



## INFORME

# DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA LA NUEVA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE PEMEX EN TAPACHULA CHIAPAS

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

“EXPERIENCIA PROFESIONAL”

NOMBRE DEL ALUMNO: ANTONIO DE JESÚS MIRANDA SORIANO

NÚMERO DE CUENTA: 302024906

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

ASESOR: ADRIAN ESPINOSA BAUTISTA

AÑO: 2015

## Facultad de Ingeniería

### División de Ingeniería Mecánica e Industrial

NOMBRE DE LA EMPRESA: PLUGRAMA INGENIERIA S.A. (PGMI)

TÍTULO: DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA LA NUEVA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE PEMEX EN TAPACHULA CHIAPAS

#### ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1: PLUGRAMA INGENIERIA S.A. (PGMI)</b>	
❖ Breve historia .....	<b>4</b>
❖ Objetivos, Misión y Visión.....	<b>4</b>
❖ Organigrama.....	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 2: DESCRIPCION DEL PUESTO</b>	
❖ Ingeniero de Diseño.....	<b>6</b>
❖ Habilidades.....	<b>6</b>
❖ Objetivos principales del área Mecánico Estático y Recipientes.....	<b>6</b>
❖ Retos.....	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 3: PARTICIPACIÓN EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO E INTERACCIÓN CON EL AMBIENTE DE TRABAJO.</b>	
❖ Nueva Terminal de Almacenamiento y Reparto de PEMEX en Tapachula Chiapas .....	<b>7</b>
➤ Surgimiento de la necesidad de una nueva TAR .....	<b>7</b>
➤ Capacidad.....	<b>8</b>
➤ Ubicación.....	<b>8</b>
➤ Costos y beneficios del proyecto .....	<b>11</b>
❖ Bases de diseño e ingeniería básica realizada por el IMP (Instituto Mexicano del Petróleo) .....	<b>11</b>
❖ Uso de normas, códigos de diseño y códigos de fabricación nacionales e Internacionales .....	<b>12</b>
❖ Diseño de los tanques atmosféricos verticales para almacenamiento de Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Agua Contra Incendio.....	<b>14</b>
➤ Consideraciones para el diseño de los tanques atmosféricos.....	<b>15</b>
➤ Materiales.....	<b>19</b>
❖ Desarrollo del proyecto apoyado en software de cálculo E-Tank2000.....	<b>20</b>
❖ Desarrollo del proyecto apoyado en software de diseño y modelado de sólidos de AUTODESK®. ....	<b>21</b>
❖ Chequeo cruzado con las demás áreas que conforman el proyecto.....	<b>22</b>

❖ Reuniones entre personal de PEMEX REFINACION y PGMI para la discusión de puntos de diseño y aprobación de resultados .....	23
➤ Reuniones Internas .....	23
➤ Reuniones con el cliente (PEMEX) .....	24
➤ Reuniones con Proveedores.....	24
➤ Reuniones con Asesores Técnicos .....	26
❖ Aplicación de conocimientos adquiridos en la carrera en el desarrollo del proyecto .....	26
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>28</b>
<b>MESOGRAFÍA.....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXOS</b>	
❖ Anexo A Hojas de datos.....	29
❖ Anexo B Planos de Arreglo general.....	40
❖ Anexo C Diseño de los tanques atmosféricos de la TAR Tapachula apoyados en el software Inventor® .....	42

## INTRODUCCIÓN

El proyecto de la Nueva Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR) de Tapachula, en el estado Chiapas, nació como una necesidad social surgida por la inquietud de la población de este municipio, que exigía la reubicación de la Actual TAR, debido a los problemas y el riesgo que generaba el contar con una instalación de hidrocarburos localizada dentro de una zona densamente poblada.

La actual TAR cuenta con una capacidad de 34 Mil Barriles (MBLS) e inició operaciones en el año de 1965 en lo que era la periferia sur de la ciudad. Sin embargo el desarrollo urbano la absorbió y quedó dentro de la misma.

Debido a estas peticiones, se analizó la oportunidad de cumplir con las exigencias de la población, y reubicar la terminal de almacenamiento que abastece a esta ciudad y a las comunidades aledañas. PEMEX tomó esta reubicación como una oportunidad para llevar a cabo el incremento en la capacidad de la nueva TAR que pueda cumplir con la demanda de hidrocarburos de la zona, incorporar tecnología de punta a las instalaciones, respetar el entorno ecológico y contar con un acceso marítimo a futuro.

Para el logro de esta obra pública PEMEX destinó una inversión inicial de \$580 Millones mediante una licitación pública internacional que finalmente fue otorgada a las contratistas CCC Fabricaciones y Construcciones, S.A. de C.V., y Construcciones Industriales Tapia, S.A.

Las empresas ganadoras de esta licitación pública, a su vez realizaron la contratación de la empresa PGMI S.A., que contaba con la capacidad y experiencia en proyectos de ingeniería de plantas químicas, para en conjunto realizar el desarrollo de la ingeniería de detalle, procura, construcción, pruebas y puesta en operación de la nueva Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR) en Tapachula Chiapas.

Este trabajo es un breve resumen acerca de las actividades que realicé, durante el diseño de los Tanques Atmosféricos que fueron requeridos para el proyecto de la Nueva TAR Tapachula, que contará con una capacidad de 65 MBLS de hidrocarburos, distribuidos en 2 Tanques de 20 MBLS de Gasolina Magna, 2 Tanques de 10 MBLS de Diésel y 1 Tanque de 5 MBLS de Gasolina Premium.

Además de los equipos de almacenamiento de Hidrocarburos, apoyé en el diseño de 2 Tanques atmosféricos de almacenamiento de agua contra Incendio con una capacidad de 15 y 10 MBLS, dando un total de siete equipos diseñados.

Dentro de este reporte se realiza una descripción general de mi participación en el desarrollo de los distintos documentos y archivos generados en el proceso de diseño de los tanques atmosféricos, tales como especificaciones técnicas, memorias de cálculo, planos de arreglo general y modelos tridimensionales de los equipos estáticos.

## **CAPÍTULO 1: PLUGRAMA INGENIERIA S.A. (PGMI)**

### **BREVE HISTORIA**

PLUGRAMA INGENIERIA S.A. (PGMI)

Es una compañía mexicana dedicada a la realización de proyectos de ingeniería de plantas de procesos industriales químicos y petroquímicos. Esta empresa se fundó en el año 2001 de la mano del Ing. Graciano Tecuanhuey Sandoval, su familia y colegas cercanos, quienes decidieron emprender por su cuenta y crear una firma de ingeniería que cumpliera con los requerimientos de las industrias modernas, así como gradualmente ir introduciendo nuevas herramientas tecnológicas que permitieran el ahorro de horas hombre empleadas para la generación de documentos de ingeniería en el transcurso del desarrollo de un proyecto.

El grupo de profesionales que conforma PGMI está caracterizado por su experiencia en el diseño de sistemas de tuberías y proceso farmacéuticos e industriales y sobre todo por la habilidad en el manejo de herramientas de ingeniería de última generación.

### **OBJETIVOS, MISIÓN Y VISIÓN**

#### **OBJETIVOS**

El principal objetivo es el desarrollo de nuevas tecnologías de punta, que permitan obtener y manejar información de manera eficaz y segura para el desarrollo de ingeniería conceptual, básica y de detalle, así como en pruebas de arranque y levantamientos en campo.

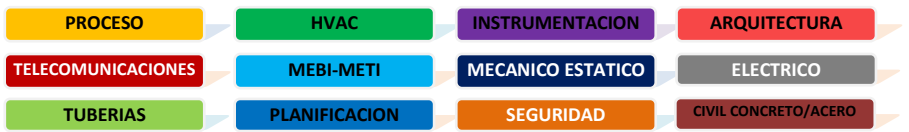
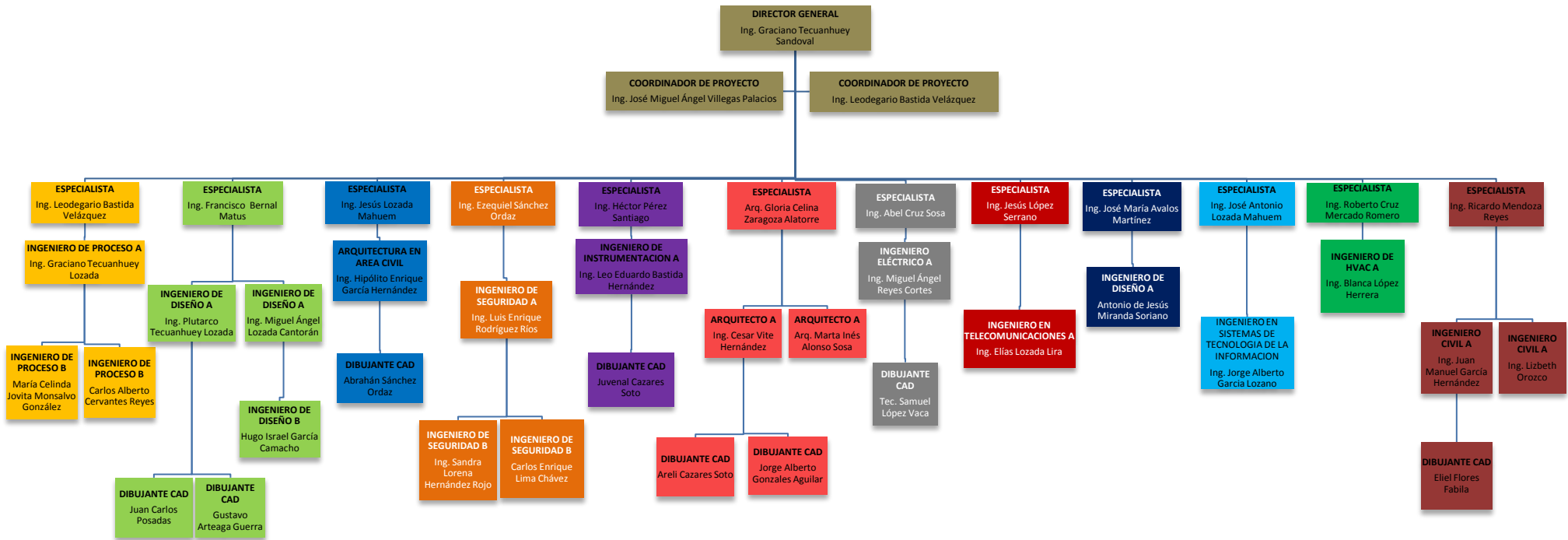
#### **MISIÓN**

Ser una compañía altamente confiable, que genere documentación con altos procesos de calidad que cumplan y excedan las necesidades y expectativas de los clientes, teniendo una atención y seguimiento personalizado.

#### **VISIÓN**

Ser una empresa líder en el mercado comprometida con aportar valores como excelencia, innovación y superación.

# ORGANIGRAMA



## **CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PUESTO**

### **INGENIERO DE DISEÑO**

Las principales actividades que realiza un ingeniero de diseño en el área de recipientes o mecánico estático se enfocan en llevar a cabo la ingeniería de detalle, es decir: los cálculos estructurales, especificaciones técnicas, arreglos generales y maquetas tridimensionales para los recipientes sujetos a presión y tanques atmosféricos que son requeridos por el proceso químico de la planta.

### **HABILIDADES**

Para poder desarrollar las actividades propias del puesto, el ingeniero que se desempeñe en esta área, debe cumplir con algunas habilidades para llevar a cabo el diseño de tanques atmosféricos y/o de recipientes a presión, dentro de estas habilidades se encuentran:

- Conocimiento y el uso de códigos nacionales e internacionales de diseño. (Normas, estándares y códigos para: diseño, fabricación, propiedades de los materiales, propiedades de soldadura, especificaciones de pintura, etc.)
- Conocimiento del llenado de especificaciones técnicas, hojas de datos, tablas comparativas, etc.
- Manejo de Software de diseño, dibujo 2D y 3D (ETank 2000, Tank, Compress, PVElite, Autocad, Inventor, Navis Works, etc.)
- Habilidad de interpretación de planos de las distintas áreas de ingeniería del proyecto.
- Criterio y toma de decisiones.

La persona que se encuentre desempeñando este puesto debe tener la habilidad de interactuar con las demás áreas que se encuentren involucradas en el proyecto, así como desarrollar la capacidad de tomar decisiones importantes en el momento y resolver dudas que deriven del diseño que él realizó, siempre con el respaldo basado en los códigos y respetando el alcance acordado en el proyecto.

### **OBJETIVOS PRINCIPALES DEL ÁREA MECÁNICO ESTÁTICO**

El principal objetivo que me propuse al ocupar un puesto como ingeniero de diseño, dentro del proyecto, fue de generar toda la documentación de ingeniería de detalle a partir de los documentos de la ingeniería básica que fue entregada al área de tanques y recipientes (mecánico estático).

Estos documentos de ingeniería básica, presentan los requerimientos generales de los equipos estáticos que deben ser llevados a un mayor nivel de detalle, logrando así una especificación técnica que sirva de base para que el fabricante de los equipos realice la manufactura de los mismos, acorde a los requerimientos del proceso de la planta.

## **RETOS**

Como ingeniero de diseño, tuve entre mis retos el desarrollar la capacidad de trabajar a la par de todas las áreas complementarias del proyecto, ya que estas áreas trabajan en algunos elementos que son externos al diseño de los equipos de almacenamiento, pero que son una parte importante durante la operación de los equipos, por ejemplo:

- Sistemas contra incendio: Cámaras de espuma, anillos de enfriamiento, posición de rociadores, etc.
- Área Eléctrica: Iluminación del equipo, sistemas pararrayos, etc.
- Área de Instrumentación: Medidores de nivel, medidores de flujo, alarmas de paro, válvulas de control para alivio de presión, etc.
- Área Civil: Cimentaciones, anclaje, diques de seguridad, drenajes, sumideros, etc.
- Área de Proceso: Condiciones de operación, niveles de operación, temperaturas de operación, presión de operación, etc.

Debido a esto, un buen ingeniero de diseño debe mantener una comunicación constante con todas las áreas, así como una revisión periódica de los cambios que se realicen en los diseños de las demás áreas por motivos propios del proyecto.

## **CAPÍTULO 3: PARTICIPACIÓN EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO E INTERACCIÓN CON EL AMBIENTE DE TRABAJO.**

### **NUEVA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE PEMEX EN TAPACHULA CHIAPAS.**

Surgimiento de la necesidad de una nueva terminal de almacenamiento y reparto

La actual Terminal de Almacenamiento de Tapachula inició operaciones el año 1965, con una capacidad de almacenamiento de 34 mil barriles (MBLS) de hidrocarburos, que en la actualidad ya no son suficientes para el abasto de las necesidades de la población que habita esta región y las zonas cercanas a ella.

Así mismo, a través de los años la TAR ha ido quedando dentro de la zona urbana, lo cual genera un riesgo mayor a los habitantes de Tapachula. Por lo mismo, varios sectores, principalmente sociales y productivos, habían exigido durante al menos tres décadas su reubicación.

Siendo más precisos, el proyecto de reubicación de la nueva TAR Tapachula se originó en abril de 2000, ante los frecuentes problemas de descarrilamiento de carros tanque y la obstrucción de vialidades en la ciudad, así como por razones de seguridad y por la antigüedad de sus instalaciones.



Debido a estas peticiones, se analizó la oportunidad de cumplir con las exigencias de la población y reubicar la terminal de almacenamiento que abastece a esta ciudad y a las comunidades aledañas, tomando esta reubicación como una oportunidad para llevar a cabo el incremento en la capacidad de la nueva TAR para que pueda cumplir con la nueva demanda de hidrocarburos de la zona, incorporar tecnología de punta a las instalaciones, respetar el entorno ecológico así como contar con un acceso marítimo para futuras descargas de buque tanques.

La fuente de suministro de la actual TAR es la refinería de Salina Cruz, en el estado de Oaxaca, a una distancia aproximada de 461 km.

### **CAPACIDAD DE LA NUEVA TAR TAPACHULA**

La nueva TAR Tapachula cuenta con aproximadamente 2 veces la capacidad de la planta que está actualmente en operación ya que su capacidad es de 65 mil Barriles (MBLS) de hidrocarburos distribuidas en 5 tanques: 2 tanques de 20 MBLS para almacenamiento de Gasolina Premium, 2 tanques de 10 MBLS para almacenamiento de Diésel y 1 tanque de 5 MBLS para almacenamiento de Gasolina Premium.

La nueva Planta contará con infraestructura para la descarga de carrotanques (ferrocarril) y autotanques (pipas), sistemas de carga de producto a autotanques, sistema de agua contra incendio, agua de servicio y aire de planta; sistema Integral de medición y control; subestación eléctrica y edificaciones, espuelas de ferrocarril de entrada y salida.

### **UBICACIÓN DE LA NUEVA TAR TAPACHULA**

El terreno que ocupa la nueva TAR Tapachula se encuentra en el Parque Industrial Fideporta de Puerto Chiapas a 25 km del centro de Tapachula, sobre la carretera Tapachula-Puerto Chiapas.

La terminal se construye dentro de una superficie de 35 hectáreas que fueron donadas por el gobierno del estado de Chiapas (Figuras 1-4) para trasladar la Terminal de almacenamiento actual y así cumplir con una demanda añeja de los habitantes de Tapachula.

A continuación se muestran las imágenes de la ubicación del terreno destinado a la construcción de la nueva planta de almacenamiento:



Figura 1. Terreno sobre el que se construye la nueva TAR. En la imagen se puede ver que han iniciado los trabajos de construcción de los tanques y de las oficinas administrativas.

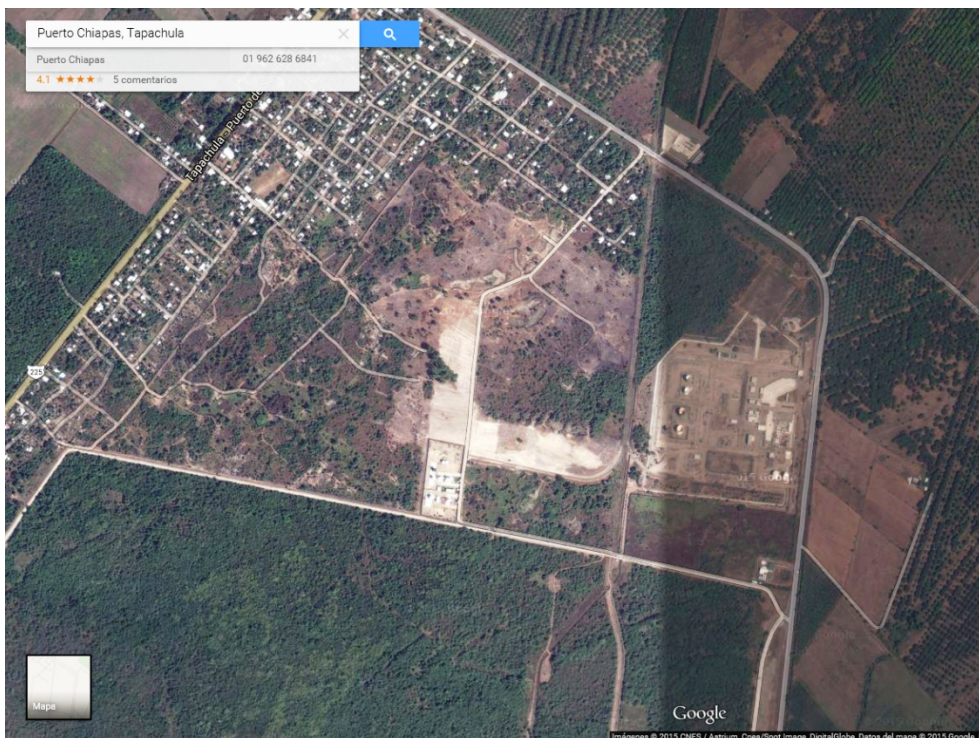


Figura 2. Vista de las zonas cercanas y de los accesos a la TAR. En la imagen se alcanzan a distinguir la autopista Tapachula-Puerto Madero (parte superior izquierda), así como la carretera Tapachula-Puerto Chiapas (Rodea la TAR) y el acceso ferroviario (que cruza la carretera Tapachula-Puerto Chiapas) que corren perimetralmente a la planta.

