

EVALUACION DE APTITUD PARA EL SERVICIO DE TANQUE CORTADOR DE CRUDO

Esteban Rubertis ^a, Bernardo Elosegui ^a, Federico Rybner ^b

^a GIE S.A.

^c PLUSPETROL

e-mail:

rubertis@giemp.com.ar

elosegui@giemp.com.ar

frybner@pluspetrol.net

Palabras clave: API 579, FFS, Deformaciones,

Resumen. Este trabajo presenta los resultados de los relevamientos y la evaluación de Aptitud para el Servicio (FFS) de un Tanque cortador de crudo realizada de acuerdo con API 579 – ASME FFS 1, Parte 8. En particular se analizó un tanque que se encontraba fuera de servicio y con deformaciones en su techo y estructura interior, motivo por el cual se realizaron relevamientos por medio de una estación total laser. En base a este relevamiento fue posible obtener las dimensiones de las deformaciones presentes y poder realizar imágenes computarizadas de las geometrías. Se realizó una Evaluación de Aptitud para el Servicio de acuerdo a Nivel 1 de API 579 ASME FFS1 Sección 8. Dentro de dicha Evaluación existen distintos criterios para evaluar, como por ejemplo Fuera de Verticalidad, Fuera de Redondez, Desalineación en Soldaduras, etc. Se lograron determinar 7 zonas en la Virola Superior y en el techo del Tanque, las cuales se encontraban no aptas para el servicio, la zonas a reemplazar corresponden a un total del 45 % de la virola superior y la reconstrucción de 1/3 del techo del tanque. Se realizaron además mediciones de espesor del piso del tanque mediante la técnica de flujo disperso y un análisis de asentamientos del piso. Se confeccionó un procedimiento de reparaciones del tanque con recomendaciones específicas para lograr su aptitud para el servicio. El trabajo permitió un ahorro considerable en tiempos y costos frente a la alternativa de la reconstrucción total del tanque.

1. INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo tiene como objetivo mostrar los resultados obtenidos de la Evaluación de Integridad realizada sobre un Tanque Cortador de Crudo con presencia de deformaciones en la virola superior y el techo.

Al momento de la Inspección, el Tanque se encontraba fuera de servicio, permitiendo realizar una Inspección de acuerdo a **API STD 653, Apéndice C**. Asimismo, se realizaron mediciones de Espesores en la Envolvente y un Ensayo de Flujo Disperso en el Piso del mismo.

Para el caso de las deformaciones existentes, se realizó un relevamiento dimensional de las mismas con el objetivo de caracterizarlas y poder evaluarlas de acuerdo a **API STD 579 / ASME FFS-1 (Edición 2007), Parte 8**.

En la **Figura 1**, se observa una vista general del Tanque en cuestión. El mismo posee un diámetro de 15,2 metros de diámetro y una altura de 11 metros. Cuenta con 8 virolas y es del tipo Techo Cónico con soportes internos.



Figura 1: Tanque Cortador de Crudo.

2. INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA E INTERNA

Se realizó una Inspección Visual Externa e Interna de acuerdo a **API STD 653, Apéndice C**.

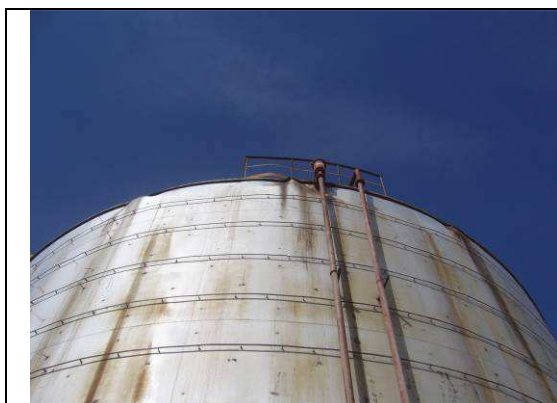
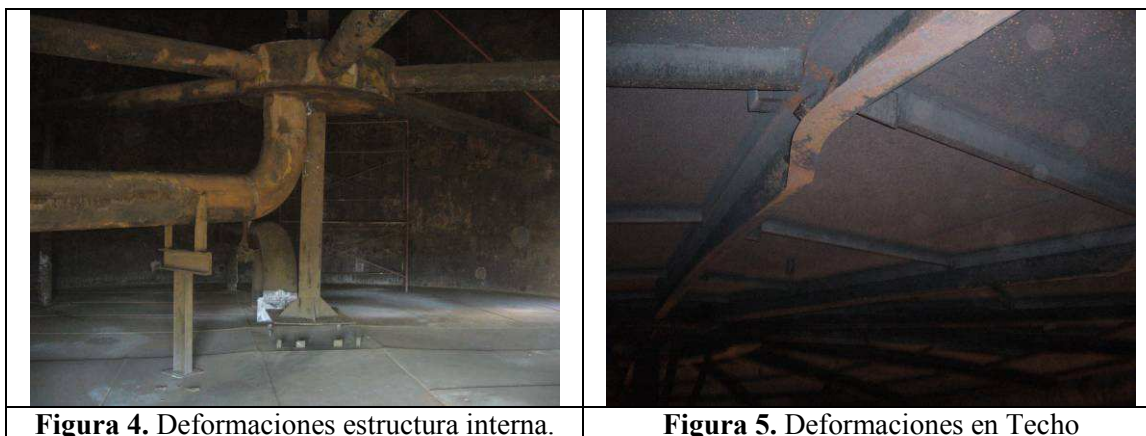


