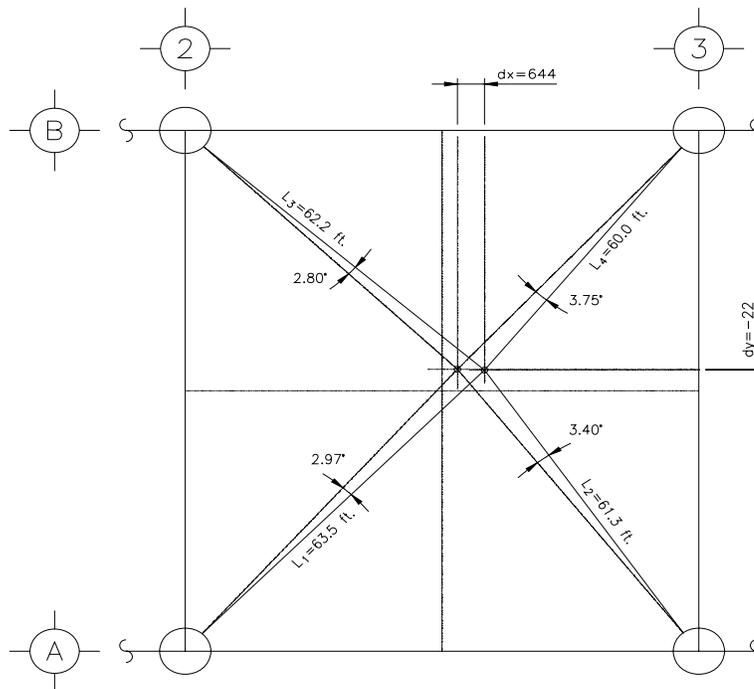


FIGURA 3.4 EXCENTRICIDAD RESULTANTE ENTRE CENTROIDE ORIGINAL Y EL CENTROIDE DE SUPERESTRUCTURA A RECUPERAR

TABLA 3.2 VALORES DE LAS LONGITUDES MÍNIMAS DE LOS CABLES PARA CONSERVAR LA INCLINACIÓN CALCULADA.

| Nodo <i>i</i> | Nodo <i>j</i> | CABLE | LONGITUD (ft) | ANGULO DE INCLINACIÓN CON RESPECTO A LA HORIZONTAL (β) | TENSIONES EN LOS CABLES TON (kips) |
|---------------|---------------|-------|---------------|--|------------------------------------|
| 903 | 2 | L1 | 63.5 | 58.00 ° | 186.4 (411) |
| 905 | 2 | L2 | 61.3 | 61.26 ° | 222.3 (490) |
| 913 | 2 | L3 | 62.2 | 59.91 ° | 187.3 (413) |
| 915 | 2 | L4 | 60.0 | 63.68 ° | 280.8 (619) |

Para simular las condiciones de izaje en el modelo de la superestructura, se considera que en el punto donde se sitúa el gancho para sostener los cables, es un apoyo que permite giros alrededor de los 3 ejes coordenados pero restringe los desplazamientos laterales.

Los cables se modelan como elementos prismáticos cuya sección transversal tiene un área equivalente a la de un círculo de 4 pulgadas de diámetro. Como su trabajo es axial y no actúan bajo la acción de momentos flexionantes, se les asigna valores pequeños a sus momentos de inercia alrededor de sus 2 ejes principales (sin estos valores el programa de computadora aborta el análisis). Los puntos donde los cables se conectan con las orejas de izaje se consideran articulados y esto se indica en el modelo liberando estos extremos de las restricciones de giro alrededor de los 3 ejes coordenados.

El manual del fabricante de cables Bridon indica que el tipo marcado como 34LR/PI tiene un esfuerzo de fluencia de valor que se considera en el análisis.

El gancho de la grúa deberá estar colocado sobre el centro de gravedad de la estructura para evitar giros que desestabilicen la maniobra.

FIG. 3.5 TABLA DE PESO Y CARGA DE TRABAJO DE CABLES DE IZAJE DEL FABRICANTE ENDURANCE DYFORM

| Nom dia mm | Approx mass kg/100m | Minimum breaking force | | | |
|------------|---------------------|------------------------|--------|------|--------|
| | | Rope grade | | | |
| | | 1960 | | 2160 | |
| | | kN | tonnes | kN | tonnes |
| 10 | 51.4 | 90.0 | 9.2 | 98.1 | 10.0 |
| 11 | 61.7 | 109 | 11.1 | 118 | 12.1 |
| 12 | 72.9 | 130 | 13.3 | 140 | 14.3 |
| 13 | 84.6 | 154 | 15.7 | 166 | 17.0 |
| 14 | 97.1 | 179 | 18.3 | 191 | 19.5 |
| 15 | 114 | 205 | 20.9 | 220 | 22.4 |
| 16 | 130 | 232 | 23.7 | 251 | 25.6 |
| 17 | 140 | 260 | 26.5 | 284 | 29.0 |
| 18 | 159 | 298 | 30.4 | 319 | 32.5 |
| 19 | 178 | 329 | 33.6 | 356 | 36.3 |
| 20 | 197 | 370 | 37.7 | 397 | 40.5 |
| 21 | 222 | 400 | 40.8 | 432 | 44.1 |
| 22 | 240 | 442 | 45.1 | 482 | 49.1 |
| 23 | 261 | 480 | 48.9 | 525 | 53.5 |
| 24 | 286 | 528 | 53.8 | 569 | 58.0 |
| 25 | 312 | 572 | 58.3 | 620 | 63.2 |
| 26 | 340 | 618 | 63.0 | 658 | 67.1 |
| 27 | 356 | 662 | 67.5 | 718 | 73.2 |
| 28 | 391 | 716 | 73.0 | 784 | 79.9 |
| 29 | 425 | 765 | 78.0 | 829 | 84.5 |
| 30 | 445 | 823 | 83.9 | 900 | 91.8 |
| 32 | 505 | 940 | 95.9 | 1030 | 105.0 |
| 34 | 574 | 1060 | 108 | 1150 | 118.0 |
| 35 | 602 | 1120 | 114 | 1210 | 123.0 |
| 36 | 644 | 1180 | 121 | 1280 | 130.0 |
| 38 | 712 | 1320 | 134 | 1430 | 145.0 |
| 40 | 807 | 1470 | 149 | 1580 | 161.0 |
| 42 | 884 | 1640 | 165 | | |
| 44 | 961 | 1780 | 180 | | |
| 46 | 1060 | 1950 | 197 | | |
| 48 | 1150 | 2140 | 216 | | |
| 50 | 1230 | 2270 | 230 | | |
| 52 | 1360 | 2480 | 250 | | |
| 54 | 1450 | 2770 | 280 | | |
| 56 | 1560 | 2870 | 290 | | |
| 58 | 1680 | 3050 | 308 | | |
| 60 | 1800 | 3230 | 326 | | |
| 62 | 1920 | 3410 | 344 | | |
| 64 | 2050 | 3570 | 360 | | |
| 66 | 2170 | 3840 | 392 | | |
| 68 | 2310 | 4070 | 415 | | |
| 70 | 2450 | 4430 | 452 | | |
| 72 | 2590 | 4680 | 477 | | |
| 74 | 2730 | 4920 | 501 | | |
| 76 | 2880 | 5140 | 525 | | |

El modelo de la superestructura resultaría inestable si solo se considera el apoyo de los cables, por lo que para darle la estabilidad necesaria se considera que existen 2 apoyos elásticos ubicados en los extremos de las piernas de las esquinas (ver fig 3.6). Como la función de ellos es únicamente la de estabilizar lateralmente a la estructura, se les asigna una constante de resorte de magnitud pequeña, que para nuestro caso fue de: $K = 0.1 \text{ kips / in}$

Estos soportes elásticos están restringiendo los desplazamientos en las direcciones de los ejes Y y X, es decir se permite que la estructura tenga libertad de desplazamiento en el sentido vertical (dirección del eje Z).

En la práctica, esta función la desarrollan los cables que son manipulados por los ayudantes que auxilian normalmente al operador de la grúa en este tipo de maniobras, tal como se aprecia en las fotografías del Capítulo 4.

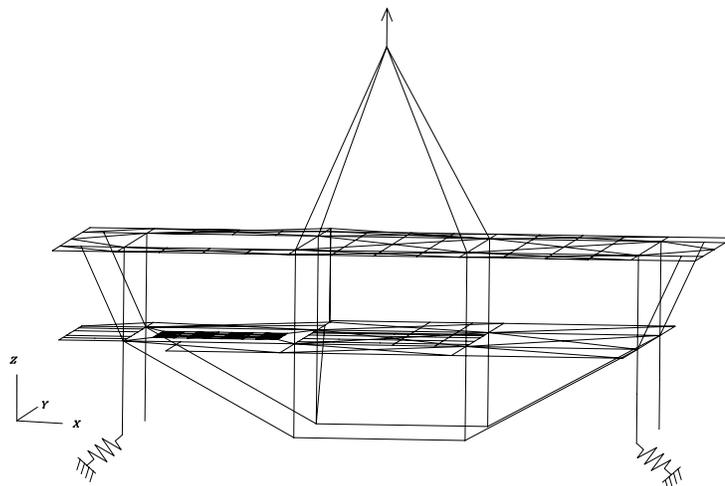


FIG. 3.6 RESTRICCIONES LATERALES

La siguiente figura ilustra la manera en que ha sido modelada y apoyada la superestructura para este análisis. FIX corresponde a la identificación del nodo 2 y la etiqueta IZA para los nodos 601 y 607.

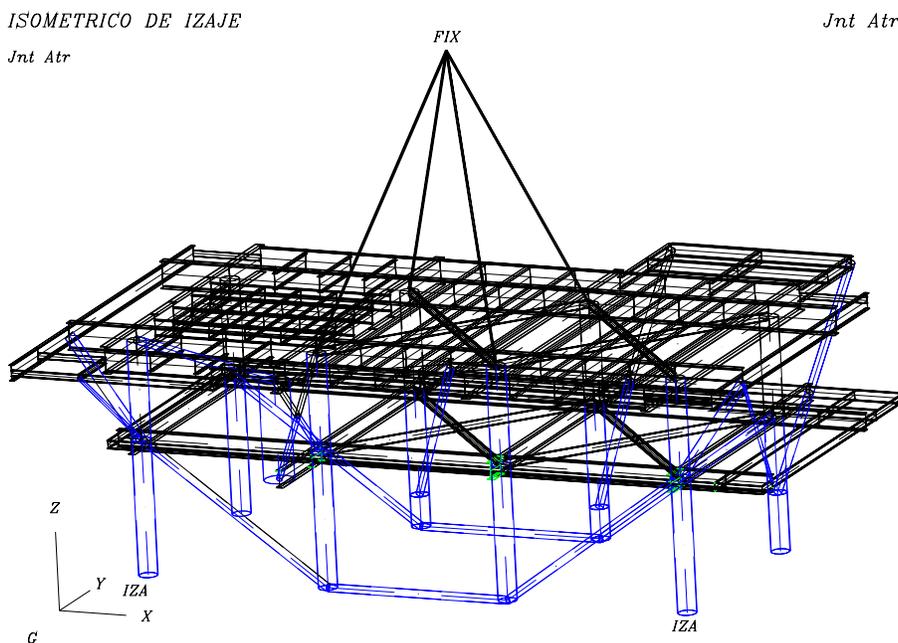


FIG. 3.7 ISOMÉTRICO DEL MODELO DE ANÁLISIS DEL IZAJE.

III.1.E ANÁLISIS DE IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA RECUPERADA

III.1.E.1 REACCIONES EN LOS APOYOS

A continuación se presentan las reacciones de los apoyos simulados en el modelo estructural:

ZenScad Ver.4.30 PLATAF PERFORACION ABKATUN-I ANALISIS DE IZAJE SUPEREST RECUPERADA Page 19

* * * Report Of Support Reactions * * *

Joint Load /----- Forces (Kips)-----//----- Moments (In-Kips) -----

| ID | Case | X | Y | Z | X | Y | Z |
|-----|------|---------|---------|----------|-------|-------|-------|
| 2 | 1 | 23.101 | 12.685 | 1203.630 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | -0.199 | -0.325 | 14.268 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 3 | 0.744 | 0.098 | 18.718 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 4 | 0.298 | 0.161 | 8.838 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 5 | 0.897 | -1.453 | 6.894 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 6 | -27.878 | -11.321 | 223.204 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 7 | 3.036 | 0.141 | 215.794 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 8 | 0.000 | -0.014 | 1691.345 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 601 | 1 | -11.559 | -10.657 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 0.099 | 0.194 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 3 | -0.373 | -0.197 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 4 | -0.149 | -0.136 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 5 | -0.448 | 0.505 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 6 | 13.928 | 10.977 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 7 | -1.522 | -0.680 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 8 | -0.023 | 0.006 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 607 | 1 | -11.537 | -2.026 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 2 | 0.100 | 0.131 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 3 | -0.372 | 0.099 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 4 | -0.149 | -0.025 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 5 | 0.341 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 7 | -1.514 | 0.539 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 8 | 0.023 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

IZAJE DE SUPERESTR. RECUPERADA

Load condition 8

RESULTADOS

React'n FX
React'n FY
React'n FZ

React'n FX = 0.00
React'n FY = -0.014
React'n FZ = 1691

Join: Kips

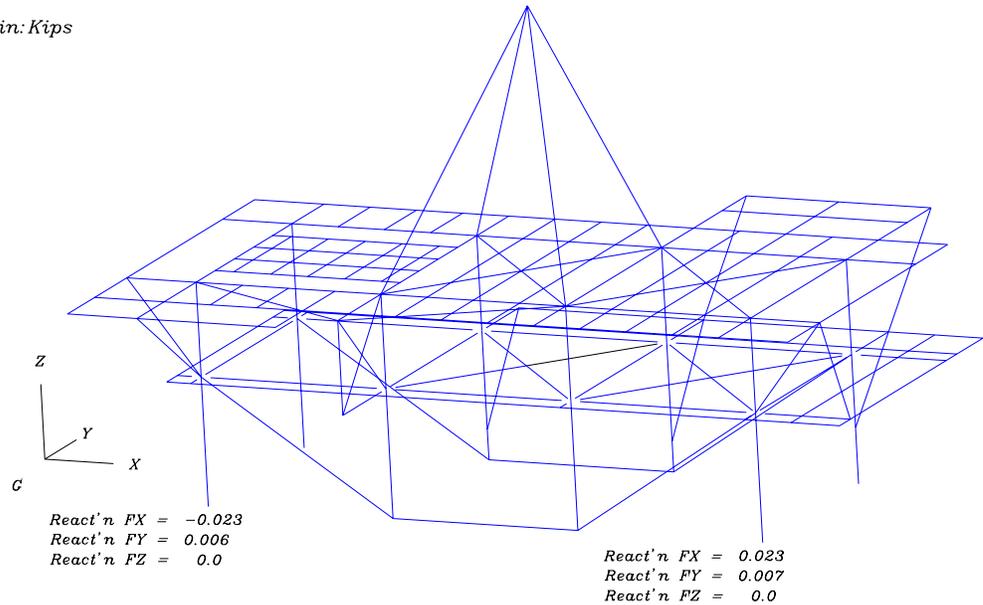


FIG 3.8 REACCIONES EN LOS SOPORTES

III.1.E.2 ESFUERZOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

A continuación se listan las relaciones de Interacción de Esfuerzos (Esfuerzo Actuante/Esfuerzo Permisible) para los elementos principales de la estructura.

* * * Group Summary Report * * *

| Group ID | T H R E E M O S T | | | R E S T R I C T I V E | | | M E M B E R S | | | Number Of Members In Group | | | | |
|------------|-------------------|-------------|----------|-----------------------|-------------|----------|-----------------|-------------|----------|----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | Member | UC | LC | Member | UC | LC | Member | UC | LC | Total | With UC>1.33 | With UC>1.0 | With UC>0.5 | With UC<0.5 |
| TS1 | 977- 913 | 0.18 | 8 | 905- 915 | 0.18 | 8 | 915- 924 | 0.10 | 8 | 20 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| TSA | 968- 969 | 0.21 | 8 | 967- 968 | 0.21 | 8 | 958- 959 | 0.18 | 8 | 13 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| TSB | 969- 917 | 0.31 | 8 | 960- 907 | 0.23 | 8 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| TSC | 915- 967 | 0.41 | 8 | 905- 958 | 0.29 | 8 | 957- 905 | 0.24 | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| TSD | 903- 955 | 0.06 | 8 | 913- 964 | 0.04 | 8 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| TSE | 954- 903 | 0.23 | 8 | 901- 952 | 0.22 | 8 | 963- 913 | 0.17 | 8 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| TSF | 952- 953 | 0.14 | 8 | 953- 954 | 0.12 | 8 | 961- 962 | 0.11 | 8 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| W36 | 919- 8 | 0.14 | 8 | 918- 919 | 0.14 | 8 | 989- 990 | 0.10 | 8 | 54 | 0 | 0 | 0 | 54 |
| W18 | 19- 915 | 0.33 | 8 | 17- 905 | 0.32 | 8 | 10- 913 | 0.30 | 8 | 20 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| VSP | 942- 924 | 0.16 | 8 | 924- 943 | 0.14 | 8 | 949- 931 | 0.13 | 8 | 24 | 0 | 0 | 0 | 24 |
| VS1 | 958- 967 | 0.16 | 8 | 957- 966 | 0.09 | 8 | 955- 964 | 0.08 | 8 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| VS2 | 967- 943 | 0.06 | 8 | 968- 944 | 0.06 | 8 | 946- 960 | 0.05 | 8 | 11 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| V2 | 56- 58 | 0.10 | 8 | 54- 56 | 0.09 | 8 | 944- 57 | 0.08 | 8 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| V3 | 998- 999 | 0.16 | 8 | 999- 933 | 0.13 | 8 | 997- 998 | 0.12 | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| W14 | 11- 915 | 0.54 | 8 | 9- 913 | 0.44 | 1 | 924- 58 | 0.44 | 8 | 30 | 0 | 0 | 1 | 29 |
| TIA | 715- 717 | 0.42 | 8 | 701- 703 | 0.30 | 8 | 711- 713 | 0.28 | 8 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| TIB | 717- 741 | 0.14 | 8 | 715- 735 | 0.14 | 8 | 732- 703 | 0.07 | 8 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| TIC | 735- 725 | 0.09 | 8 | 730- 732 | 0.09 | 8 | 736- 726 | 0.07 | 8 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| V11 | 746- 741 | 0.69 | 8 | 728- 715 | 0.65 | 8 | 749- 725 | 0.58 | 8 | 28 | 0 | 0 | 4 | 24 |
| V15 | 734- 735 | 0.85 | 8 | 725- 750 | 0.34 | 8 | 745- 734 | 0.32 | 8 | 9 | 0 | 0 | 1 | 8 |
| COL | 703- 903 | 0.20 | 8 | 715- 915 | 0.18 | 8 | 713- 913 | 0.15 | 8 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| COE | 717- 917 | 0.11 | 8 | 701- 901 | 0.07 | 8 | 707- 907 | 0.07 | 8 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| XGR | 1- 903 | 0.09 | 8 | 1- 703 | 0.08 | 8 | 730- 1 | 0.05 | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| D18 | 620- 724 | 0.08 | 8 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| DS8 | 701- 998 | 0.16 | 8 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

* * * Group Summary Report * * *

| Group ID | T H R E E M O S T | | | R E S T R I C T I V E | | | M E M B E R S | | | Number Of Members In Group | | | | |
|----------------------------|-------------------|------|----|-----------------------|------|----|---------------|------|----|----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | Member | UC | LC | Member | UC | LC | Member | UC | LC | Total | With UC>1.33 | With UC>1.0 | With UC>0.5 | With UC<0.5 |
| D20 | 615- 23 | 0.27 | 8 | 725- 56 | 0.13 | 8 | 23- 725 | 0.08 | 8 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| DI6 | 928- 742 | 0.38 | 8 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| PUS | 717- 3 | 0.16 | 8 | 701- 5 | 0.13 | 8 | 707- 4 | 0.12 | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| PED | 730- 930 | 0.02 | 8 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| DGR | 930- 901 | 0.13 | 8 | 930- 905 | 0.12 | 8 | 0- 0 | 0.00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| TEM | 615- 717 | 0.57 | 8 | 605- 707 | 0.55 | 8 | 701- 603 | 0.55 | 8 | 6 | 0 | 0 | 4 | 2 |
| SLG | 915- 2 | 0.29 | 8 | 905- 2 | 0.23 | 8 | 913- 2 | 0.19 | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| Total Active Steel Members | | | | | | | | | | 328 | 0 | 0 | 10 | 318 |

De la revisión de estos resultados, se concluye que la estructura se comporta satisfactoriamente al no presentar elementos sobre esforzados, únicamente se necesita revisar que las deformaciones provocadas por esta maniobra no sean excesivas.

III.1.E.3 DESPLAZAMIENTOS

Los desplazamientos obtenidos en el izaje posicionando al gancho de la grúa sobre el centro gravitacional obtenido, se muestran en la Figura 3.9

ISOM
Deflec Plot

Deflec Plot

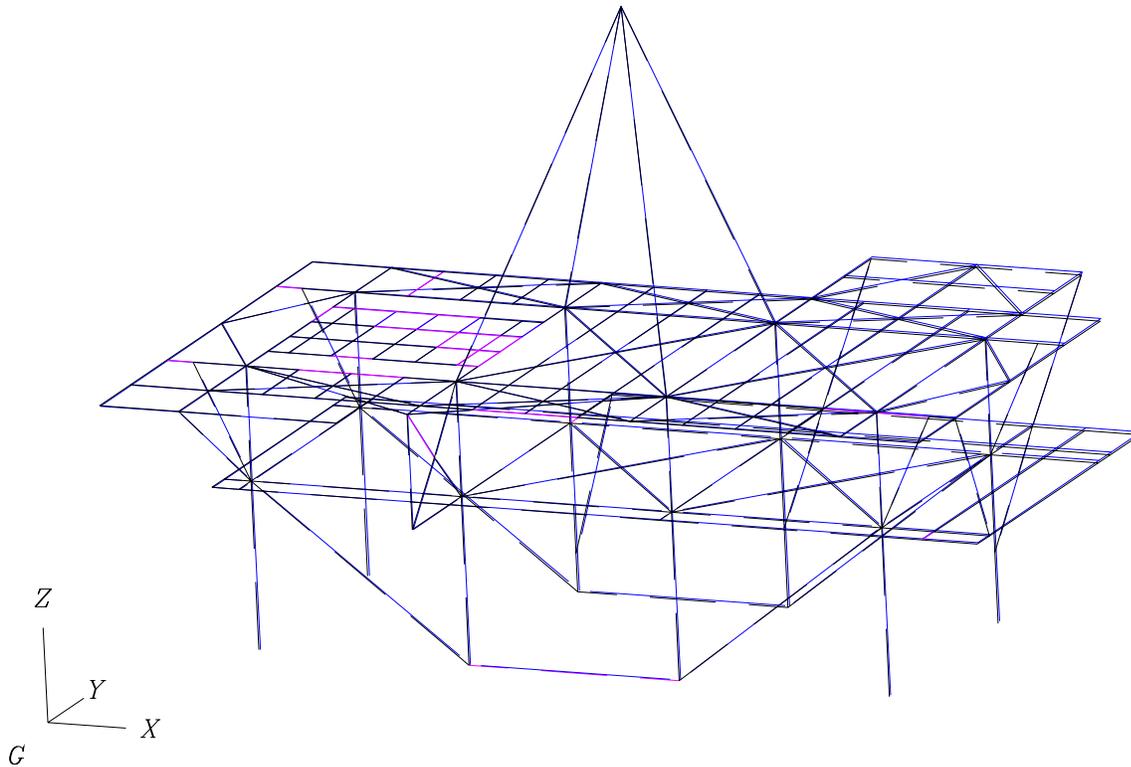


FIGURA 3.9 COMPARATIVA ENTRE LA SUPERESTRUCTURA DESPLAZADA Y SU POSICION INICIAL.

