

COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE TANQUES TIPO PARA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Restrepo Ocampo Cristian Andrés (1), Hernández Martínez Alejandro (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería hidráulica, Universidad de Guanajuato] | [crisdrumsoneday@hotmail.com]

2 [Departamento de ingeniería civil, División de ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [alejandro.hernandez@ugto.mx]

Resumen

En este trabajo se presentan análisis estático y sísmico de tanques para la distribución de agua potable en donde se muestran las diferencias de esfuerzos que existen ante ambos tipos de condiciones de trabajo. Considerando que México es un país que ha presentado un gran número de sismos, es importante este análisis para así construir debidamente estos tanques y brindar mejor servicio de distribución de agua potable sin que la población no pueda ser abastecida una vez que se presenta un fenómeno natural como lo son los sismos, ya que este tipo de estructuras son de vital importancia para una población, por ende, su servicio debe ser permanente. Para dichos análisis se emplea el software de análisis estructural Larsa 4D, dando a conocer datos aproximados a lo que se presentaría realmente.

Abstract

The static and seismic analysis of these type tanks reveal the differences of efforts that exist before a natural phenomenon, because Mexico is a country that has presented a great number of earthquakes, it is important this analysis to properly build these tanks and Provide better service of distribution of drinking water without being cut before a natural phenomenon, since these types of structures are of vital importance for a population, therefore their service must be permanent. For these analyzes, the Larsa 4D effort analysis tool is used, giving approximate data to what would actually be presented.

Palabras Clave

Tanque; Diseño sísmico; Estructura de acero; Elementos finitos

INTRODUCCIÓN

Para el diseño sísmico de tanques y depósitos es necesario tomar en cuenta los efectos hidrodinámicos del líquido almacenado, adicionalmente a los efectos de inercia de la masa del conjunto. De esta forma, las paredes del recipiente que contiene líquidos necesitan diseñarse ante presiones hidrodinámicas generadas por movimientos impulsivos y convectivos del fluido. Las presiones impulsivas son debidas al impacto del líquido con el recipiente en movimiento, en tanto que las presiones convectivas se deben a las oscilaciones de fluido [1].

Durante décadas la ingeniería estructural se ha enfocado en tratar de conocer las fuerzas que actúan sobre las estructuras, con la finalidad de obtener edificaciones más seguras y económicas, sin embargo el problema es sumamente complejo y difícil de resolver, ya que existen diferentes variables que intervienen en la solución de cada problema en particular, por ejemplo el tipo de material empleado, la vida útil considerada, la importancia de la estructura, zona sísmica en la que se encontrará ubicada, uso o destino, importancia de la estructura, tipo de suelo, estructuración, adecuada determinación de las acciones de diseño, entre otras [2].

Con la finalidad de reducir las incertidumbres en el diseño sísmico y ampliar el conocimiento sobre las diferentes estructuras se ha adoptado una clasificación para agruparlas de acuerdo con su uso e intentar generalizar su comportamiento dentro de límites aceptables de seguridad estructural y economía (estructuras urbanas, industriales, costa afuera y de infraestructura) [2].

En la actualidad, para el análisis de las presiones hidrodinámicas en los tanques ante solicitaciones sísmicas, prácticamente todos los códigos de diseño están basados en el modelo de Housner [3] que se muestra en la Imagen 1. Este modelo está basado en suponer que la masa del líquido M se puede dividir en 2 porciones; una impulsiva M_0 que se mueve rígidamente con el tanque y una convectiva M_1 que genera el oleaje en la superficie [4].

Debido a su importancia, los tanques de almacenamiento de líquidos se consideran

estructuras del grupo A, es decir, en caso de la ocurrencia de un evento sísmico, estos deben permanecer funcionando [5].

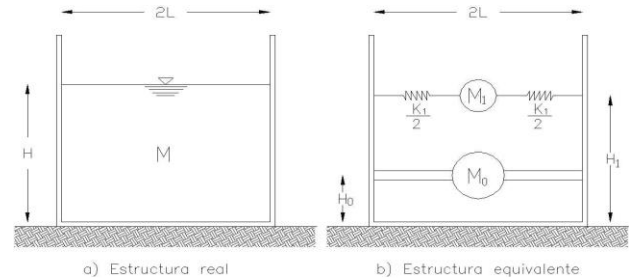


IMAGEN 1: modelo de Housner para análisis de las presiones hidrodinámicas.