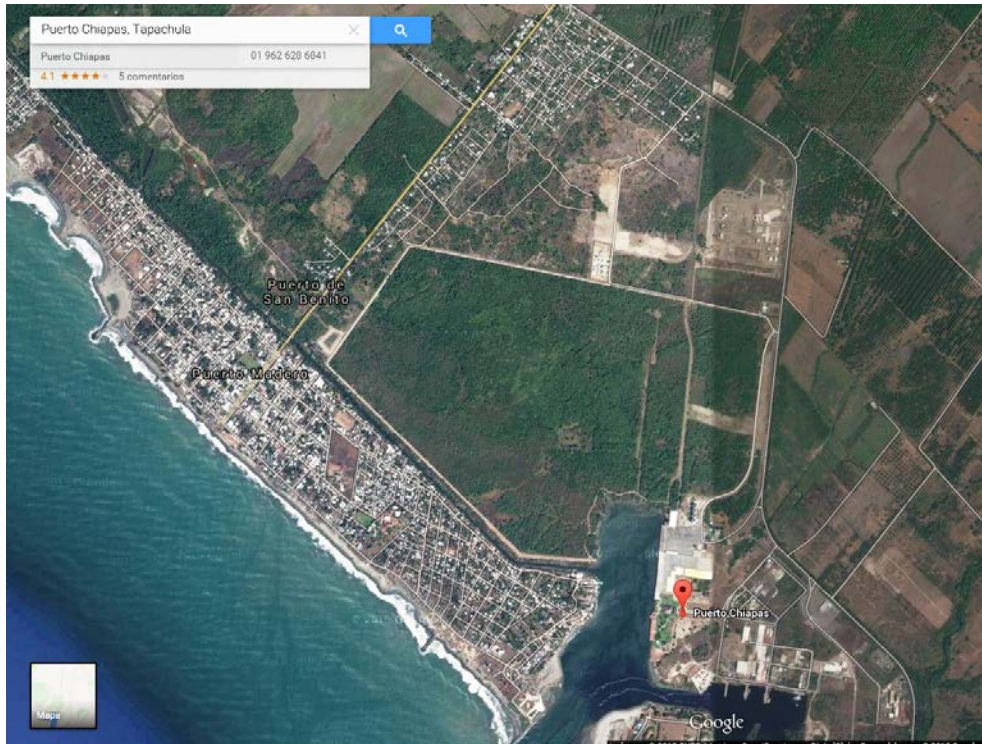


Figura 3. Vista de los puertos cercanos a la planta. En un futuro se contempla el proyecto de una área de descarga de buquetanques del puerto "Puerto Chiapas" a la TAR. Esto se llevaría a cabo por medio de líneas de tubería enterradas.

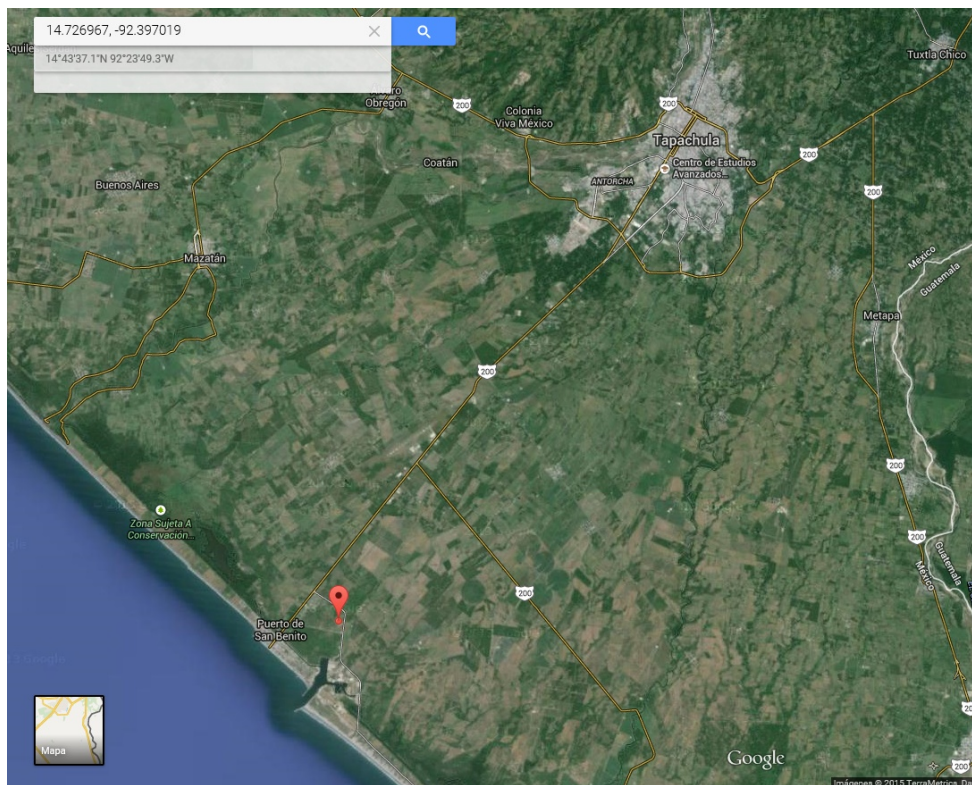


Figura 4. Ubicación de la nueva TAR, tomando como referencia al municipio de Tapachula. En la imagen se ha colocado un indicador en la ubicación de la planta (14.726967, -92.397019 Coordenadas en google maps).

## **COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO**

Para poder llevar a cabo la reubicación de la planta de PEMEX, se generó el contrato de obra pública mixto número ROPL04211P que tenía por objeto realizar el desarrollo de la ingeniería de detalle, procura, construcción, pruebas y puesta en operación de la nueva Terminal de Almacenamiento.

El 20 de septiembre del 2011, mediante la licitación pública internacional número P1LIO41007, por conducto de Pemex Refinación, se adjudicó el contrato a las empresas contratistas CCC Fabricaciones y Construcciones, S.A. de C.V., y Construcciones Industriales Tapia, S.A. de C.V.; y en él se pactaron montos de \$62,971,100 pesos para la parte a precios unitarios y de \$516,479,400 pesos para la parte a precio alzado, que suman un total de \$579,450,500.

Después de la adjudicación del contrato del proyecto, las empresas CCC Fabricaciones y Construcciones, S.A. de C.V., y Construcciones Industriales Tapia, S.A. de C.V., comenzaron a cotizar los servicios de varias empresas dedicadas al desarrollo de ingeniería de detalle para plantas de procesos petroquímicos, tiempo después fue elegida la empresa PGMI S.A. como la empresa que colaboraría en el desarrollo del proyecto como la encargada de generar la ingeniería básica.

Se estima que al final de la construcción de la planta, el proyecto generará una cifra de 600 empleos directos y 1800 empleos indirectos aproximadamente.

## **BASES DE DISEÑO E INGENIERÍA BÁSICA REALIZADA POR EL IMP (INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO)**

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) fue la instancia encargada de elaborar la ingeniería básica de la Terminal de Almacenamiento y Reparto de Tapachula Chiapas.

La ingeniería básica tiene como meta el definir los lineamientos generales e ideas básicas del proyecto, sobre las cuales más adelante se desarrolla la ingeniería de detalle, en pocas palabras, en la ingeniería básica se definieron los requerimientos generales haciendo un "estimado" de los costos, de las cantidades de materiales y equipos necesarios para poder construir la planta.

La ingeniería básica es desarrollada por una reducida plantilla de ingenieros especialistas en las distintas áreas, los cuales tienen como tarea generar los requerimientos específicos de las respectivas áreas: Proceso, mecánico estático, instrumentación, tuberías, eléctrico, HVAC, etc.

Dentro de las cuales la ingeniería básica define:

- **Área de Planificación:** Ubicación física de la planta, ubicación de las oficinas o edificio principal, sistemas carreteros, ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales, ubicación de la subestación eléctrica, etc.

- **Área de Proceso:** Dimensionamiento de equipos, arreglo general de equipos, layout, balance de materia y energía, DFP (Diagrama de Flujo de Proceso), hojas de datos de equipos, especificación para instrumentos, diagrama de tubería e instrumentación, etc.
- **Área de Tuberías:** Dimensiones aproximadas (diámetro, cédula), separación entre soportes de tuberías, tendido de líneas, suministro de servicios, líneas del sistema contra incendio.
- **Área Civil y Arquitectura:** Elevaciones de los edificios, elevación de estructuras, cimentaciones para equipos, fachadas, cantidades aproximadas de acero (varillas, perfiles estructurales) y concreto a utilizar en la construcción.
- **Área de equipo mecánico estático:** Dimensiones aproximadas (altura, diámetro, capacidad, espesores), tipo de material que se empleará para el cuerpo, tapas/domo y elementos estructurales, orientaciones, elevaciones y cantidades de boquillas, etc.
- **Área de Telecomunicaciones:** Ubicación de instrumentos, tendido de líneas de comunicación, número de equipos a utilizar, rutas de cableado.
- **Área de Instrumentación:** Propuestas de ruteo de cableado, hojas de datos de instrumentos, especificaciones de instrumentos, típicos de instalación, lazos de control, para: Medidores de nivel, medidores de flujo, transmisores de presión/temperatura, etc.
- **Área Eléctrica:** Corrientes nominales, esquemas unifilares, voltajes de servicio y auxiliares, tendido de líneas eléctricas, etc.

Toda esta información queda plasmada en las especificaciones técnicas, planos de arreglo general y en los documentos de licitación, que como se mencionó anteriormente, sirven como base para desarrollar a partir de esto una ingeniería más detallada, la cual ofrece ya los parámetros exactos con los cuales se debe llevar a cabo la construcción de la Terminal de Almacenamiento y Reparto.

Los planos y las especificaciones técnicas que generó el IMP en el proceso de la ingeniería básica, no sirven como información constructiva, debido a que esta información solamente se realizó con el fin de poder evaluar la obra y los trabajos de montaje con una aproximación suficiente para lograr una cotización válida.

Volviendo un poco la atención al área de los tanques, los documentos de las bases de diseño que entrega el IMP tienen la finalidad de especificar los alcances en el suministro de los tanques, como lo son: el diseño mecánico estático, memorias de cálculo, ingeniería de detalle, procura, materiales, fabricación-construcción, montaje, inspección, pruebas, puesta en operación, correcciones necesarias post-fabricación, soportes y clips de tuberías en el tanque, limpieza, pintura primaria y de acabado y puesta en operación de los tanques, así como indicar los requisitos de toda la documentación que debe generarse en el transcurso del proyecto.

## **USO DE NORMAS, CÓDIGOS DE DISEÑO Y CÓDIGOS DE FABRICACIÓN NACIONALES E INTERNACIONALES.**

Para la realización del proyecto de la TAR Tapachula, se indica como requerimiento que deben ser seguidas ciertas normas de referencia que PEMEX expide para cubrir los requerimientos y/o las especificaciones en cada área de la ingeniería que aplica en especial para este proyecto, así como normas internacionales de diseño y fabricación

de tanques atmosféricos, recipientes a baja presión y recipientes sometidos a altas presiones.

Las normas de referencia antes mencionadas fueron creadas por PEMEX, quien al ser una entidad pública federal tiene la capacidad de crear normas que cubran sus requerimientos, en aquellos casos en que las normas mexicanas o internacionales no lo hagan o bien las especificaciones que se contengan se consideren inaplicables u obsoletas.

En el caso del área Mecánico Estático, se solicitó que fueran seguidos los siguientes códigos y normas:

Normas nacionales:

- NRF-053-PEMEX-2006: "Sistemas de protección anticorrosiva a base de recubrimientos para instalaciones superficiales".
- NRF-028-PEMEX-2010: "Diseño y construcción de recipientes a presión".
- NRF-017-PEMEX-2007: "Protección catódica en tanques de almacenamiento".
- NRF-113-PEMEX-2008: "Diseño de tanques atmosféricos".
- NRF-125-PEMEX-2005: "Sistemas fijos contra incendio: Cámara de espuma".
- NRF-150-PEMEX-2011: "Pruebas hidrostáticas en tubería y equipos".
- NRF-207-PEMEX-2009: "Membranas internas flotantes para tanques de almacenamiento atmosféricos".
- NRF-223-PEMEX-2010: "Inspección y mantenimiento en tanques verticales de cúpula flotante, fija y sin cúpula".
- Manual de diseño y obras civiles CFE 2008: "Diseño por sismo".
- Manual de diseño y obras civiles CFE 2008: "Diseño por viento".

Códigos internacionales:

- API 650: "Welded steel tanks for oil storage".
- API 653: "Tank inspection, repair, alteration and reconstruction".
- API 620: "Design and construction of large, welded, low-pressure storage tanks".
- ASME Section VIII. Division I: "Rules for construction of pressure vessels".

Para comprender la definición de una NRF (Norma de Referencia), en el artículo 67 de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización, se define que las Normas de Referencia son aquellas que elaboran las entidades de la administración pública federal (PEMEX, CFE etc.), en aquellos casos en que las normas mexicanas o internacionales, no cubran sus requerimientos, o bien las especificaciones que se contengan se consideren inaplicables u obsoletas, cuando dichas entidades requieran adquirir, arrendar o contratar bienes o servicios.

Si bien para este proyecto fue requerido que se utilizaran las normas de referencia de PEMEX, las normas y códigos que fueron base para el diseño de los equipos fueron las normas API y ASME que pertenecen a organismos norteamericanos.

## **DISEÑO DE LOS TANQUES ATMOSFÉRICOS VERTICALES PARA ALMACENAMIENTO DE GASOLINA MAGNA, GASOLINA PREMIUM, DIÉSEL Y AGUA CONTRA INCENDIO.**

En la actualidad existen varias normas nacionales e internacionales que se enfocan en el diseño, fabricación y erección de tanques de almacenamiento con presión de operación cercana a la atmosférica o presiones relativamente bajas.

Para el diseño de los tanques atmosféricos de este proyecto se especifica, en las hojas de datos de los equipos, el uso de las normas:

- NRF-113-PEMEX-2008: "Diseño de tanques atmosféricos".
- API 650: "Welded steel tanks for oil storage".
- GNT-SSIME-M001-2008: "Tanques atmosféricos".
- NRF-015-PEMEX-2008-F: "Protección de áreas y tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles".
- Especificación técnico funcional SIMCOT III
- NRF-053-PEMEX-2006: "Sistemas de protección anticorrosiva a base de recubrimientos para instalaciones superficiales".
- NRF-017-PEMEX-2007: "Protección catódica en tanques de almacenamiento".

El uso de estas normas es de vital importancia para cumplir con las especificaciones de diseño y fabricación de los tanques de almacenamiento de combustible y sistema contra incendio que son requeridos para el proyecto de la TAR Tapachula.

Sin embargo, ciertas normas se vuelven las principales dentro del proceso de cálculo de la estructura de los equipos, una de éstas es la norma de referencia de PEMEX: NRF-113-PEMEX-2007, la que por ser una norma generada por la misma instancia pública, es indispensable en este proyecto y por lo cual debe cumplirse con todos los requerimientos descritos dentro de esta norma.

Al ser la norma NRF-113-PEMEX-2007 la base para el diseño de los equipos de almacenamiento y por indicación descrita en ella, debí seguir a la par el estándar generado por el Instituto Americano del Petróleo (API) destinado al diseño y fabricación de Tanques soldados para almacenamiento de petróleo y sus destilados.

La indicación descrita en la NRF de PEMEX es debido a que el estándar para diseño y fabricación de tanques de almacenamiento atmosférico que se utiliza con mayor frecuencia en nuestro país, es el numeral 650 del Instituto Americano del Petróleo API (American Petroleum Institute, por sus siglas en ingles).

### **API 650: "Welded steel tanks for oil storage"**

Este código está basado en el conocimiento y experiencia adquirida por los compradores y fabricantes de tanques soldados de distintos tamaños y diferentes capacidades de almacenamiento para presiones no mayores a 17.2 [kPa] (2.5 [psi]) de presión manométrica.

Este código tiene como objetivo ser una especificación de compra que facilite la manufactura y procuración de tanques para la industria petrolera (principalmente).

Este código se centra en la descripción del cálculo estructural mínimo necesario para que un equipo cumpla con la función de almacenamiento del fluido de operación que es sometido a condiciones severas y/o críticas como son algunas de estas condiciones de diseño.

## **CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LOS TANQUES ATMOSFÉRICOS**

### **CONDICIONES DE OPERACIÓN**

Para poder comenzar con el diseño de los tanques, la principal información, a la cual pedí tener acceso, fue a los datos del área de proceso, ya que ellos son quienes dan los parámetros de operación de la planta, así como a la información de la ingeniería básica de los tanques de almacenamiento

Las condiciones de operación son aquellas a las cuales se encontrará trabajando el equipo, tales como:

- Presión externa.
- Presión interna.
- Presión de operación.
- Temperatura de operación.
- Niveles de operación (nivel normal, nivel máximo, nivel mínimo, etc.).
- Tipo de fluido almacenado.
- Gravedad específica del fluido.
- Condiciones atmosféricas del sitio.

Todos estos datos de operación y diseño, los encontré en las hojas de datos, planos de arreglo general, diagramas de flujo de proceso (DFP), diagramas de tuberías e instrumentación (DTI) y documentación técnico-administrativa que se incluyó en el paquete de ingeniería básica, entregado por el IMP.

### **CONDICIONES DE DISEÑO**

Las condiciones de operación del los tanques de almacenamiento, no pueden utilizarse directamente para realizar los cálculos de cargas que sufrirá el equipo, ya que primero se les aplica un factor de seguridad el cual depende del servicio o el tipo de fluido que almacenan, ya que puede ser determinante en el caso de una falla en el material de fabricación del equipo.

Las condiciones de diseño, así como las propiedades del material propuesto para la fabricación de los equipos, son las que utilicé para realizar los cálculos de cargas que debe soportar el equipo durante su operación, algunas de ellas son:

- Presión de diseño.
- Temperatura de diseño.
- Niveles de diseño.
- Presión de prueba hidrostática.
- Dimensiones propuestas del equipo.
- Espesores propuestos para las placas con las que se fabricará el equipo.