En esta gráfica es poco perceptible la diferencia entre las dos posiciones pues los desplazamientos obtenidos son relativamente pequeños. Para su mejor apreciación se presenta a continuación el listado de los desplazamientos más representativos.

DESPLAZAMIENTOS OBTENIDOS EN EL EXTREMO INFERIOR DE LAS COLUMNAS:

ZenScad Ver.4.30 PLATAF PERFORACION ABKATUN-I ANALISIS DE IZAJE SUPEREST RECUPERADA Page 1

| * * * Joint Deflection Report * * * | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|------------------|------------|------------|-----------------|-----------|-----------|--|
| Joint ID | Load Case | Deflections (In) | | | Rotations (Rad) | | | |
| | | X | Y | Z | X | Y | Z | |
| 1 | 8 | -0.7520823 | -2.2432849 | 0.4722645 | -0.0026196 | 0.0022072 | 0.0012604 | |
| 3 | 8 | -1.2623647 | -0.5853571 | -4.2141795 | -0.0033456 | 0.0026324 | 0.0011265 | |
| 5 | 8 | -0.6799699 | -2.7114356 | 1.1389080 | -0.0019732 | 0.0020050 | 0.0011351 | |
| 7 | 8 | -0.9550971 | -0.5186374 | -3.4683004 | -0.0035401 | 0.0026503 | 0.0011484 | |
| 9 | 8 | -1.3989323 | -2.2761323 | -0.9583322 | -0.0023598 | 0.0020836 | 0.0012845 | |
| 11 | 8 | -1.3900761 | -1.0527667 | -3.4325771 | -0.0032334 | 0.0036162 | 0.0013350 | |
| 13 | 8 | -0.5490892 | -1.6370094 | -0.0584020 | -0.0028069 | 0.0017288 | 0.0012888 | |
| 15 | 8 | -1.3952001 | -1.6627228 | -1.9942996 | -0.0026682 | 0.0023350 | 0.0012701 | |
| 17 | 8 | -0.8178718 | -1.4946141 | -0.9259865 | -0.0032128 | 0.0017466 | 0.0012429 | |

DESPLAZAMIENTOS EN LAS CUBIERTAS:

| * * * Joint Deflection Report * * * | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|------------------|------------|------------|-----------------|-----------|-----------|
| Joint ID | Load Case | Deflections (In) | | | Rotations (Rad) | | |
| | | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 984 | 8 | -0.9204286 | -2.2645137 | -0.0283670 | -0.0022380 | 0.0017673 | 0.0012375 |
| 985 | 8 | -0.9205351 | -2.1374912 | -0.1868666 | -0.0023257 | 0.0015426 | 0.0012344 |
| 987 | 8 | -1.0433530 | -2.5165702 | 0.1288964 | -0.0020493 | 0.0022355 | 0.0012032 |
| 988 | 8 | -1.0434350 | -2.3915679 | -0.0796151 | -0.0021417 | 0.0020884 | 0.0012280 |
| 991 | 8 | -1.0437812 | -2.0126416 | -0.5857761 | -0.0023675 | 0.0014842 | 0.0011764 |
| 992 | 8 | -1.1659989 | -2.5165438 | -0.0908680 | -0.0020264 | 0.0023574 | 0.0012153 |
| 994 | 8 | -1.1653868 | -2.2645185 | -0.5095287 | -0.0022188 | 0.0019515 | 0.0012659 |
| 996 | 8 | -1.1644746 | -2.0128183 | -0.8399323 | -0.0023449 | 0.0015425 | 0.0011419 |
| 997 | 8 | -0.2352166 | -2.7795978 | 1.7072871 | -0.0012309 | 0.0007636 | 0.0012429 |
| 998 | 8 | -0.2352302 | -2.5765161 | 1.5421336 | -0.0021014 | 0.0013497 | 0.0013273 |
| 999 | 8 | -0.2352316 | -2.0965586 | 1.0347719 | -0.0013575 | 0.0009637 | 0.0013235 |

DESPLAZAMIENTOS Y GIROS MÁXIMOS:

| | Deflections (In) | | | Rotations (Rad) | | |
|-----------|------------------|------------|------------|-----------------|-----------|-----------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| Max. Def. | -2.7069336 | -3.6508402 | -5.5516697 | -0.0065535 | 0.0041680 | 0.0017454 |
| Joint No. | 615 | 601 | 55 | 742 | 56 | 56 |
| Load Case | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |

Jnt No

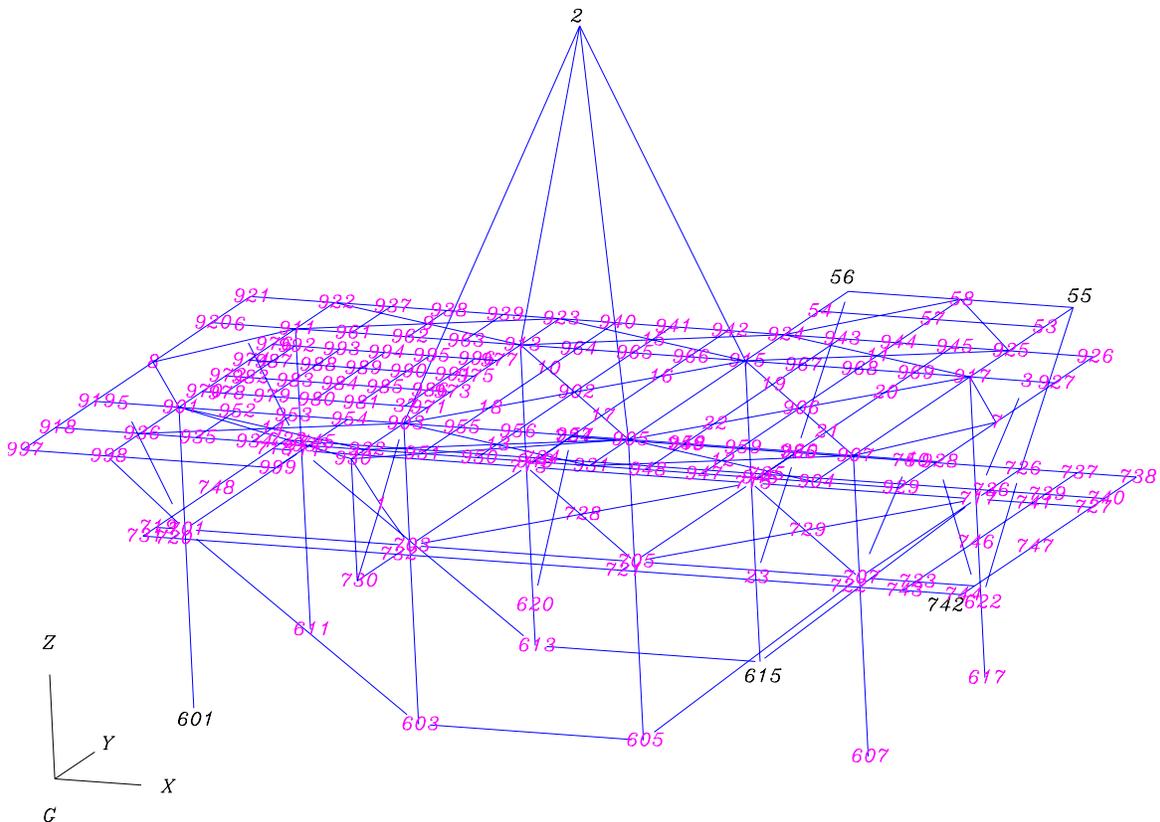


FIG 3.10 NUMERACION DE NODOS EN EL MODELO

Al igual que con los esfuerzos de los elementos de la estructura, las deformaciones no representan ningún riesgo o problema y los elementos temporales de izaje son suficientes para rigidizar la estructura.

III.2 OREJAS DE IZAJE

Para el izaje se requiere conectar los cables de izaje con las orejas de izaje ubicadas en la parte superior de las columnas A2, A3, B2 y B3.

Para la recuperación de la superestructura de Abkatun-I es necesario revisar estos elementos, pues la estructura original para la que fue diseñada, se ha modificado para las diferentes necesidades operativas de vida útil de la plataforma y por el desmantelamiento de tuberías y equipos previos a su izaje.

III.2.A CARGAS Y CONSIDERACIONES DE LA REVISIÓN

De la tabla 3.1 donde se presenta la carga total de la superestructura par su izaje, y de la tabla 3.2 donde se presenta la tensión en cada cable durante el izaje, obtenemos los datos iniciales para analizar las orejas seleccionando la condición mas desfavorable.

De acuerdo con la sección 2.4.2c de la Practica Recomendada 2A del Instituto Americano del Petróleo, relativa al diseño y construcción de plataformas marinas API-RP2A-WSD (ver bibliografía), para la revisión de un elemento principal se usará un factor de seguridad F.S. = 2.0.

Se localizan cuatro orejas para izaje, en las columnas A-2, A-3, B-2 y B-3

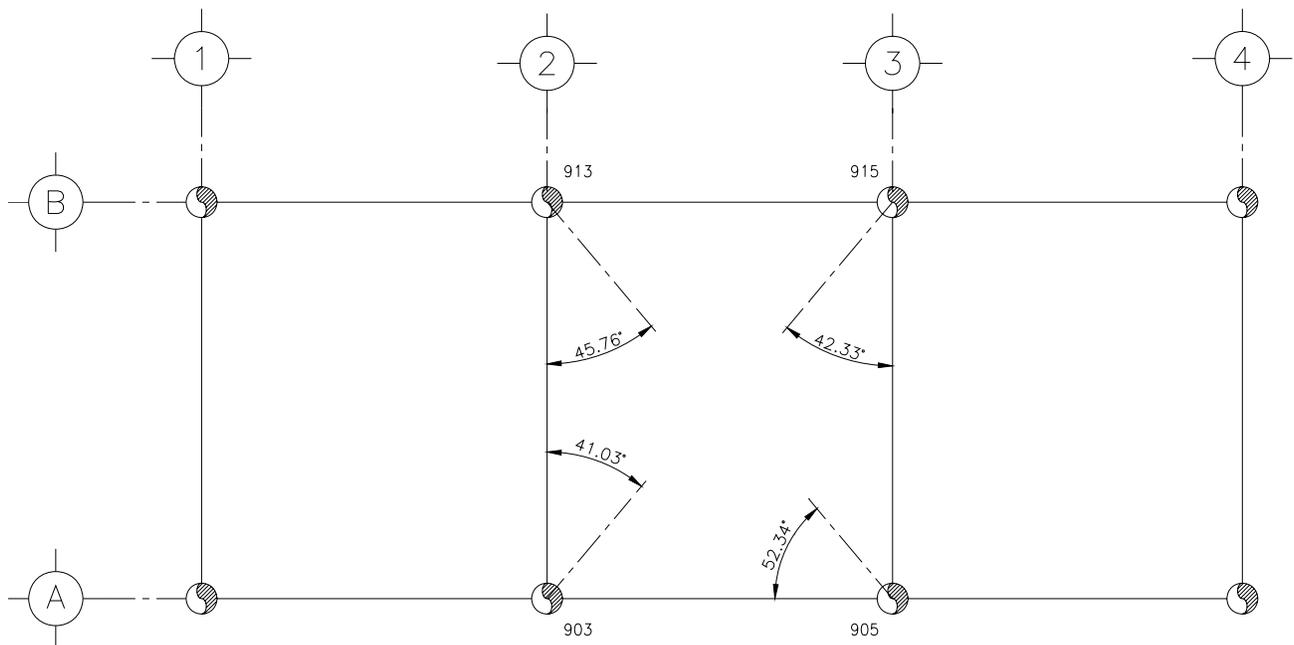


FIGURA 3.11 LOCALIZACIÓN DE OREJAS PARA IZAJE

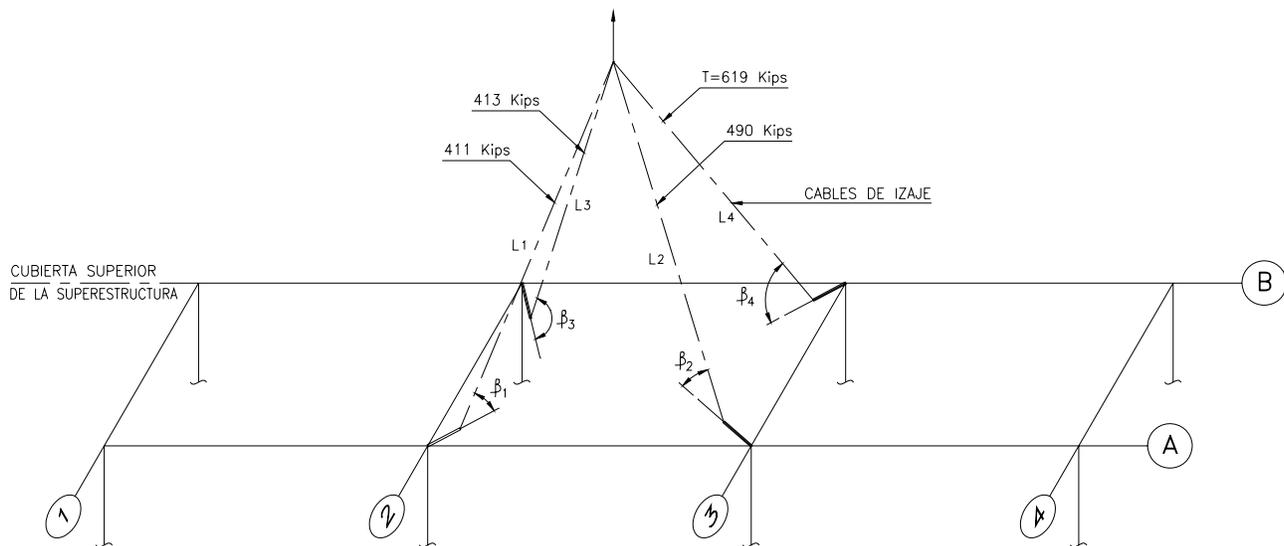


FIGURA 3.12 ARREGLO DE CABLES DE IZAJE

III.2.B GEOMETRÍA DE LAS OREJAS DE IZAJE

A continuación se muestran las dimensiones de la oreja de izaje existente de Abkatun-I que será revisada estructuralmente, para ver si es adecuada como se diseñó originalmente o si se requiere reforzarla.

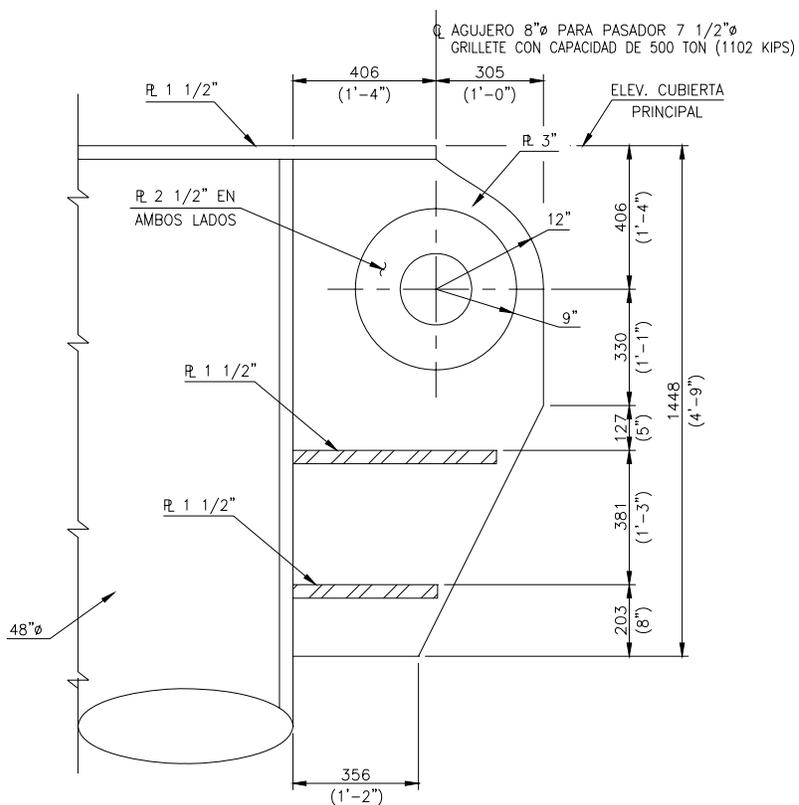


FIGURA 3.13 ARREGLO EN ELEVACION DE LA OREJA DE IZAJE TIPO

III.2.C REVISIÓN POR APLASTAMIENTO

Tensión máxima en el cable = 619 kips (Ver figura 3.12)

Cálculo del área de aplastamiento asumiendo que se empleará un perno de 7 ½" Ø

Área de contacto $A = d * t$

Donde: d = diámetro del perno y t = espesor de placa principal y cachetes

$$A = 7.5 \text{ in} * (3 + 2 * 2.5) \text{ in} = 60 \text{ in}^2$$

Esfuerzo permisible por aplastamiento

$$F_p = 0.9 F_y = 0.9 * 36 \text{ ksi} = 32.4 \text{ ksi}$$

Fuerza resistente al aplastamiento

$$F_R = A F_p = 60 \text{ in}^2 (32.4 \text{ ksi}) = 1944 \text{ kips}$$

Aplicando un factor de seguridad F.S. = 2.0

$$T = (2) 619 \text{ kips} = 1238 \text{ kips}$$

Esfuerzo actuante por aplastamiento

$$f_p = \frac{T}{A} = \frac{1238 \text{ Kips}}{60 \text{ plg}^2} = 20.6 \text{ Ksi}$$

Comparando los esfuerzos

$$f_p = 20.6 \text{ Ksi} < F_p = 32.4 \text{ Ksi}$$

Por lo tanto las orejas de izaje existentes son adecuadas por aplastamiento y no se requiere refuerzo por este concepto.

III.2.D REVISIÓN POR CORTANTE (DESGARRAMIENTO)

Cálculo del área de acero para el cortante

$$\gamma_1 = 4''$$

$$\gamma_2 = 9''$$

$$\gamma_3 = 12''$$

$$A = [8 \text{ in} (3 \text{ in}) + 2 (5 \text{ in} \times 2.5 \text{ in})] 2 = 98 \text{ in}^2$$

Esfuerzo permisible a cortante

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 * 36 = 14.4 \text{ ksi}$$

Fuerza resistente al cortante

$$F_R = A * F_v = 98 \text{ in}^2 (14.4 \text{ ksi}) = 1411.2 \text{ kips}$$

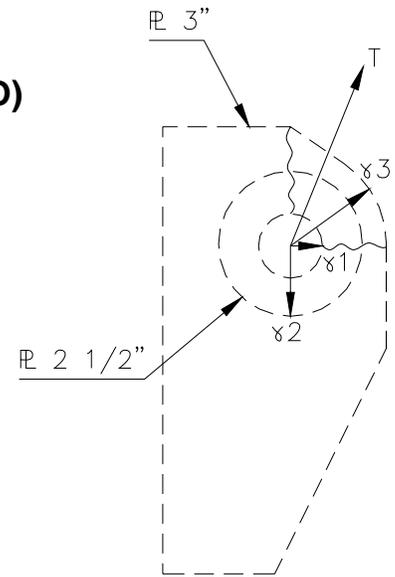


FIGURA 3.14 CACHETES DE REFUERZO

Esfuerzo actuante a cortante aplicando un Factor de Seguridad F.S. = 2.0

$$f_v = \frac{F.S.(T)}{A} = \frac{2.0(619 \text{ kips})}{98 \text{ in}^2} = 12.6 \text{ ksi}$$

Comparando los esfuerzos

$$f_v = 12.6 \text{ ksi} < F_v = 14.4 \text{ ksi}$$

Por lo tanto las orejas de izaje son adecuadas por cortante (desgarramiento) y tampoco requiere refuerzo por este concepto.