Marco teórico

El Manual de Diseño de Obras Civiles (MDOC) de la Comisión Federal de Electricidad [1] menciona que el propósito, es determinar las fuerzas sísmicas que obran sobre tanques y depósitos sometidos a temblores que se especifican mediante espectros de diseño.

El trabajo que se desarrolla tiene la intención de demostrar que por medio del uso de soluciones numéricas, es decir, utilizando el método de elementos finitos se conocen los datos de una compleja estructura que requiere grandes cálculos, estos son procesados por una buena central de computo que hace los cálculos de manera rápida y precisa, gracias a esto se conoce datos de esfuerzos en ciertos puntos, torsiones, puntos críticos, entre otros, además tiene el objetivo de prestar un mejor servicio en la distribución de agua potable, en los casos que se presente un sismo y que esta no sea suspendida.

Para llevar a cabo un análisis de esfuerzos detallado de las paredes y el fondo de un depósito es necesario conocer tanto la distribución como la magnitud de las presiones hidrodinámicas locales. Éstas se obtendrán mediante la combinación de las componentes de presiones impulsivas y convectivas, que se valúan en la forma que se indica a continuación.

Para estimar las fuerzas por sismo a aplicar en los modelos estructurales, se emplea el criterio empleado por el MDOC [1], mientras que para la evaluación de la condición de operación del tanque, se considera las presiones hidrostáticas que genera el líquido a las paredes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el análisis de los modelos estructurales de los tanques, se emplea el software LARSA 4D, el cual emplea el método de elementos finitos para la determinación de las fuerzas en los elementos estructurales. Para los análisis se debe conocer el volumen del tanque el cual es de 10 m³, su estructura es cilíndrica con un radio de 1.4496 una altura total de 2 metros entre tapa superior e inferior, y las estructuras usadas en el análisis que soportan el tanque son de 10 y 15 metros de altura. Es muy importante hacer un debido cálculo para conocer las presiones que ejerce el agua sobre las paredes, cuando el tanque tiende a estar en reposo, es un cálculo sencillo ya que las presiones son distribuidas uniformemente por toda la estructura, al analizar el comportamiento sísmico, entra a ser más complicado el cálculo, aquí es donde se empiezan a experimentar comportamientos hidrodinámicos, este complicado proceso de adquisición de datos, se solucionó, tomando un momento específico donde el oleaje se presenta máximo, se toma este momento ya que es el más crítico y a partir de estos datos, es donde se debe analizar el comportamiento y que daños estructurales se pueden causar, un claro ejemplo se puede comprender en la imagen 2. EL tanque ilustrado cuenta con una capacidad de 10 m³ y esta ubicado a una altura de 10m.

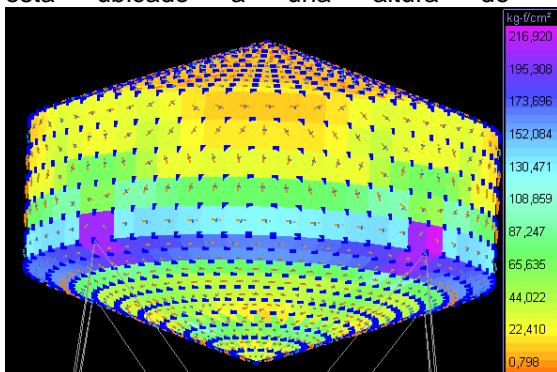


IMAGEN 2: Valores de fuerzas estáticas y puntos críticos de la estructura.

El análisis de las columnas, vigas y tensores se efectúa de la misma manera y obteniendo la misma clase de resultados necesarios para un buen estudio del comportamiento del material, en la imagen 3 se muestra como los esfuerzos se distribuyen en toda la estructura, las vigas transversales mantienen un esfuerzo aproximadamente igual, a diferencia de los esfuerzos que se distribuyen en los apoyos principales, por ende, el apoyo que está anclado sufre el total de los esfuerzos, es decir, la sumatoria de las masas de tanque y estructura.