Figura 2. Deformaciones en virola superior



Figura 3. Deformaciones en Techo



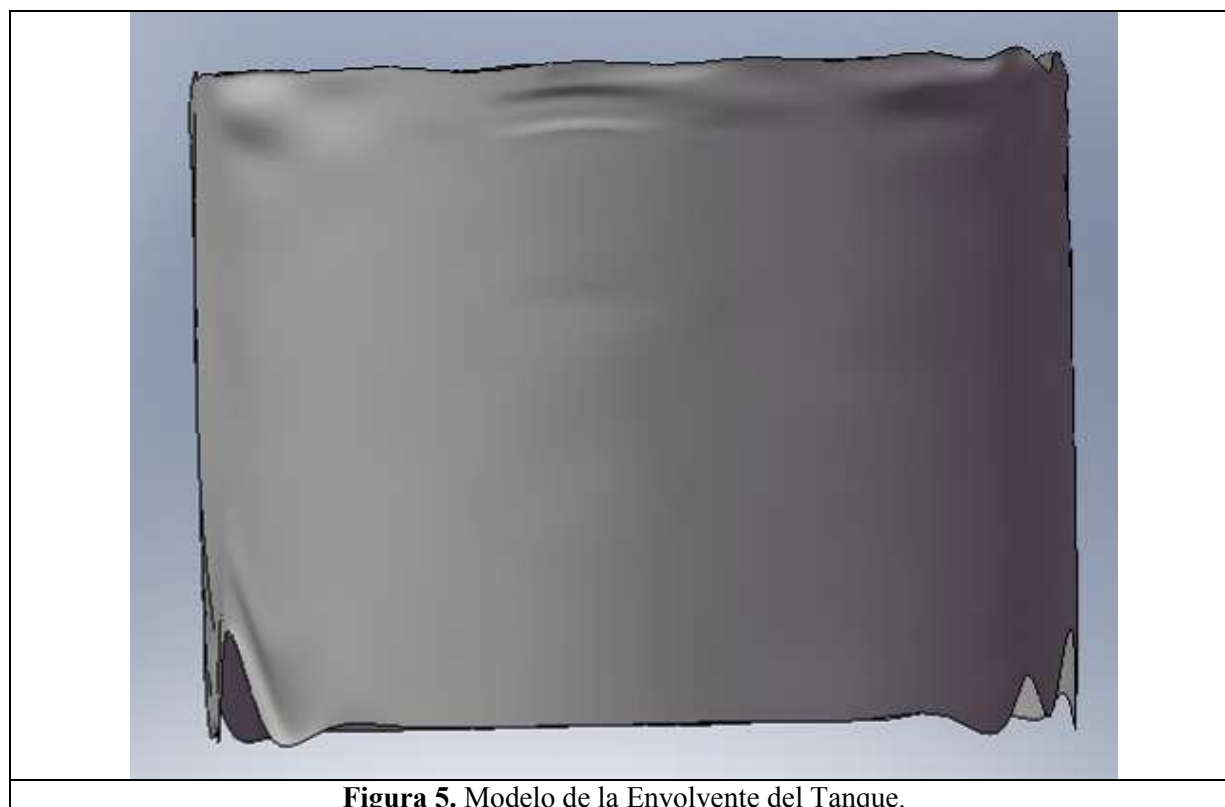
Las deformaciones existentes fueron relevadas dimensionalmente mediante la utilización de una Estación Total marca Leica de 7 segundos de precisión. Se tomaron más de 1800 puntos sobre toda la superficie del Tanque. Estos puntos fueron utilizados para realizar un modelado mediante herramientas CAD para realizar la Evaluación de Aptitud para el Servicio de acuerdo a **API STD 579 / ASME FFS-1 (Edición 2007), Parte 8**.