- Propiedades mecánicas del material propuesto para la fabricación del tanque.
- Eficiencia en soldaduras ( $[E]$  factor que depende del tipo de pruebas que se le realicen al equipo).

Una vez que reuní la información de los 7 tanques que estarían en operación, comencé con el análisis de la misma, además de generar carpetas electrónicas en las cuales fui dividiendo la información de cada uno de los equipos y además la clasificación de los mismos en: tanques de proceso y tanques del sistema contra incendio.

Una vez separada la información, comencé con la preparación de las memorias de cálculo, las cuales generé con la ayuda del software E-tank 2000, en el cual se debe de ingresar toda la información de las condiciones de operación y el cual nos ayudará a determinar los esfuerzos y cargas que sufrirá el equipo durante su operación.

Estos esfuerzos y cargas no solo se originan por el proceso de operación de la planta, si no que hay elementos externos, que se presentan por diversos factores, ajenos al proceso y que se describen más adelante.

### **CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE EL EQUIPO**

Las cargas que actúan sobre un equipo, son todas aquellas que generan un esfuerzo sobre el material con el que se construye él mismo, en conjunto con la compatibilidad para el servicio al que será asignado el equipo, son los principales factores para la selección del tipo de material para la fabricación de los equipos.

Existen cargas que son intrínsecas del proceso y a las condiciones de operación, así como algunas que se generan de forma externa, que sin embargo, deben tenerse en cuenta para el desarrollo de la memoria de cálculo.

Las cargas en general, a tomar en consideración para el diseño, son:

a) **Cargas muertas** [Dead load ( $D_L$ )]:

El peso del tanque o de los componentes del tanque, incluida la corrosión permitida a menos que se indique otra cosa.

b) **Presión externa de diseño** [Design External Pressure ( $P_e$ )]:

No debe ser menor que 0.25 kPa (1 [in] de agua) excepto que la presión externa ( $P_e$ ) sea considerada como 0 kPa (0 [in] de agua) para tanques con venteos de circulación que cumplen con los requerimientos del apéndice H. Referirse al apéndice V para presiones externas mayores a 0.25 kPa (1 [in] de agua). Requerimientos de diseño para vacío que excedan este valor y requerimientos de diseño para resistir la flotación y presión de líquido externo, deberán ser cuestión de acuerdo entre el comprador y el fabricante (anexo V). Los tanques que cumplan con los requerimientos de este estándar pueden ser sometidos a un vacío parcial de 0.25 kPa (1 [in] de agua), sin la necesidad de proveer algún cálculo de soportes adicional.

c) **Presión interna de diseño** [Design Internal Pressure ( $P_i$ )]:

No deberá exceder 18 kPa (2.5 lbf/in.2).

d) **Prueba hidrostática** [Hydrostatic Test ( $H_t$ )]:

La carga debida al llenado del tanque con agua hasta el nivel del líquido de diseño

e) **Cargas por techos flotantes internos** (Internal Floating Roof Loads):

- 1) Carga muerta del techo flotante interno ( $D_f$ ) incluido el peso de los compartimientos de flotación, sellos y todos los componentes y accesorios del techo flotante.
- 2) Carga viva uniforme del techo flotante interno ( $L_{f1}$ ) 0.6 kPa (12.5 lbf/ft<sup>2</sup>) si no se proporcionan drenes automáticos, 0.24 kPa (5 lbf/ft<sup>2</sup>) si se proporcionan drenes automáticos.
- 3) Cargas puntuales en el techo flotante interno ( $L_{f2}$ ) o al menos dos hombres caminando en cualquier punto del techo. Una carga aplicada de 2.2 kN [500 lbf] sobre 0.1 m<sup>2</sup> [1 ft<sup>2</sup>] aplicado en cualquier punto del domo donde se encuentren dos hombres caminando.
- 4) Presión externa de diseño en el techo flotante interno ( $P_{fe}$ ) de 0.24 kPa [5 lbf/ft<sup>2</sup>] mínimo.

f) **Cargas vivas mínimas en el techo** [Minimum Roof Live Load ( $L_r$ ):

1.0 kPa (20 lb/ft<sup>2</sup>) en la proyección horizontal del techo. La carga viva mínima en el techo puede ser determinada alternativamente de acuerdo con ASCE 7, pero no debe ser menor que 0.72 kPa (15 psf). La carga viva mínima en el techo debe ser reportada al comprador.

g) **Sismo** [Seismic ( $E$ ):

Para determinar las cargas sísmicas se debe realizar un estudio de suelo, el cual depende de la localización de la planta, ya que son muchas las variables que se requieren para determinar las cargas sísmicas que sufriría el equipo en caso que se presente este fenómeno natural.

Las cargas sísmicas serán determinadas de acuerdo al Apéndice E del API 650 o en su defecto con el código que aplique en cada país por petición del comprador. En el proyecto de la TAR Tapachula, PEMEX hizo el requerimiento que se determinaran con base en el API 650 y al Manual de Diseño y Obras de la CFE 2008 (Diseño por sismo), obviamente tomando en cuenta las propiedades obtenidas en el análisis de suelo.

Para calcular las cargas sísmicas de los equipos se toma la consideración que el equipo se encuentra lleno ya que ésta es la condición más crítica para un tanque atmosférico, el nivel del líquido se acuerda entre el comprador y el fabricante.

h) **Nieve** [Snow ( $S$ ):

Para determinar las cargas por nieve se debe realizar un estudio más detallado de la localización de la planta, ya que son muchas las variables que se requieren para determinar las cargas por nieve que sufriría el equipo en caso de que se presente este fenómeno natural. En el proyecto de la TAR Tapachula no se toma en cuenta la acción de estas cargas ya que la planta se encuentra en una zona tropical, cerca de las costas de Tapachula y no se tienen registros de la caída de nieve en esta zona.

i) **Líquido en almacenamiento** [Stored Liquid ( $F$ ):

La carga debida al llenado del tanque, hasta el nivel del líquido de diseño, con líquido de gravedad específica de diseño especificada por el comprador.

j) **Presión de prueba** [Test Pressure ( $P_t$ ):

La presión de prueba es como se requiere en los numerales F.4.4 y F.7.6 del Apéndice F del API 650.

k) **Viento** [Wind ( $W$ ):

Para determinar las cargas ocasionadas por el viento, se debe realizar un análisis de la dirección de los vientos reinantes (dirección a la cual se dirige por lo general el viento) así como verificar el historial de velocidades alcanzadas en la localización de la planta.

Las cargas por viento serán determinadas de acuerdo a las condiciones del API 650 o en su defecto, con el código que aplique en cada país por petición del comprador. En el proyecto de la TAR Tapachula, PEMEX hizo el requerimiento que se determinaran con base en el código API 650 y al Manual de Diseño y Obras de la CFE 2008 (Diseño por viento) obviamente tomando en cuenta las propiedades obtenidas en el análisis de las velocidades y direcciones de los vientos reinantes.

Para calcular las cargas generadas por el viento sobre los equipos se toma la consideración de que el equipo se encuentra en su nivel más bajo de operación ya que esta es la condición más crítica para un tanque atmosférico bajo estas cargas, el nivel del líquido se acuerda entre el comprador y el fabricante.

l) **Cargas externas** (External loads):

El comprador deberá indicar la magnitud y dirección de las cargas externas con las que el cuerpo o las conexiones del cuerpo deberán ser diseñados (o restringirlas, si es el caso).

A menos que se especifique lo contrario, el diseño por cargas sísmicas se realizará de acuerdo al anexo E.

El diseño de las cargas puntuales, inducidas por el viento, sobre componentes del techo, será una cuestión de acuerdo entre el comprador y el fabricante.

Las cargas puntuales, resultado de elementos tales como escaleras, barandales, plataformas, etc., deberán ser consideradas dentro del diseño.

El comprador deberá indicar la magnitud y dirección de cualquier carga externa que no sean por las aperturas normales de acceso de personal, para los cuales las aperturas y entradas hombre del techo, están diseñadas. El diseño de estas cargas será una cuestión de acuerdo entre el comprador y el fabricante.

### **Combinación de cargas**

a) Fluido y presión interna:  $DL + F + P_i$ .

b) Presión hidrostática:  $DL + H_t + P_i$ .

c) Viento y presión interna:  $DL + W + F_p P_i$ .

d) Viento y presión externa:  $DL + W + 0.4 P_e$ .

e) Cargas gravitacionales:

1)  $DL + (L_r \text{ or } S_u \text{ or } S_b) + 0.4 P_e$ .

2)  $DL + P_e + 0.4(L_r \text{ or } S_u \text{ or } S_b)$ .

f) Sismo:  $DL + F + E + 0.1S_b + F_p P_i$ .

g) Cargas gravitacionales por techos fijos con techos flotantes suspendidos:

$$1) DL + Df + (Lr \text{ or } S) + Pe + 0.4(Pfe \text{ or } Lf1 \text{ or } Lf2).$$

$$2) DL + Df + (Pfe \text{ or } Lf1 \text{ or } Lf2) + 0.4[(Lr \text{ or } S) + Pe].$$

El factor de combinación de presión ( $F_p$ ) es definido como la relación de la presión normal de operación para la presión de diseño con un valor mínimo de 0.4.

## MATERIALES

Para el proyecto de la TAR Tapachula, una de las actividades de la ingeniería básica realizada por el IMP, fue la de determinar el material con el que serían fabricados los tanques atmosféricos, debido a que sus propiedades químicas y mecánicas deben cumplir con las condiciones de operación de estos equipos.

El material propuesto durante el desarrollo de la ingeniería básica, para la fabricación de los cuerpos de los equipos de la TAR Tapachula, fue el acero al carbón A-283 Gr. C.

El motivo principal por el que este acero fue propuesto, fue por ser el tipo de material que se ha utilizado para la fabricación de tanques atmosféricos verticales, que actualmente se encuentran operando bajo condiciones similares.

Como mencioné anteriormente, la selección de los materiales depende de los requerimientos del proceso de la planta y a que el material cumpla con la resistencia de las cargas que se presentarán durante la operación del equipo.

Consciente de esto, me di a la tarea de continuar con la preparación de las memorias de cálculo, para poder determinar si el material que había sido propuesto por el IMP en su ingeniería básica sería el adecuado para la fabricación de los 7 equipos.

## PROPIEDADES DEL ACERO A-283 Gr. C

A continuación se muestran un par de tablas (Tabla A y B) con las propiedades químicas y mecánicas del acero que se usará en la fabricación de los cuerpos, fondos y techos. Estos datos están de acuerdo a lo descrito en numeral SA-283/SA-283M incluido en el código ASME Sección II, Parte A.

ELEMENTOS	%Químico			
	Grado A	Grado B	Grado C	Grado D
Carbono, máx.	0.14	0.17	0.24	0.27
Manganeso, máx.	0.9	0.9	0.9	0.9
Fósforo, máx.	0.035	0.035	0.035	0.035
Azufre, máx.	0.04	0.04	0.04	0.04
Silicio	-	-	-	-
Placas de 40 [mm] (1 1/2 [in]) y menores, máx.	0.4	0.4	0.4	0.4
Placas mayores a 40 [mm] (1 1/2[in]), máx.	0.15-0.4	0.15-0.4	0.15-0.4	0.15-0.4
Cobre, % mín. cuando es especificado	0.2	0.2	0.2	0.2

Tabla A. Contenido químico del acero A-283-Gr C

	Propiedades mecánicas requeridas			
	Grado A	Grado B	Grado C	Grado D
Resistencia a la tensión, mín. Mpa [ksi]	310-415 [45-60]	345-450 [50-65]	380-515 [55-75]	415-550 [60-80]
Límite elástico, mín. Mpa [ksi]	165 [24]	185 [27]	205 [30]	230 [33]
Elongación en 200[mm] (8[in]), mín.	27	25	22	20
Elongación en 50[mm] (2[in]), mín.	30	28	25	23

Tabla B. Propiedades mecánicas del acero A-283 Gr. C

## DESARROLLO DEL PROYECTO APOYADO EN SOFTWARE DE CÁLCULO E-TANK2000

El software E-Tank 2000, es un programa de diseño que se basa principalmente en los códigos internacionales: API-650 y API-653 los cuales sirven para el diseño de tanques de acero, con uniones soldadas, para el almacenamiento de producto y para la reparación y/o modificación de tanques soldados de acero existentes y que requieren mantenimiento, ya que se pretende extender su vida de servicio.

A su vez, el programa contiene una base de datos con cálculos especificados en códigos internacionales del área Civil y/o construcción, referentes al cálculo de cargas que se presentan en el cuerpo y la cimentación debidos al viento y a las cargas generadas por un movimiento sísmico.

A grandes rasgos, se puede decir que el programa ETank es una base de datos al que se le dan como entrada todos los datos de condiciones de operación, por mencionar algunos:

- Dimensiones del equipo.
- Presión de diseño.
- Presión de operación (informativo).
- Temperatura de diseño.
- Gravedad específica del fluido contenido.
- Tipo de techo (techo auto-soportado, techo tipo sombrilla, techo flotante, techo semiesférico, techo toriesférico, etc.).
- Número propuesto de anillos del cuerpo.
- Niveles de operación.
- Nivel para la prueba hidrostática.
- Perfiles de soporte o de refuerzo.
- Tipo de fondo (fondo plano, fondo cónico, fondo anular, etc.).
- Materiales de fabricación (para cuerpo, fondo, silletas, domo, bridas, tubos para boquillas, etc.).
- Orientación y altura de las boquillas.
- Posición de los soportes para tubería, plataformas, escaleras, orejas para conexión a tierra, etc.
- Coeficientes sísmicos.
- Velocidad máxima del viento, etc.

Con base en los datos e información que ingresé al programa, éste generó una memoria de cálculo donde automáticamente se aplican las fórmulas matemáticas para el cálculo estructural del equipo, detalladas en el código API 650.

En caso de que el material no cumpla con los requerimientos de operación o que las cargas externas sobrepasen las capacidades de resistencia mecánica, el programa es capaz de enviar mensajes de advertencia o hasta recomendaciones de adición de elementos de refuerzo estructural, con el cual se cumplirá la meta de un servicio óptimo.

En el caso de los equipos que diseñé, sí existieron recomendaciones, sobre todo en la parte de anclaje. Por lo que me vi obligado a modificar las dimensiones y cantidad de silletas que había propuesto, esto con la finalidad de que la concentración de esfuerzos no fuera crítica en la zona inferior del equipo, y que se pudiesen presentar fallas en el material.

Después de esto, el programa entrega un reporte de cálculos los cuales tuve que analizar e interpretar, aun cuando el programa ya no arrojara ningún error, ya que el software aplica las formulas que contiene en su base de datos, pero no es capaz de interpretar todos los resultados.

El programa arrojó, dentro de sus resultados, los espesores mínimos requeridos del material propuesto para la fabricación del tanque y además, al ser sometido a la aplicación de las fórmulas, los resultados indicaron que las propiedades mecánicas del material cumplirán con el objetivo principal, que es contener el fluido de operación deseado, aún cuando se encuentre sometido a cargas externas o cargas propias del proceso.

## **DESARROLLO DEL PROYECTO APOYADO EN SOFTWARE DE DISEÑO Y MODELADO DE SÓLIDOS DE AUTODESK®.**

Como un requerimiento formal del proyecto, se acordó con el cliente PEMEX que en conjunto con las carpetas de calidad (Dossiers o libros de proyecto) que contienen los documentos de ingeniería aprobados, se entregaría una maqueta electrónica de la planta, esta maqueta electrónica debería ser entregada en un software de visualización tridimensional.

Debido a que PEMEX mantiene una relación empresarial con los desarrolladores de la plataforma Autodesk® se decidió utilizar el programa Navisworks® que es un programa utilizado para hacer la revisión a detalle de los modelos que se integran en las maquetas tridimensionales, para tener un mejor control sobre el desarrollo y el resultado del proyecto.

Al ser la maqueta electrónica, una cláusula definida dentro del contrato, cada área de ingeniería que formó parte del desarrollo del proyecto se encargó de realizar el modelado en 3D de cada uno de los elementos, material y equipo que conforman la terminal de almacenamiento y reparto.

Para el caso de los tanques, tuve varias conversaciones, con los líderes del proyecto, para determinar que la mejor forma de desarrollar los modelos tridimensionales sería usar un software compatible con el programa final en el que sería entregada la maqueta.

Por lo que, después de revisar el catálogo de programas que ofrece la plataforma Autodesk®, se determinó que usaría el software Inventor®, que es un programa que ofrece un conjunto de herramientas de cómputo para el diseño mecánico, análisis y simulación de productos en 3D.

El programa Inventor® cuenta con una extensión de archivo nativa (.ipt) la cual puede ser fácilmente exportada a extensiones de archivo nativas tales como .dwg y .nwd pertenecientes a los programas Autocad® y Navisworks® respectivamente, que son justamente los programas que utilicé, para el diseño 2D y 3D de los equipos pertenecientes a la planta. Al poder realizar la exportación de archivos entre estos programas logre la fácil manipulación y edición del contenido generado en Inventor®.

En el Anexo C se muestra una serie de imágenes del proceso que realicé para la construcción de los modelos tridimensionales de los tanques atmosféricos.

### **CHEQUEO CRUZADO CON LAS DEMÁS ÁREAS QUE CONFORMAN EL PROYECTO**

La revisión cruzada (chequeo cruzado) de información y/o documentación, es un procedimiento con el cual se puede asegurar la calidad del proyecto mediante la intervención de las áreas involucradas que deriva en la detección y resolución de debilidades (errores técnicos, errores de diseño, diferencia de opinión, falta de información, etc.) así como el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto se procura una revisión cruzada continua de la información, internamente en cada área, así como una revisión de las mismas características entre las disciplinas, esto es para tomar en consideración los conocimientos técnicos y opiniones del personal que participa en el desarrollo de la ingeniería con el fin de asegurar que la información que sea plasmada en los documentos cuenta con la información suficiente y correcta.

Ejemplo:

Durante el desarrollo del diseño de la cimentación de los tanques de almacenamiento TV-1020, TV1021, TV-1022, TV-1023, TV-1024, TV-1081 y TV1082, se me presentó una situación que podemos ver como un claro ejemplo de que debe mantenerse una estrecha comunicación con todas las áreas, que aunque realizamos actividades diferentes al final nos conjuntamos para entregar un proyecto de calidad.

Para el caso de las cimentaciones de los tanques, debe existir una comunicación constante y una revisión exhaustiva de la información entre las áreas civil y mecánico estático, ya que los datos que se generan en el transcurso del diseño del equipo de almacenamiento, son fundamentales para el diseño de la cimentación en el área civil.