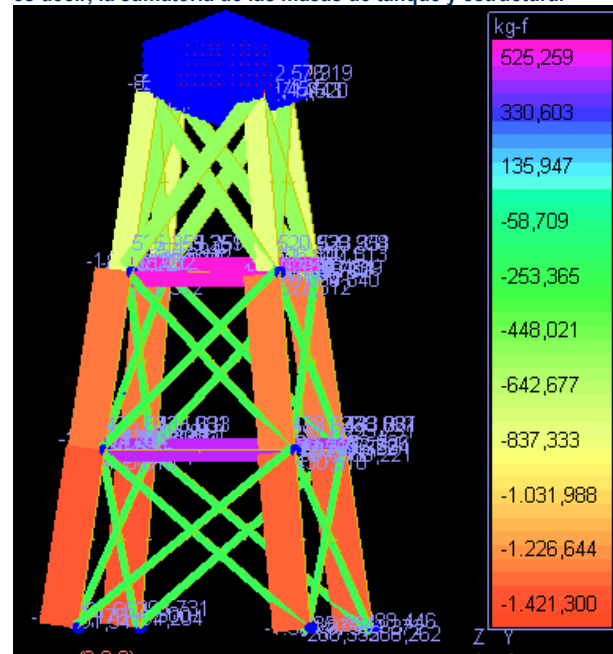


IMAGEN 3: Resultados de fuerzas axiales en las barras de la torre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las siguientes imágenes se muestra los resultados obtenidos en los esfuerzos estáticos y dinámicos, siendo este un comportamiento

estático, como se muestra en la imagen 4.

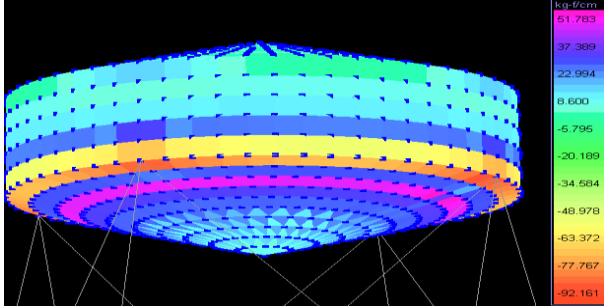


IMAGEN 4: Esfuerzo estático en las paredes en sentido coordenado X.

Este modelo estático presenta un equilibrio de esfuerzos alrededor de toda la estructura, observándose solo que los puntos más críticos son aquellos donde se encuentran los apoyos y la conexión de la tapa inferior con toda la pared del tanque.

En comparación con el modelo sísmico se observa un gran cambio en la estructura, los esfuerzos varían un poco respecto al sentido de los esfuerzos que ejercen el movimiento del agua. Tal cual se muestra en la imagen 5.

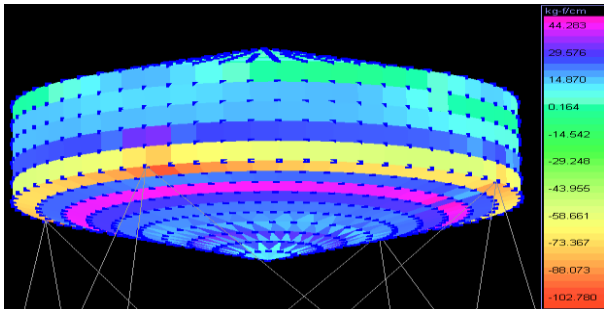


IMAGEN 5: Esfuerzo sísmico en las paredes.

Estas cargas juntas son una aproximación al esfuerzo que aplica toda la estructura con un nivel de agua aproximado a los 7.2 m³, haciendo que al dividir este esfuerzo entre las 4 bases da la aproximación a los 1.8 toneladas.

Para un diseño conservador del tanque por sismo, se puede tomar la máxima aceleración espectral para estructuras del grupo A, obteniendo que la máxima aceleración espectral horizontal es igual a la multiplicación de la aceleración espectral 0.45 por la gravedad, esto da como resultado 4.4145

m/s² siendo este valor, una aceleración, es decir el contenido del tanque (Agua), se acelerará al valor obtenido.

En este caso, el tanque de 10 metro cúbicos tendrá líquido hasta un volumen de 7.2 metros cúbicos, este valor se divide entre la gravedad y esto sería la masa. Esta masa se multiplica por la aceleración espectral para estructuras del grupo A y a la vez se multiplica por la gravedad, este dato es la fuerza que el líquido está aplicando sobre las paredes del tanque, siendo estas unas fuerzas horizontales.

El esfuerzo estático que se presentan en los miembros, se encuentran en un equilibrio por ende una buena distribución de pesos sobre toda la estructura, así como se muestra en la imagen 6.