Asimismo, se realizó una Evaluación del Asentamiento del Piso del Tanque de acuerdo a **API STD 653, Apéndice B**.

3. MODELADO DEL TANQUE

Las mediciones realizadas mediante la Estación Total, fueron utilizadas para realizar un modelo del Tanque, con el objetivo de determinar aquellas zonas que no se encuentren Aptas para el Servicio de acuerdo a **API STD 579 / ASME FFS-1 (Edición 2007), Parte 8**.

A continuación se muestran algunas de las vistas logradas mediante el modelado realizado. En la **Figura 5** se muestra la Envolvente, mientras que en la **Figura 6** se muestra el Techo. La apariencia de gajos es debida a la presencia de los largueros (Perfiles) de la estructura del Techo.



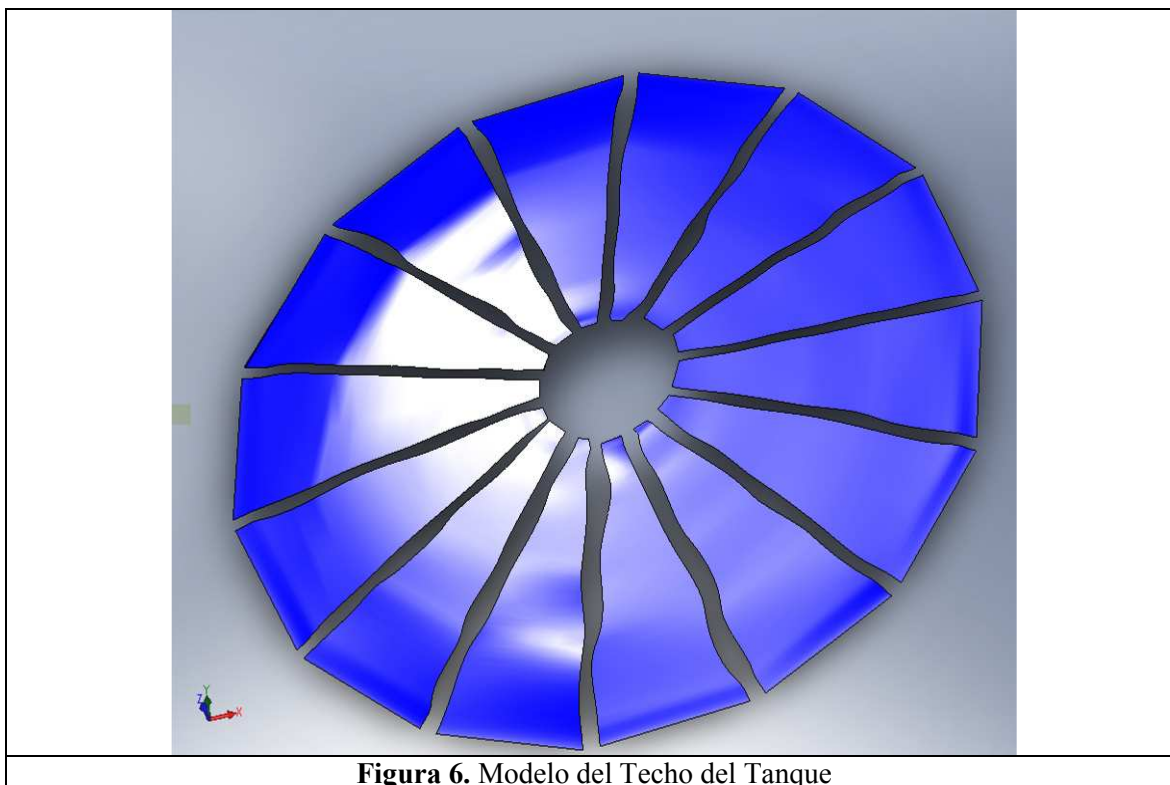