III.2.E REVISIÓN POR FLEXOTENSIÓN

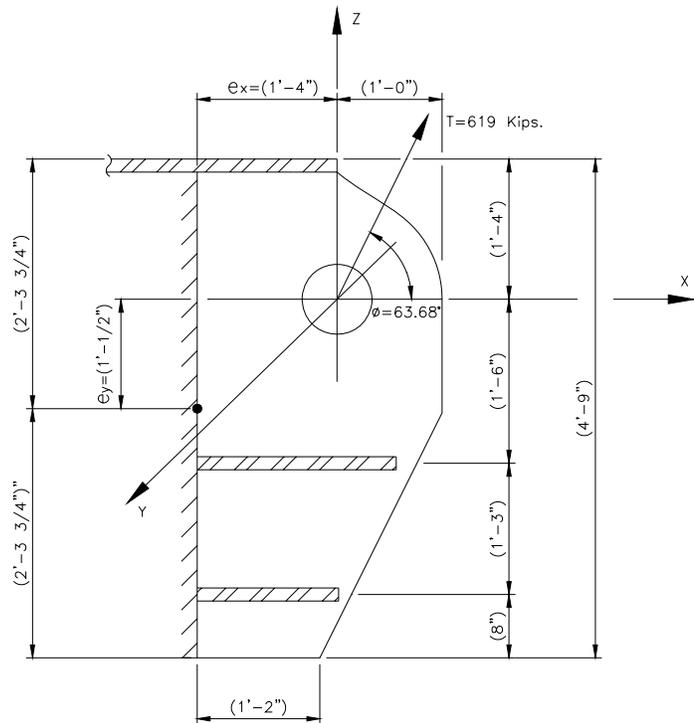
Cálculo de las propiedades geométricas de la sección

$$\text{Área} = \text{altura} \times \text{espesor} = 55.5 \text{ in} (3 \text{ in}) = 166.5 \text{ in}^2$$

$$I_y = \frac{bh^3}{12} = \frac{3 \text{ in} (55.5 \text{ in})^3}{12} = 42738 \text{ in}^4$$

$$S_y = \frac{bh^2}{6} = \frac{3 \text{ in} (55.5 \text{ in})^2}{6} = 1540 \text{ in}^3$$

$$S_z = \frac{hb^2}{6} = \frac{55.5 \text{ in} (3 \text{ in})^2}{6} = 83.25 \text{ in}^3$$



Tensión en el cable T = 619 Kips

FIGURA 3.15 PROYECCION DE LA CARGA EN EL PLANO DE LA OREJA DE IZAJE

III.2.E.1 FUERZAS Y MOMENTOS ACTUANTES

Excentricidad de la carga en el plano vertical $e = 1' - 4'' = 16''$

$$F_{ya} = 5\% \text{ de } 619 \text{ Kips} = 30.95 \text{ kips}$$

$$F_{yb} = 619 \text{ Kips} (\text{sen } 3.75^\circ) = \underline{40.48 \text{ kips}} \text{ (por excentricidad)}$$

$$F_y \text{ total} = 71.43 \text{ kips}$$

$$M_z = F_y * e = 71.43 \text{ kips} * 16 \text{ in} = 1142.9 \text{ kips} - \text{in}$$

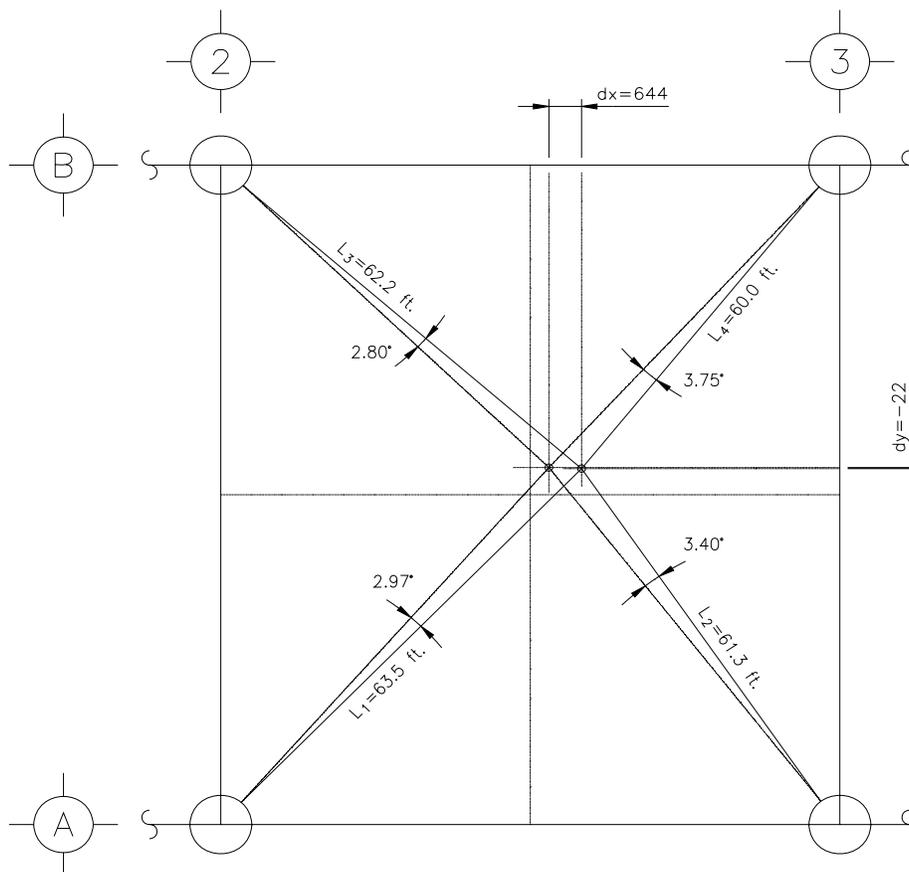


FIGURA 3.16 EXCENTRICIDAD RESULTANTE ENTRE EL CENTROIDE DE CARGAS ORIGINAL Y EL CENTROIDE DE LA SUPERESTRUCTURA A RECUPERAR

III.2.E.2 ESFUERZOS ACTUANTES

Aplicando un factor de seguridad F.S. = 2.0

$$ft = \frac{F}{A} = \frac{2 (619 \text{ kips})}{166.5 \text{ in}^2} = 7.44 \text{ ksi}$$

$$fbx = \frac{Mz}{Sz} = \frac{(2) 1142.9 \text{ kips} \cdot \text{in}}{83.25 \text{ in}^3} = 27.46 \text{ ksi}$$

Esfuerzos permisibles

$$Ft = 0.6 Fy = 0.6 \times 36 = 21.6 \text{ ksi (Tensión)}$$

$$Fb = 0.6 Fy = 0.6 \times 36 = 21.6 \text{ ksi (Flexión)}$$

Revisión de la oreja por combinación de esfuerzos de tensión y flexión

$$\frac{ft}{0.6 Fy} + \frac{fbx}{0.6 Fy} \leq 1.0$$

$$\frac{7.44}{21.6} + \frac{27.46}{21.6} = 0.34 + 1.27 = 1.61 > 1.0$$

CONCLUSIÓN: Queda escasa la oreja y requiere reforzarse debido al momento generado por la excentricidad entre el centro de cargas original de ABKATUN-I y el nuevo centro de cargas.

III.2.F REVISIÓN POR CORTANTE EN LA PLACA PRINCIPAL (ALMA)

Cortante actuante

$$Fz = \text{sen } 63.68^\circ (619 \text{ kips}) = 554.8 \text{ kips}$$

$$\text{Área} = \text{altura (espesor)} = 55.5 \text{ in} \times 3 \text{ in} = 166.5 \text{ in}^2$$

Esfuerzo permisible a cortante

$$Fv = 0.4 Fy = 0.4 \times 36 = 14.4 \text{ ksi}$$

Esfuerzo actuante a cortante

Aplicando el factor de seguridad F.S. = 2.0

$$fv = \frac{2 Fz}{A} = \frac{(2) 554.8 \text{ kips}}{166.5 \text{ in}^2} = 6.66 \text{ ksi}$$

$$\text{Comparando los esfuerzos } fv = 6.66 \text{ Ksi} < Fv = 14.4 \text{ ksi}$$

Se concluye que las orejas de izaje son adecuadas por cortante y no requiere reforzamiento por este concepto.

III.2.G REFUERZO DE OREJAS DE IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA RECUPERADA

En las gráficas presentadas a continuación, se muestra el reforzamiento propuesto para dar capacidad a la placa principal para soportar los momentos generados por la excentricidad entre el centro de gravedad original y el nuevo.

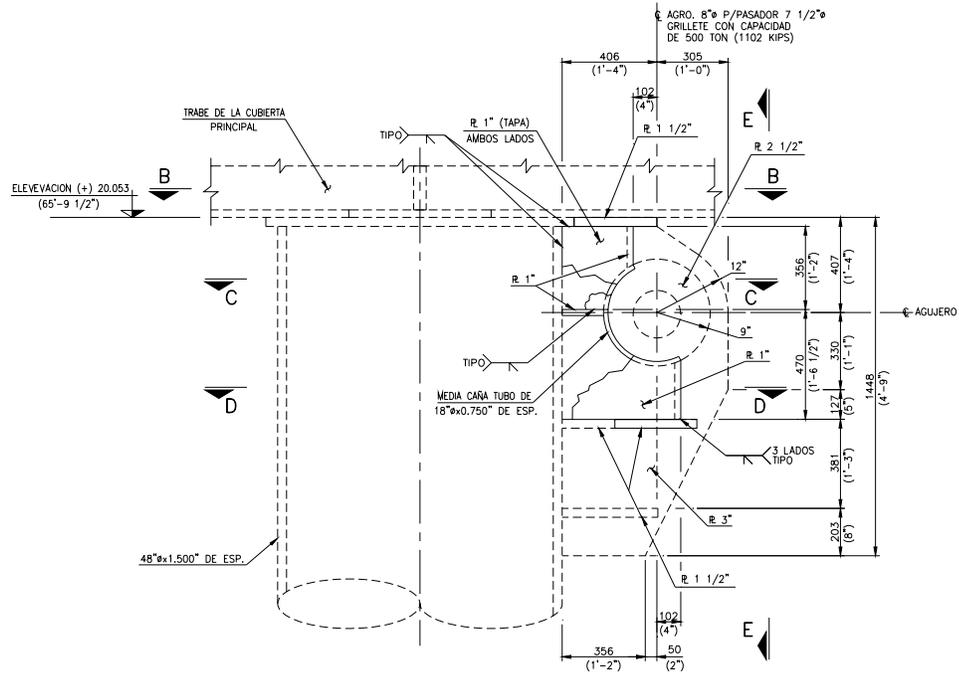


FIGURA 3.17 VISTA EN ELEVACIÓN DE LA OREJA REFORZADA

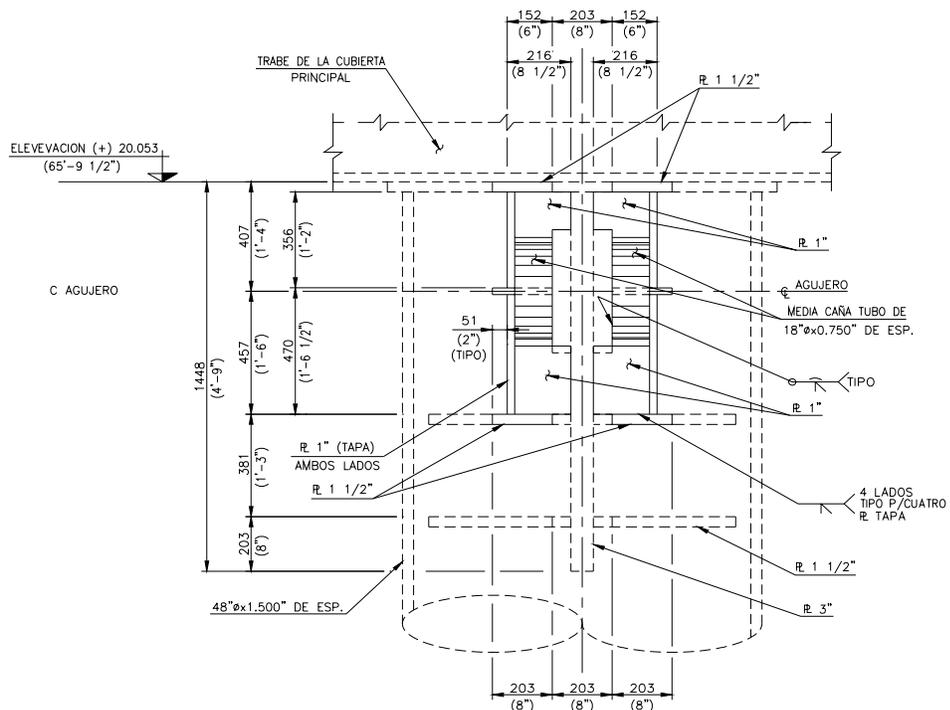


FIGURA 3.18 SECCIÓN E - E

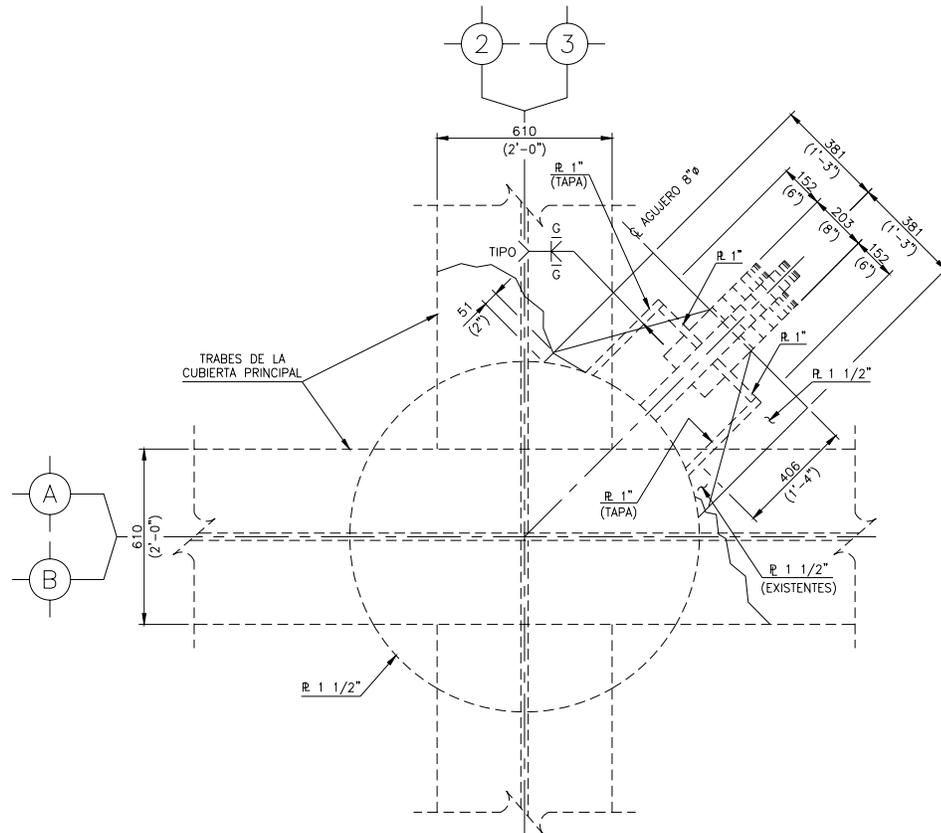


FIGURA 3.19 SECCIÓN B - B

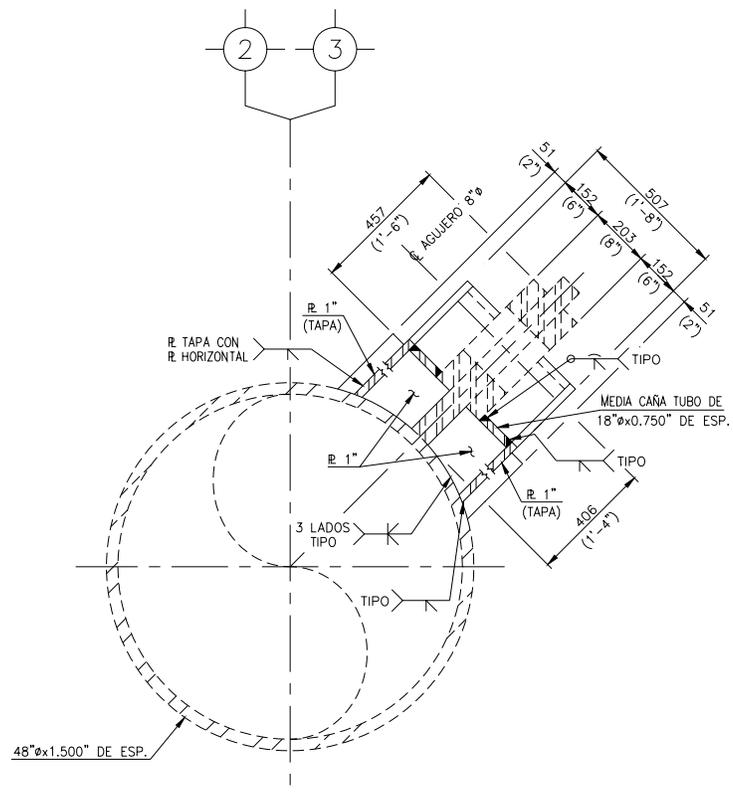


FIGURA 3.20 SECCIÓN C - C

III.2.H REVISIÓN POR CARGAS LATERALES DE LA OREJA DE IZAJE REFORZADA

Tensión en la oreja = 619 kips

Cargas laterales

$$5\% (\text{Tensión}) = 0.05 (619 \text{ kips}) = 30.95 \text{ kips}$$

$$e (\text{tensión}) = \text{sen } 3.75^\circ (619 \text{ kips}) = 40.48 \text{ kips}$$

$$\text{Suma} = 71.43 \text{ kips}$$

Cálculo de momento flexionante.

$$M = \text{Fuerza} (d) = 71.43 \text{ Kips} (16 \text{ in}) = 1142.9 \text{ kips-in}$$

$$\text{Esfuerzo permisible a flexión } F_b = 0.6 (36) = 21.6 \text{ ksi}$$

Propiedades de la oreja.

$$I = \frac{bh^3}{12} + Ad \qquad I = 7,842 \text{ in}^4$$

$$S = \frac{7,842 \text{ in}^4}{9.25 \text{ in}} = 847.8 \text{ in}^3$$

Cálculo del esfuerzo actuante a flexión con el factor de seguridad FS= 2.0

$$m_{total} = (2) 1142.9 \text{ kips-in} = 2285.8 \text{ kips-in}$$

$$fb = \frac{m_{total}}{S} = \frac{2,285.8 \text{ kips-in}}{847.8 \text{ in}^3} = 2.7 \text{ ksi}$$

comparando los esfuerzos a flexión

$$fb = 2.7 \text{ ksi} < F_b = 21.3 \text{ ksi}$$

Por lo tanto el refuerzo propuesto para la oreja de izaje de la superestructura recuperada, si cumple con los requerimientos de la flexión lateral, por lo que se procede a emitir los planos del reforzamiento para su aplicación en campo previo al izaje de recuperación de la superestructura de Abkatun-I.

III.3 ANALISIS DE TRANSPORTACION

Los objetivos principales de este Análisis de Transportación son:

- Analizar el comportamiento general de la barcaza durante la transportación con las condiciones de carga particulares impuestas desde un punto de vista de Arquitectura Naval y,
- Analizar el comportamiento estructural que presenta el sistema barcaza-superestructura durante la transportación hasta el sitio de desembarque a tierra.

En el presente análisis y por instrucciones de SIDOE, se ha considerado que la subestructura será transportada a los patios de Tuxpan, Ver., sobre una barcaza con dimensiones de 300 ft de eslora (largo) x 90 ft de manga (ancho). Las características generales de la barcaza modelo UR-91 están contempladas dentro de la librería de barcazas del módulo MOTION del programa SACS y corresponden a las dimensiones del equipo que realizará esa transportación y que en su momento será asignado por PEP.

Las condiciones meteorológicas y oceanográficas consideradas en el análisis son las especificadas en la sección 10.3 de la Norma de referencia NRF-003-PEMEX-2000 “Diseño y Evaluación de Plataformas Marinas Fijas en la Sonda de Campeche” y son las siguientes:

| | |
|--|----------------|
| Altura de ola significativa, H_{sig} | 5.38 m |
| Periodo pico espectral | 11.86 seg |
| Velocidad del viento asociado con H_{sig} a 10m SNMM | 14.36 m / seg |
| Velocidad superficial de corriente Asociada H_{sig} | 26.00 cm / seg |

Se considera importante definir los movimientos a los cuales estará sometido el sistema barcaza-superestructura durante la transportación. Pueden presentarse tres traslaciones, a saber: en la dirección del eje longitudinal del sistema (surge), en la dirección del eje transversal del sistema (sway) y en la dirección vertical (heave); pueden presentarse además tres rotaciones; rotación alrededor del eje longitudinal (roll), rotación alrededor del eje transversal (pitch) y rotación alrededor del eje vertical (yaw), como puede observarse gráficamente en la siguiente figura 3.21:

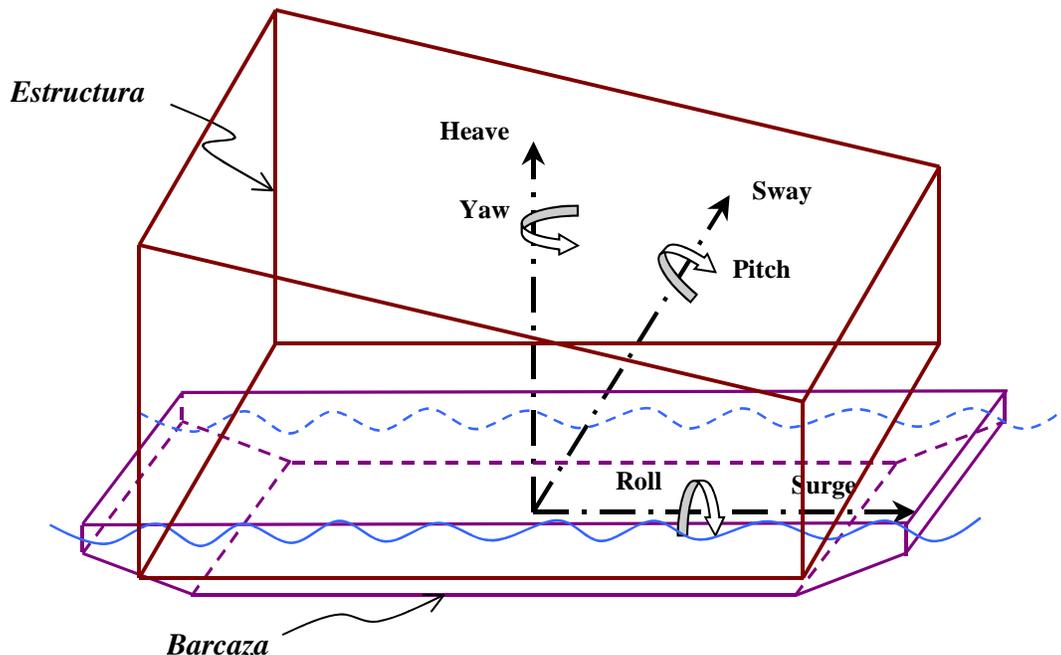


FIGURA 3.21 CONCEPTOS DE ROTACION DEL SISTEMA BARCAZA-ESTRUCTURA

III.3.A MODELO GEOMÉTRICO

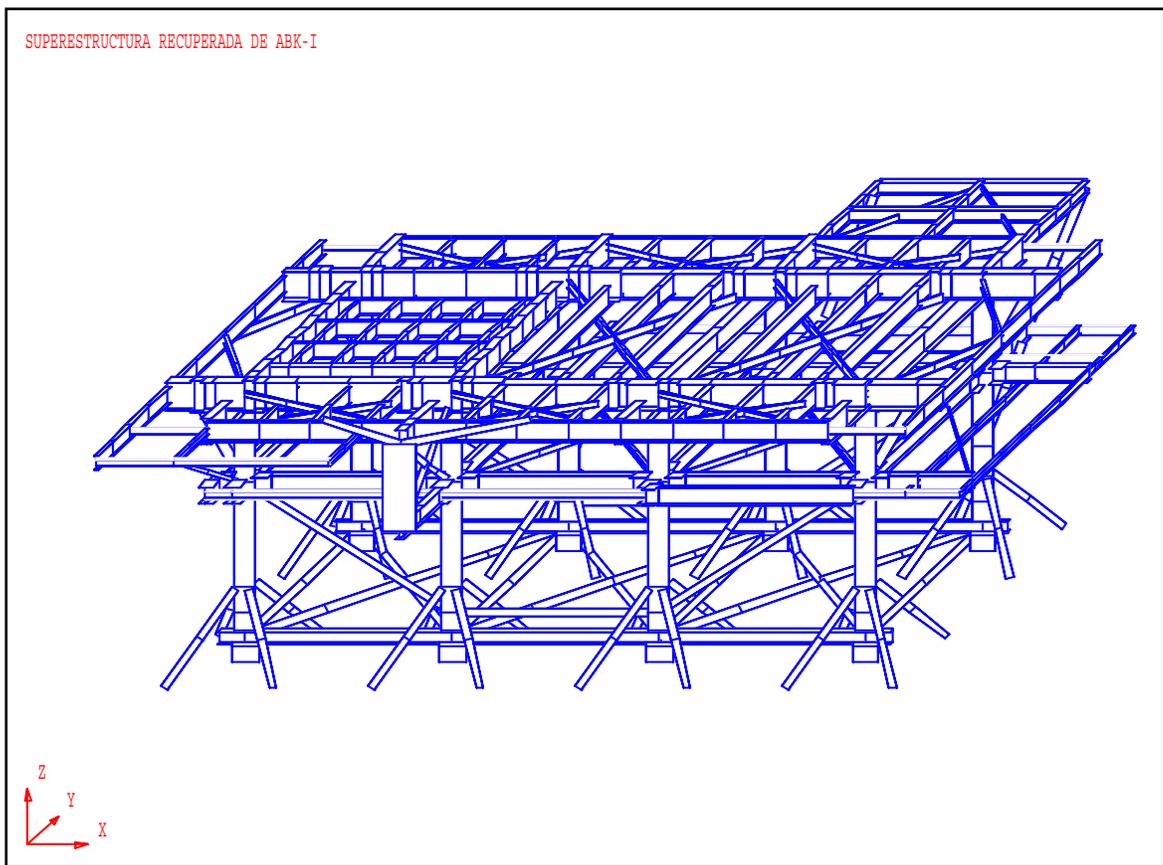


FIGURA 3.22 ISOMÉTRICO DEL MODELO DE LA SUPERESTRUCTURA CON LOS SEGUROS MARINOS PARA SU TRANSPORTACION SOBRE LA BARCAZA

A continuación se presentan los dibujos que muestran la posición de la superestructura sobre la barcaza, seguidos del archivo de entrada para el análisis de lastrado y del archivo de resultados del mismo.