Los datos principales que me solicitó el área civil para el cálculo del espesor de la pared de la cimentación, fueron:

- Diámetro interior y exterior del cuerpo del tanque
- Diámetro del fondo del equipo (dimensión que incluye la “pestaña” que se deja como proyección de la pared del equipo hacia el exterior)
- Peso del tanque en prueba hidrostática (lleno de agua)
- Cargas y momentos generados por sismo y viento (en el fondo del tanque y en la pared del tanque)

Los datos que me solicitó el área civil para complementar el armado de la estructura de acero de la cimentación:

- Número de anclas
- Diámetro del círculo de anclas (distancia en la cual serán colocados los pernos de anclaje que serán embebidos en el concreto)
- Diámetro de anclas
- Distribución de las anclas (orientación en grados)
- Orientación de los sumideros

Los datos arriba mencionados son los más críticos debido que son de vital importancia en el diseño de la base de los equipos ya que en base a estos se generan los cálculos de las cargas que debe soportar la cimentación, la configuración de la estructura (con o sin zapata), así como la cantidad de acero y/o concreto que deberá contener para poder soportar las condiciones más críticas a los que estén sometidos los equipos.

Con este tipo de situaciones me di cuenta que cualquier cambio, por pequeño que sea, debe informarse a las áreas involucradas para que ellos puedan modificar sus cálculos y diseños de acuerdo a lo requerido por los cambios que se presentaban durante el proceso de diseño de los tanques.

### **REUNIONES ENTRE PERSONAL DE PEMEX REFINACIÓN Y PGMI PARA LA DISCUSIÓN DE PUNTOS DE DISEÑO Y APROBACIÓN DE RESULTADOS.**

Dentro de la compañía y durante el desarrollo del proyecto, tuve la oportunidad de participar en una serie de reuniones/juntas con el cliente, los líderes de ingeniería y los proveedores.

La meta de realizar estas reuniones variaba dependiendo la situación, ya que estas juntas podían centrarse en temas meramente informativos o extender su alcance al análisis de la solución de problemas de diseño, problemas de ingeniería, cuestiones administrativas y costos, hasta ser juntas en donde se revisara el estatus de avance del proyecto y/o problemas críticos en construcción que afectarían en la fecha prevista para la entrega de la planta al cliente.

Además, durante el diseño de los tanques se me presentaron varias oportunidades de participar en reuniones con asesores técnicos, para la resolución de dudas sobre los criterios descritos en las normas de referencia de Pemex.

### **REUNIONES INTERNAS**

Las reuniones internas son de suma importancia, debido a que en ellas se tratan asuntos pertinentes al personal de la empresa (PGMI), es decir, estas juntas tienen



como objetivo el actualizar el estatus interno del proyecto, analizar las medidas a tomar respecto a situaciones que demoren la aprobación de los documentos técnicos así como la fabricación de los equipos en cuestión, se llegan a acuerdos previos para así presentarse frente al cliente como una unidad homogénea en la que no se difieren opiniones, ya que esto es mal visto por el cliente, quien puede interpretar la diferencia de opiniones como un símbolo de una mala organización y por lo consiguiente ocasionar dudas sobre el desarrollo del proyecto.

Así mismo, se analizaron temas de diseño, chequeos cruzados, modificaciones en capacidades de operación, cambio de ubicaciones dentro de la planta, orientaciones de elementos de tuberías, etc.

Estas juntas me ayudaron a desarrollar la habilidad de externar mis puntos de vista personales, con base en los conocimientos que adquirí mediante la lectura de las normas y el análisis de las descripciones presentes en ellas, para así poder contribuir a la solución de los contratiempos que se presentaban en el desarrollo del proyecto.

### **REUNIONES CON EL CLIENTE (PEMEX)**

La importancia de estas reuniones/juntas es prioridad para el desarrollo del proyecto, ya que de estas juntas se obtienen los nuevos requerimientos del cliente, siempre y cuando se encuentren dentro del alcance o bien sea aceptada la aplicación un "cambio de alcance", negociando nuevas fechas de entrega y llegando a los arreglos monetarios correspondientes.

Otro de los temas de mayor importancia que se trató en las reuniones con PEMEX, en el caso del área mecánico-estático, fueron los temas referentes a la revisión de los cálculos, diseño y modificaciones en el equipo (aumentos de capacidades, modificación en condiciones de operación, reubicación de soportes, ubicación de anillos de enfriamiento, cámaras de espuma, etc.), para con esto cumplir con los requerimientos técnicos y de seguridad que debían poseer los tanques de almacenamiento de hidrocarburos.

Por lo general el cliente (PEMEX) nos solicitaba que se tuvieran reuniones cuando se presentaba alguno de los problemas técnicos antes descritos, diferencia de criterios en la resolución de cuestiones de cálculo o diseño, análisis de modificaciones que sufriría el equipo debido al cambio de alguno de sus elementos internos (ejemplo: tipo de membrana interna flotante o del sello que esta utilizaría) o como una actividad de supervisión del avance de la ingeniería.

### **REUNIONES CON PROVEEDORES**

Durante el desarrollo del proyecto y como parte de la evaluación técnica de los proveedores, sostuve reuniones con los posibles fabricantes de los equipos.

Debido a la cantidad de elementos que poseen los tanques de almacenamiento diseñados, tuvimos una gran lista de proveedores que se presentaron a las reuniones organizadas por PGMI y PEMEX. Éstas incluyeron:

- Fabricantes de equipo estático (elementos de acero)
- Fabricantes de domos geodésicos de aluminio
- Fabricantes de membranas flotantes de aluminio
- Proveedores de pintura
- Proveedores de limpieza mecánica (sandblasting)
- Proveedores de protección catódica

Los temas que se desarrollaron dentro de las presentaciones de los proveedores, se centraron en la oferta que ellos presentaron ante los requerimientos planteados en las hojas de datos, por ejemplo:

\*En el caso de las secciones de acero que componen el tanque:

En la hoja de datos de los tanques de almacenamiento atmosférico, incluí el tipo de material a utilizar, así como los espesores mínimos requeridos para la construcción de los cuerpos de los tanques, en este caso se tomará como ejemplo el TV-1020:

Tipo de Acero: A-283 Gr. C (killed or semikilled)

Espesores:

- 1er Anillo: 5/16"
- 2do Anillo: 5/16"
- 3er Anillo: ¼"
- 4to Anillo: ¼"
- 5to Anillo: 3/16"

Estos espesores son los que obtuve mediante la memoria de cálculo realizada.

El proveedor realiza la oferta de acuerdo a su capacidad de fabricación (fuerza de trabajo, equipo de formado, equipo de carga, equipo de corte y equipo de soldar), a su capacidad de proveer los materiales (tipo, grado y cantidad) y a la capacidad de proveer al personal calificado y equipo especializado, necesario para realizar todas las pruebas no destructivas que son requeridas, todo esto con base en la experiencia con la que cuentan en la manufactura de equipos estáticos.

Como parte de la negociación con los proveedores, analizamos la propuesta realizada por ellos, esto con la finalidad de comparar las diferentes opciones ofrecidas para elegir la que más se acercara a los requerimientos del diseño de los tanques.

Durante estas visitas tuve la oportunidad de analizar las diferentes propuestas y buscar la más apegada a los requerimientos de la ingeniería básica. Además me sirvió como apoyo para desarrollar la capacidad de negociación con los proveedores para buscar el mayor beneficio al proyecto sin arriesgar la calidad de trabajos a entregar, ya que de esto depende la seguridad y la correcta operación de los equipos.

## **REUNIONES CON ASESORES TÉCNICOS**

Tuve la oportunidad de recibir asesoría técnica directamente del personal involucrado en la edición de las Normas de Referencia de Pemex y quienes participaron de la revisión y edición de los Manuales de Diseño y Obras Civiles (Diseño por sismo y Diseño por viento) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Esta oportunidad se me presentó debido a que:

- Realicé una observación de ciertos resultados “erróneos” durante el proceso de cálculo de cargas generadas a los tanques por sismo basados en las ecuaciones del Manual de diseño de obras civiles de la CFE. El resultado fue la discusión del uso del factor de sobre-resistencia (1.25) en las ecuaciones del cálculo de depósitos circulares, ya que es un factor propuesto para la disminución del valor de las cargas
- Se presentó un debate para la interpretación de la elección de la altura de diseño para la presión hidrostática, ya que este valor es determinante para el cálculo de los espesores de la placa que se utilizará para fabricar el cuerpo.

Estas reuniones me dejaron como aprendizaje que se debe tener siempre presente que como Ingenieros es necesario desarrollar y poseer un criterio amplio así como analizar/cuestionar aquellos resultados que no nos parezcan lógicos o se salgan de los parámetros aceptables.

## **APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS EN LA CARRERA EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO.**

Los conocimientos que adquirí durante la carrera, son fundamentalmente aquellos en los que me he podido apoyar para desarrollar mi carrera profesional de una manera óptima, ya que al contar con los bases de las materias cursadas en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, el aprendizaje de nuevos temas, nuevas fórmulas, nuevos métodos e incluso otras ramas (química, eléctrica, civil, telecomunicaciones, etc.) se ha vuelto más fácil e incluso más rápido.

Las principales materias, temas y/o habilidades que obtuve en la Facultad y los cuales fueron aplicados en el proyecto son:

- Álgebra.
- Cálculo.
- Estática.
- Diseño mecánico e industrial.
- Mecánica de fluidos.
- Mecánica de sólidos.
- Solid Edge.
- Metalurgia Física.
- CAD/CAM.

Es posible que haya omitido algunas de las materias más importantes que cursé a lo largo de mi carrera, a las cuales no hay que restarles mérito, es simplemente que aún no he tenido la oportunidad de aplicarlas en el área que me he desarrollado profesionalmente.

## **CONCLUSIONES**

El diseño de tanques de almacenamiento atmosférico es una práctica, que a primera vista, parece ser demasiado sencilla, ya que por lo general los equipos de almacenamiento dentro de una planta química forman parte de un porcentaje menor en cuanto a cantidad, sin embargo el diseño de estos equipos es un tema demasiado profundo y en algunos casos motivo de estudios especiales por las condiciones de operación que en algunos casos se llegan a presentar.

Para el proyecto de la TAR Tapachula, logré participar con éxito el diseño de los 7 equipos de almacenamiento atmosféricos con los que cuenta esta planta para cubrir con los requerimientos de almacenamiento de hidrocarburos y aquellos destinados para el sistema contra incendio.

El trabajo de apoyo que comencé realizando, dentro de esta empresa, pronto se convirtió en el trabajo principal del área debido a circunstancias inesperadas, lo cual se convirtió en un reto inesperado que logré llevar a buen término, poniendo todo mi esfuerzo y tratando de seguir siempre las recomendaciones de las personas que cuentan con más experiencia.

Al inicio, el desarrollo de la ingeniería de detalle es un poco complicado al no tener aún el conocimiento suficiente de las normas y de los programas de cálculo, sin embargo, con la dedicación suficiente y con el apoyo indicado, fue posible sacar adelante los trabajos de ingeniería requeridos para llevar a buen fin el proyecto de la TAR Tapachula.

Al participar en un proyecto de este tipo, se va modificando la perspectiva de que un profesional de la ingeniería solo debe tener como meta el fortalecimiento de sus conocimientos técnicos, sino que debe desarrollar a la par habilidades de relaciones personales, manejo de personal (en el caso de quedar al frente de un área), habilidades de negociación y criterio, entre muchas otras. Esto con la meta de convertirse en un ingeniero que cuente con una amplia visión de las circunstancias y por consecuencia pueda tomar decisiones en base a las habilidades que posee.

El objetivo que me propuse al comenzar mi vida laboral fue el de adaptarme rápidamente al ritmo de trabajo que se tiene dentro de una firma de ingeniería. Ya que el ritmo con el que se llega a trabajar es demasiado exigente, sobre todo para aquellos que apenas comienzan su vida laboral y que no cuentan con la experiencia suficiente para la resolución de problemas.

Este reporte es una muestra de que tuve la oportunidad de poder participar en el desarrollo de ingeniería no solo de la parte estática si no que al trabajar y convivir con ingenieros de otras áreas comienzas a expandir tu visión del alcance que tiene un profesional de la ingeniería en muchas más áreas.

El aprendizaje debe ser continuo y nunca hay que dar por hecho que se tiene el conocimiento suficiente. En las carreras de Ingeniería es muy importante tener una actualización constante debido a que los códigos, normas, y principalmente la tecnología son temas que se encuentran en constante actualización.

Además de que como ingenieros tenemos la responsabilidad de encontrarnos al día en todas las innovaciones de nuestras áreas e incluso de aquellas que no forman parte de nuestra carrera, siempre con el fin de cumplir cabalmente con la responsabilidad que como profesionistas tenemos con nosotros mismos y con la sociedad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

American Petroleum Institute (API), *“Welded steel tanks for oil storage, API standard 650”*, 12<sup>th</sup> Edition, Washington, D.C., March 2013.

Petróleos Mexicanos (PEMEX), *“Diseño de tanques atmosféricos, NRF-113-PEMEX-2007”*, 2007.

ASME Section II Part A, *“Materials, Part A: Ferrous material specifications (beginning to SA-450)”*, 2013 Edition, July 1, 2013.

PEMEX Refinación, *“Informe del resultado de la fiscalización superior de la cuenta pública 2013”*, TAR Tapachula, Chiapas. Auditoría de Inversiones Físicas: 13-1-18T4M-04-0356 DE-230.

## **MESOGRAFÍA**

Petróleos Mexicanos (PEMEX), *“Estatus de entrega de la nueva terminal de almacenamiento de Tapachula (TAR Tapachula)”*, [citado 25/10/2014], disponible en internet: [http://www.pemex.com/prensa/boletines\\_regionales/Paginas/2014-127\\_villahermosa.aspx](http://www.pemex.com/prensa/boletines_regionales/Paginas/2014-127_villahermosa.aspx).

CODEWARE, *“Software de diseño de tanques atmosféricos”*, [citado 30/04/2015], disponible en internet: <http://www.etank.com>.

Autodesk, *“Inventor by Autodesk”*, [citado 30/04/2015], disponible en internet: <http://www.autodesk.com/products/>.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A**

#### **HOJAS DE DATOS DE LOS TANQUES ATMOSFÉRICOS DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO TAPACHULA.**

**A.1** Hoja de datos de los Tanques de almacenamiento de 20,000 BLS Gasolina Magna TON TV-1020 y TV-1021

**A.2** Hoja de datos de los Tanques de almacenamiento de 10,000 BLS Diésel TON TV-1022 y TV-1023

**A.3** Hoja de datos del Tanque de almacenamiento de 5,000 BLS Gasolina Premium TON TV-1024

**A.4** Hoja de datos del Tanque de almacenamiento de 15,000 BLS Agua Contra Incendio TON TV-1081

**A.5** Hoja de datos del Tanque de almacenamiento de 10,000 BLS Agua Contra Incendio TON TV-1082

**A.1** Hoja de datos de los Tanques de almacenamiento de 20,000 BLS Gasolina Magna TON TV-1020 y TV-1021.



PLANTA: TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES.		HOJA 3 DE 4		
LOCALIZACIÓN: TAPACHULA CHIAPAS, MÉXICO.	EDICIÓN	FECHA	HECHA POR	AP. POR
PROYECTO No. ROPL04211P		29-DIC-2011	AMS	
CLAVE: TV-1020 / TV-1021				
No. DE UNIDADES: 2 (DOS)				

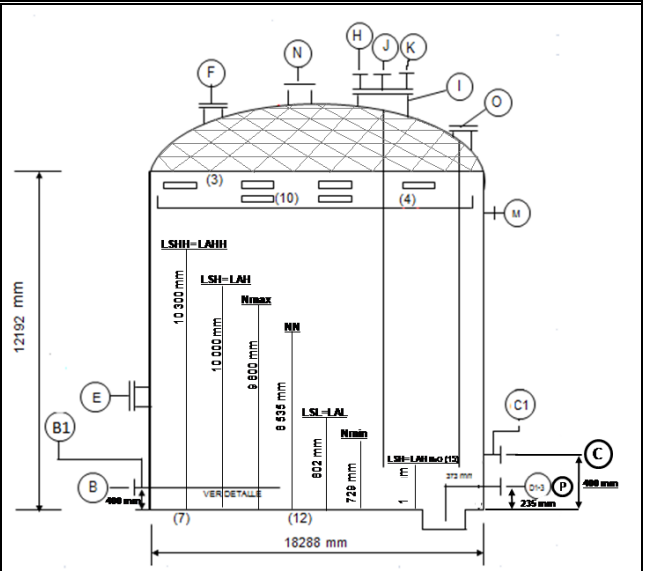
**TANQUES ATMOSFÉRICOS**  
(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

1	SERVICIO: GASOLINA MAGNA	TANQUE CILÍNDRICO VERTICAL ATMOSFÉRICO DE TECHO FIJO TIPO DOMO GEODÉSICO Y CON MEMBRANA FLOTANTE INTERNA		
2	TIPO DE FLUIDO: LÍQUIDO (ALMACENAMIENTO GASOLINA PEMEX MAGNA)	FLUJO DE ENT: 68 571	(NOTA 6) BLS/Día;	DENS. REL: 0.732 – 0.737
3	VAPOR O GAS: —	FLUJO: —	m <sup>3</sup> /SE;	DENSIDAD: — gr/cm <sup>3</sup>
4	TEMPERATURA OPERACIÓN: 20.0 – 32.0 °C;	MÁXIMA 32.0	°C;	DISEÑO 60.0 °C.
5	PRESIÓN: OPERACIÓN ATM. Kg/cm <sup>2</sup> man;	MÁXIMA —	Kg/cm <sup>2</sup> man;	DISEÑO ATM. Kg/cm <sup>2</sup> man.
6	DIMENSIONES: ALTURA 12 192 mm;	DIÁMETRO INTERIOR. 18 288	mm;	CAP. NOMINAL 20 000 BLS
7	NIVEL NORMAL OPERACIÓN: 8 535 mm;	MÁXIMO 9 800	mm;	MÍNIMO 729 mm
8	ALARMA DE ALTO NIVEL: 10 000 mm;	NIVEL DE SOBRELLENADO: 10 300 mm	ALARMA DE BAJO NIVEL: 802 mm	NIVEL DE PARO 729 mm

9	MATERIALES CUERPO: ASTM-A-283-C (11)	FONDO: ASTM-A-283-C(11)
10	TECHO FIJO TIPO DOMO GEODESICO: ALUMINIO	
11	MALLA SEPARADORA: ESPESOR — mm	MATERIAL —
12	TIPO CIRCULAR: DIÁMETRO — mm	
13	TIPO RECTANGULAR: LONG. — mm	ANCHO — mm
14	CORROSIÓN PERM.: CUERPO 3.0 mm	FONDO/TECHO: 3.0/1.6mm(13)
15	AISLAMIENTO : —	INT./ESTRUC. INT.: 3.0/1.6mm
	RECUBRIMIENTO INTERNO : —	

**BOQUILLAS**

No.	No. REQ.	Ø NOMINAL	SERVICIO
16	B	10"	ENTRADA DE COMB. DE AT/CT (CON DIFUSOR).
17	C	14"	SALIDA DE COMBUSTIBLE.
18	D1-D3	4"	DRENAJE DE AGUA / VACIADO.
19	E	24"	REGISTRO DE HOMBRE EN CUERPO C/TAPA.
20	F	24"	REGISTRO DE HOMBRE EN TECHO C/TAPA.
21	H	2"	INTERRUPTOR POR NIVEL ALTO.
22	I	16"	TUBO GUÍA PARA INSTRUMENTOS C/TAPA.
23	J	8"	TRANSMISOR DE NIVEL.
24	K	2"	TRANSMISOR DE TEMPERATURA.
25	M	(14)	CÁMARA DE ESPUMA.
26	N	10"	VENTEO CON CUBIERTA DE PROTECCIÓN (NOTA 8).
27	B1/C1	1"	CONEXIÓN DE DESCARGA DE PSV.
28	O	8"	MEDICIÓN MANUAL DE NIVEL C/GAUGE HATCH
29	P	8"	AGUA ESPUMA CONTRA INCENDIO INYECCIÓN SUBSUPERFICIAL
30			

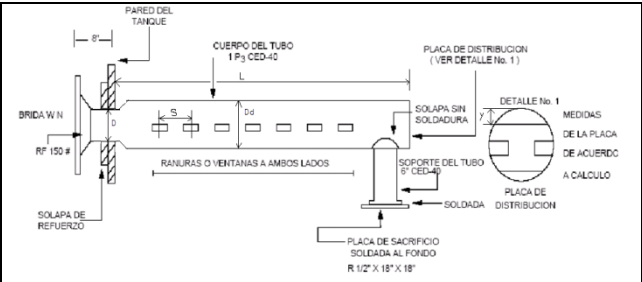


DETALLE DE DIFUSOR TÍPICO PARA ALIMENTACIÓN AL TANQUE (BOQUILLA B).