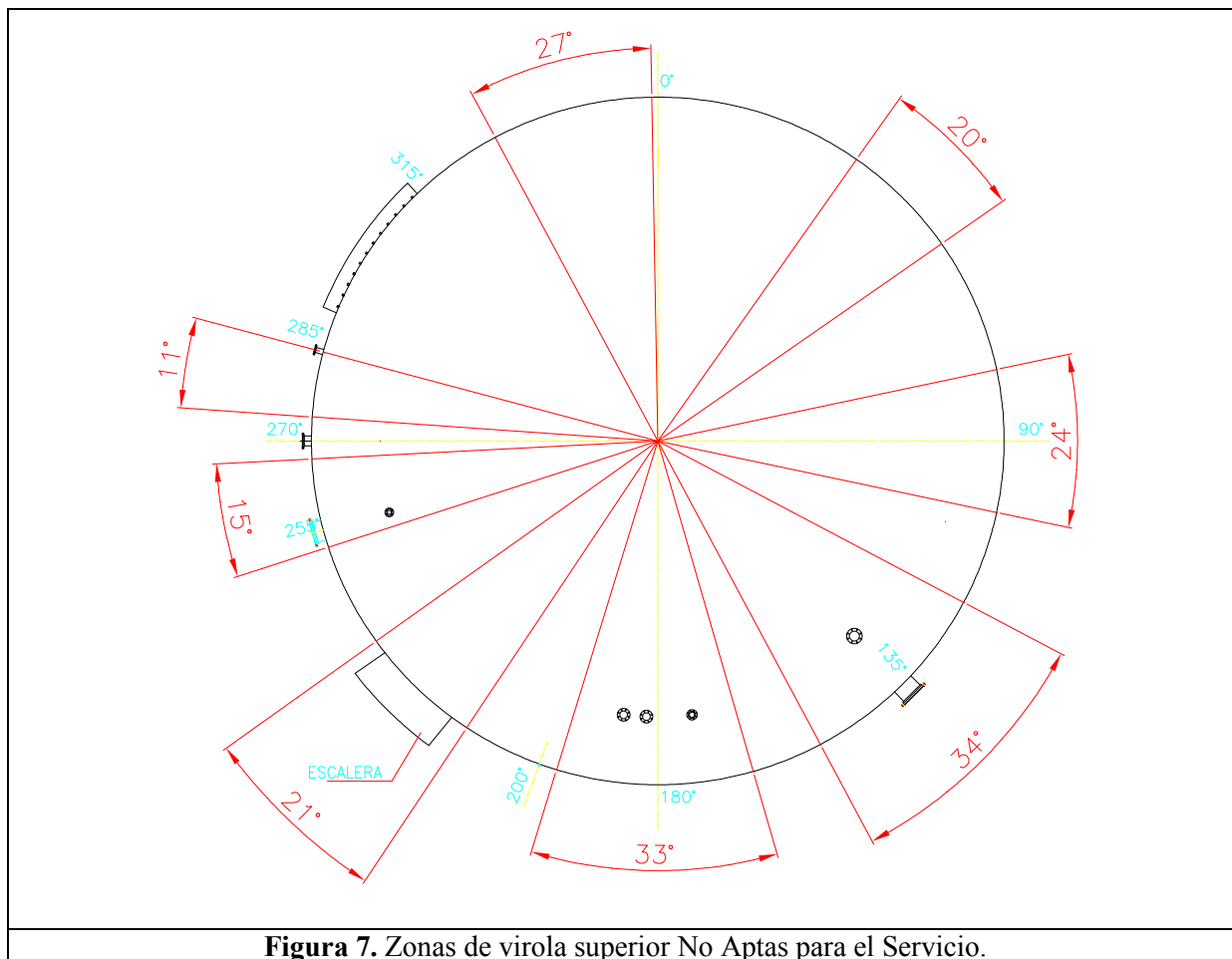
Figura 6. Modelo del Techo del Tanque

4. RESULTADOS

Los modelos realizados fueron superpuestos con modelos correspondientes a las dimensiones originales y a las dimensiones admisibles según **API STD 579 / ASME FFS-1 (Edición 2007), Parte 8**. Dentro de dicha Evaluación existen distintos criterios para evaluar, como por ejemplo Fuera de Verticalidad (Plomada), Fuera de Redondez, Desalineación en Soldaduras, etc.

La evaluación realizada fue la correspondiente a Fuera de Redondez, donde el criterio de aceptabilidad es función del Diámetro del Tanque. En el presente caso, el diámetro del Tanque es de 15.2m, lo cuál permite, según la Norma **API 579**, variaciones de 19 mm en el Radio.