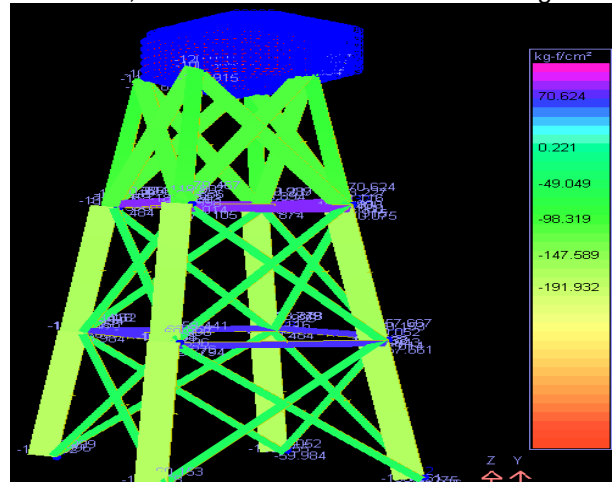


IMAGEN 6: Esfuerzo estático en los miembros.

Al ejercer las fuerzas que aplica el líquido sobre las paredes del tanque, debido al movimiento sísmico se presenta un comportamiento en la

torre, como se muestra en la imagen 7.

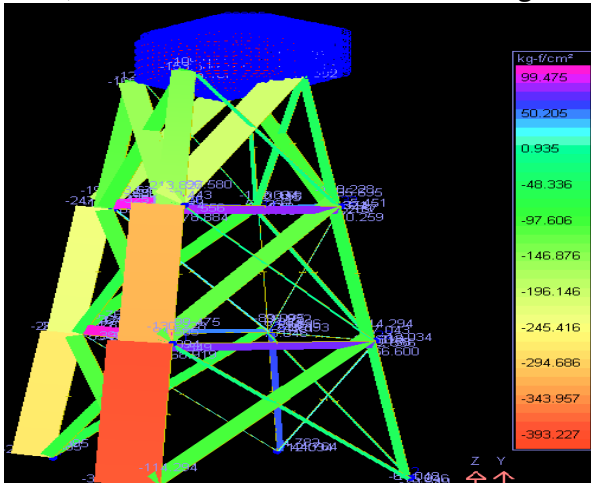


IMAGEN 6: Esfuerzo sísmico en los miembros.

CONCLUSIONES

Mientras que para un análisis estático la descarga de fuerzas axiales en cada una de las columnas principales de la torre es de 1.8 ton, cuando se realiza un análisis por sismo la descarga axial en las columnas puede alcanzar hasta 2.25 ton, teniéndose un incremento de aproximadamente 453 kgf entre ambas condiciones.

En las paredes del tanque se presenta un gran cambio al presentarse un sismo, al analizar el comportamiento se presenta una fuerza de 420 kgf que se distribuye sobre 2 apoyos de algún lateral, y los demás apoyo casi no sufren compresión, a diferencia del comportamiento estático que se presenta una carga de 7200 Kg-F distribuido entre 4 apoyos.

La simulación es uno de los puntos más importantes y que se debe tener cuidado al momento de analizar, no se deben tener estos datos como la verdad absoluta, pero si sirven como una gran base para llegar a un buen diseño.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Dr. Alejandro Hernández Martínez, por su total apoyo, y excelente método de enseñanza. No cabe dudar que su nivel de

conocimiento en el área es muy importante en el desarrollo de esta investigación, de igual manera agradezco a la Universidad de Guanajuato por brindar los espacios de investigación y su gran acogida en sus sedes.

REFERENCIAS

- [1] CFE (2008). Manual de diseño de obras civiles (Diseño por sismo). Comisión Federal de Electricidad. México
- [2] Martínez Contreras J.A. (2008). Verificación del desempeño sísmico de tanques elevados para almacenamiento Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.
- [3] Housner, G.W. (1963). The dynamic behavior of water tanks. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53(2), pp. 381-387.
- [4] Hernández Martínez A. y Hernández Barrios H (2004). Análisis Sísmico no lineal de tanques rectangulares. Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco Gro., México
- [5] Hernández Barrios H., Hernández Martínez A., Valdés Vázquez J.G. (2015). Efecto del oleaje no lineal en tanques de almacenamiento sometidos a sismos intensos. Revista Internacional de Métodos Numéricos para el Cálculo y Diseño en la Ingeniería. Vol. 31(3), pp. 198-206.