NOTAS:

1.- NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO:  
 GNT-SSIME-M001-2008 TANQUES ATMOSFÉRICOS.  
 NRF-113-PEMEX-2007 DISEÑO DE TANQUES ATMOSFÉRICOS.  
 NRF-015-PEMEX-2008-F PROTECCIÓN DE ÁREAS Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.  
 API STANDARD 650 WELDED TANKS FOR OIL STORAGE.  
 ESPECIFICACIÓN TÉCNICO FUNCIONAL SIMCOT III

2.- LA MEMBRANA FLOTANTE INTERNA SERÁ TIPO PANAL DE ABEJA CONSTRUIDA EN ALUMINIO Y CONSTARÁ DE SELLO TIPO ZAPATA (MECÁNICO) CON RESISTENCIA A LAS GASOLINAS OXIGENADAS MTBE Y TAME.



**DATOS DE DIFUSOR**

BOQUILLA	D plg	Dd plg	L mm	S mm	No. ABERTURA	DIMENSIONES ABERTURAS (mm)		y (mm)	AREA TOTAL DE ABERTURA (m2)
						L	M		
B	10	16	6046	400	26	80	50	50	0.138

3.- EL ÁREA DE CADA REJILLA DE VENTEO DE 0.1 M<sup>2</sup>, LOCALIZADOS PERIMETRALMENTE CADA 4.8 M, CON UNA ÁREA TOTAL DE 1.2 M<sup>2</sup>.

4.- LA MEMBRANA FLOTANTE INTERNA DEBE ESTAR PROVISTA CON VENTEO A PRESIÓN VACÍO Y REGISTRO HOMBRE DE 30 PLG DE DIÁMETRO.

5.- LOS TANQUES DEBERÁN INCLUIR UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO INTERIOR DE ACUERDO A LA NRF-053-PEMEX-2006

6.- ESTE FLUJO CONSIDERA LA ALIMENTACIÓN DE AT/CT.

7.- EL TANQUE DEBE CONTAR CON UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE FUGAS EN EL FONDO DE ACUERDO AL DIBUJO DE CIMENTACIÓN TART.E.T.IDP.F.302 Y LO INDICADO EN LAS BASES DE USUARIO.

8.- EL TANQUE DEBE CONTAR CON VENTEO CON CUBIERTA DE PROTECCIÓN CONTRA LA INTEMPERIE Y MALLA DE 1/2" DE APERTURA RESISTENTE A LA CORROSIÓN.

9.- EL RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO EXTERIOR DEL TANQUE DEBE SER DE ACUERDO A NRF-053-PEMEX-2006.

10.- TRES REBOSADEROS DE 600 X 300 mm DISTRIBUIDOS PERIMETRALMENTE AL NIVEL DE 10.5 m.

11.- EL MATERIAL ASTM A-283-C DEBE SER CALMADO O SEMICALMADO.

12.- EL FONDO DEL TANQUE TENDRÁ UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS DRENAJES.

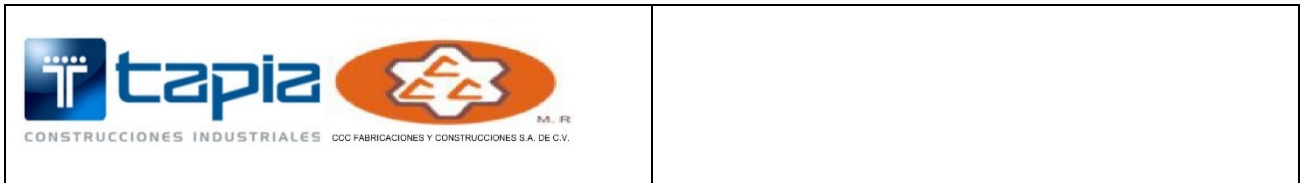
13.- LA PROTECCIÓN CATÓDICA EN EL FONDO DEL TANQUE DEBE CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA NRF-017-PEMEX-2007. (PROTECCIÓN A TRAVÉS DE CORRIENTE IMPRESA).

14.- ORIFICIO DE 8 5/8" DE DIÁMETRO A CONFIRMARSE POR EL PROVEEDOR DE ACUERDO AL SISTEMA SELECCIONADO.

<b>REVISIÓN</b>	<b>0</b>		
<b>FECHA</b>	29-DIC-2011		
<b>PROCESO/SISTEMAS</b>			
<b>RECIPIENTES</b>			
<b>AP. POR</b>			



**A.2 Hoja de datos de los Tanques de almacenamiento de 10,000 BLS Diésel TON TV-1022 y TV-1023**



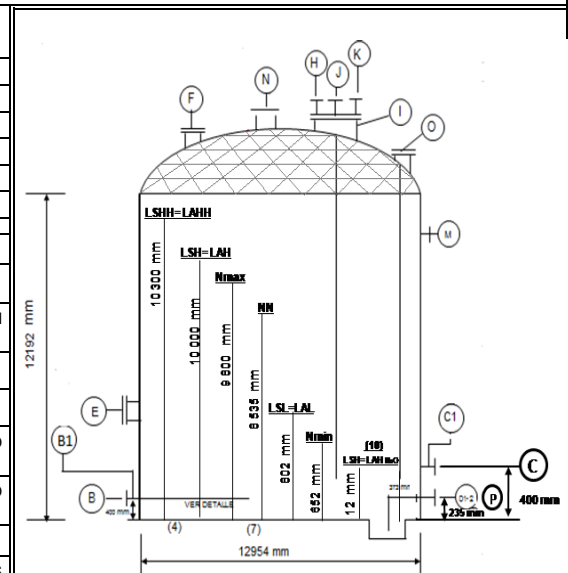
PLANTA: TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES		HOJA 3 DE 4		
LOCALIZACIÓN: TAPACHULA CHIAPAS MÉXICO	EDICIÓN	FECHA	HECHA POR	AP. POR
PROYECTO No. ROPL04211P		29-DIC-2011	AMS	
CLAVE: TV-1022/ TV-1023				
No. DE UNIDADES: 2 (DOS)				

**TANQUES ATMOSFÉRICOS  
(HOJA DE DATOS DE PROCESO)**

1	SERVICIO: ALMACENAMIENTO DE DIESEL	TANQUE CILÍNDRICO VERTICAL, ATMOSFÉRICO DE TECHO FIJO TIPO DOMO GEODÉSICO
2	TIPO DE FLUIDO: DIESEL	FLUJO DE ENT: 68 571 (NOTA 3) BLS/día; DENS REL: 0.905-0.909
3	VAPOR O GAS	FLUJO: m <sup>3</sup> /seg; DENSIDAD: gr/cm <sup>3</sup>
4	TEMPERATURA: OPERACIÓN 20.0- 32.0 °C; MÁXIMA 32.0 °C; DISEÑO 60.0 °C.	
5	PRESIÓN: OPERACIÓN ATM. Kg/cm <sup>2</sup> man. MÁXIMA Kg/cm <sup>2</sup> man. DISEÑO ATM. Kg/cm <sup>2</sup> man.	
6	DIMENSIONES: ALTURA 12 192 mm; DIÁMETRO INTERIOR 12 954 mm; CAP. NOMINAL 10 000 BLS.	
7	NIVEL NORMAL DE OPERACIÓN: 8 535 mm; MÁXIMO 9 800 mm; MÍNIMO 652 mm	
8	ALARMA DE ALTO NIVEL: 10 000 mm; NIVEL DE SOBRELLENADO: 10 300 mm; ALARMA DE BAJO NIVEL: 802 mm; NIVEL DE PARO: 652 mm	

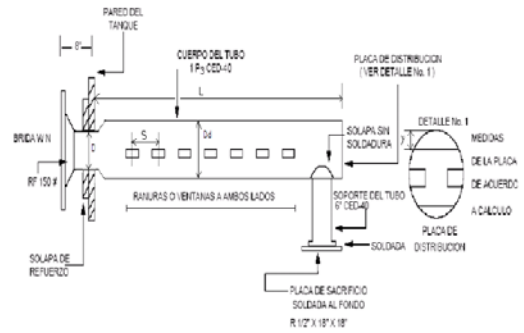
9	MATERIALES CUERPO: ASTM-A-283-C(6) FONDO: ASTM-A-283-C(6) TECHO FIJO TIPO DOMO GEODESICO: ALUMINO
10	MALLA SEPARADORA: ESPESOR mm MATERIAL
11	TIPO CIRCULAR: DIÁMETRO mm
12	TIPO RECTANGULAR: LONG. mm ANCHO mm
13	CORROSIÓN PERM.: CUERPO 3.0 mm FONDO/TECHO:3.0/1.6 mm(8)
14	AISLAMIENTO: INT./ESTRUC. INT.: 3.0/1.6mm
15	RECUBRIMIENTO INTERNO:

BOQUILLAS			
No.	No. REQ.	Ø NOMINAL	SERVICIO
16	B	10"	ENTRADA DE COMB. DE AT/CT (CON DIFUSOR).
17	C	10"	SALIDA DE COMBUSTIBLE.
18	D1-D2	4"	DRENAJE DE AGUA / VACIADO.
19	E	24"	REGISTRO DE HOMBRE EN CUERPO C/TAPA.
20	F	24"	REGISTRO DE HOMBRE EN TECHO C/TAPA.
21	H	2"	INTERRUPTOR POR NIVEL ALTO.
22	I	16"	TUBO GUÍA PARA INSTRUMENTOS C/TAPA.
23	J	8"	TRANSMISOR DE NIVEL.
24	K	2"	TRANSMISOR DE TEMPERATURA.
25	M	(9)	CÁMARA DE ESPUMA.
26	N	6"	VÁLVULA PRESIÓN VACIO CON ARRESTADOR DE FLAMA
27	B1/C1	1"	CONEXIÓN DE DESCARGA DE PSV.
28	O	8"	MEDICIÓN MANUAL DE NIVEL C/GAUGE HATCH.
29	P	6"	AGUA ESPUMA CONTRA INCENDIO INYECCIÓN SUBSUPERFICIAL
30			



DETALLE DE DIFUSOR TÍPICO PARA ALIMENTACIÓN AL TANQUE (BOQUILLA B):

<b>NOTAS:</b>	
<p>1.- NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO:            GNT-SSIME-M001-2008 TANQUES ATMOSFÉRICOS.            NRF-113-PEMEX-2007 DISEÑO DE TANQUES ATMOSFÉRICOS.            NRF-015-PEMEX-2008-F PROTECCIÓN DE ÁREAS Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.            API STANDARD 650 WELDED TANKS FOR OIL STORAGE.            ESPECIFICACIÓN TÉCNICO FUNCIONAL SIMCOT III</p>	
<p>2.- LOS TANQUES DEBERÁN INCLUIR UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO INTERIOR, DE ACUERDO A LA NRF-053-PEMEX-2006.</p>	
<p>3.- ESTE FLUJO CONSIDERA LA ALIMENTACIÓN DE AT/CT.</p>	
<p>4.- EL TANQUE DEBE CONTAR CON UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE FUGAS EN EL FONDO, DE ACUERDO AL DIBUJO DE CIMENTACIÓN TART.E.T.IDP.F.302 Y LO INDICADO EN LAS BASES DE USUARIO.</p>	
<p>5.- EL RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO EXTERIOR DEL TANQUE DEBE SER DE ACUERDO A NRF-053-PEMEX-2006.</p>	
<p>6.- EL MATERIAL ASTM A-283-C DEBE SER CALMADO O SEMICALMADO</p>	
<p>7.- EL FONDO DEL TANQUE TENDRÁ UNA PENDIENTE DEL 1% HACIA LOS DRENAJES</p>	
<p>8.- LA PROTECCIÓN CATÓDICA EN EL FONDO DEL TANQUE DEBE CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA NRF-017-PEMEX-2007. (PROTECCIÓN A TRAVÉS DE CORRIENTE IMPRESA).</p>	
<p>9.- ORIFICIO DE 6 5/8" DE DIÁMETRO A CONFIRMARSE POR EL PROVEEDOR DE ACUERDO AL SISTEMA SELECCIONADO.</p>	



**DATOS DE DIFUSOR**

BOQUILLA	D plg	Dd plg	L mm	S mm	No. ABERTURA	DIMENSIONES ABERTURAS (mm)		y (mm)	AREA TOTAL DE ABERTURA (m2)
						L	M		
B	10	16	6046	400	26	80	50	50	0.138

REVISIÓN	0		
FECHA	29-DIC-2011		
PROCESO/SISTEMAS			
RECIPIENTES			
AP. POR			

**A.3** Hoja de datos del Tanque de almacenamiento de 5,000 BLS Gasolina Premium TON TV-1024



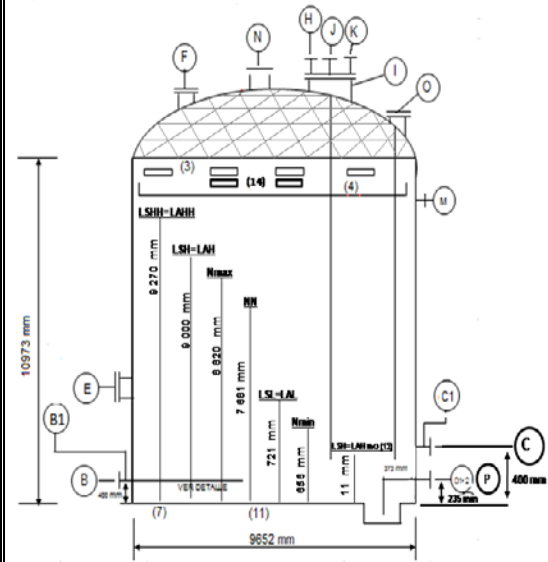
PLANTA: TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES				HOJA 3 DE 4	
LOCALIZACIÓN: TAPACHULA CHIAPAS, MÉXICO		EDICIÓN	FECHA	HECHA POR	AP. POR
PROYECTO No. ROPL04211P			29-DIC-2011	AMS	
CLAVE: TV-1024					
No. DE UNIDADES: 1 (UNA)					

**TANQUES ATMOSFÉRICOS**  
(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

1	SERVICIO: ALMACENAMIENTO DE GASOLINA PREMIUM	TANQUE CILÍNDRICO VERTICAL ATMOSFÉRICO DE TECHO FIJO TIPO DOMO GEODÉSICO Y CON MEMBRANA FLOTANTE INTERNA			
2	TIPO DE FLUIDO: GASOLINA PREMIUM	FLUJO DE ENT: 68 571 (NOTA 6) BLS/día; DENS. REL: 0.732 - 0.736			
3	VAPOR O GAS	FLUJO: m <sup>3</sup> /seg; DENSIDAD: gr/cm <sup>3</sup>			
4	TEMPERATURA: OPERACIÓN 20.0 - 32.0 °C; MÁXIMA 32.0 °C; DISEÑO 60.0 °C.				
5	PRESIÓN: OPERACIÓN ATM. Kg/cm <sup>2</sup> man. MÁXIMA — Kg/cm <sup>2</sup> man. DISEÑO ATM. Kg/cm <sup>2</sup> man.				
6	DIMENSIONES ALTURA: 10 973 mm; DIÁMETRO INTERIOR 9 652 mm; CAP. NOMINAL 5,000 BLS.				
7	NIVEL NORMAL OPERACIÓN: 7 681 mm; MÁXIMO 8 820 mm; MÍNIMO 656 mm				
8	ALARMA DE ALTO NIVEL: 9 000 mm; NIVEL DE SOBRELLENADO: 9 270 mm; ALARMA DE BAJO NIVEL: 721 mm; NIVEL DE PARO: 656 mm				

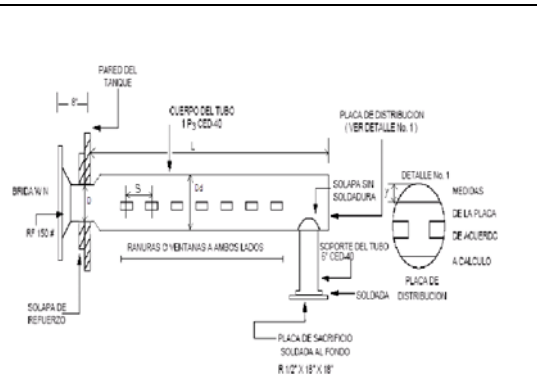
9	MATERIALES CUERPO: ASTM-A-283-C(10) FONDO: ASTM-A-283-C(10)
10	TECHO FIJO TIPO DOMO GEODESICO: ALUMINIO
11	MALLA SEPARADORA: ESPESOR — mm MATERIAL —
12	TIPO CIRCULAR: DIÁMETRO — mm
13	TIPO RECTANGULAR: LONG. — mm ANCHO — mm
14	CORROSIÓN PERM.: CUERPO 3.0 mm FONDO/TECHO: 3.0/1.6 mm (12)
15	RECUBRIMIENTO INTERNO: —

BOQUILLAS				
No.	No. REQ.	Ø NOMINAL	SERVICIO	
16	B	10"	ENTRADA DE COMB. DE AT/CT (CON DIFUSOR).	
17	C	8"	SALIDA DE COMBUSTIBLE.	
18	D1-D2	4"	DRENAJE DE AGUA / VACIADO.	
19	E	24"	REGISTRO DE HOMBRE EN CUERPO C/TAPA.	
20	F	24"	REGISTRO DE HOMBRE EN TECHO C/TAPA.	
21	H	2"	INTERRUPTOR POR NIVEL ALTO.	
22	I	16"	TUBO GUÍA PARA TRANSMISOR DE INSTRUMENTOS C/TAPA.	
23	J	8"	TRANSMISOR DE NIVEL.	
24	K	2"	TRANSMISOR DE TEMPERATURA.	
25	M	(13)	CÁMARA DE ESPUMA.	
26	N	10"	VENTEO CON CUBIERTA DE PROTECCIÓN (NOTA 8).	
27	B1/C1	1"	CONEXIÓN DE DESCARGA DE PSV.	
28	O	8"	MEDICIÓN MANUAL DE NIVEL C/GAUGE HATCH.	
29	P	4"	AGUA ESPUMA CONTRA INCENDIO INYECCIÓN SUBSUPERFICIAL	
30				