De esta manera se pudieron detectar aquellas zonas que no se encontraban dentro del criterio de aceptabilidad, cabe destacar que esta evaluación fue posible gracias al relevamiento con estación total y al modelado realizado, ya que resultaría prácticamente imposible la comparación sin estas herramientas. A continuación se presenta un esquema donde se detallan las zonas mencionadas anteriormente.



En las zonas definidas en la **Figura 7** se debió realizar la reparación reemplazando las chapas de la virola superior, en el ángulo indicado en la figura. La zona a reemplazar corresponde a un total del 45 % de la virola superior.

En base a la Inspección Visual y el Relevamiento Dimensional realizado, se observaron deformaciones en la totalidad de los perfiles “C” que conforman la estructura del Techo. Debido a que las deformaciones registradas son de carácter plástico (permanentes) en todos los perfiles, se recomienda el reemplazo de los mismos.

Se procedió a realizar el modelado del techo en función a las mediciones obtenidas a través de la Estación Total. Con los planos originales del tanque se esquematizó el mismo con su respectivo techo, superponiendo ambas superficies obtenidas se observa una disminución del diámetro del techo debido a la deformación producida, a consecuencia de esta deformación también se observa que la mayor parte del techo perdió la inclinación inicial, lo que trajo aparejado un curvado en el extremo superior de la pared de tanque, por lo que las únicas secciones coincidentes con el ángulo original corresponden a un anillo concéntrico al centro del techo como se aprecia en el modelado.