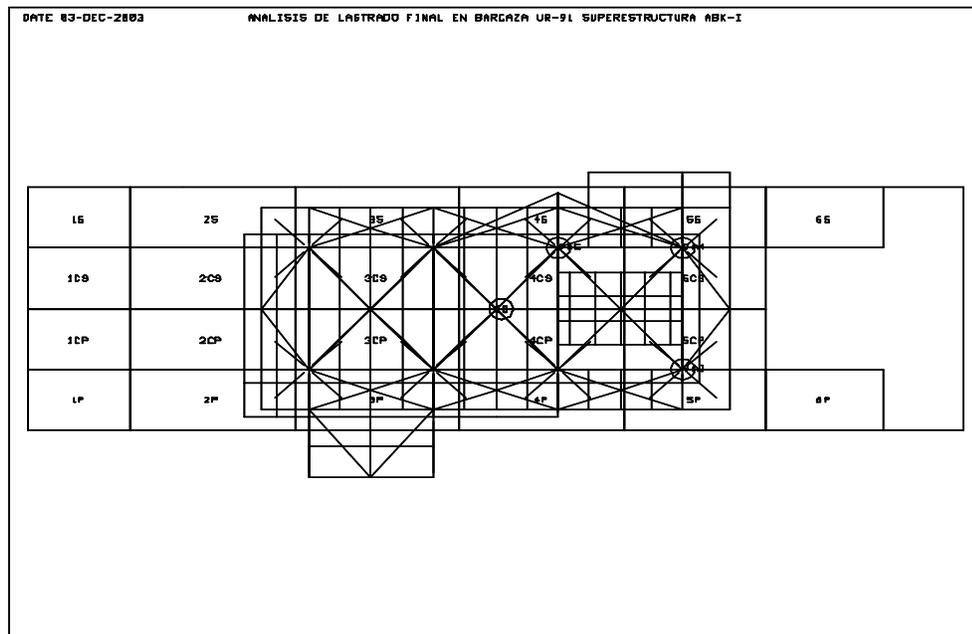


FIGURA 3.23 VISTA EN PLANTA DEL SISTEMA BARCAZA-SUPERESTRUCTURA

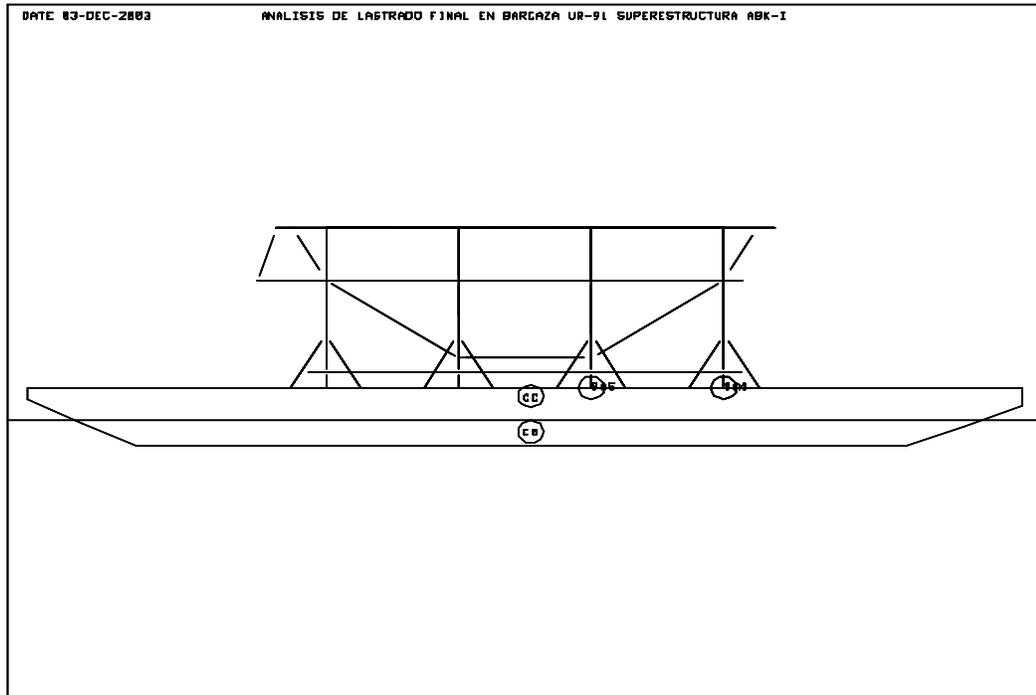


FIGURA 3.24 VISTA LATERAL DEL SISTEMA BARCAZA-SUPERESTRUCTURA

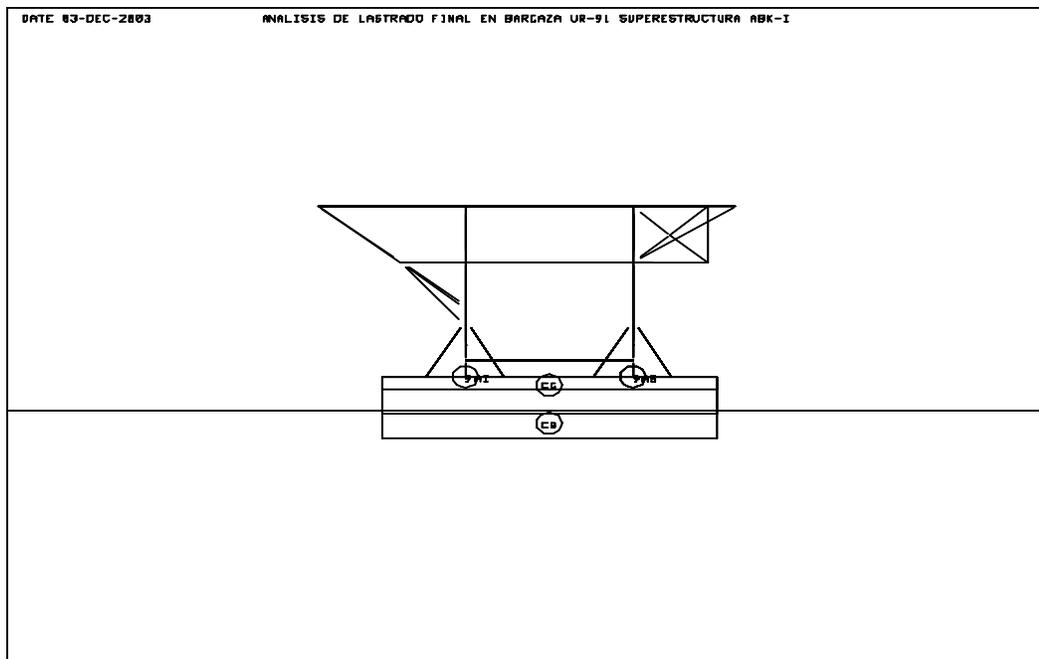


FIGURA 3.25 VISTA FRONTAL DEL SISTEMA BARCAZA-SUPERESTRUCTURA

III.3.B ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN LA TRANSPORTACIÓN

El siguiente paso en este estudio, es la realización del análisis estructural de la superestructura considerando que será transportada sobre una barcaza de 300 ft por 90 ft, hacia el patio de fabricación donde será adecuada para su instalación en la plataforma YAXCHE-A . Dichos análisis están basados en las aceleraciones obtenidas mediante el análisis de movimiento del sistema barcaza-estructura, es decir, las fuerzas debidas al movimiento del sistema (inerciales), provocado por el oleaje marino, se obtienen aplicando las aceleraciones obtenidas para el centro de gravedad de la superestructura. Para el cálculo de estas fuerzas se utiliza el módulo TOW del programa SACS, posteriormente se realiza un análisis estático en donde se combinan las cargas inerciales y gravitacionales (como se indica en la siguiente sección) para obtener el comportamiento global de la superestructura (su respuesta a esas aceleraciones).

Es necesario realizar un análisis estructural separadamente para cada dirección de incidencia de la ola sobre la barcaza; Las direcciones de incidencia de la ola consideradas en este estudio son denominadas para separarlas y distinguirlas, como 90°, 135° y 180°.

III.3.B.1 CARGAS CONSIDERADAS PARA EL ANÁLISIS

Las fuerzas que se aplicarán al modelo son las originadas por las cargas gravitacionales y las fuerzas de movimiento o aceleraciones. Para ello se consideran debidamente representativas, tres direcciones de incidencia de ola nombradas como 90°, 135° y 180°. En el siguiente diagrama se muestran esas direcciones analizadas de incidencia de ola.

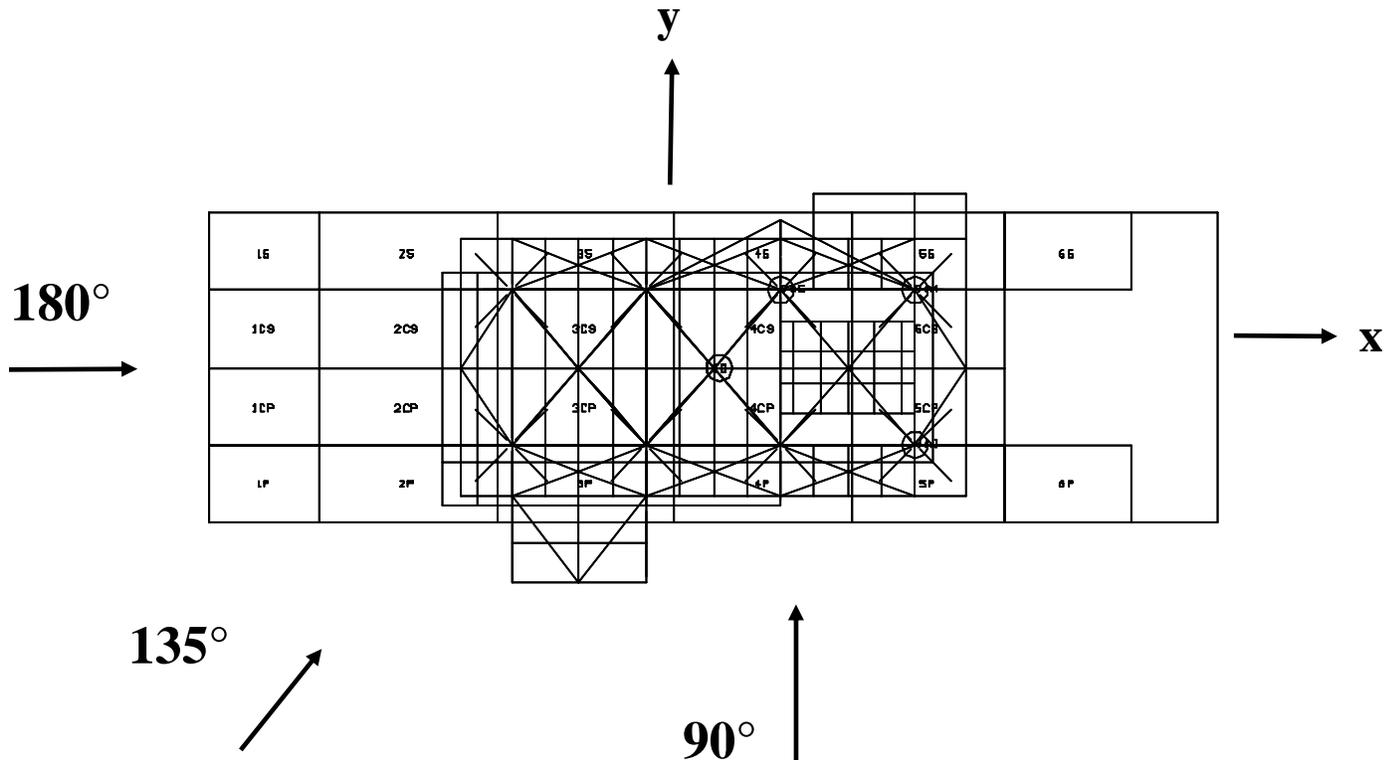


FIGURA 3.26 DIRECCIONES DE INCIDENCIA DE LA OLA DE ANALISIS

De acuerdo a los resultados de un análisis previo de movimiento del sistema barcaza-superestructura bajo las condiciones descritas anteriormente, se presenta a continuación la tabla 3.6 con las aceleraciones traslacionales y rotacionales resultantes para las tres direcciones de incidencia de la ola correspondiente al periodo de la ola mencionado anteriormente, tales aceleraciones están aplicadas en el centro de gravedad de la superestructura.

Es importante señalar que las aceleraciones traslacionales dadas a continuación han sido calculadas a partir de las fuerzas debidas al movimiento, debido a que estas ya incluyen la componente horizontal del peso causada por la inclinación de la barcaza, mientras que las aceleraciones rotacionales se toman directamente de las tablas de aceleraciones correspondientes.

TABLA 3.6 ACELERACIONES LATERALES Y ROTACIONALES DEL SISTEMA BARCAZA-ESTRUCTURA CONSIDERADAS PARA SU ANÁLISIS

| Ola (°) | T _{PICO} (s) | Surge (G) | Sway (G) | Heave (G) | Roll (°/s ²) | Pitch (°/s ²) | Yaw (°/s ²) |
|------------|--------------------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 90 | 11.86 | 0.0830 | 0.3670 | 0.0881 | 7.658 | 1.696 | 0.183 |
| 135 | 11.86 | 0.1085 | 0.4261 | 0.1136 | 8.385 | 2.383 | 0.183 |
| 180 | 11.86 | 0.0923 | 0 | 0.0842 | 0 | 1.621 | 0 |

Para cada ángulo de incidencia de la ola se generan los siguientes casos de cargas básicas:

1. Cargas inerciales, aceleración lineal en la dirección del eje longitudinal (surge), T-X.
2. Cargas inerciales, aceleración lineal en la dirección del eje transversal (sway), T-Y.
3. Cargas inerciales, aceleración lineal en la dirección del eje vertical (heave), T-Z.
4. Cargas inerciales, aceleración rotacional alrededor del eje longitudinal (roll), R-X.
5. Cargas inerciales, aceleración rotacional alrededor del eje transversal (pitch), R-Y.
6. Cargas inerciales, aceleración rotacional alrededor del eje vertical (yaw), R-Z.
7. Cargas gravitatorias, C-G.

En lo relativo a las cargas gravitatorias, se considera el peso propio y las cargas muertas debidas a los accesorios misceláneos.

Para cada ángulo de incidencia de la ola se consideran las combinaciones de cargas de acuerdo a la siguiente tabla de coeficientes de carga:

TABLA 3.7 COMBINACIONES DE CARGAS PARA EL ANALISIS INTEGRAL DEL SISTEMA BARCAZA-ESTRUCTURA

| NOMBRE | DESCRIPCIÓN | ACELERACIÓN LATERAL | | | ACELERACIÓN ROTACIONAL | | | CARGA GRAVITACIONAL |
|--------|----------------------|---------------------|-------|------|------------------------|------|-----|---------------------|
| | | X | Y | Z | X | Y | Z | |
| | Cargas básicas | T-X | T-Y | T-Z | R-X | R-Y | R-Z | C-G |
| XPZ1 | surge+heave+pitch+G | +1.0 | | +1.0 | | +1.0 | | +1.0 |
| XPZ2 | surge-heave+pitch+G | +1.0 | | -1.0 | | +1.0 | | +1.0 |
| XPZ3 | -surge+heave+pitch+G | -1.0 | | +1.0 | | +1.0 | | +1.0 |
| XPZ4 | surge+heave-pitch+G | +1.0 | | +1.0 | | -1.0 | | +1.0 |
| XPZ5 | -surge-heave+pitch+G | -1.0 | | -1.0 | | +1.0 | | +1.0 |
| XPZ6 | surge-heave-pitch+G | +1.0 | | -1.0 | | -1.0 | | +1.0 |
| XPZ7 | -surge+heave-pitch+G | -1.0 | | +1.0 | | -1.0 | | +1.0 |
| XPZ8 | -surge-heave-pitch+G | -1.0 | | -1.0 | | -1.0 | | +1.0 |
| YRZ1 | sway+heave+roll+G | | +1.0 | +1.0 | +1.0 | | | +1.0 |
| YRZ2 | sway-heave+roll+G | | +1.0 | -1.0 | +1.0 | | | +1.0 |
| YRZ3 | -sway+heave+roll+G | | -1.0 | +1.0 | +1.0 | | | +1.0 |
| YRZ4 | sway+heave-roll+G | | +1.0 | +1.0 | -1.0 | | | +1.0 |
| YRZ5 | -sway-heave+roll+G | | -1.00 | -1.0 | +1.0 | | | +1.0 |
| YRZ6 | sway-heave-roll+G | | +1.0 | -1.0 | -1.0 | | | +1.0 |
| YRZ7 | -sway+heave-roll+G | | -1.0 | +1.0 | -1.0 | | | +1.0 |
| YRZ8 | -sway-heave-roll+G | | -1.0 | -1.0 | -1.0 | | | +1.0 |

III.3.B.2 ARCHIVOS DE ACELERACIONES Y ROTACIONES PARA CADA DIRECCIÓN DE INCIDENCIA DE LA OLA

El siguiente listado contiene los comandos correspondientes a la generación de fuerzas inerciales provocadas por el impacto de una ola en la dirección de 90 grados.

```

FUERZAS INERCIALES          (OLA 90°)
  Cálculo de Fuerzas Inerciales
TOWOPT EN      MP WPCG      146.96 -1.70 59.57XYZ
JTNUM      99M 99V 99N 99W 99X 99O 99P 99Y
LCFAC      1.0 1
ACCL      13.036
ACCL      0.011
ACCL      0.023
ACCL      0.000459
ACCL      0.28084
ACCL      0.458810
END
    
```

El siguiente listado contiene los comandos correspondientes a la generación de fuerzas inerciales provocadas por el impacto de una ola en la dirección de 135 grados.

```

FUERZAS INERCIALES          (OLA 135°)
  Cálculo de Fuerzas Inerciales
TOWOPT  EN      MP  WPCG      146.96  -1.70  59.57XYZ
JTNUM    99M 99V 99N 99W 99X 99O 99P 99Y
LCFAC    1.0  1
ACCL      3.131
ACCL              3.324
ACCL              2.389
ACCL              0.019640
ACCL              0.05951
ACCL              0.261850
END

```

El siguiente listado contiene los comandos correspondientes a la generación de fuerzas inerciales provocadas por el impacto de una ola en la dirección de 180 grados.

```

FUERZAS INERCIALES          (OLA 180°)
  Cálculo de Fuerzas Inerciales
TOWOPT  EN      MP  WPCG      146.96  -1.70  59.57XYZ
JTNUM    99M 99V 99N 99W 99X 99O 99P 99Y
LCFAC    1.0  1
ACCL      3.131
ACCL              3.324
ACCL              2.389
ACCL              0.019640
ACCL              0.05951
ACCL              0.261850
END

```

III.3.B.3 RESUMEN DE CARGAS BÁSICAS Y COMBINACIONES

Parte del reporte de cargas que arroja el análisis estructural se presenta a continuación para dar idea del arreglo de cargas en que se basa el análisis estructural del Sistema Barcaza-Superestructura

SACS Release 5.1 ***** EDI/SACS IV SEASTATE PROGRAM ***** SEA PAGE 17

"ANALISIS DE TRANSPORTACIÓN SUPERESTRUCTURA RECUP. DIRECCIÓN 90°

** SEASTATE BASIC LOAD CASE DESCRIPTIONS **

| LOAD CASE | LOAD LABEL | ***** DESCRIPTION ***** |
|-----------|------------|--------------------------------|
| 1 | C-G | PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA |
| 2 | 3 | USER GENERATED LOADS |
| 3 | 4 | USER GENERATED LOADS |
| 4 | 5 | USER GENERATED LOADS |
| 5 | 6 | USER GENERATED LOADS |
| 6 | 7 | USER GENERATED LOADS |
| 7 | R-X | CARGAS DE MOV. ROTACIÓN EN X |
| 8 | R-Y | CARGAS DE MOV. ROTACIÓN EN Y |
| 9 | R-Z | CARGAS DE MOV. ROTACIÓN EN Z |
| 10 | T-X | CARGAS DE MOV. TRASLACIÓN EN X |
| 11 | T-Y | CARGAS DE MOV. TRASLACIÓN EN Y |
| 12 | T-Z | CARGAS DE MOV. TRASLACIÓN EN Z |