DETALLE DE DIFUSOR TÍPICO PARA ALIMENTACIÓN AL TANQUE (BOQUILLA B):

NOTAS:	
<p>1.- NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO:            GNT-SSIME-M001-2008 TANQUES ATMOSFÉRICOS.            NRF-113-PEMEX-2007 DISEÑO DE TANQUES ATMOSFÉRICOS.            NRF-015-PEMEX-2008-F PROTECCIÓN DE ÁREAS Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.            API STANDARD 650, WELDED TANKS FOR OIL STORAGE.            ESPECIFICACIÓN TÉCNICO FUNCIONAL SIMCOT III</p>	
<p>2.- LA MEMBRANA FLOTANTE INTERNA SERÁ TIPO PANAL DE ABEJA CONSTRUIDA EN ALUMINIO Y CONSTARÁ DE SELLO TIPO ZAPATA (MECÁNICO) CON RESISTENCIA A LAS GASOLINAS OXIGENADAS MTBE Y TAME.</p>	
<p>3.- EL ÁREA DE CADA REJILLA DE VENTEO DE 0.1 M<sup>2</sup>, LOCALIZADOS PERIMETRALMENTE CADA 5 M, CON UNA ÁREA TOTAL DE 0.6 M<sup>2</sup>.</p>	
<p>4.-LA MEMBRANA FLOTANTE INTERNA DEBE ESTAR PROVISTA CON VENTEO PRESIÓN VACÍO Y REGISTRO HOMBRE DE 30 PLG DE DIÁMETRO.</p>	
<p>5.-LOS TANQUES DEBERÁN INCLUIR UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO INTERIOR DE ACUERDO A NRF-053-PEMEX-2006.</p>	
<p>6.- ESTE FLUJO CONSIDERA LA ALIMENTACIÓN DE AT/CT.</p>	
<p>7.- EL TANQUE DEBE CONTAR CON UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE FUGAS EN EL FONDO, DE ACUERDO AL DIBUJO DE CIMENTACIÓN TART.E.T.IDP.F.302 Y LO INDICADO EN LAS BASES DE USUARIO.</p>	
<p>8.-EL TANQUE DEBE CONTAR CON VENTEO CON CUBIERTA DE PROTECCIÓN CONTRA LA INTEMPERIE Y MALLA DE 1/2 " DE APERTURA RESISTENTE A LA CORROSIÓN</p>	
<p>9.- EL RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO EXTERIOR DEL TANQUE DEBE SER DE ACUERDO A NRF-053-PEMEX-2006.</p>	
<p>10.- EL MATERIAL ASTM A-283-C DEBE SER CALMADO O SEMICALMADO.</p>	
<p>11.- EL FONDO DEL TANQUE TENDRÁ UNA PENDIENTE DEL 1% HACIA LOS DRENAJES.</p>	
<p>12.- LA PROTECCIÓN CATÓDICA EN EL FONDO DEL TANQUE DEBE CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA NRF-017-PEMEX-2007. (PROTECCIÓN A TRAVÉS DE CORRIENTE IMPRESA).</p>	
<p>13.- ORIFICIO DE 4 1/2" DE DIÁMETRO, QUE EL PROVEEDOR DEBE DEFINIR DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO Y EL SISTEMA SELECCIONADO.</p>	
<p>14.- TRES REBOSADEROS DE 600 X 300 mm DISTRIBUIDOS PERIMETRALMENTE AL NIVEL DE 9.450 m.</p>	

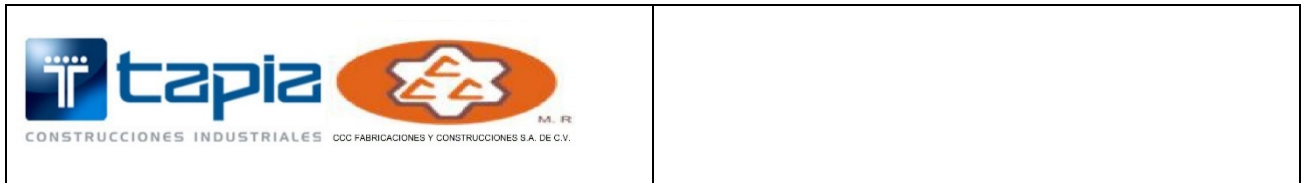


**DATOS DE DIFUSOR**

BOQUILLA	D plg	Dd plg	L mm	S mm	No. ABERTURA	DIMENSIONES ABERTURAS (mm)		y (mm)	AREA TOTAL DE ABERTURA (m2)
						L	M		
B	10	16	6046	400	26	80	50	50	0.138

<b>REVISIÓN</b>		<b>0</b>	
FECHA		29-DIC-2011	
PROCESO/SISTEMAS			
RECIPIENTES			
AP. POR			

**A.4** Hoja de datos del Tanque de almacenamiento de 15,000 BLS Agua Contra Incendio TON TV-1081



PLANTA: TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE COMBUSTIBLES				HOJA 3 DE 4			
LOCALIZACIÓN: TAPACHULA CHIAPAS, MÉXICO.				EDICIÓN	FECHA	HECHA POR	AP. POR
No. PROYECTO: ROPL04211P					29-DIC-2011	AMS	
CLAVE: TV-1081							
No. DE UNIDADES: 1 (UNO)							

**TANQUES ATMOSFÉRICOS**  
(HOJA DE DATOS)

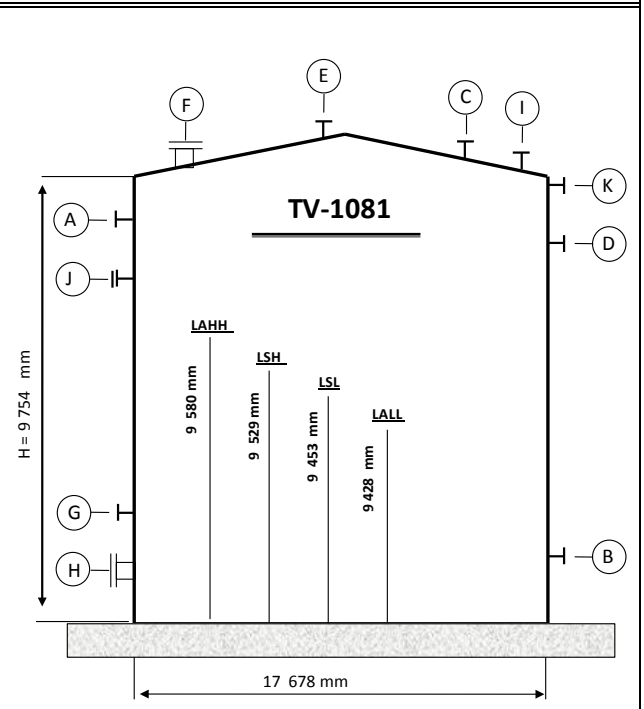
R  
E  
V

1	SERVICIO: ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO		TANQUE CILÍNDRICO VERTICAL ATMOSFÉRICO DE TECHO FIJO TIPO CÓNICO SOPORTADO				
2	TIPO DE FLUIDO: AGUA	FLUJO ENT NORMAL: 108 m <sup>3</sup> /h	FLUJO ENT MAX: 144 m <sup>3</sup> /h;	FLUJO SALIDA: 681.9 m <sup>3</sup> /h (NOTA 4);	DENS. REL: 1.0		
3	VAPOR O GAS	FLUJO: m <sup>3</sup> /SE;		DENSIDAD: gr/cm <sup>3</sup>			
4	TEMPERATURA: OPERACIÓN	20.0 – 32.0 °C;	MÁXIMA 32.0 °C;	DISEÑO MIN/MAX 12 / 60 °C.			
5	PRESIÓN: OPERACIÓN	ATM. Kg/cm <sup>2</sup> man;	MÁXIMA	Kg/cm <sup>2</sup> man;	DISEÑO ATM.	Kg/cm <sup>2</sup> man.	
6	DIMENSIONES: ALTURA	9 754 mm;	DIÁMETRO INTERIOR.	17 678 mm;	CAP. NOMINAL: 15 000 BLS		
7	NIVEL NORMAL	9 491 mm;	MÁXIMO 9 529 mm (NOTA 11);	MÍNIMO 9 453 mm (NOTA 12)			
8	ALARMA DE ALTO-ALTO NIVEL	9 580 mm (NOTA 10);	ALARMA DE BAJO-BAJO NIVEL: 9 428 mm (NOTA 13);	NIVEL DE PARO: 9 529 mm (NOTA 11)			

9	MATERIALES CUERPO: ASTM-A-283-C(7)		FONDO/TECHO FIJO: ASTM-A-283-C(7)				
10	MALLA SEPARADORA: ESPESOR	mm	MATERIAL				
11	TIPO CIRCULAR: DIÁMETRO	mm					
12	TIPO RECTANGULAR: LONG.	mm	ANCHO	mm			
13	CORROSIÓN PERM CUERPO	3.0 mm	FONDO/TECHO: 3.0/1.6 mm (3)				
14	AISLAMIENTO:		INT/ESTRUC. INT: 3.0/1.6mm				
15	RECUBRIMIENTO INTERNO:		(NOTA 2)				

**BOQUILLAS**

No.	No. REQ.	Ø NOMINAL	SERVICIO	
16	A	6"	ENTRADA AGUA CONTRA INCENDIO	
17	B	16"	SALIDA DE AGUA CONTRA INCENDIO (NOTA 9)	
18	C	3	1 ½"	MEDIDOR DE NIVEL (TIPO REGLETA)
19	D	1	8"	DERRAME (NOTA 8)
20	E	1	6"	VENTEO (TECHO)
21	F	1	24"	ENTRADA HOMBRE (TECHO) C/TAPA
22	G	1	2"	TRANSMISOR DE NIVEL
23	H	1	24"	ENTRADA HOMBRE (CUERPO) C/TAPA
24	I	1	2"	SWITH DE NIVEL (LSHH/LSLL)
25	J	1	6"	ALIMENTACIÓN ADICIONAL DE AGUA CONTRA INCENDIO C/ TAPA
26	K	1	12"	DESCARGA DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD DE BOMBAS DE AGUA CONTRA INCENDIO (NOTA 14)
27				
28				
29				
30				



NOTAS:

1.- NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO: NRF-113-PEMEX-2007 DISEÑO DE TANQUES ATMOSFÉRICOS. API STANDARD 650 LAST EDITION, WELDED TANKS FOR OIL STORAGE. NRF-053-PEMEX-2006, "SISTEMA DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES". NFPA 22 "STANDAR FOR WATER TANKS FOR PRIVATE FIRE PROTECTION".				
2.- EL TANQUE DEBERÁ INCLUIR UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO INTERIOR DE ACUERDO A NRF-053-PEMEX-2006.				
3.- LA PROTECCIÓN CATÓDICA EN EL FONDO DEL TANQUE DEBE CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA NRF-017-PEMEX-2007 (PROTECCIÓN A TRAVÉS DE CORRIENTE IMPRESA).	REVISIÓN	0		
4.- EL FLUJO INDICADO CORRESPONDE A LAS CONDICIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.	FECHA	29-DIC-2011		
5.- SE DEBE CONSIDERAR UN CODO DE SUCCIÓN Y UNA PLACA VORTEX EN LA BOQUILLA DE DESCARGA DEL TANQUE, DE ACUERDO A NFPA 20.	PROCESO/SISTEMAS			
	RECIPIENTES			
	SEGURIDAD			
6.- PARA MAYOR INFORMACIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL TANQUE, VER INFORMACIÓN DEL ÁREA CIVIL.	AP. POR			
7.- EL MATERIAL ASTM-283-C DEBE SER CALMADO O SEMICALMADO.				
8.- ELEVACIÓN DE LA BOQUILLA DE DERRAME A 9 605 mm.				
9.- ELEVACIÓN DE BOQUILLA DE SUCCIÓN DE BOMBAS C.I. A 400 mm.				
10.- LAHH, ESTE PUNTO DE ALARMA SE ACTIVARÁ CUANDO EL TANQUE REBASE SU MÁXIMO NIVEL DE LLENADO, DEBIENDO ESTAR LOCALIZADO 25.4mm (1") POR DEBAJO DEL NIVEL INFERIOR DE LA BOQUILLA DE DERRAME.				
11.- LSH, ESTE PUNTO SE ACTIVARA PARA EL PARO DE LA BOMBA DE LLENADO DEBIENDO SER 50.8mm (2") POR DEBAJO DE LA LAHH (CORRESPONDIENDO A ESTE PUNTO COMO EL NIVEL MÁXIMO DE LLENADO DE AGUA CONTRA INCENDIO EN EL TANQUE).				
12.- LSL, ESTE PUNTO SE ACTIVARÁ PARA EL ARRANQUE DE LA BOMBA DE LLENADO CUANDO EL NIVEL DEL ESPEJO DE AGUA ALCANCE 76.2mm (3") POR DEBAJO DEL NIVEL MÁXIMO DE LLENADO)				
13.- LALL, ESTE PUNTO DE ALARMA SE ACTIVARÁ CUANDO EL NIVEL DEL ESPEJO DE AGUA ALCANCE 101.6mm (4") POR DEBAJO DEL NIVEL MÁXIMO DE LLENADO, RESPECTIVO PARA CADA TANQUE.				
14.- DIÁMETRO DE BOQUILLA DEBERÁ SER CONFIRMADO Y VERIFICADO POR EL PROVEEDOR.				



1.- NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO: NRF-113-PEMEX-2007 DISEÑO DE TANQUES ATMOSFÉRICOS. API STANDARD 650 LAST EDITION, WELDED TANKS FOR OIL STORAGE. NRF-053-PEMEX-2006, "SISTEMA DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES". NFPA 22 "STANDAR FOR WATER TANKS FOR PRIVATE FIRE PROTECTION".				
2.- EL TANQUE DEBERÁ INCLUIR UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO INTERIOR DE ACUERDO A NRF-053-PEMEX-2006.				
3.- LA PROTECCIÓN CATÓDICA EN EL FONDO DEL TANQUE DEBE CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA NRF-017-PEMEX-2007 (PROTECCIÓN A TRAVÉS DE CORRIENTE IMPRESA).	REVISIÓN	0		
4.- EL FLUJO INDICADO CORRESPONDE A LAS CONDICIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBAS CONTRA INCENDIO.	FECHA	29-DIC-2011		
5.- SE DEBE CONSIDERAR UN CODO DE SUCCIÓN Y UNA PLACA VORTEX EN LA BOQUILLA DE DESCARGA DEL TANQUE, DE ACUERDO A NFPA 20.	PROCESO/SISTEMAS			
	RECIPIENTES			
	SEGURIDAD			
6.- PARA MAYOR INFORMACIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL TANQUE, VER INFORMACIÓN DEL ÁREA CIVIL.	AP. POR			
7.- EL MATERIAL ASTM-283-C DEBE SER CALMADO O SEMICALMADO.				
8.- ELEVACIÓN DE LA BOQUILLA DE DERRAME A 11 812.4 mm.				
9.- ELEVACIÓN DE BOQUILLA DE SUCCIÓN DE BOMBAS C.I. A 400 mm				
10.- LAHH, ESTE PUNTO DE ALARMA SE ACTIVARÁ CUANDO EL TANQUE REBASE SU MÁXIMO NIVEL DE LLENADO, DEBIENDO ESTAR LOCALIZADO 25.4mm (1") POR DEBAJO DEL NIVEL INFERIOR DE LA BOQUILLA DE DERRAME.				
11.- LSH, ESTE PUNTO SE ACTIVARA PARA EL PARO DE LA BOMBA DE LLENADO DEBIENDO SER 50.8mm (2") POR DEBAJO DE LA LAHH (CORRESPONDIENDO A ESTE PUNTO COMO EL NIVEL MÁXIMO DE LLENADO DE AGUA CONTRA INCENDIO EN EL TANQUE).				
12.- LSL, ESTE PUNTO SE ACTIVARÁ PARA EL ARRANQUE DE LA BOMBA DE LLENADO CUANDO EL NIVEL DEL ESPEJO DE AGUA ALCANCE 76.2mm (3") POR DEBAJO DEL NIVEL MÁXIMO DE LLENADO)				
13.- LALL, ESTE PUNTO DE ALARMA SE ACTIVARÁ CUANDO EL NIVEL DEL ESPEJO DE AGUA ALCANCE 101.6mm (4") POR DEBAJO DEL NIVEL MÁXIMO DE LLENADO, RESPECTIVO PARA CADA TANQUE.				
14.- DIÁMETRO DE BOQUILLA DEBERÁ SER CONFIRMADO Y VERIFICADO POR EL PROVEEDOR				



## **ANEXO B**

### **PLANOS DE ARREGLO GENERAL DE LOS TANQUES ATMOSFERICOS DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO TAPACHULA.**

**B.1** Tanque de almacenamiento de 20,000 BLS Gasolina Magna TON TV-1020 (Código de Plano H-101)



## ANEXO C

### DISEÑO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO ATMOSFÉRICOS DE LA TAR TAPACHULA, APOYADOS EN EL SOFTWARE INVENTOR

C.1 Desarrollo de los modelos tridimensionales de los tanques atmosféricos de la TAR Tapachula.

A continuación se muestra una serie de imágenes (figuras C1-C14) de los pasos que seguí para poder realizar el modelo tridimensional de los tanques de almacenamiento.

Se tomará como ejemplo el tanque de 20 MBLs de Gasolina magna TV-1020.

Elegí el plano XZ como plano horizontal, para que así coincida con las coordenadas absolutas fijadas para todas las disciplinas (Figura C1).

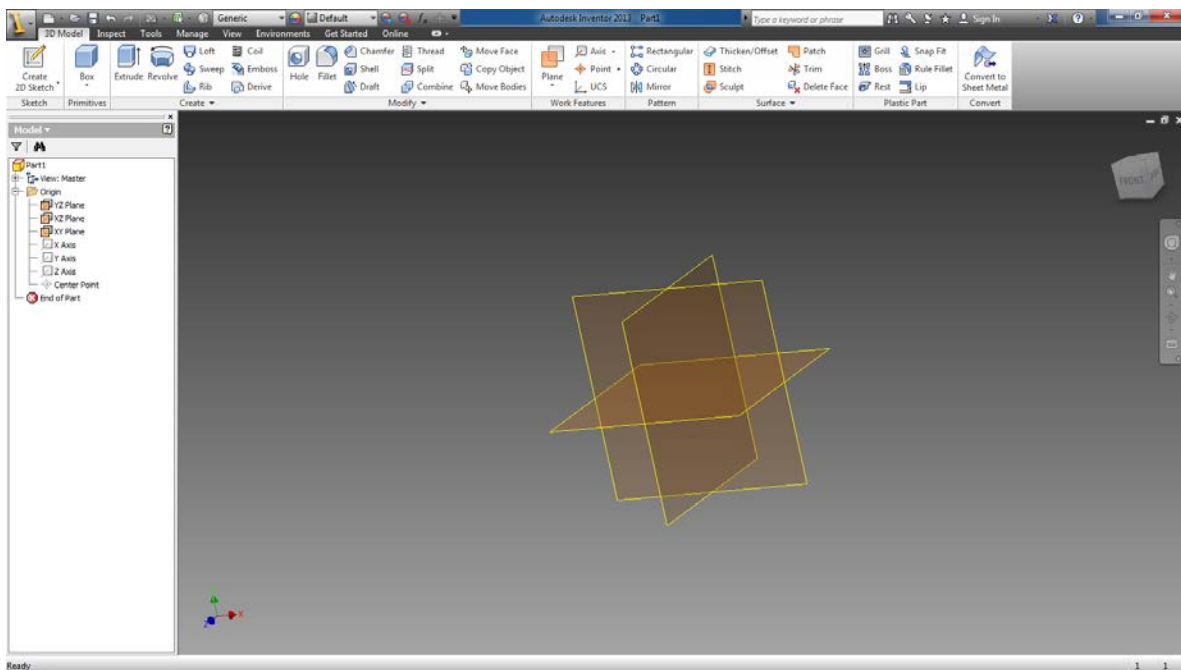


Figura C1. Planos principales (XY, YZ, ZX) en la vista principal del modo "model" de inventor.