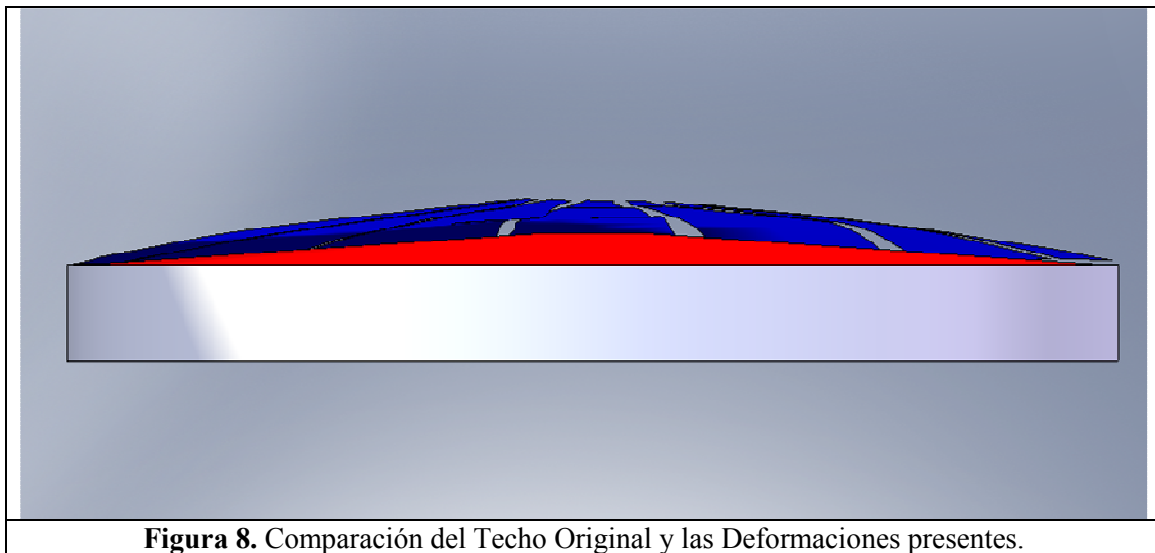


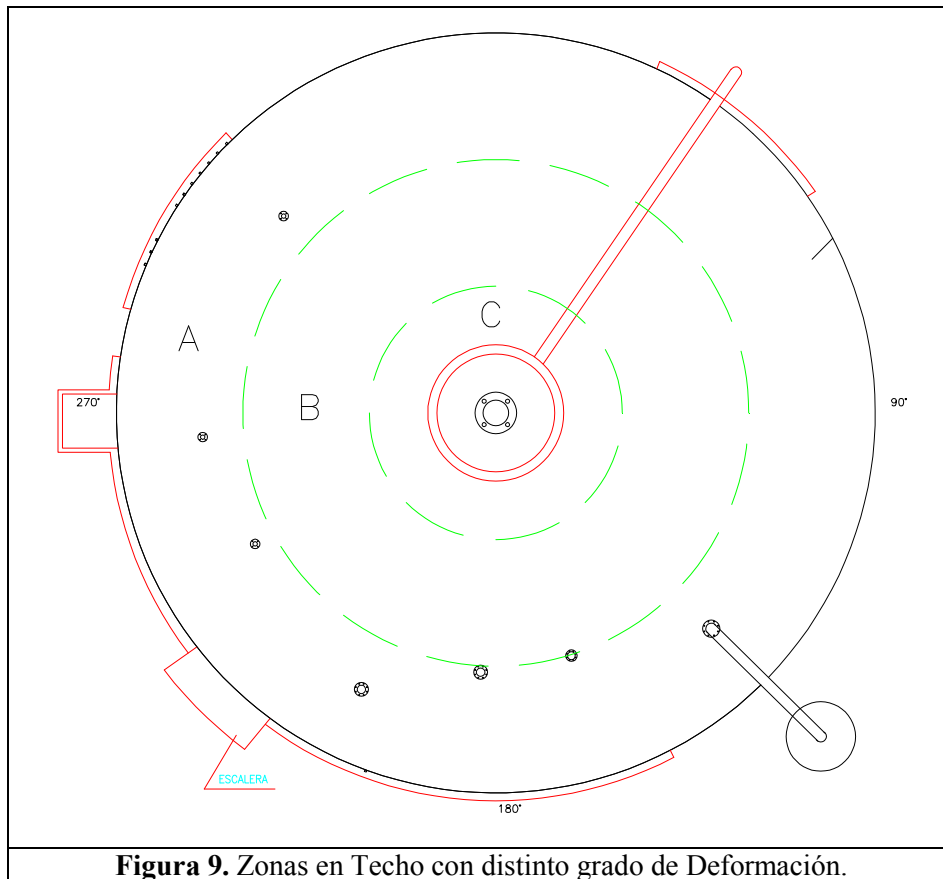
Figura 8. Comparación del Techo Original y las Deformaciones presentes.

Los modelos realizados permitieron determinar que existía una elevación del orden de 400mm en la parte central del Techo, coincidiendo con la elevación de la Columna Central.

Teniendo en cuenta la geometría de las deformaciones del techo se pudo concluir que toda la zona de la periferia del techo (Zona A y parte de la Zona B, en la **Figura 9**) **NO resultan aptas para el servicio de acuerdo con la Parte 8 de API 579 ASME FFS-1**. Debido a esto y a la necesidad del cambio de los perfiles estructurales, se recomendó la reconstrucción del Techo del Tanque. Esta reconstrucción recomendada, además de asegurar la integridad del tanque, debió contar con un techo que cumpla con la recomendación de la **Norma API 650 Párrafo 5.10.2.3**, en la cual expresa que los Techos Cónicos Soportados no deben estar vinculados a los miembros estructurales.

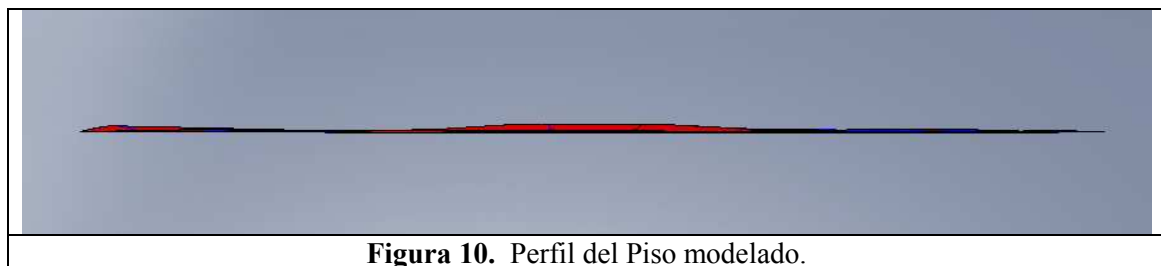
Para la reconstrucción del techo del tanque, fue posible la reutilización de ciertas chapas, para esto se logró determinar mediante la Inspección Visual y los relevamientos dimensionales realizados, la distinción de tres zonas en el Techo (**Figura 9**). En la Zona A, las deformaciones son importantes, por lo cual es necesario su reemplazo. En la Zona B y C, las chapas fueron evaluadas para su reutilización de acuerdo con el criterio de aceptación definido por la Norma ASTM A 6M.