YAXCHE-A "ANALISIS DE TRANSPORTACIÓN SUPERESTRUCTURA RECUP. DIRECCIÓN 90°
 ***** SEASTATE BASIC LOAD CASE SUMMARY *****
 RELATIVE TO MUDLINE ELEVATION

| LOAD CASE | FX (KIPS) | FY (KIPS) | FZ (KIPS) | MX (FT-KIPS) | MY (FT-KIPS) | MZ (FT-KIPS) | DEAD LOAD (KIPS) | BUOYANCY (KIPS) |
|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|------------------|-----------------|
| 1 C-G | 0.000 | 0.000 | -1434.515 | -1149.010 | 217130.406 | 0.000 | 1420.249 | 0.000 |
| 2 3 | 0.000 | 0.000 | -18.720 | -23.802 | 2796.819 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 4 | 0.000 | 0.000 | -8.840 | 0.000 | 1326.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 5 | 0.000 | 0.000 | -9.840 | -221.400 | 1446.480 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 6 | 0.000 | 0.000 | -223.081 | -1510.850 | 36946.078 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 6 7 | 0.000 | 0.000 | -215.801 | -371.878 | 32787.113 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 7 R-X | 0.000 | -20.245 | -24.790 | -6701.186 | 4624.066 | -3118.944 | 0.000 | 0.000 |
| 8 R-Y | 0.017 | 0.000 | 0.037 | 0.765 | -22.359 | 0.027 | 0.000 | 0.000 |
| 9 R-Z | 0.044 | -0.077 | 0.000 | 9.431 | 5.469 | -55.603 | 0.000 | 0.000 |
| 10 T-X | -0.651 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -80.236 | 0.500 | 0.000 | 0.000 |
| 11 T-Y | 0.000 | -398.858 | 0.000 | 49124.840 | 0.000 | -60358.684 | 0.000 | 0.000 |
| 12 T-Z | 0.000 | 0.000 | -651.624 | -500.84 | 98609.242 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 13 XPZ1 | -0.635 | 0.000 | -2086.101 | -1649.088 | 315637.063 | 0.528 | 0.000 | 0.000 |
| 14 XPZ2 | -0.635 | 0.000 | -782.854 | -647.402 | 118418.563 | 0.528 | 0.000 | 0.000 |
| 15 XPZ3 | 0.668 | 0.000 | -2086.101 | -1649.088 | 315797.531 | -0.473 | 0.000 | 0.000 |
| 16 XPZ4 | -0.668 | 0.000 | -2086.175 | -1650.618 | 315681.750 | 0.473 | 0.000 | 0.000 |
| 17 XPZ5 | 0.668 | 0.000 | -782.854 | -647.402 | 118579.039 | -0.473 | 0.000 | 0.000 |
| 18 XPZ6 | -0.668 | 0.000 | -782.928 | -648.932 | 118463.281 | 0.473 | 0.000 | 0.000 |
| 19 XPZ7 | 0.635 | 0.000 | -2086.175 | -1650.618 | 315842.250 | -0.528 | 0.000 | 0.000 |
| 20 XPZ8 | 0.635 | 0.000 | -782.928 | -648.932 | 118623.750 | -0.528 | 0.000 | 0.000 |
| 21 YRZ1 | 0.000 | -419.103 | -2110.929 | 40773.797 | 320363.719 | -63477.625 | 0.000 | 0.000 |
| 22 YRZ2 | 0.000 | -419.103 | -807.681 | 41775.484 | 123145.227 | -63477.625 | 0.000 | 0.000 |
| 23 YRZ3 | 0.000 | 378.613 | -2110.929 | -57475.879 | 320363.719 | 57239.738 | 0.000 | 0.000 |
| 24 YRZ4 | 0.000 | -378.613 | -2061.348 | 54176.168 | 311115.563 | -57239.738 | 0.000 | 0.000 |
| 25 YRZ5 | 0.000 | 378.613 | -807.681 | -56474.191 | 123145.227 | 57239.738 | 0.000 | 0.000 |
| 26 YRZ6 | 0.000 | -378.613 | -758.100 | 55177.855 | 113897.094 | -57239.738 | 0.000 | 0.000 |
| 27 YRZ7 | 0.000 | 419.103 | -2061.348 | -44073.508 | 311115.563 | 63477.625 | 0.000 | 0.000 |
| 28 YRZ8 | 0.000 | 419.103 | -758.100 | -43071.820 | 113897.094 | 63477.625 | 0.000 | 0.000 |

III.3.C RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL DE TRANSPORTACIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el análisis estático de la superestructura, las relaciones de interacción en elementos resultan todas ellas menor a 0.85 como se indica a continuación:

III.3.C.1 RELACIONES DE INTERACCIÓN EN ELEMENTOS (UNITY CHECK)

Dirección 90°

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.80 AND LESS THAN 1.00

| MEMBER | GROUP | MAXIMUM COMBINED | LOAD COND | DIST FROM | AXIAL STRESS | BENDING STRESS | SHEAR FORCE | SECOND-HIGHEST |
|--------|----------|------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|
| ID | UNITY CK | NO. | END | KSI | Y KSI | Z KSI | FY FZ KIPS | KLZ/RZ UNITY CHECK |
| 924- | 58 W14 | 0.967 | YRZ4 | 0.0 | -1.02 | -0.76 | -1.98 0.09 0.40 | 69.0 367.7 0.866 YRZ6 |

GROUP III - UNITY CHECKS GREATER THAN 1.00

| HIGHEST MEMBER | GROUP | MAXIMUM COMBINED | LOAD COND | DIST FROM | AXIAL STRESS | BENDING STRESS | SHEAR FORCE | SECOND-HIGHEST |
|----------------|----------|------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| ID | UNITY CK | NO. | END | KSI | Y KSI | Z KSI | FY FZ KIPS | KLZ/RZ UNITY CHECK |
| 58- | 925 W14 | 0.990 | YRZ4 | 31.8 | -1.06 | -0.74 | -1.97 -0.09 -0.40 | 69.0 367.7 0.890 YRZ6 |

SACS IV - * * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *
API RP2A 20TH/AISC 9TH

| GRUP ID | MAX. CRITICAL MEMBER | DIST LOAD COND | UNITY CHECK | FROM END FT | *APPLIED STRESSES* | | | ** ALLOWABLE STRESSES ** | | | | CRIT COND | EFFECTIVE LENGTHS KLY-KLZ | CM *VALUES* Y-Z | |
|---------|----------------------|----------------|-------------|-------------|--------------------|------------|------------|--------------------------|-----------|------------|------------|-----------|---------------------------|-----------------|------|
| | | | | | AXIAL KSI | BEND-Y KSI | BEND-Z KSI | AXIAL KSI | EULER KSI | BEND-Y KSI | BEND-Z KSI | | | | |
| COE | 9AN- | 622 | YRZ3 | 0.08 | 0.0 | -0.95 | 2.58 | -0.03 | 39.64 | ***** | 49.99 | 49.99 | C<.15 | 5.3 | 0.85 |
| COL | 9AO- | 23 | YRZ3 | 0.10 | 0.0 | -0.98 | 2.44 | -0.03 | 28.53 | 8598.10 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 6.5 | 0.85 |
| COP | 99T- | 615 | YRZ3 | 0.07 | 3.9 | -0.97 | 1.23 | 0.06 | 28.64 | ***** | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 3.9 | 0.85 |
| D18 | 620- | 724 | YRZ3 | 0.06 | 0.0 | -0.25 | -1.56 | 0.55 | 25.84 | 141.08 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 19.4 | 0.85 |
| D20 | 725- | 56 | YRZ1 | 0.08 | 0.0 | -0.97 | -1.46 | 0.57 | 25.78 | 136.97 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 21.9 | 0.85 |
| DGR | 930- | 905 | YRZ4 | 0.09 | 44.8 | 0.26 | -3.00 | -0.58 | 28.79 | 32.08 | 35.99 | 35.99 | TN+BN | 40.4 | 0.85 |
| DI6 | 928- | 742 | YRZ4 | 0.13 | 14.4 | 0.81 | -0.34 | -3.57 | 28.79 | 41.41 | 35.99 | 35.99 | TN+BN | 13.0 | 0.85 |
| DS8 | 701- | 998 | YRZ7 | 0.14 | 0.0 | -1.12 | -2.32 | 0.06 | 15.71 | 16.70 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 26.7 | 0.85 |
| O18 | 99T- | 9A2 | YRZ3 | 0.13 | 0.0 | -0.12 | -4.41 | -0.08 | 23.49 | 59.26 | 35.33 | 35.33 | C<.15 | 30.1 | 0.85 |
| PED | 730- | 930 | YRZ7 | 0.02 | 0.0 | -0.14 | 0.31 | 0.00 | 24.86 | 3733.90 | 30.35 | 30.35 | C<.15 | 16.2 | 0.85 |
| PUS | 701- | 5 | YRZ4 | 0.03 | 0.0 | -0.66 | -0.15 | 0.11 | 27.65 | 639.37 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 12.2 | 0.85 |
| SEG | 9AK- | 9AX | YRZ3 | 0.09 | 6.7 | -2.11 | 0.44 | 0.12 | 25.68 | 130.66 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 20.1 | 0.85 |
| T-M | 99S- | 99T | YRZ1 | 0.11 | 0.0 | -0.02 | -0.94 | -1.95 | 9.06 | 9.06 | 18.71 | 35.99 | C<.15 | 40.0 | 0.85 |
| TEM | 615- | 717 | YRZ3 | 0.08 | 0.0 | -0.39 | -2.18 | 0.51 | 20.81 | 32.99 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 40.1 | 0.85 |
| TIA | 707- | 717 | YRZ3 | 0.16 | 38.0 | -0.10 | -4.34 | 0.10 | 15.04 | 16.81 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 41.0 | 0.85 |
| TIB | 717- | 741 | YRZ1 | 0.09 | 2.5 | -0.02 | -1.51 | -1.36 | 24.70 | 503.14 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 8.0 | 0.85 |
| TIC | 730- | 732 | YRZ7 | 0.06 | 15.2 | -0.33 | -1.22 | -0.03 | 23.07 | 120.40 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 15.2 | 0.85 |
| TS1 | 901- | 970 | YRZ4 | 0.13 | 0.0 | -0.05 | -3.28 | 0.33 | 23.22 | 536.81 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 9.0 | 0.85 |
| TSA | 956- | 957 | YRZ4 | 0.05 | 0.0 | -0.05 | 0.73 | 0.83 | 23.09 | 434.82 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 10.0 | 0.85 |
| TSB | 960- | 907 | YRZ4 | 0.07 | 10.0 | 0.01 | -1.02 | -1.20 | 28.79 | 405.84 | 28.79 | 35.99 | BEND | 10.0 | 0.85 |
| TSC | 957- | 905 | YRZ4 | 0.09 | 10.0 | -0.05 | -1.28 | -1.67 | 23.09 | 435.13 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 10.0 | 0.85 |
| TSD | 913- | 964 | YRZ3 | 0.08 | 0.0 | -0.02 | -0.91 | 1.72 | 22.06 | 356.90 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 10.0 | 0.85 |
| TSE | 954- | 903 | YRZ4 | 0.06 | 10.0 | 0.01 | -0.73 | -1.36 | 28.79 | 415.72 | 28.79 | 35.99 | BEND | 10.0 | 0.85 |
| TSF | 919- | 5 | YRZ4 | 0.03 | 5.0 | 0.00 | -0.32 | -0.04 | 28.79 | 1661.65 | 28.79 | 35.99 | SHEAR | 5.0 | 0.85 |
| V11 | 732- | 721 | YRZ7 | 0.33 | 40.0 | -0.05 | -2.06 | 2.30 | 2.36 | 2.36 | 8.34 | 35.99 | C<.15 | 40.0 | 0.85 |
| V15 | 734- | 735 | YRZ1 | 0.25 | 0.0 | -0.01 | -1.55 | -2.18 | 2.91 | 2.91 | 8.27 | 35.99 | C<.15 | 40.0 | 0.85 |
| V2 | 56- | 58 | YRZ1 | 0.09 | 19.5 | -0.01 | 2.33 | 0.36 | 22.55 | 57.24 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 19.5 | 0.85 |
| V3 | 998- | 999 | YRZ7 | 0.16 | 0.0 | 0.00 | -3.40 | 0.64 | 5.51 | 5.51 | 24.12 | 35.99 | C<.15 | 30.0 | 0.85 |
| VS1 | 960- | 969 | YRZ3 | 0.09 | 40.0 | -0.02 | -1.60 | -0.29 | 7.42 | 7.42 | 20.86 | 35.99 | C<.15 | 45.0 | 0.85 |
| VS2 | 949- | 957 | YRZ4 | 0.09 | 15.0 | 0.02 | -1.29 | 1.43 | 28.79 | 71.46 | 28.79 | 35.99 | TN+BN | 15.0 | 0.85 |
| VSP | 932- | 951 | YRZ3 | 0.09 | 0.0 | -0.04 | -1.38 | 1.58 | 19.20 | 148.75 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 10.0 | 0.85 |
| W14 | 58- | 925 | YRZ4 | 0.99 | 31.8 | -1.06 | -0.74 | -1.97 | 1.47 | 1.47 | 5.58 | 35.99 | C>.15A | 31.8 | 0.85 |
| W18 | 917- | 7 | YRZ3 | 0.18 | 0.0 | -0.29 | -2.26 | 0.79 | 5.16 | 5.16 | 22.12 | 35.99 | C<.15 | 27.0 | 0.85 |
| W36 | 987- | 988 | YRZ3 | 0.11 | 8.0 | 0.00 | 1.63 | -1.79 | 28.79 | 135.57 | 28.79 | 35.99 | BEND | 8.0 | 0.85 |
| XGR | 1- | 703 | YRZ7 | 0.09 | 10.1 | -1.66 | -0.92 | -0.04 | 27.24 | 389.28 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 9.1 | 0.85 |
| ZAP | 99X- | 99T | YRZ3 | 0.04 | 0.9 | -0.93 | 0.25 | 0.01 | 28.77 | ***** | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 0.9 | 0.85 |

Dirección 135°

GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.80 AND LESS THAN 1.00

** NO UNITY CHECKS IN THIS GROUP **

GROUP III - UNITY CHECKS GREATER THAN 1.00

** NO UNITY CHECKS IN THIS GROUP **

SACS IV - * * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *
API RP2A 20TH/AISC 9TH

| GRUP ID | MAX. CRITICAL MEMBER | DIST LOAD COND | UNITY CHECK | FROM END FT | *APPLIED STRESSES* | | | ** ALLOWABLE STRESSES ** | | | | CRIT COND | EFFECTIVE LENGTHS KLY-KLZ | CM *VALUES* Y-Z | |
|---------|----------------------|----------------|-------------|-------------|--------------------|------------|------------|--------------------------|-----------|------------|------------|-----------|---------------------------|-----------------|------|
| | | | | | AXIAL KSI | BEND-Y KSI | BEND-Z KSI | AXIAL KSI | EULER KSI | BEND-Y KSI | BEND-Z KSI | | | | |
| COE | 9AN- | 622 | YRZ3 | 0.03 | 0.0 | -0.68 | 0.81 | -0.03 | 39.64 | ***** | 49.99 | 49.99 | C<.15 | 5.3 | 0.85 |
| COL | 9AO- | 23 | YRZ3 | 0.04 | 0.0 | -0.70 | 0.69 | -0.03 | 28.53 | 8598.10 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 6.5 | 0.85 |
| COP | 99T- | 615 | YRZ3 | 0.04 | 3.9 | -0.70 | 0.42 | 0.05 | 28.64 | ***** | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 3.9 | 0.85 |
| D18 | 620- | 724 | YRZ3 | 0.03 | 0.0 | -0.21 | -0.65 | 0.44 | 25.84 | 141.08 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 19.4 | 0.85 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|--------------|--------|-------|-------|-------|------|------|
| D20 | 622- | 726 | XPZ4 | 0.06 | 0.0 | -1.00 | -0.64 | 0.17 | 26.76 | 251.76 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 16.2 | 0.85 |
| DGR | 930- | 905 | YRZ4 | 0.07 | 44.8 | 0.14 | -2.29 | -0.16 | 28.79 | 32.08 | 35.99 | 35.99 | TN+BN | 40.4 | 0.85 |
| DI6 | 928- | 742 | YRZ4 | 0.08 | 14.4 | 0.63 | -0.29 | -2.18 | 28.79 | 41.41 | 35.99 | 35.99 | TN+BN | 13.0 | 0.85 |
| DS8 | 701- | 998 | XPZ1 | 0.10 | 0.0 | -0.79 | -1.89 | -0.06 | 15.71 | 16.70 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 26.7 | 0.85 |
| O18 | 99U- | 9A3 | XPZ7 | 0.11 | 0.0 | -0.08 | -3.83 | -0.07 | 23.49 | 59.26 | 35.33 | 35.33 | C<.15 | 30.1 | 0.85 |
| PED | 730- | 930 | YRZ7 | 0.01 | 0.0 | -0.09 | 0.20 | 0.00 | 24.863733.90 | | 30.35 | 30.35 | C<.15 | 16.2 | 0.85 |
| PUS | 701- | 5 | XPZ3 | 0.02 | 0.0 | -0.54 | -0.15 | 0.07 | 27.65 | 639.37 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 12.2 | 0.85 |
| SEG | 9AK- | 9AX | YRZ3 | 0.04 | 13.4 | -0.88 | 0.27 | 0.00 | 25.68 | 130.66 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 20.1 | 0.85 |
| T-M | 99S- | 99T | YRZ1 | 0.06 | 0.0 | -0.02 | -0.75 | -0.47 | 9.06 | 9.06 | 18.72 | 35.99 | C<.15 | 40.0 | 0.85 |
| TEM | 701- | 603 | XPZ7 | 0.07 | 43.1 | -0.58 | -1.58 | -0.01 | 21.16 | 35.16 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 38.8 | 0.85 |
| TIA | 707- | 717 | YRZ3 | 0.06 | 38.0 | -0.06 | -1.67 | 0.06 | 15.04 | 16.81 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 41.0 | 0.85 |
| TIB | 732- | 703 | YRZ7 | 0.05 | 3.0 | -0.21 | -1.24 | -0.06 | 25.67***** | | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 3.0 | 0.85 |
| TIC | 730- | 732 | YRZ7 | 0.04 | 15.2 | -0.21 | -0.76 | -0.05 | 23.07 | 120.40 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 15.2 | 0.85 |

Dirección 180°

SACS Release 5.1 "ANALISIS DE TRANSPORTACIÓN SUPERESTRUCTURA RECUP. DIRECCIÓN 180° PST PAGE 331

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.80 AND LESS THAN 1.00

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

GROUP III - UNITY CHECKS GREATER THAN 1.00

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

SACS Release 5.1 "ANALISIS DE TRANSPORTACIÓN SUPERESTRUCTURA RECUP. DIRECCIÓN 180° PST PAGE 333

SACS IV - * * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *

API RP2A 20TH/AISC 9TH

| GRUP | CRITICAL | LOAD | MAX. | DIST | *APPLIED STRESSES* | | | *** ALLOWABLE STRESSES *** | | | | EFFECTIVE | CM | | |
|--------|----------|------|-------|------|--------------------|--------|--------|----------------------------|--------------|--------|--------|-----------|---------|------|------|
| VALUES | | | UNITY | FROM | | | | | | | | CRIT | LENGTHS | | |
| ID | MEMBER | COND | CHECK | END | AXIAL | BEND-Y | BEND-Z | AXIAL | EULER | BEND-Y | BEND-Z | COND | KLY-KLZ | Y-Z | |
| | | | FT | FT | KSI | KSI | KSI | KSI | KSI | KSI | KSI | | FT | | |
| COE | 9AN- | 622 | XPZ7 | 0.03 | 5.9 | -0.65 | 0.49 | 0.12 | 39.64***** | 49.99 | 49.99 | C<.15 | 5.3 | 0.85 | |
| COL | 9AO- | 23 | XPZ4 | 0.03 | 7.2 | -0.60 | 0.41 | -0.03 | 28.538598.10 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 6.5 | 0.85 | |
| COP | 99U- | 617 | XPZ7 | 0.03 | 3.9 | -0.65 | 0.25 | 0.11 | 28.64***** | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 3.9 | 0.85 | |
| D18 | 620- | 724 | XPZ1 | 0.03 | 0.0 | -0.20 | -0.40 | 0.51 | 25.84 | 141.08 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 19.4 | 0.85 |
| D20 | 622- | 726 | XPZ4 | 0.05 | 0.0 | -0.95 | -0.61 | 0.22 | 26.76 | 251.76 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 16.2 | 0.85 |
| DGR | 930- | 901 | XPZ1 | 0.06 | 44.8 | 0.09 | -2.18 | 0.06 | 28.79 | 32.08 | 35.99 | 35.99 | TN+BN | 40.4 | 0.85 |
| DI6 | 928- | 742 | XPZ7 | 0.08 | 14.4 | 0.63 | -0.27 | -1.99 | 28.79 | 41.41 | 35.99 | 35.99 | TN+BN | 13.0 | 0.85 |
| DS8 | 701- | 998 | XPZ1 | 0.10 | 0.0 | -0.75 | -1.79 | -0.13 | 15.71 | 16.70 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 26.7 | 0.85 |
| O18 | 99U- | 9A3 | XPZ7 | 0.11 | 0.0 | -0.09 | -3.62 | -0.04 | 23.49 | 59.26 | 35.33 | 35.33 | C<.15 | 30.1 | 0.85 |
| PED | 730- | 930 | XPZ3 | 0.01 | 0.0 | -0.07 | 0.17 | 0.00 | 24.863733.90 | | 30.35 | 30.35 | C<.15 | 16.2 | 0.85 |
| PUS | 701- | 5 | XPZ3 | 0.02 | 0.0 | -0.53 | -0.13 | 0.06 | 27.65 | 639.37 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 12.2 | 0.85 |
| SEG | 9AK- | 9AX | XPZ7 | 0.03 | 13.4 | -0.71 | 0.23 | -0.01 | 25.68 | 130.66 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 20.1 | 0.85 |
| T-M | 99E- | 99F | XPZ7 | 0.05 | 40.0 | -0.06 | -0.75 | 0.03 | 9.06 | 9.06 | 19.49 | 35.99 | C<.15 | 40.0 | 0.85 |
| TEM | 701- | 603 | XPZ7 | 0.07 | 43.1 | -0.69 | -1.50 | -0.01 | 21.16 | 35.16 | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 38.8 | 0.85 |
| TIA | 707- | 717 | XPZ4 | 0.04 | 38.0 | -0.05 | -0.99 | 0.15 | 15.04 | 16.81 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 41.0 | 0.85 |
| TIB | 732- | 703 | XPZ3 | 0.05 | 3.0 | -0.17 | -1.07 | -0.20 | 25.67***** | | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 3.0 | 0.85 |
| TIC | 730- | 732 | XPZ3 | 0.04 | 15.2 | -0.17 | -0.64 | -0.23 | 23.07 | 120.40 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 15.2 | 0.85 |
| TS1 | 901- | 970 | XPZ1 | 0.05 | 0.0 | -0.01 | -1.10 | 0.28 | 23.22 | 536.81 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 9.0 | 0.85 |
| TSA | 4- | 928 | XPZ7 | 0.02 | 0.0 | 0.01 | -0.30 | 0.02 | 28.791739.26 | | 28.79 | 35.99 | SHEAR | 5.0 | 0.85 |
| TSB | 960- | 907 | XPZ7 | 0.03 | 10.0 | 0.02 | -0.94 | 0.01 | 28.79 | 405.84 | 28.79 | 35.99 | BEND | 10.0 | 0.85 |
| TSC | 915- | 967 | XPZ4 | 0.04 | 0.0 | 0.01 | -0.88 | 0.01 | 28.79 | 421.57 | 28.79 | 35.99 | SHEAR | 10.0 | 0.85 |
| TSD | 913- | 964 | XPZ1 | 0.03 | 0.0 | -0.01 | -0.67 | 0.14 | 22.06 | 356.90 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 10.0 | 0.85 |
| TSE | 911- | 961 | XPZ1 | 0.02 | 0.0 | 0.02 | -0.52 | 0.07 | 28.79 | 403.32 | 28.79 | 35.99 | SHEAR | 10.0 | 0.85 |
| TSF | 919- | 5 | XPZ3 | 0.02 | 5.0 | 0.00 | -0.25 | -0.01 | 22.641661.65 | | 28.79 | 35.99 | SHEAR | 5.0 | 0.85 |
| V11 | 732- | 721 | XPZ7 | 0.21 | 40.0 | -0.04 | -1.58 | 0.01 | 2.36 | 2.36 | 8.26 | 35.99 | C<.15 | 40.0 | 0.85 |
| V15 | 734- | 735 | XPZ1 | 0.14 | 0.0 | 0.00 | -1.22 | -0.01 | 2.91 | 2.91 | 8.84 | 35.99 | C<.15 | 40.0 | 0.85 |
| V2 | 56- | 58 | XPZ7 | 0.06 | 19.5 | -0.01 | 1.47 | 0.25 | 22.55 | 57.24 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 19.5 | 0.85 |
| V3 | 999- | 933 | XPZ1 | 0.10 | 12.8 | 0.00 | -2.61 | 0.45 | 28.79 | 30.27 | 28.79 | 35.99 | TN+BN | 12.8 | 0.85 |
| VS1 | 960- | 969 | XPZ7 | 0.05 | 45.0 | 0.01 | -0.72 | -0.21 | 28.79 | 5.60 | 18.22 | 35.99 | BEND | 45.0 | 0.85 |
| VS2 | 969- | 945 | XPZ7 | 0.03 | 0.0 | 0.00 | -0.72 | -0.07 | 28.79 | 53.91 | 28.79 | 35.99 | BEND | 15.0 | 0.85 |
| VSP | 935- | 934 | XPZ1 | 0.03 | 10.0 | 0.02 | 0.91 | 0.03 | 28.79 | 148.75 | 28.79 | 35.99 | BEND | 10.0 | 0.85 |
| W14 | 58- | 925 | XPZ7 | 0.31 | 31.8 | -0.15 | -1.21 | 0.41 | 1.47 | 1.47 | 6.35 | 35.99 | C<.15 | 31.8 | 0.85 |
| W18 | 17- | 905 | XPZ7 | 0.11 | 15.1 | -0.30 | -2.46 | 0.20 | 15.39 | 16.64 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 15.1 | 0.85 |
| W36 | 918- | 919 | XPZ1 | 0.06 | 15.0 | 0.00 | -1.71 | -0.10 | 20.10 | 38.56 | 28.79 | 35.99 | C<.15 | 15.0 | 0.85 |
| ZAP | 99N- | 99D | XPZ3 | 0.02 | 0.9 | -0.61 | 0.07 | -0.03 | 28.77***** | | 35.99 | 35.99 | C<.15 | 0.9 | 0.85 |