Después, comencé con la delimitación de los perfiles que conjuntarían el cuerpo y el fondo, en el modo "sketch" (Figura C2), así como los elementos estructurales que podían ser generados mediante la aplicación del comando *revolution* (Figura C3), respetando las dimensiones, para los espesores de placa que obtuve mediante la memoria de cálculo.

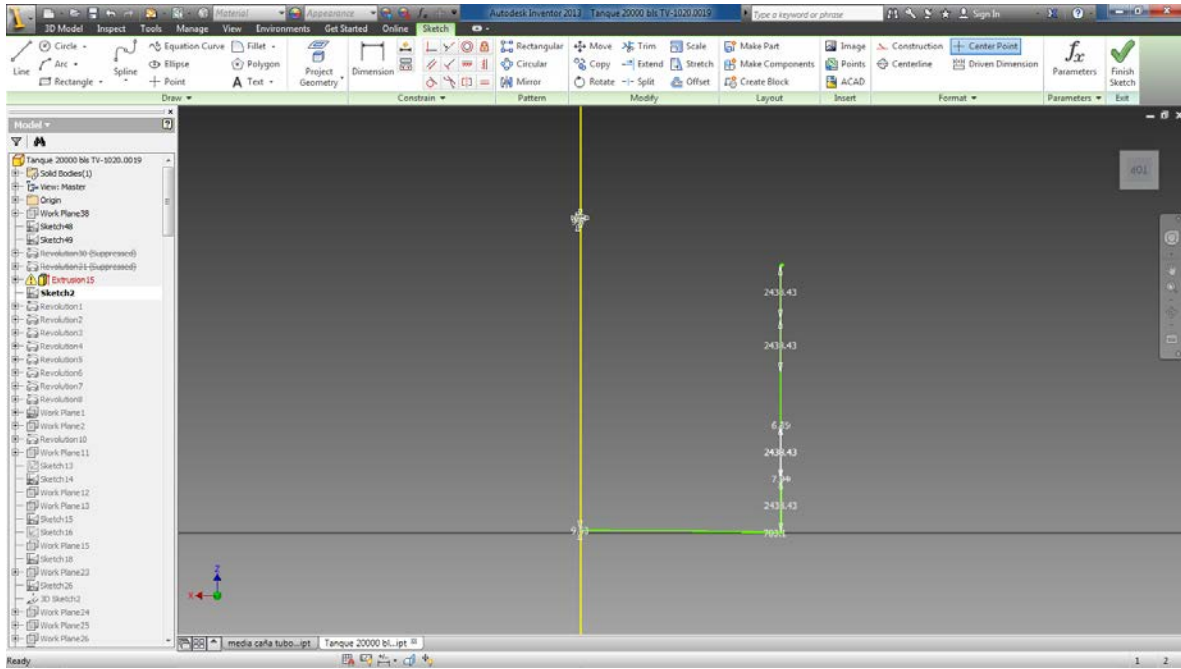


Figura C2. Perfiles del cuerpo y fondo, dibujados en 2D, en el modo "sketch".

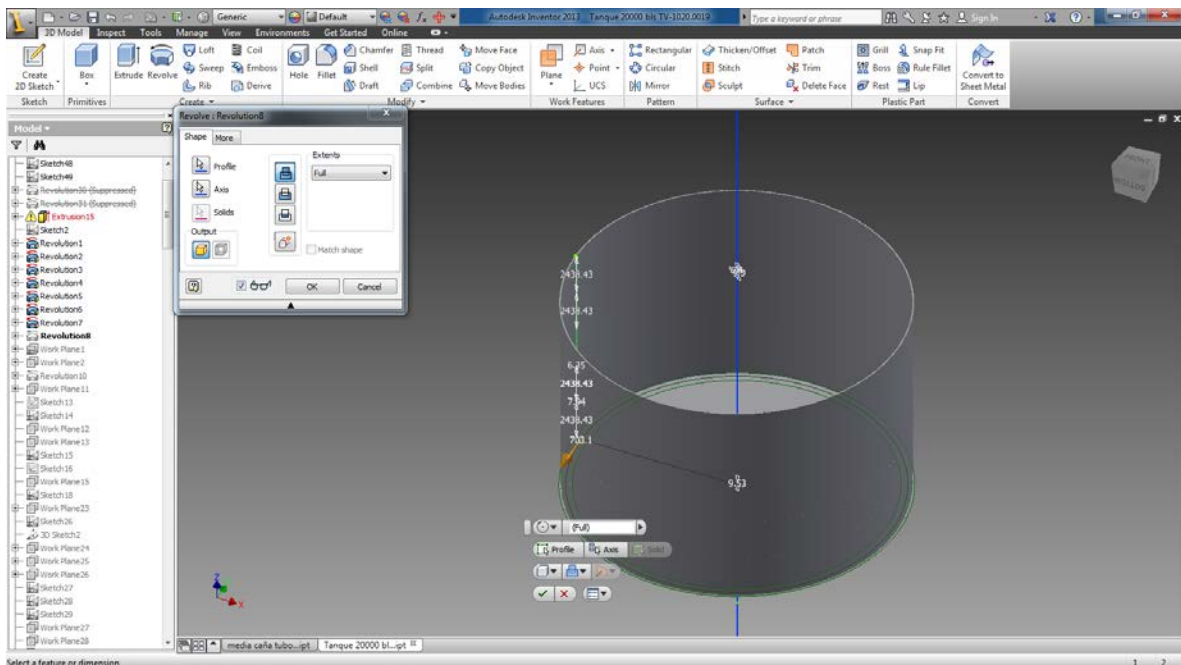


Figura C3. Cuerpo y fondo generados mediante el comando *revolution*.

Posteriormente, comencé a detallar los componentes internos del equipo tales como el tubo difusor de entrada (Figuras C4 y C5).

En el diseño del equipo, la función del tubo difusor es disminuir la velocidad de entrada de los hidrocarburos al tanque, ya que la fricción del combustible contra el material del equipo a una velocidad muy alta puede generar una chispa y provocar un siniestro. La velocidad máxima de entrada de los hidrocarburos debe ser de 1 [m/s].

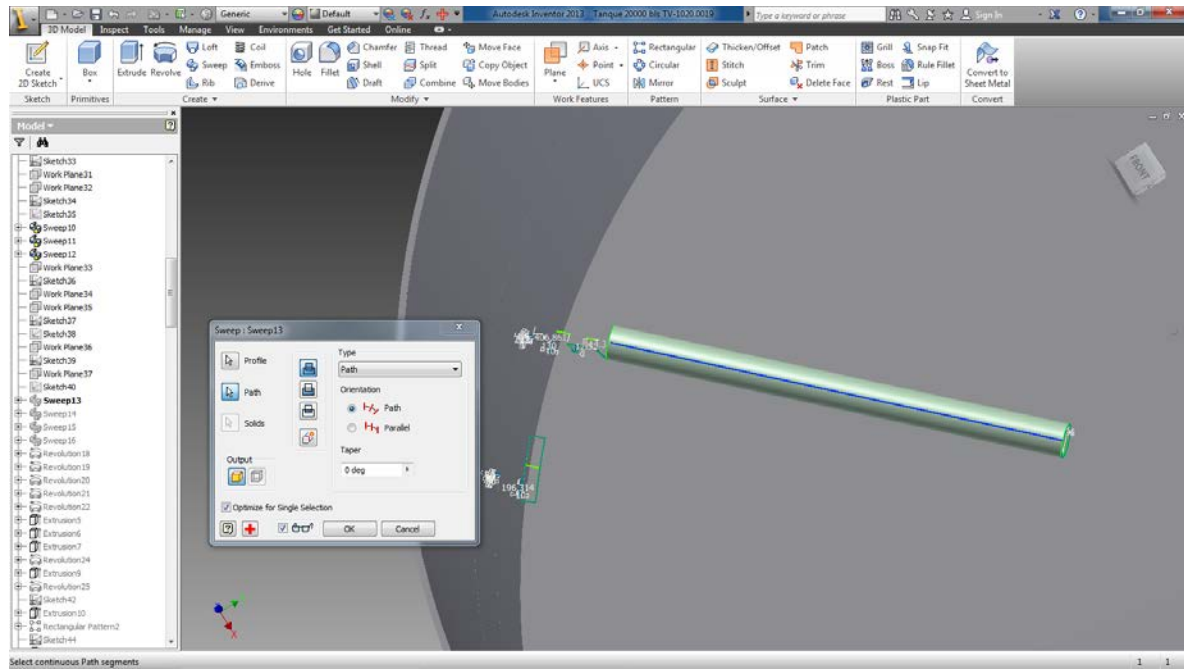


Figura C4. Vista de la generación del tubo difusor mediante el comando sweep.

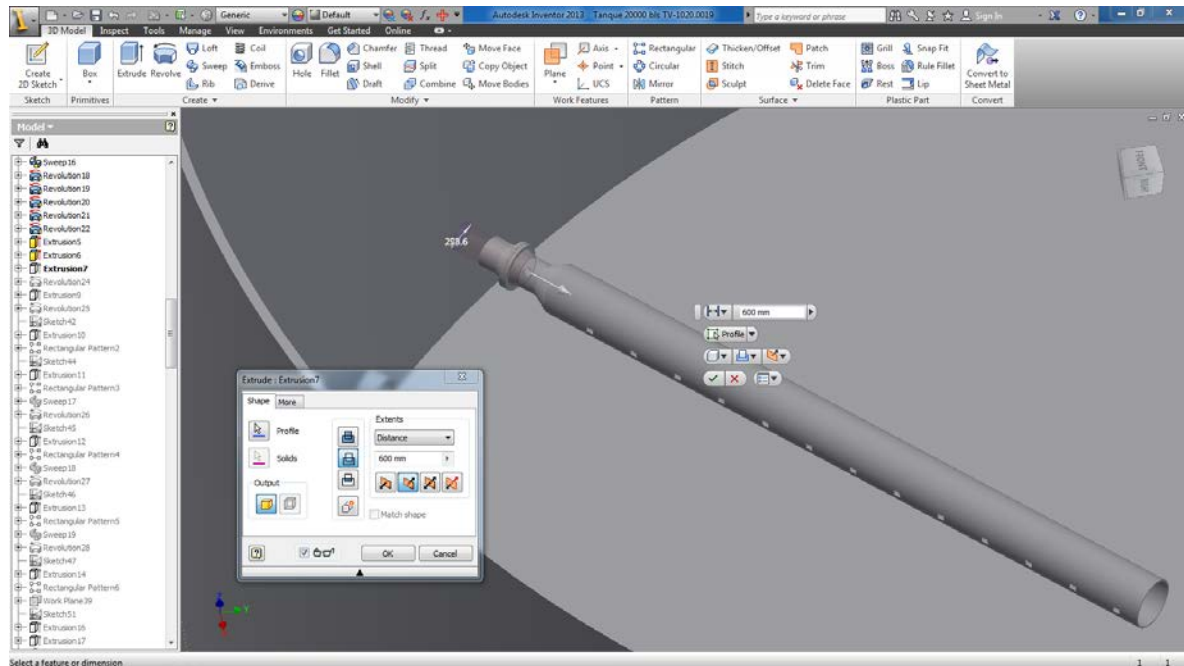


Figura C5. Generación de las conexiones del tubo difusor mediante el comando extrusion.

Para crear los elementos externos como boquillas bridadas, me apoyé de los comandos *pattern & revolution*

Obtuve las dimensiones de las bridas de acuerdo a lo indicado en los códigos API 650 y ANSI 16.5 (Figuras C6 y C7)

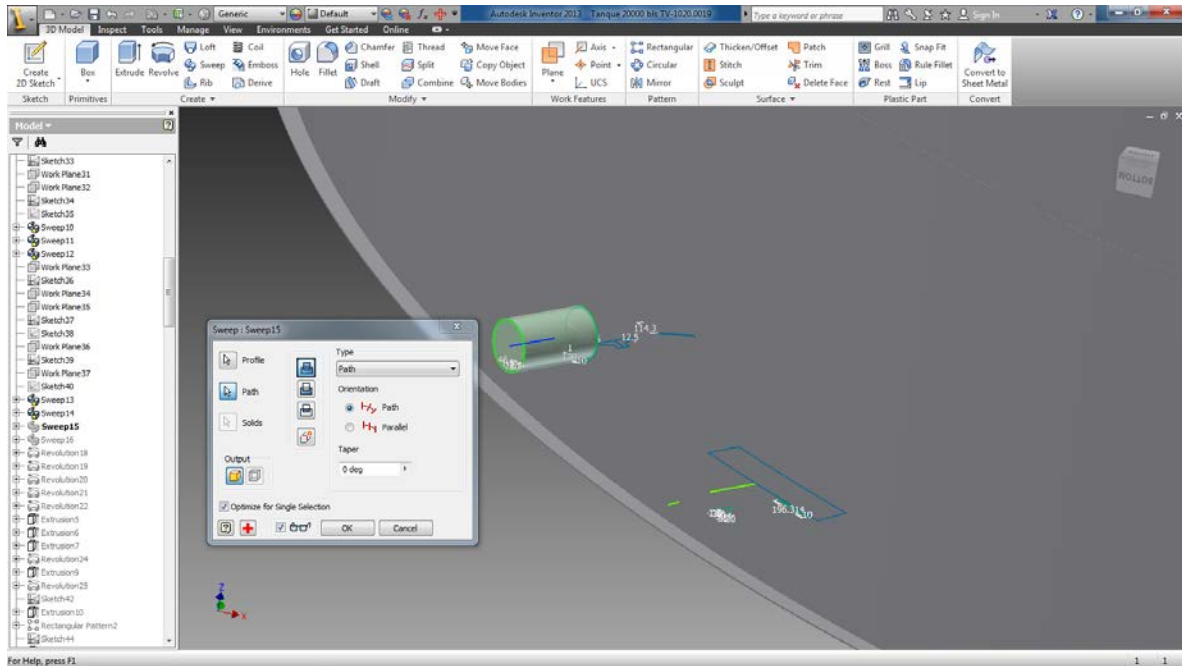


Figura C6. Cuello de boquilla generado mediante el comando sweep.

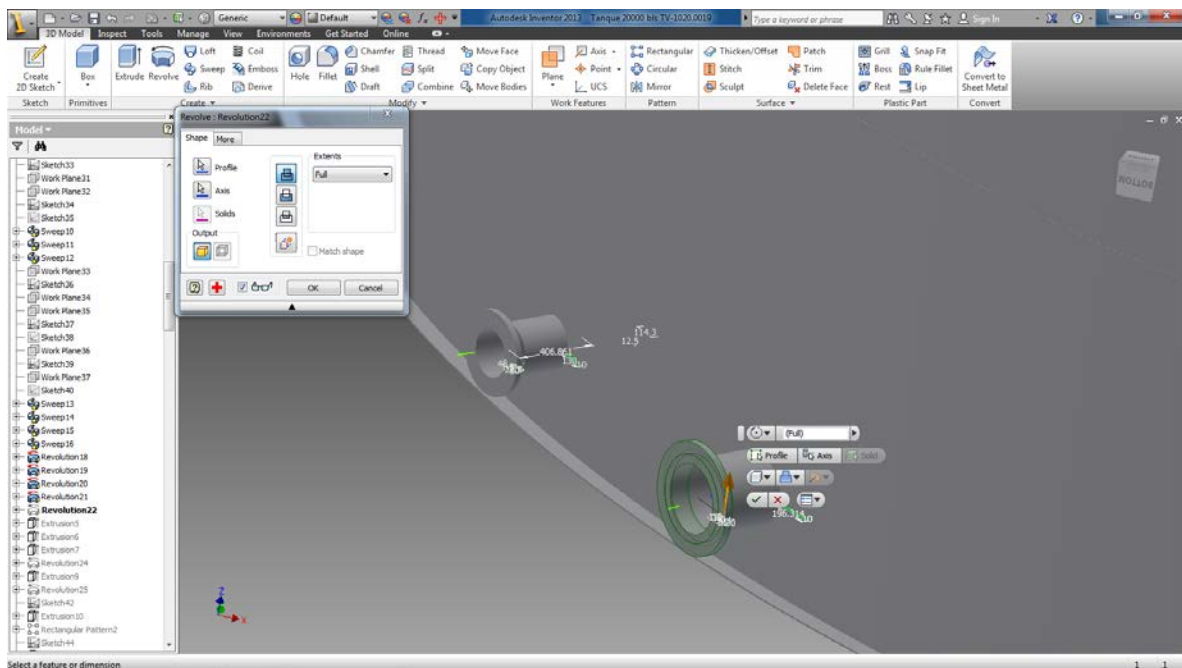


Figura C7. Bridas modeladas, mediante el comando revolution.

Para modelar los peldaños, de las escaleras helicoidales, me apoyé con catálogos de dimensiones comerciales que existen para *rejillas irving* (Figura C8).

Para llevar a cabo el diseño de la escalera helicoidal, tracé un bosquejo de curva en el cuerpo del tanque, sobre la que viajaría el patrón, después utilicé el comando *Rectangular Pattern* (Figura C9).