El criterio de aceptabilidad para reutilizar las chapas fue dado por la **Norma ASTM A 6M**. En la misma, se especifican variaciones de deformaciones permitidas desde una superficie plana en función del espesor y el tamaño (longitud) de la chapa (**Tabla A1.13 de ASTM A 6M**)



Por otro lado para el caso del Piso del tanque se destaca que las deformaciones sufridas por el Techo, ocasionaron un desplazamiento en sentido vertical de la columna central del orden de 400mm (**Figura 4**). Al mismo tiempo, se generó una deformación del Piso en forma ascendente en la parte central del mismo, ocasionando que las chapas no se encuentren en contacto con el Suelo. Por lo tanto se recomendó realizar las reparaciones que permitan volver al piso a su posición plana.

A continuación, se muestra el perfil del Piso modelado, donde se observa las diferencias de Nivel a lo largo de toda la Superficie. En la **Figura 10**, se observa la zona con mayor deformación. La misma corresponde a una diferencia de 140 mm de nivel.



Se realizó la Evaluación de Asentamientos del Piso del Tanque de acuerdo a API 653 Apéndice B. En base a dicho Apéndice, la cantidad de mediciones es función del Diámetro del Tanque. En el caso del presente Tanque, y según su diámetro le corresponderían 5 mediciones. Pero la misma Norma indica que no se podrán realizar menos de 8 mediciones. Por lo tanto, se tomaron 8 puntos del relevamiento geométrico que se encuentren tomados en forma equidistante sobre la circunferencia del piso.

En base a las mediciones tomadas y de acuerdo al **Apéndice B de API 653**, se puede obtener la Curva Optima del Coseno y las diferencias entre ésta y las mediciones relevadas.

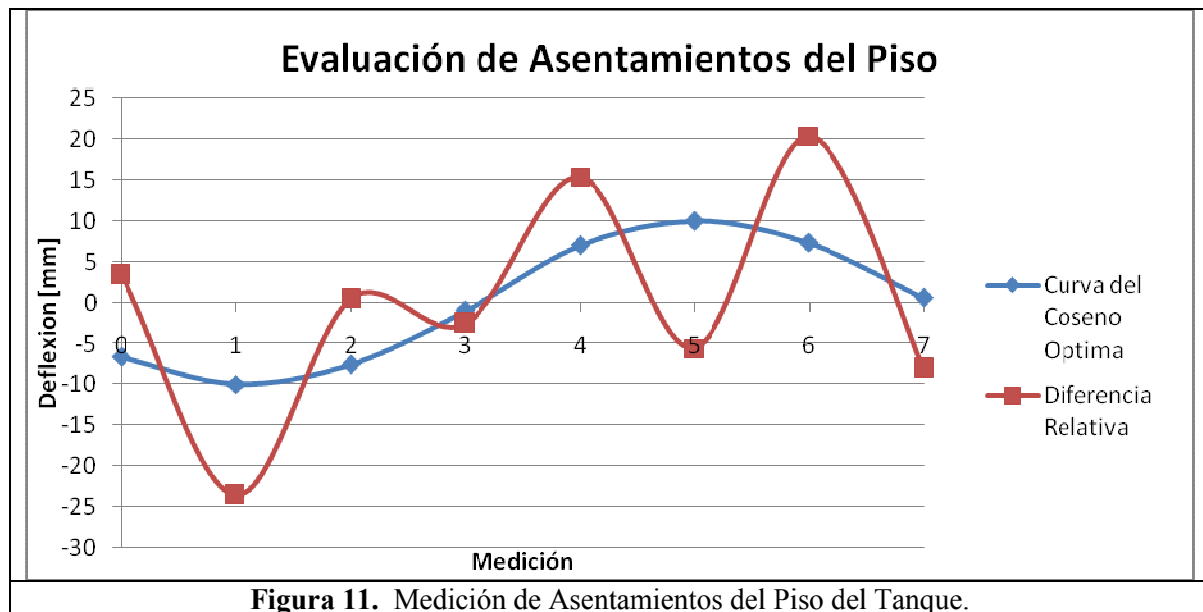


Figura 11. Medición de Asentamientos del Piso del Tanque.

De acuerdo al **Párrafo B.3.2 de API 653**, la desviación máxima fuera del plano, es decir la diferencia entre la Curva del Coseno Óptima y la curva de Diferencia Relativa no debe exceder cierto valor:

$$|S| \leq \frac{L^2 \times Y \times 11}{2 \times (E \times H)}$$

Donde:

S: Desviación Máxima Permitida

L: Largo del arco entre los puntos de medición (19,58 pies)

Y: Límite de Fluencia (36000 PSI – A36)

E: Módulo de Young (30000000 PSI)

H: Altura del Tanque (39,83 pies)

En base a los datos del Tanque y de las mediciones realizadas, se obtiene que la desviación máxima permitida es de **19,4mm**.