III.3.C.2 RELACIONES DE INTERACCIÓN EN JUNTAS (PUNCHING SHEAR)

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el análisis de punzonamiento o penetración (Joint Can) en las juntas. Las relaciones de interacción resultan todas ellas menor a 1.00 como se muestra en el listado a continuación:

SACS Release 5.1 "ANALISIS DE TRANSPORTACIÓN SUPERESTRUCTURA RECUP. DIRECCIÓN 90° JCN PAGE 1

```

*** JOINT CAN INPUT ECHO ***
      1          2          3          4          5          6          7          8
LINE 1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
      1 JCNOPT API                               N                               MX
      2 END
    
```

SACS Release 5.1 "ANALISIS DE TRANSPORTACIÓN SUPERESTRUCTURA RECUP. DIRECCIÓN 90° JCN PAGE 2

```

* * J O I N T   C A N   O P T I O N S * *
*** JOINT CHECK PROGRAM OPTIONS ***
(BASED ON 1993 API CODE)
OUTPUT FOR MAXIMUM UNITY CHECK ONLY (JOINT ORDER)
MINIMUM GAP ALLOWED = -100.00 INCHES
MAXIMUM GAP ALLOWED = 1000.00 INCHES
NO REDESIGN SELECTED
API RP2A 20TH EDITION
FORMULAS 4.3.1-3A AND 4.3.1-3B USED FOR PUNCHING SHEAR UNITY CHECKS
SPECIAL UNITY CHECKS -
100 - SUM OF BENDING UNITY CHECKS IS GREATER THAN 1
200 - EXCESSIVE CHORD STRESS RESULTED IN A NEGATIVE ALLOWABLE
    
```

***** COORDINATE SYSTEM *****

```

THE LOCAL COORDINATE FOR BRACES IS DEFINED BY
LOCAL X - ALONG AXIS OF MEMBER
          POSITIVE FROM JOINT ONE TO JOINT TWO
LOCAL Y - IN PLANE OF BRACE AND CHORD
          POSITIVE FROM CHORD TO BRACE
LOCAL Z - DETERMINED BY RIGHT HAND RULE
    
```

SACS Release 5.1 "ANALISIS DE TRANSPORTACIÓN SUPERESTRUCTURA RECUP. DIRECCIÓN 90° JCN PAGE 9

```

* * J O I N T   C A N   S U M M A R Y * *
(UNITY CHECK ORDER)
***** ORIGINAL ***** DESIGN *****
    
```

| JOINT | DIAMETER (IN) | THICKNESS (IN) | YLD STRS (KSI) | UC | DIAMETER (IN) | THICKNESS (IN) | YLD STRS (KSI) | UC |
|-------|------------------|-------------------|-------------------|-------|------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 930 | 76.000 | 0.625 | 36.000 | 0.299 | 76.000 | 0.625 | 36.000 | 0.299 |
| 1 | 14.000 | 0.375 | 36.000 | 0.250 | 14.000 | 0.375 | 36.000 | 0.250 |
| 730 | 76.000 | 0.625 | 36.000 | 0.189 | 76.000 | 0.625 | 36.000 | 0.189 |
| 9A3 | 18.000 | 0.375 | 36.000 | 0.132 | 18.000 | 0.375 | 36.000 | 0.132 |
| 9A1 | 18.000 | 0.375 | 36.000 | 0.126 | 18.000 | 0.375 | 36.000 | 0.126 |
| 9A2 | 18.000 | 0.375 | 36.000 | 0.122 | 18.000 | 0.375 | 36.000 | 0.122 |
| 905 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.034 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.034 |
| 99D | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.030 | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.030 |
| 99T | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.030 | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.030 |
| 99E | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.030 | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.030 |
| 99F | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.029 | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.029 |
| 99U | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.029 | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.029 |
| 99Q | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.029 | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.029 |
| 99A | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.029 | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.029 |
| 99S | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.028 | 60.000 | 2.000 | 36.000 | 0.028 |
| 23 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.027 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.027 |
| 901 | 48.000 | 2.250 | 50.000 | 0.024 | 48.000 | 2.250 | 50.000 | 0.024 |
| 603 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.020 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.020 |
| 615 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.020 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.020 |
| 703 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.020 | 48.000 | 2.250 | 36.000 | 0.020 |

Listados con resultados similares se obtuvieron para los análisis de punzonamiento en las direcciones de oleaje de 135 y 180 grados, por lo que no es necesario hacer ningún tipo de reforzamiento en la estructura por recuperar por este concepto.

III.3.D COMENTARIOS DE LA TRANSPORTACIÓN

En primer lugar es importante mencionar que el ángulo de incidencia de la ola más crítico es 90° , es decir, cuando la ola arremete en forma transversal a la barcaza; las direcciones restantes no representan gran riesgo para la integridad del sistema en estudio.

En cuanto a la barcaza, los análisis demuestran que es capaz de transportar con seguridad la superestructura de la plataforma de perforación Abkatun-I bajo condiciones intactas y con daños en la barcaza de transportación, siempre y cuando, las condiciones oceanográficas y meteorológicas no excedan las consideradas en el presente análisis.

De acuerdo con los resultados de los análisis estructurales se determina que la condición de incidencia de ola en dirección 90° es la más crítica, y respecto a la estructura, los principales resultados desde el punto de vista de análisis estructural son los siguientes:

El elemento estructural más esforzado es el WI4 (58-925) el cual tiene una relación de esfuerzos máxima de 1.00, presentándose en la combinación de cargas YRZ4, y las juntas tubulares más esforzadas es la 930 con una relación de esfuerzos máxima de 0.299.

En conclusión, para las condiciones meteorológicas y oceanográficas consideradas por la norma de referencia NRF-003-PEMEX-2000, la estructura presenta un comportamiento aceptable, es decir, no se presentarán elementos con sobre-esfuerzos, durante la transportación ya que los esfuerzos en los elementos y en las juntas se mantienen en niveles permisibles de acuerdo con el API RP-2A. Por otro lado, como ya se observó, el sistema barcaza-estructura es estable dentro de un rango de 40° transversalmente (respecto a la horizontal).

No obstante lo anterior, debe observarse que las condiciones oceanográficas no sobrepasen lo estipulado en este documento, especialmente en lo concerniente a la altura de la ola, la cual se recomienda que no sea mayor de 3.048 m (10 ft). Por lo tanto, si la altura de ola presente durante la transportación alcanza el valor mencionado, se recomienda proceder a resguardar la estructura en una zona protegida.

En el Anexo A, se pueden observar detalles constructivos del marco de arrastre de la superestructura correspondientes al plano G-061 "CARGA Y AMARRE DE LA SUPERESTRUCTURA RECUPERADA" el detalle de los seguros marinos.

CAPÍTULO IV . - DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE LA RECUPERACIÓN

El Activo Integral Litoral de Tabasco tiene contemplada la instalación de la Plataforma Octópoda de Perforación Yaxché-A, y con el objeto de optimizar los recursos materiales disponibles, determinó reutilizar para esta plataforma la superestructura existente en la Plataforma Octópoda Abkatun-I, localizada en las coordenadas $X = 587,578$ y $Y = 2'129,132$ en la Sonda de Campeche.

Para recuperar esta superestructura y embarcarla para su transportación a los patios de fabricación donde será ampliada y equipada, PEP asignó esta tarea al Barco/Grúa Tolteca, propiedad de la empresa "Constructora y Arrendadora México, S.A." (CAMSA) a la cual pertenecen el personal y equipo que se observan en el trabajo presentado a continuación.



FOTOGRAFÍA 4.1 LA PLATAFORMA ABKATUN-I AL INICIO DE LOS TRABAJOS PARA LA RECUPERACIÓN DE SU SUPERESTRUCTURA.

De acuerdo a la secuencia de su ejecución, los trabajos realizados se pueden clasificar en la siguiente forma:

- 1 Trabajos preliminares.
- 2 Izaje de la Superestructura y acoplamiento en el marco soporte.
- 3 Trabajos finales.

A su vez, los Trabajos Preliminares se pueden agrupar por su tipo y no como se desarrollaron cronológicamente, puesto que varios de ellos fueron realizados simultáneamente, en:

- 1.1 Desmantelamientos.
- 1.2 Construcción del marco de apoyo para transporte y arrastre.
- 1.3 Reforzamiento de la Superestructura.

IV.1 TRABAJOS PRELIMINARES

Para realizar el izaje de recuperación es necesario desarrollar los trabajos de preparación que parte de ellos, los más representativos, se presentan en la siguiente serie fotográfica.

IV.1.A DESMANTELAMIENTOS



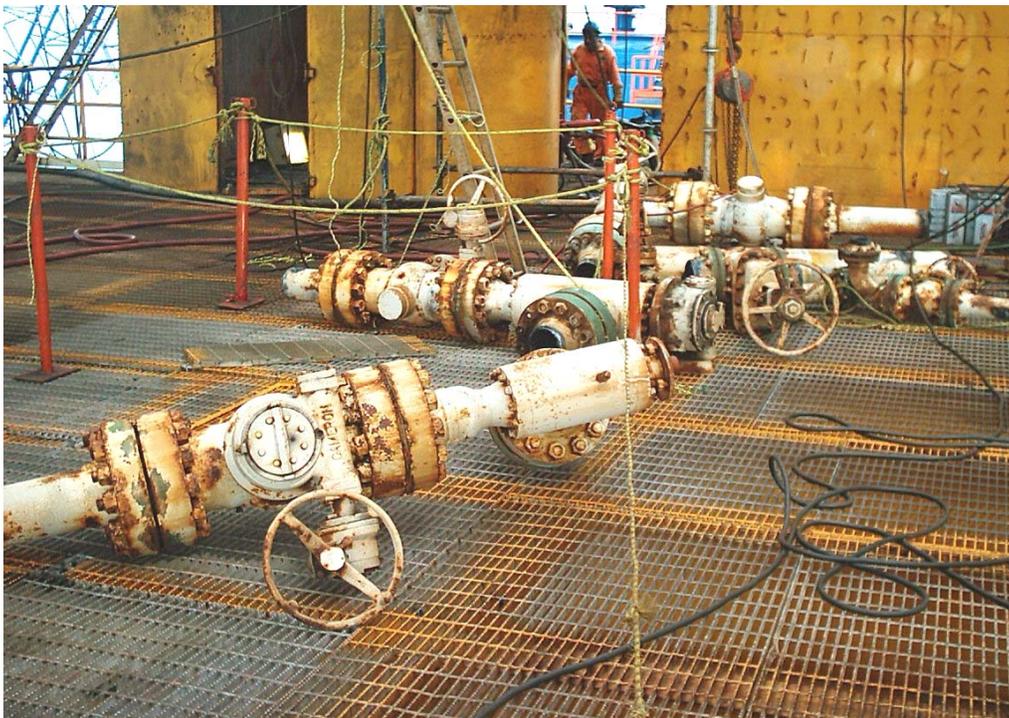
FOTOGRAFÍA 4.2 RETIRO DE TODA TUBERÍA DE PROCESO Y DE SERVICIOS



FOTOGRAFÍA 4.3 DESMONTAJE Y RETIRO DE EQUIPOS Y TANQUES



FOTOGRAFÍA 4.4 TUBERÍAS Y VÁLVULAS DESMANTELADAS ANTES DE SER TRASLADAS A LA CUBIERTA DEL B/G TOLTECA



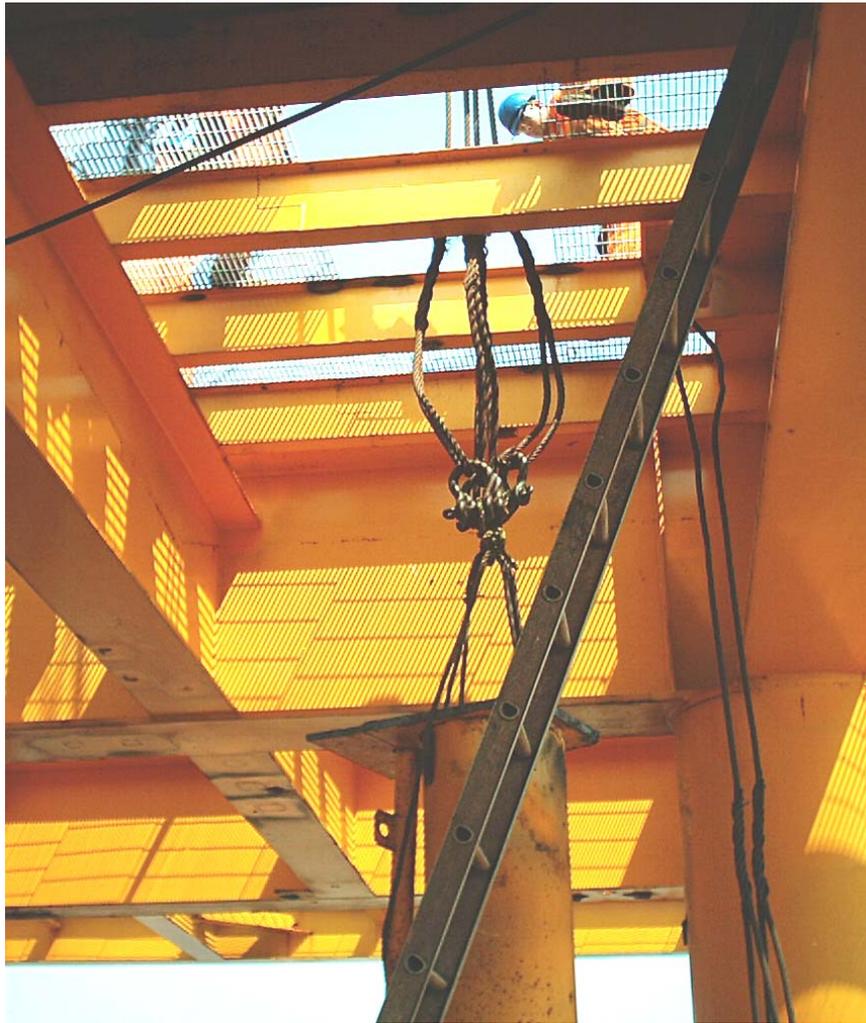
FOTOGRAFÍA 4.5 DESMANTELAMIENTO DEL CABEZAL DE PRODUCCIÓN



FOTOGRAFÍA 4.6 CORTE DE CAMISAS DE SUCCIÓN DE AGUA DE MAR



FOTOGRAFÍA 4.7 PANEL DE CELDAS SOLARES ANTES DE SER RETIRADO



FOTOGRAFÍA 4.8 IZAJE DE LA CAMISA DE SUCCIÓN A TRAVÉS DE LA CUBIERTA SUPERIOR



FOTOGRAFÍA 4.9 CORTE DE LA UNIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA DEL HELIPUERTO Y LAS VIGAS DE LA CUBIERTA SUPERIOR



FOTOGRAFÍA 4.10 CORTE INICIAL DE UNO DE LOS CONDUCTORES DE CRUDO DE 30" Ø



FOTOGRAFÍA 4.11 CAPA CEMENTANTE ENTRE LOS TUBOS DE 30" Y OTRO INTERNO DE 20" DE DIÁMETRO DEL POZO PRODUCTOR



FOTOGRAFÍA 4.12 PREPARACIÓN PARA CORTE DEL TUBO INTERIOR DE 20" DE DIÁMETRO DEL POZO DE PRODUCCIÓN



FOTOGRAFÍA 4.13 CORTE DEL TUBO INTERIOR DE 20" DE DIÁMETRO DEL POZO DE PRODUCCIÓN



FOTOGRAFÍA 4.14 RETIRO DE LA TAPA DEL ÁRBOL DE VÁLVULAS, PARA INSPECCIÓN DEL POZO PREVIO AL CORTE DEL TUBO CENTRAL



FOTOGRAFÍA 4.15 MEZCLA PETROLEO-AGUA ENCONTRADO EN EL TUBO CENTRAL DEL POZO DE PRODUCCIÓN



FOTOGRAFÍA 4.16 CORTE A DISTANCIA DE LOS TUBOS CENTRALES DEL POZO DE PRODUCCIÓN



FOTOGRAFÍA 4.17 SELLADO DE LOS POZOS, PARA COLOCAR POSTERIORMENTE UNA TAPA METÁLICA



FOTOGRAFÍA 4.18 IZAJE DEL ÁRBOL DE VÁLVULAS Y TUBERÍAS DEL POZO DE PRODUCCIÓN, A TRAVÉS DE LA CUBIERTA SUPERIOR



FOTOGRAFÍA 4.19 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA TUBERÍA RETIRADA DEL POZO DE PRODUCCIÓN



FOTOGRAFÍA 4.20 CORTE DE SOLDADURA EN EL PUNTO DE TRABAJO DE LA UNIÓN COLUMNA-PILOTE



FOTOGRAFÍA 4.21 DETALLE DE LA SOLDADURA REMOVIDA DEL PUNTO DE TRABAJO

IV.1.B CONSTRUCCIÓN DEL MARCO DE TRANSPORTE Y ARRASTRE

Para transportar la superestructura en el chalán y poderla desembarcar en los patios de Tuxpan, se requiere una estructura que le proporcione el soporte y la rigidez necesaria durante esas maniobras. Detalles de los planos para este elemento se presentan en el Anexo A.



FOTOGRAFÍA 4.22 ARRIBO DEL CHALÁN DE TRANSPORTE AL SITIO



FOTOGRAFÍA 4.23 TRABAJOS DE PREPARACIÓN DE LA CUBIERTA DEL CHALÁN PARA EL ARMADO DEL MARCO



FOTOGRAFÍA 4.24 TRASLADO DE LAS SECCIONES DEL MARCO SOPORTE DE LA SUPERESTRUCTURA, AL CHALÁN DE TRANSPORTE



FOTOGRAFÍA 4.25 DETALLE DE UNIÓN DE LAS VIGAS DEL MARCO SOPORTE



FOTOGRAFÍA 4.26 VIGAS DEL EJE A DEL MARCO SOPORTE



FOTOGRAFÍA 4.27 VIGAS DEL EJE B DEL MARCO SOPORTE



FOTOGRAFÍA 4.28 COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA TRANSVERSAL DEL MARCO SOPORTE.



FOTOGRAFÍA 4.29 DETALLE DEL ELEMENTO DE TRACCIÓN PARA EL ARRASTRE EN PATIOS.



FOTOGRAFÍA 4.30 GUÍAS PARA COLOCAR LOS CASQUILLOS DEL MARCO



FOTOGRAFÍA 4.31 COLOCACIÓN Y ORIENTACIÓN DE CASQUILLOS PARA RECIBIR A LAS COLUMNAS DE LA SUPERESTRUCTURA



FOTOGRAFÍA 4.32 COLOCACIÓN DE PLACA DE DESLIZAMIENTO



FOTOGRAFÍA 4.33 PLACA Y GUÍAS DE DESLIZAMIENTO PARA ARRASTRE Y DESEMBARQUE EN PATIOS DE TUXPAN, VER.