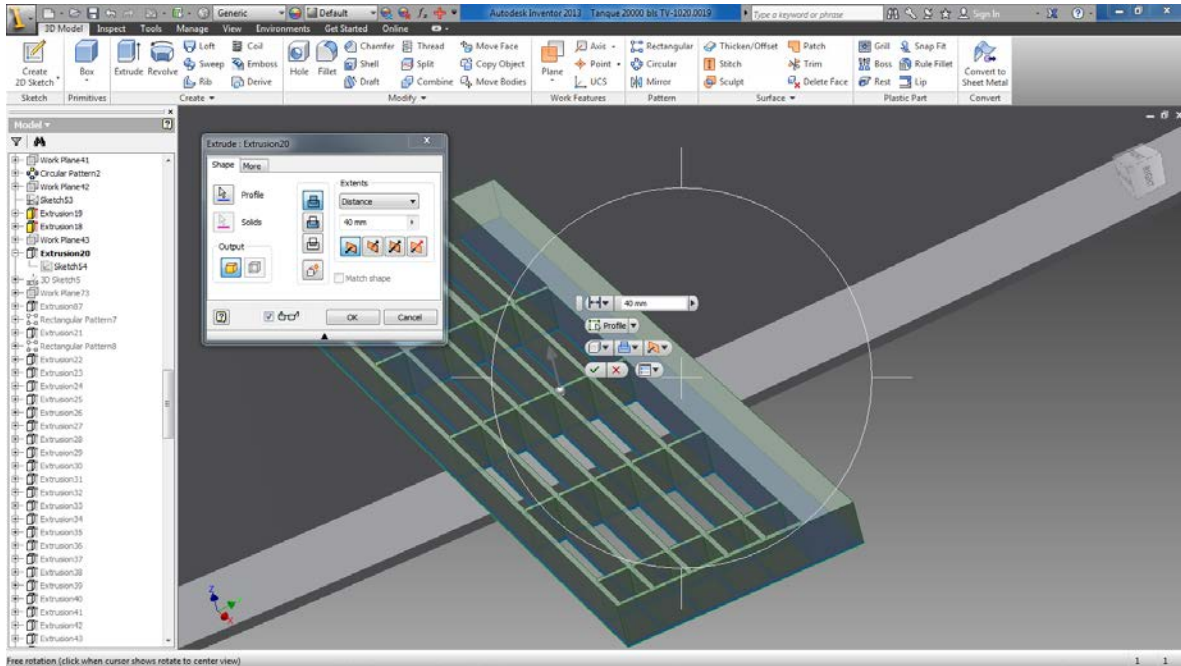


Figura C8. Peldaños de las escaleras helicoidales, modelados mediante el comando *extrusion*.

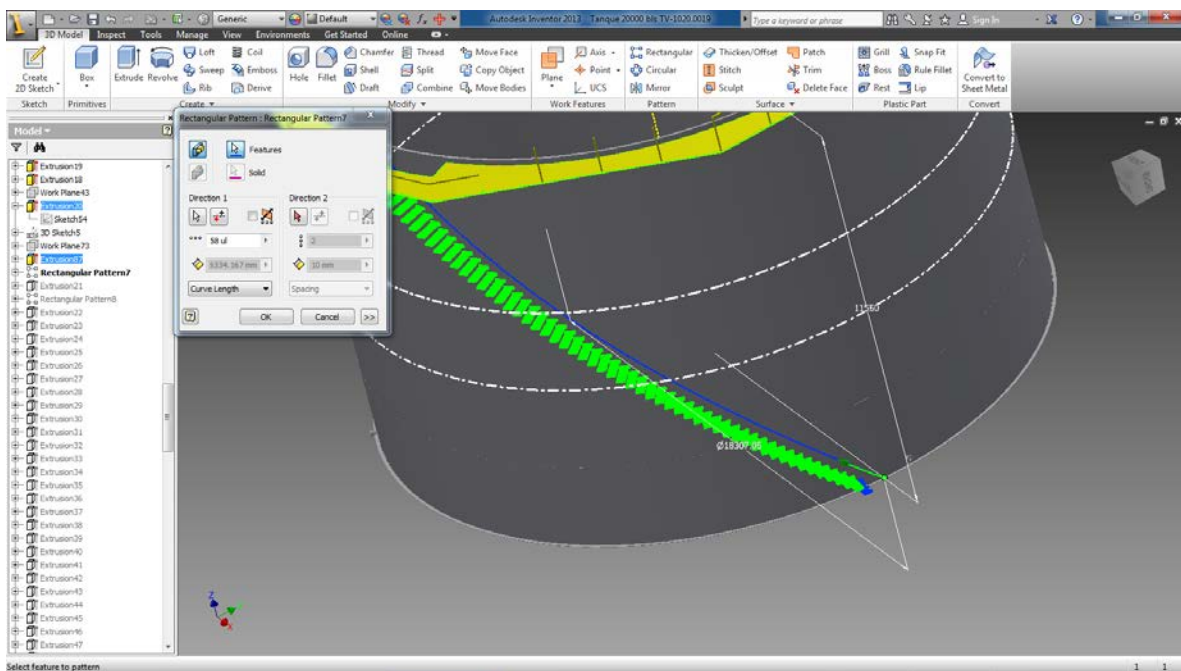


Figura C9. Escalera helicoidal modelada con apoyo del comando *Rectangular pattern*.

Modelé los elementos de acceso, como las escaleras helicoidales, la plataforma y los barandales, con dimensiones de perfiles comerciales y respetando las distancias máximas de separación entre soportes (Figura C10).

Así mismo, modelé las silletas de anclaje de los equipos, distribuyendolas conforme a los grados de separación, que obtuve mediante cálculo (Figura C11).

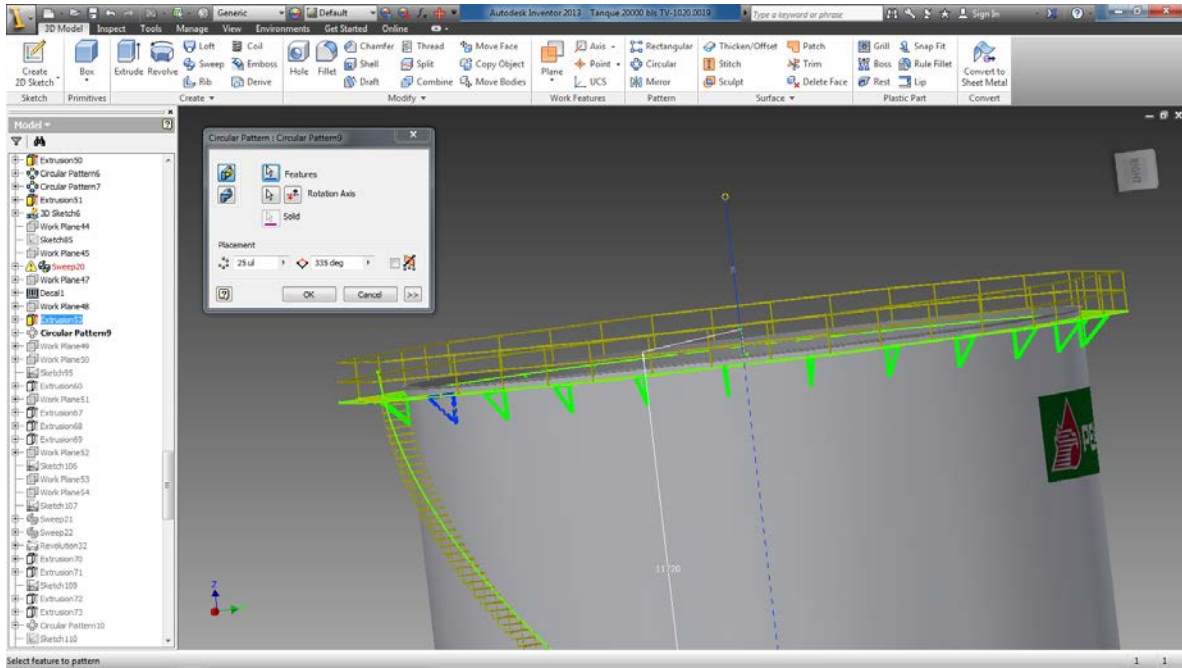


Figura C10. Plataforma, barandal y soportes de carga del barandal.

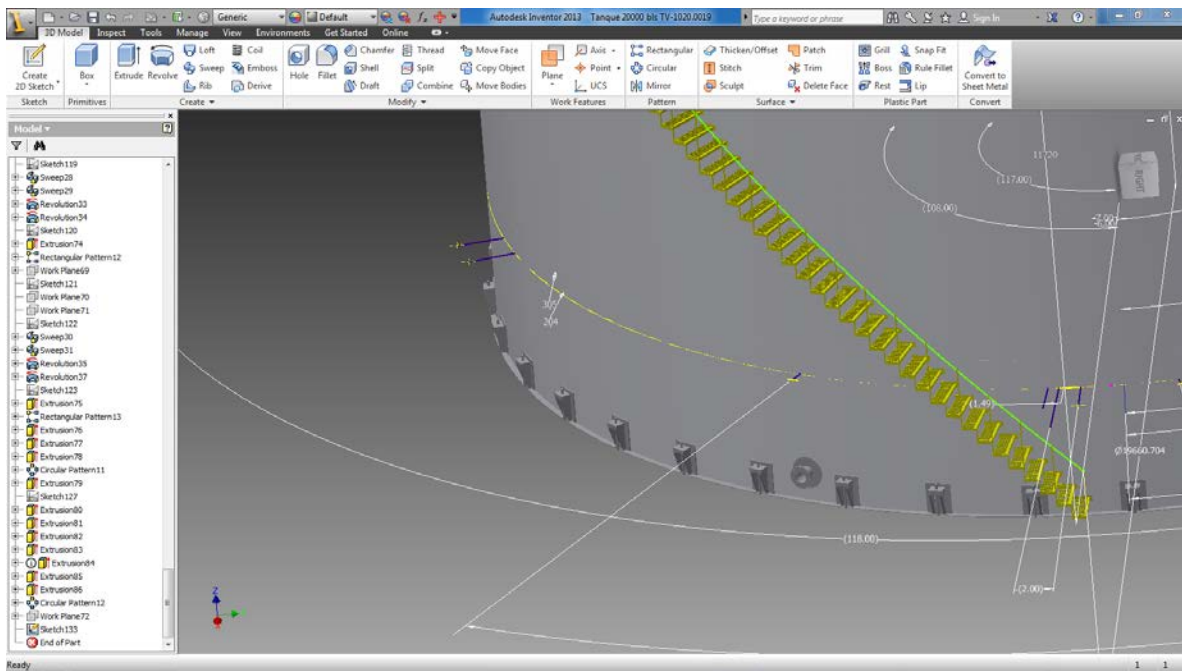


Figura C11. Distribución de las silletas de anclaje con apoyo del comando *circular pattern*.



Para mí, una de las partes más difíciles del modelado de los equipos fué la generación de los domos ya que éstos debían simular una estructura geodésica autoportada (Figuras C12 y C13).

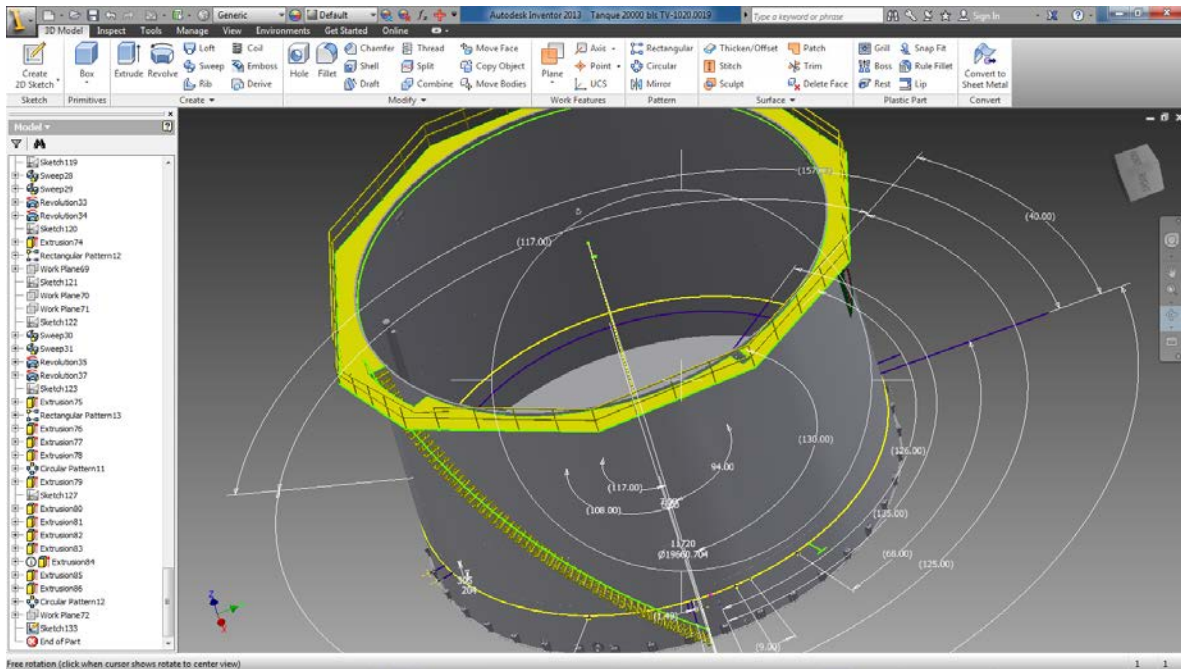


Figura C12. Vista superior del equipo, previo al modelado de la estructura geodesica.

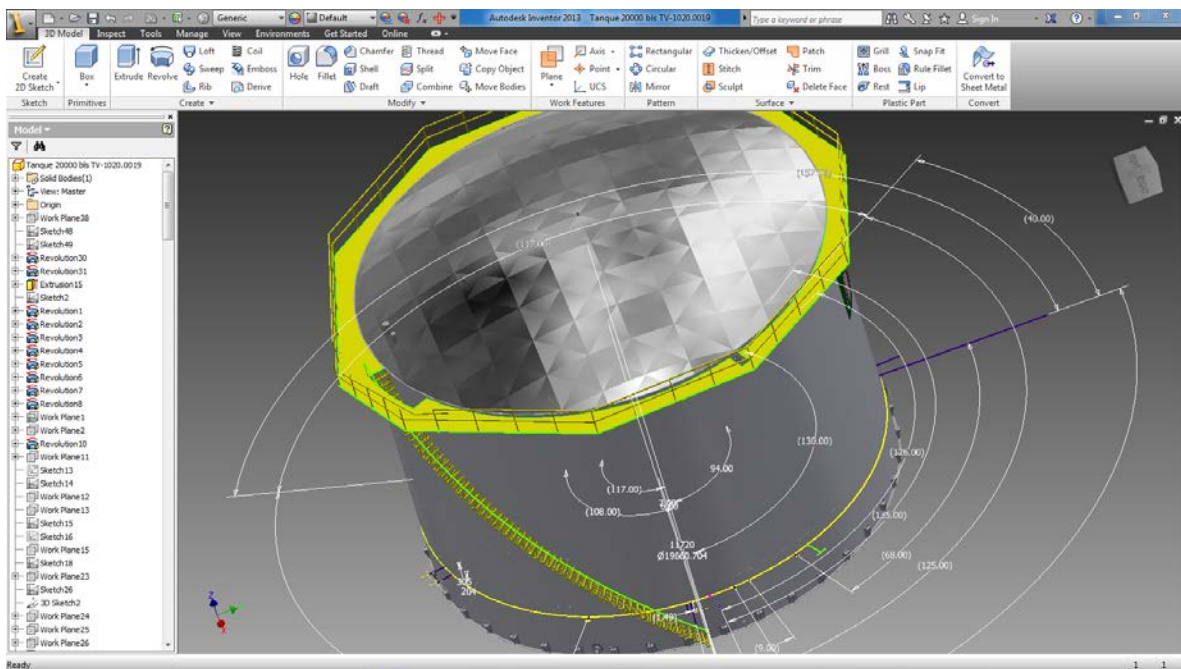


Figura C13. Vista del domo geodesico al finalizar su modelado.

Una vez finalizado el modelo 3D del equipo, se exportó a la extensión .dwg para poder visualizarlo en el software Navisworks.

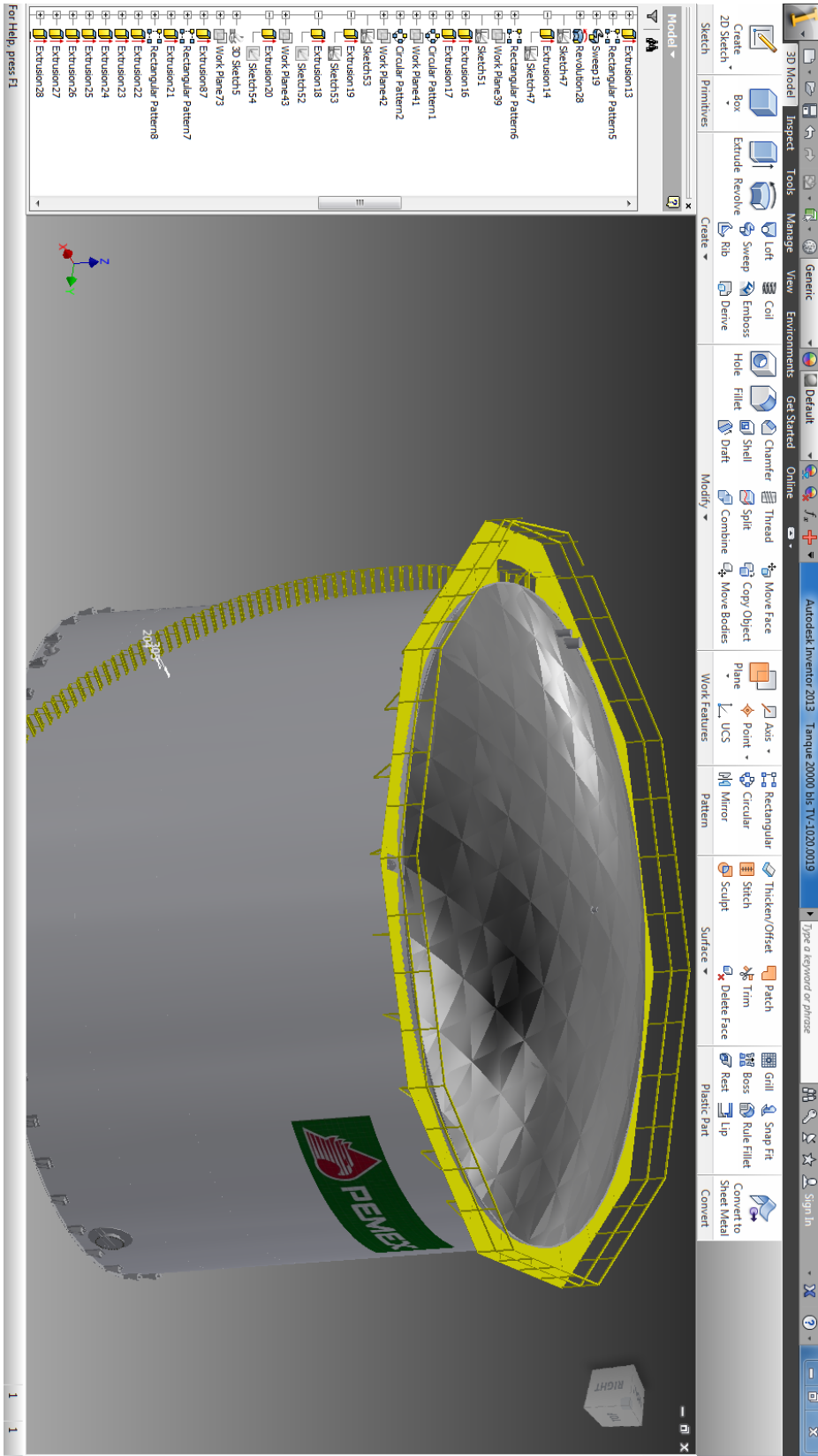


Figura C14. Vista final del modelo 3D del tanque de almacenamiento TV-1020