A continuación se muestran los resultados de la Evaluación:

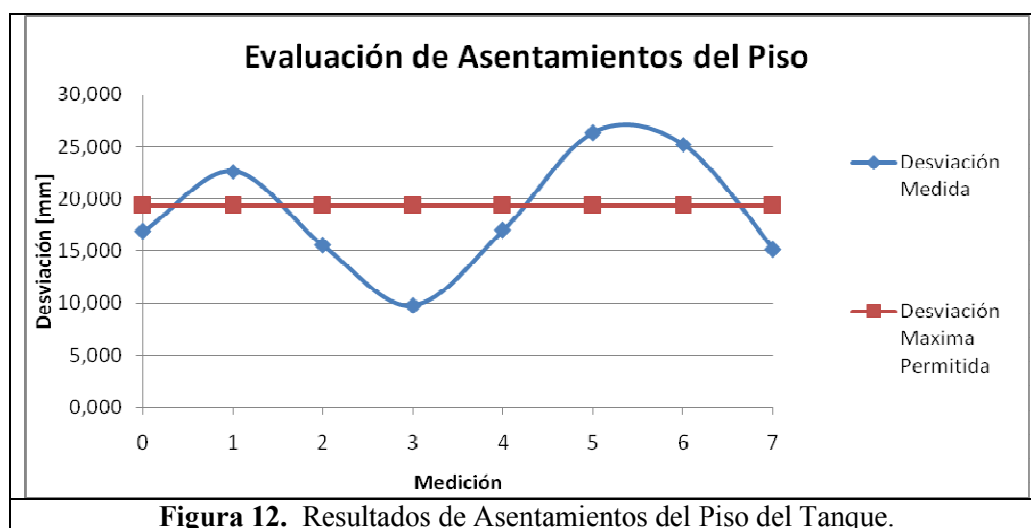


Figura 12. Resultados de Asentamientos del Piso del Tanque.

En la Figura se observa que existen 3 zonas no cumplen con los requerimientos de asentamiento de la norma **API 653 Párrafo B.3.2**. La misma, recomienda que un Ingeniero con experiencia en el Análisis de Asentamientos de Tanques, realice una evaluación más rigurosa. Con el fin de aportar más información para dicha evaluación, se recomendó realizar ensayos de Partículas Magnetizables y/o Líquidos Penetrantes en las soldaduras entre piso y envoltorio, soldaduras verticales y soldaduras de la unión entre 1era y 2da virola de

los ángulos 0° a 90° y 180° a 315°, todos referidos a Plano de Fabricación. En estas zonas el ensayo se debe realizar desde el lado interior como el lado exterior del tanque para descartar cualquier tipo de defectos planares (fisuras).

5. CONCLUSIONES

La Evaluación de Aptitud para el Servicio de acuerdo a API 579 ASME FFS1 Sección 8, permitió determinar 8 zonas en la última Virola y en el Techo del Tanque las cuales se encuentran **NO APTAS PARA EL SERVICIO**. Se recomendó el reemplazo de dichas zonas de la Virola Superior y la reconstrucción del Techo del tanque. Asimismo se recomendó el reemplazo de todos los perfiles estructurales “C” que conforman la estructura del Techo.

Se realizó la Evaluación de Asentamientos del Piso del Tanque de acuerdo a **Apéndice B de API 653**. Los resultados indican que existen 3 zonas las cuales exceden la desviación máxima permitida por la Norma, por lo cual se recomendó la realización de los ensayos no destructivos en las soldaduras para verificar la ausencia de algún tipo de defecto, con el objetivo de aportar más información a una futura Evaluación más rigurosa recomendada por la norma API 653. Se recomendó el monitoreo de los asentamientos.

Se realizó un esquema de reparación del tanque con las indicaciones necesarias para acondicionar el piso, envolvente, estructuras, techo y cañerías del tanque, como así también la necesidad de una Prueba Hidrostática luego de las reparaciones.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. API STD 653 - Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction – Adenda 3 – Febrero 2008
2. API STD 650 – Welded Steel Tanks for Oil Storage - Décima Primer Edición – Junio 2007
3. API RP 579 / ASME FFS1 (API 579 Segunda Edición) – Fitness for Service. American Petroleum Institute – Junio 2007
4. ABOVEGROUND STORAGE TANKS – Philip E. Meyers
5. ASTM A 6M Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling.
6. Metals Handbook Non destructive Inspection