IV.1.C REFORZAMIENTO DE LA SUPERESTRUCTURA PARA EL IZAJE



FOTOGRAFÍA 4.34 PRESENTACIÓN Y DETALLADO DE ELEMENTOS DE REFUERZO PARA EL IZAJE



FOTOGRAFÍA 4.35 ELEMENTOS TEMPORALES ADICIONALES PARA IZAJE



FOTOGRAFÍA 4.36 VISTA PARCIAL DE LA COLOCACIÓN DE LOS ELEMENTOS TEMPORALES



FOTOGRAFÍA 4.37 PLACAS DE REFORZAMIENTO DE LAS OREJAS DE IZAJE



FOTOGRAFÍA 4.38 PROTECCIÓN ANTICORROSIVA PRIMARIA A LAS OREJAS DE IZAJE REFORZADAS



FOTOGRAFÍA 4.39 PINTURA BASE EN OREJA DE IZAJE REFORZADA



FOTOGRAFÍA 4.40 PRESENTACIÓN FINAL DE LAS OREJAS DE IZAJE REFORZADAS



FOTOGRAFÍA 4.41 PREPARACIÓN DE LOS GRILLETES PARA IZAJE



FOTOGRAFÍA 4.42 COLOCACIÓN DE LOS CABLES Y GRILLETES



FOTOGRAFÍA 4.43 CABLES DE IZAJE COLOCADOS EN LA CUBIERTA SUPERIOR DESPEJADA

IV.2 IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA Y ACOPLAMIENTO EN EL MARCO PARA TRANSPORTE Y ARRASTRE



FOTOGRAFÍA 4.44 EL IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA SE REALIZÓ EN FORMA LENTA. TOMANDO COMO REFERENCIA EL HORIZONTE SE PUEDE APRECIAR LA POSICIÓN HORIZONTAL OBTENIDA.



FOTOGRAFÍA 4.45 EL BARCO GRÚA SE POSICIONÓ ALEJADO DEL JACKET, Y EL CHALÁN CON EL MARCO DE APOYO Y ARRASTRE SE COLOCÓ BAJO LA SUPERESTRUCTURA IZADA



FOTOGRAFÍA 4.46 APROXIMACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA AL CHALAN



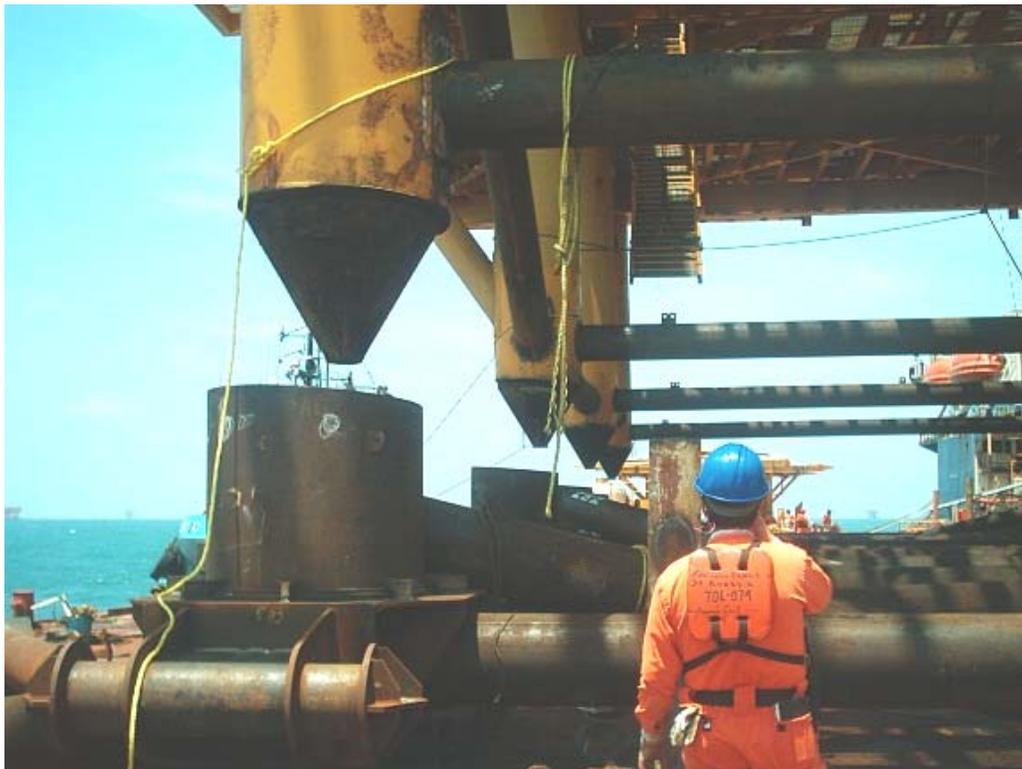
FOTOGRAFÍA 4.47 LAS GUÍAS DE ACOPLAMIENTO SE INTRODUCEN EN LOS CASQUILLOS DEL MARCO SOPORTE



FOTOGRAFÍA 4.48 DEBIDO A QUE EL ESPESOR DE LAS COLUMNAS EXTERIORES RESULTARON DIFERENTE AL QUE SE CONSIDERÓ EN EL PROYECTO (ver Conclusiones), NO AJUSTARON COMPLETAMENTE EN LOS CASQUILLOS, POR LO QUE SE DECIDIÓ IZAR NUEVAMENTE LA SUPERESTRUCTURA



FOTOGRAFÍA 4.49 FUE NECESARIO REBAJAR EL BORDE SUPERIOR DE LOS CASQUILLOS DE ESQUINA, PARA PERMITIR EL ACOPLAMIENTO ADECUADO CON LAS COLUMNAS



FOTOGRAFÍA 4.50 UNA VEZ REBAJADOS LOS CASQUILLOS DE ESQUINA, SE BAJA LA SUPERESTRUCTURA NUEVAMENTE



FOTOGRAFÍA 4.51 REVISIÓN DETALLADA DEL CONTACTO PIERNA-CASQUILLO



FOTOGRAFÍA 4.52 EL ACOPLAMIENTO FINALMENTE ES ADECUADO EN TODAS LAS COLUMNAS

IV.3 TRABAJOS FINALES



FOTOGRAFÍA 4.53 UNA VEZ ACOPLADA LA SUPERESTRUCTURA EN EL MARCO SOPORTE, SE PROCEDIÓ A COLOCAR LOS PUNTALES DE AMARRE PARA TRANSPORTACIÓN



FOTOGRAFÍA 4.54 EN CADA CONEXION PIERNA-CASQUILLO SE COLOCARON OCHO "GRAPAS" DE UNION, DE PLACA DE 1/2" ESP.



FOTOGRAFÍA 4.55 POSICIÓN FINAL DE LA SUPERESTRUCTURA Y ACCESORIOS EN EL CHALÁN DE TRANSPORTACIÓN



FOTOGRAFÍA 4.56 LOS PILOTES DE LA SUBESTRUCTURA FUERON TAPADOS CON PLACAS CIRCULARES Y EN LAS ESQUINAS SE COLOCARON LAS SEÑALIZACIONES LUMINOSAS DE ACUERDO A PROYECTO PARA DEJAR LA SUBESTRUCTURA ASEGURADA MIENTRAS PEP DECIDE SU FUTURA UTILIZACIÓN.

V. CONCLUSIONES

La ejecución de los trabajos de recuperación de la superestructura fueron realizados por el personal del B/G Tolteca, tanto en la plataforma Abkatun-I, como en el chalán de transporte “Libra” (fotografía 4.22), propiedad de la empresa COTEMAR, así como la participación de PYPESA en representación de SIDOE y del Activo Integral Litoral de Tabasco (AILT).

Como en toda ejecución de este tipo de proyectos, se presentaron diferencias entre las consideraciones de diseño y las actividades realizadas en campo para la ejecución de la obra. En la elaboración de esta tesis considero que es una buena oportunidad el ilustrar estas diferencias y haber tenido la oportunidad tanto de solventarlas en campo como poderlas presentar en este trabajo para su difusión en el ámbito universitario.

Debido a las diferencias detectadas entre el proyecto original de diseño y la construcción, durante los trabajos de recuperación, el personal de la empresa CAMSA solicitó a través de SIDOE la participación de la Asistencia Técnica a la Ingeniería de Campo en la toma de decisiones. Las principales diferencias se enlistan a continuación:

- a) Al llegar el B/G Tolteca al sitio Abkatun-I, se observó que a la Superestructura se le había retirado el pedestal de la grúa y sus diagonales que la rigidizaban (ver figuras 2.1, 2.2, 2.6 y 2.10), lo que modifica las condiciones gravitacionales para el izaje.
- b) Los cables de izaje del B/G Tolteca cumplen con la capacidad de carga requerida, pero por su configuración no es posible ajustarlos a las longitudes solicitadas por el proyecto (Las propiedades de estos cables se incluyen en el Anexo A de este trabajo).
- c) Las columnas de la superestructura presentan en la parte superior, uniones con soldadura en el lugar indicado en el diseño para colocar los refuerzos diagonales temporales.
- d) Los tubos diagonales del Marco de Apoyo y Arrastre no coinciden en su sección, con los diámetros indicados en el diseño, pues eran de mayor diámetro.
- e) Para la transportación a tierra se requiere reubicar al marco de apoyo, con fines prácticos y de espacio, cargado hacia la popa del chalán.
- f) Cuando se asentó la superestructura sobre el chalán se vió que no había un acoplamiento adecuado debido a que los conos de las columnas eran mayores a los esperados. El espesor de las columnas resultó ser de 1.5” mientras que en planos de construcción se indicaban 2.5” (ver anexos del A.1 al A.4)

Los incisos a) y b) se resolvieron obteniendo un nuevo centroide restando el peso de los elementos retirados y colocando un contrapeso en la cubierta superior, para reubicar el centro de gravedad de la estructura hacia su centro geométrico. En el Anexo A se presenta el croquis que se obtuvo y en la fotografía 5.1 se presenta ese contrapeso colocado.

Para solucionar el problema del inciso c) se reubicaron los tubos diagonales temporales de acuerdo al croquis mostrado en el Anexo A, una vez que se corroboró mediante un análisis estructural hecho en el sitio, que no tuvieran problemas de sobreesfuerzos esos elementos.

En relación a los tubos del marco de soporte y arrastre, los suministrados son de 20”Ø X 0.500” y su sección estructural es mayor que los requeridos por diseño, por lo que se autorizó sin necesidad de nuevos análisis y se procedió a su colocación.



FOTOGRAFÍA 5.1 COLOCACIÓN DE UN CONTRAPESO DE 43 TON PARA POSICIONAR EL C.G. EN EL CENTRO GEOMÉTRICO DE LA SUPERESTRUCTURA

La reubicación del marco de apoyo en el chalán no presenta riesgo significativo dados los resultados del Análisis de Transportación que se presentan en el Capítulo 3.3, por lo que se procedió a autorizar y colocar el marco en la posición propuesta por la empresa transportadora. Ese arreglo y autorización se muestra en el Anexo A.

Finalmente, el asentamiento adecuado de las columnas en los casquillos de logró rebajando el espesor de estos últimos tal como se aprecia en la fotografía 4.49

TRABAJOS DE RECUPERACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA.

Los trabajos realizados para la recuperación de la Superestructura se ejecutaron en forma adecuada desde el punto de vista técnico.

La incidencia en el sitio de dos períodos de condiciones meteorológicas adversas, provocaron el cierre de los puertos marítimos de Dos Bocas y Cd. del Carmen, y el consecuente retiro por precaución, del chalán “Libra” del sitio. Debido a ello, se suspendieron por cuatro días las actividades en el barco Tolteca y consecuentemente, se alargó el período original del programa de trabajo que era de 7 días.

Otro factor que incidió en el incremento del tiempo requerido para realizar la recuperación, fue el ensamblado del Marco de Apoyo y Arrastre que se efectuó en mar sobre el chalán de transportación, a partir de las piezas recibidas en secciones (fotografías 4.24 a 4.31), cuando la mayoría de estos trabajos debieron hacerse en tierra con la debida anticipación. Esto ocasionó un tiempo adicional de tres días. Al final, la plataforma fue recuperada en un tiempo de total de 14 días.

La calidad del trabajo y la organización del personal del B/G Tolteca se observó eficiente y confiable, haciéndose notar ante la ausencia del especialista de perforación que habría de dirigir el corte de la tubería de los pozos de producción y aún sin esa asistencia y con las debidas precauciones, no se presentaron contingencias al realizar los cortes debido a la experiencia del personal que realizó esos trabajos.

ASISTENCIA TÉCNICA

Se realizó un trabajo de equipo, apoyando técnicamente al personal de PEP (SIDOE y AILT) responsable de los trabajos, en la solución de las diferencias de la obra con respecto al proyecto de recuperación, así como en la evaluación y autorización de las propuestas de ajustes hechos por la contratista.

Se constató la ejecución de los trabajos en cuanto al procedimiento de ingeniería y a la calidad de las prácticas de construcción.

Se documentaron los aspectos relevantes de todo el proceso de recuperación de la Superestructura, constatando en todo momento que se cumplieran las actividades y consideraciones estimadas en el Proyecto y a su vez que se cumpliera con las Normas tanto de PEP como las internacionales, principalmente las estipuladas por el Instituto Americano del Petróleo (API) .

Por último presento la fotografía 5.2 en la que se aprecia a la superestructura siendo objeto de las adecuaciones para recibir a los equipos que forman el Paquete de Perforación, para su posterior traslado e instalación el lo que será la Plataforma de Perforación Yaxché-A.



FOTOGRAFÍA 5.2 LA SUPERESTRUCTURA DE ABKATUN-I TRASLADADA A LOS PATIOS DE CONSTRUCCIÓN EN TUXPAN, VERACRUZ, YA EN ETAPA DE ADECUACIÓN PARA SU POSTERIOR INSTALACIÓN EN EL SITIO YAXCHÉ-A

BIBLIOGRAFÍA

- HELI TORRES MTZ. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS CON UN CRITERIO PROPIO PARA LA SONDA DE CAMPECHE. UNIV. LA SALLE 1998
- JAMES F. WILSON. DYNAMICS OF OFFSHORE. .JOHN WILEY & SON, INC. HOBOKEN, NEW JERSEY. U.S.A.
- NRF-003-PEMEX-2000 DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS EN LA SONDA DE CAMPECHE - PETRÓLEOS MEXICANOS
- API-RP-2A – WSD PRÁCTICA RECOMENDADA PARA LA PLANEACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS. DISEÑO POR ESFUERZOS DE TRABAJO – INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO (RECOMMENDED PRACTICE FOR PLANNING DESIGNING AND CONSTRUCTING FIXED OFFSHORE PLATFORMS, **WORKING STRESS DESIGN** - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE)
- IMCA MANUAL DE CONSTRUCCIÓN EN ACERO - INSTITUTO MEXICANO DE LA CONSTRUCCIÓN DE ACERO.
- AISC-ASD MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION - AMERICAN INSTITUTE OF **STEEL CONSTRUCTION** 9TH EDITION.
- ASTM A-36 ESPECIFICACIONES PARA ACERO ESTRUCTURAL. STANDARD SPECIFICATION FOR STRUCTURAL STEEL – AMERICAN **SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS**.
- RCDF REGLAMENTO DE **CONSTRUCCIONES** PARA EL **D.F.** Y SUS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS

ANEXOS

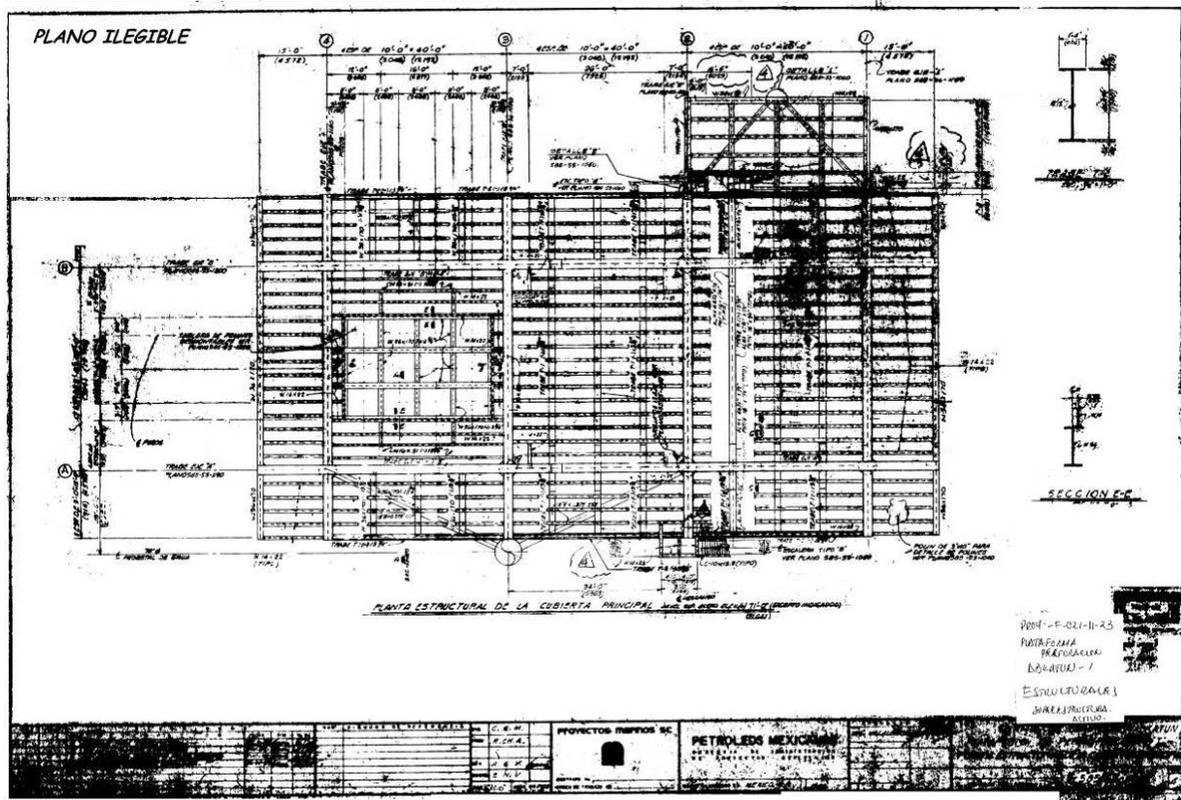


FIGURA A.1 PLANO ESTRUCTURAL DE DISEÑO* DE LA CUBIERTA SUPERIOR

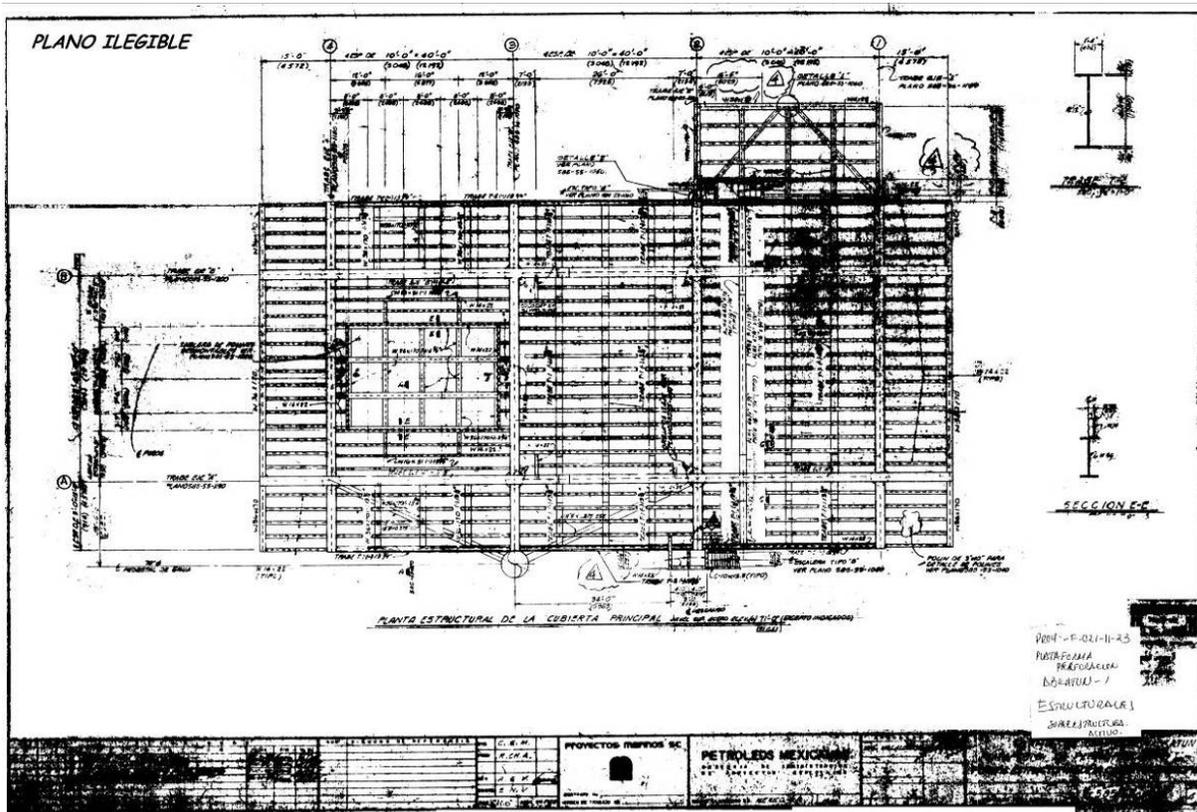


FIGURA A.2 PLANO ESTRUCTURAL DE DISEÑO* DE LA CUBIERTA INFERIOR

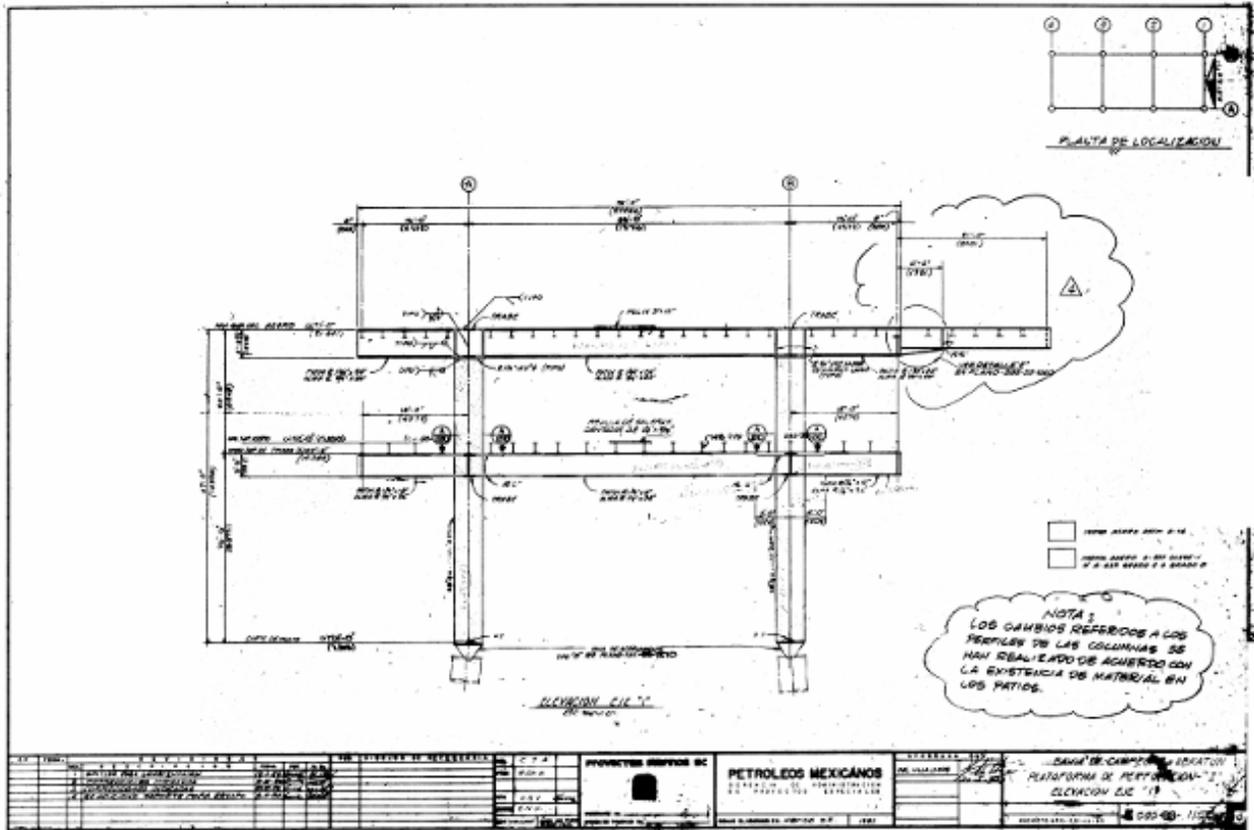


FIGURA A.3 PLANO ESTRUCTURAL ORIGINAL* DEL EJE 1

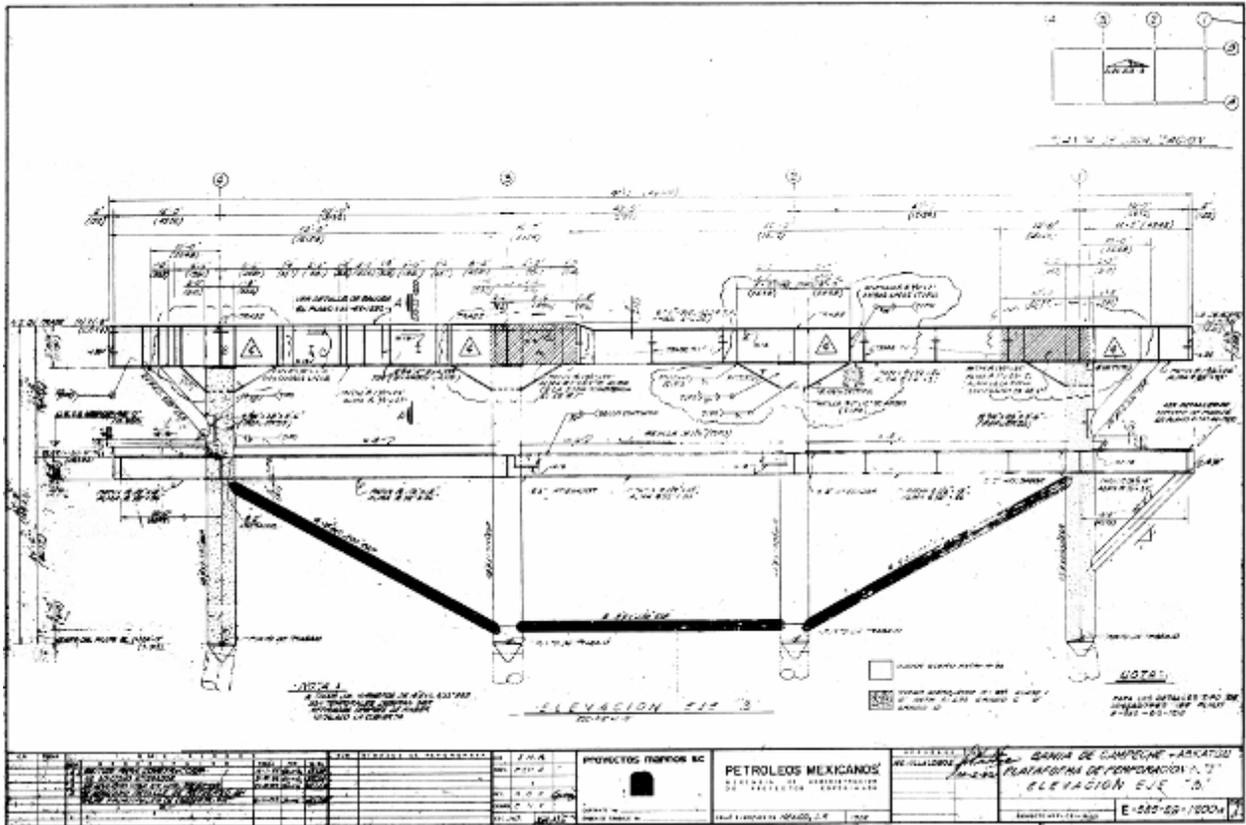


FIGURA A.4 PLANO ESTRUCTURAL ORIGINAL* DEL EJE B

* Los planos estructurales fueron emitidos para la construcción de la plataforma en Abril de 1982.

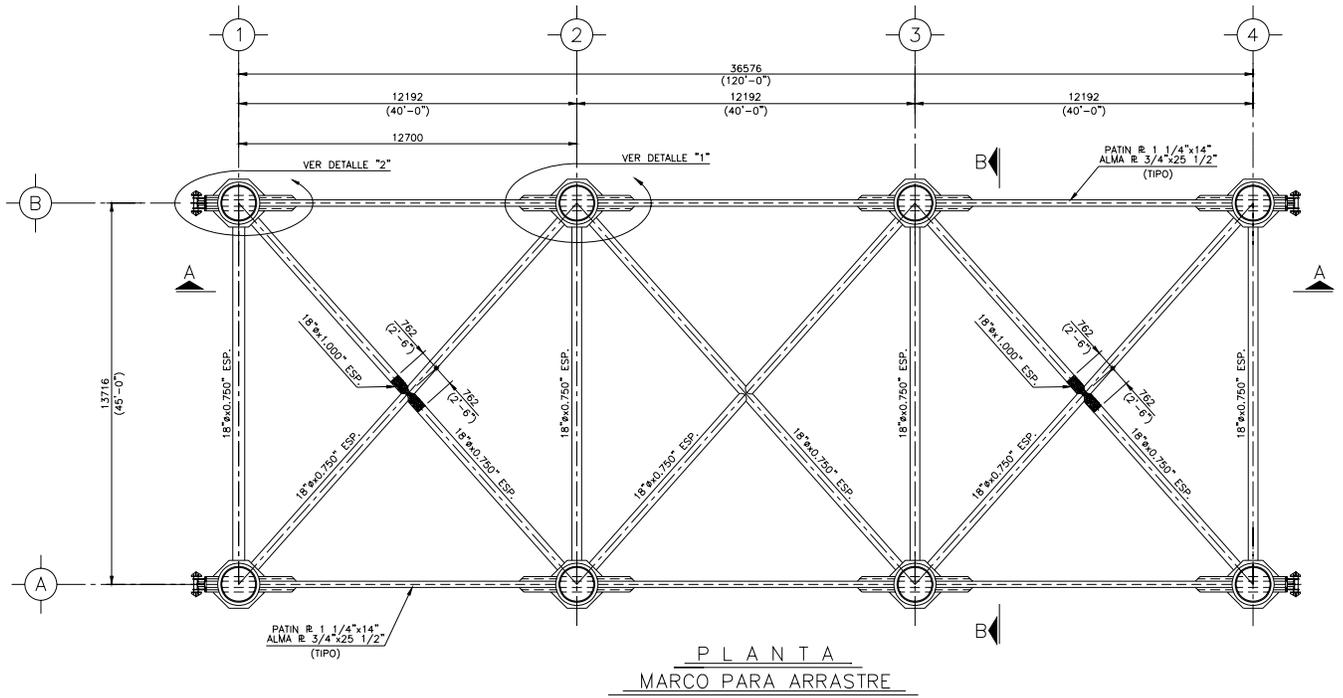


FIGURA A.5 DETALLE EN PLANTA DEL PLANO CONSTRUCTIVO DEL MARCO DE SOPORTE Y ARRASTRE DE LA SUPERESTRUCTURA

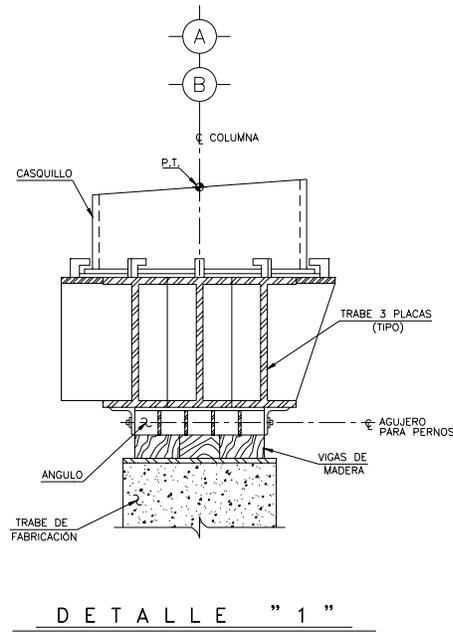


FIGURA A.6 DETALLE 1 DEL PLANO CONSTRUCTIVO DEL MARCO DE SOPORTE Y ARRASTRE DE LA SUPERESTRUCTURA

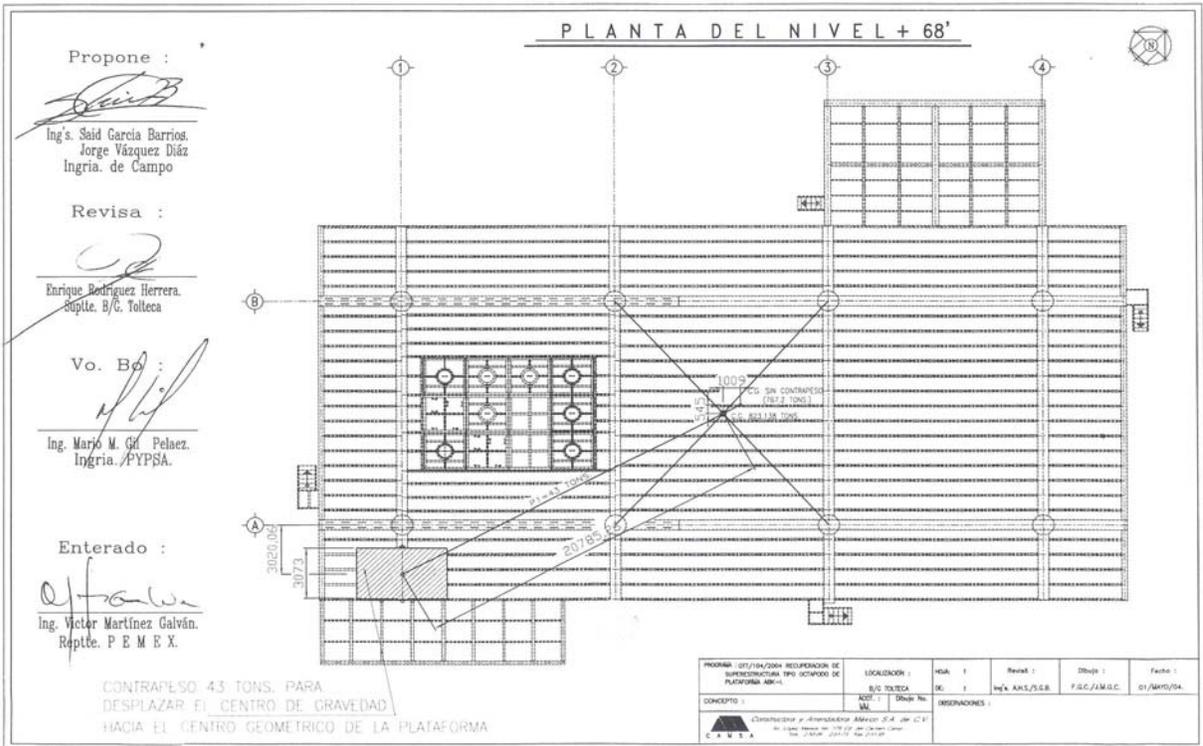


FIGURA A.8 CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE CONTRAPESO PARA IZAJE

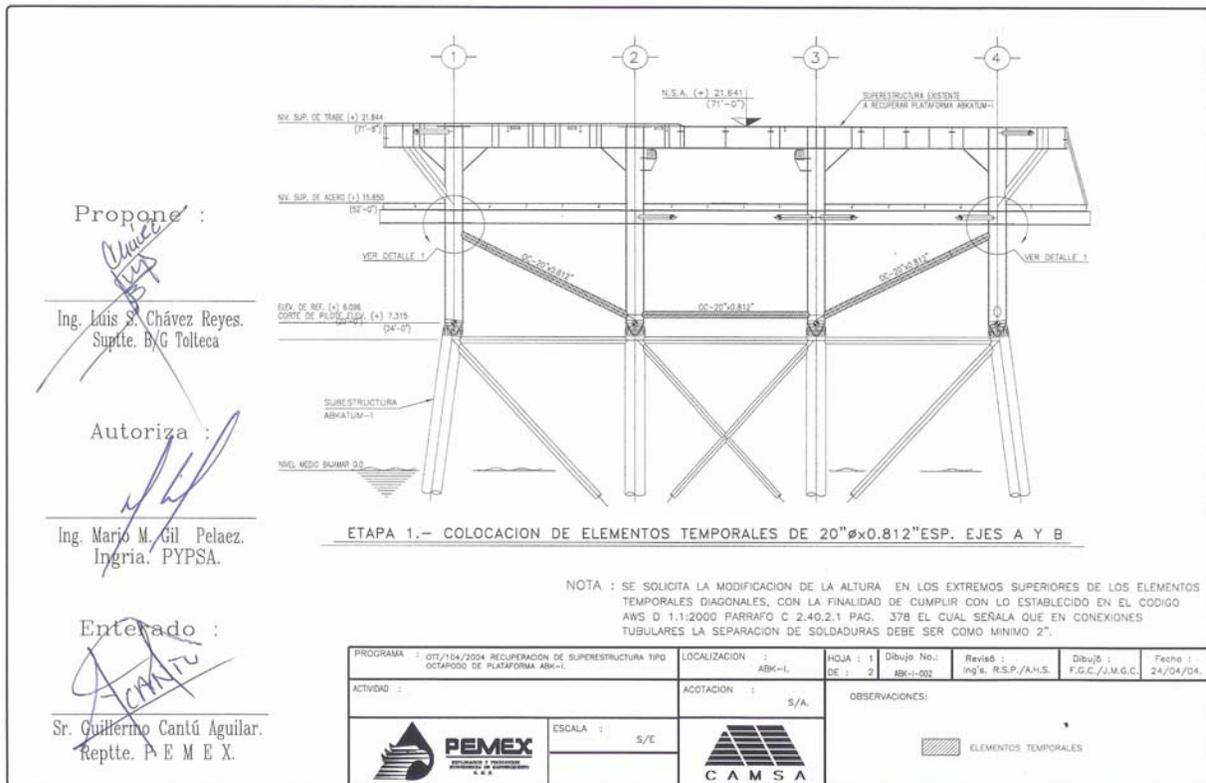


FIGURA A.9 RELOCALIZACIÓN DE CONEXIÓN DE ELEMENTOS TEMPORALES DE IZAJE

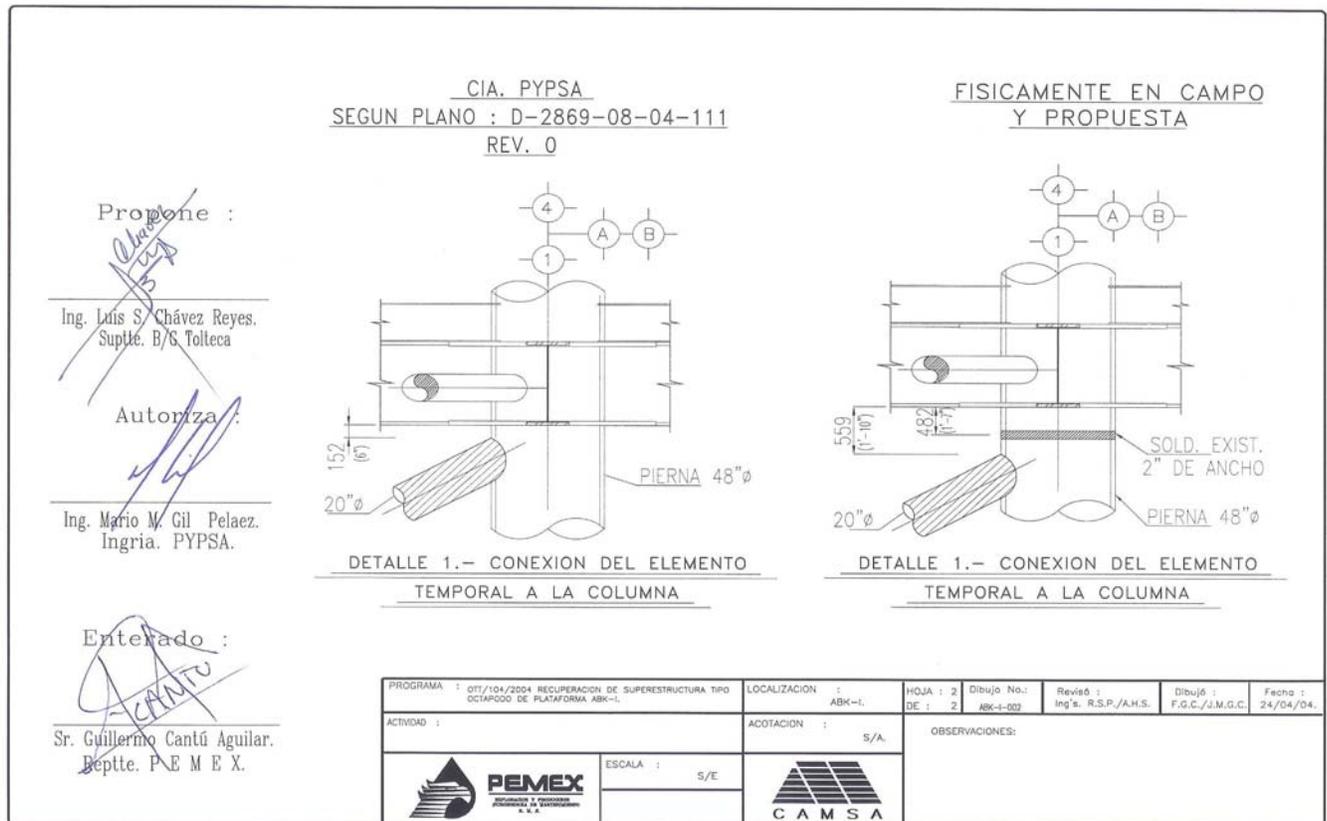


FIGURA A.10 DETALLES DE RELOCALIZACIÓN DE CONEXIÓN DE ELEMENTOS TEMPORALES DE IZAJE

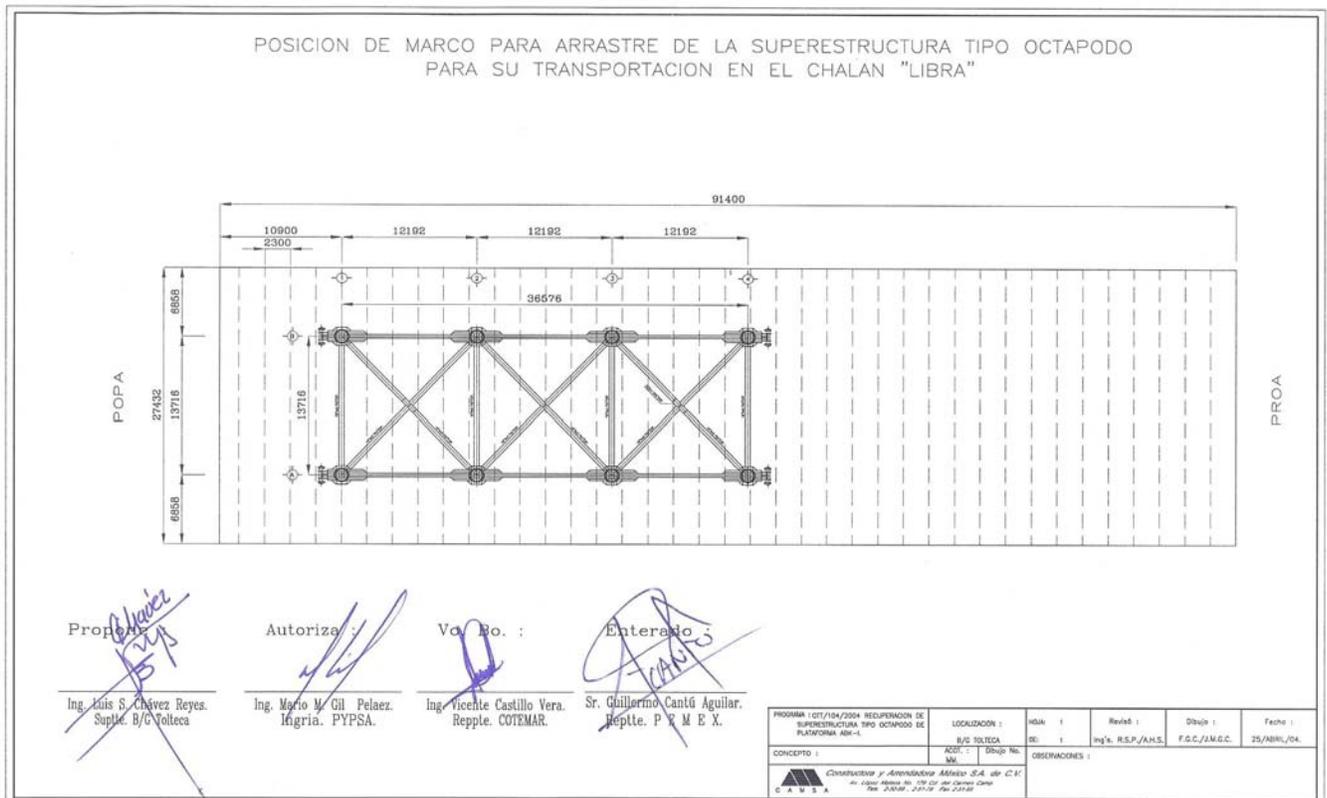


FIGURA A.11 CROQUIS DE POSICIONAMIENTO DEL MARCO SOPORTE EN EL CHALÁN DE TRANSPORTACIÓN