



IMPORTANCIA DE LA RELACIÓN SUELO – TUBERIA EN EL RIESGO SÍSMICO Y SU EVALUACIÓN

A. Ortiz
(PER)

Abelardo Ortiz Silva
División de Distribución y Comercialización
Gerencia de Fiscalización de Gas Natural
OSINERGMIN

Ingeniero Químico por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Desarrollo su carrera en la actividad Petrolera, en la primera empresa del Perú, PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A., donde se inició como Ingeniero de Equipo en la División Ingeniería del Dpto. Mantenimiento y Construcción -Talara.

Asistió a diversos Seminarios de Capacitación relacionados a la industria en general y en particular al sector hidrocarburos, tales como: Diseño Mecánico (Recipientes a presión, Sistemas contra incendio, Diseño Mecánico, Intercambiadores de calor). Problemas de Corrosión, relativos a la industria del Petróleo dictado al personal relacionado de Petróleos del Perú. (Centro de Capacitación Petroperú).

Posee más de 45 años de experiencia laboral en empresas del Sector Hidrocarburos, laborando en los últimos 8 años en el Sub-sector de Gas Natural de OSINERGMIN, donde fue encargado de la supervisión de Producción, Procesamiento y Transporte de gas natural. Actualmente se desempeña como Especialista de la División de Distribución y Comercialización de Gas Natural en el OSINERGMIN y está a cargo de la fiscalización de todas las actividades comprendidas en las operaciones de Distribución Gas Natural en Lima y Callao y para la Región Ica. Igualmente a cargo de la supervisión y fiscalización de las actividades constructivas en el crecimiento vegetativo de los sistemas de distribución.

I. INTRODUCCION

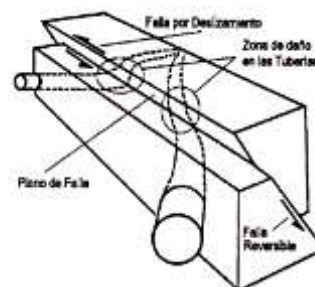
Los sistemas de tuberías de hidrocarburos están clasificados como líneas vitales (tales como líneas de transmisión eléctrica, carreteras, puentes, etc.) debido a la importancia que tiene su servicio, lo que requiere de un alto nivel de seguridad para un comportamiento seguro ante un evento sísmico.

Existe consenso en los investigadores para la necesidad de realizar estudios de riesgo sísmico en los sistemas de tuberías mediante la adaptación de las metodologías existentes, adaptándolas a las condiciones específicas de un país, es decir para una sismicidad específica y que junto a una base de datos actualizada sistemáticamente, permita realizar y/o evaluar un estudio de riesgo sísmico para estos sistemas, cuyos resultados deberán ser analizados para que éstos no se subestimen y conduzcan a una falsa confianza, proponiendo erróneas o ineficientes medidas de mitigación.

II. DISCUSIÓN Y CONCEPTOS

Los estudios de riesgos sísmicos requieren de metodologías que permitan evaluar la calidad estructural de los sistemas de tuberías (vulnerabilidad sísmica), con el objetivo de obtener escenarios posibles de daño como consecuencia de un evento sísmico y que puedan identificar zonas con un elevado riesgo, que una vez identificados se puedan tomar medidas adecuadas para reducirlo.

Gráfico N°1: Movimiento de la falla causado por un sismo,



Fuente: O'Rourke y Jeon 2000

Para la evaluación del “Riesgo Sísmico de los Sistemas de Tuberías” se involucran dos conceptos fundamentales:

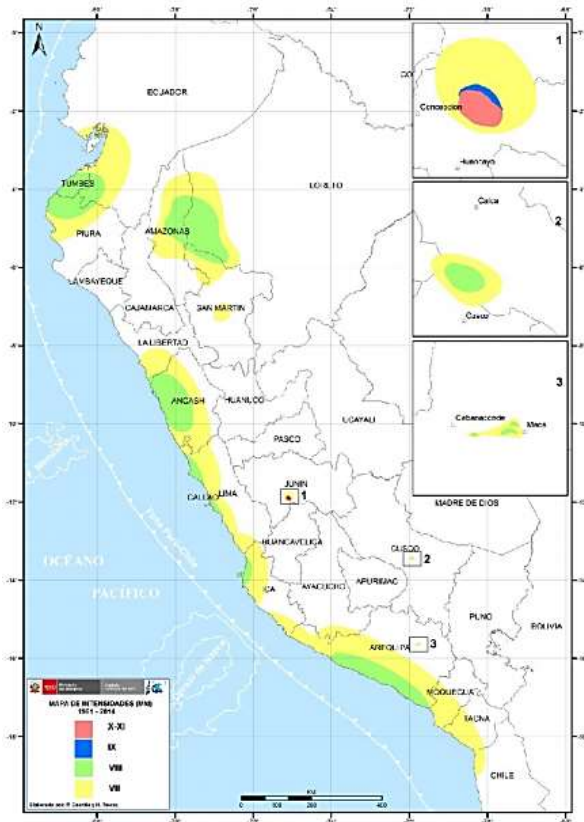
- La peligrosidad sísmica del lugar.
- La vulnerabilidad sísmica de las tuberías.

Para la peligrosidad sísmica del lugar se tiene incertidumbre en la predicción, ubicación y cuantificación de la fuerza de un sismo, así como los efectos secundarios que puedan generarse tales como la Licuación, Desplazamiento de Taludes, Movimiento de fallas activas y Deformaciones Permanentes de Terreno (DPT)¹.

Para caracterizar la celeridad del movimiento sísmico se emplean parámetros como, la Intensidad Macrosísmica (Mercalli modificada), Aceleración del terreno (con énfasis a terremotos recientes), Aceleración Máxima de terreno o pico, etc.

En zonas con fallas cercanas, es importante hacer consideraciones especiales ya que la respuesta dinámica no lineal de una tubería o sistema de tuberías y en particular la respuesta al desplazamiento, es muy sensible a las características dinámicas del movimiento.

Gráfico N°2: Mapa de intensidad sísmica máximas en la escala de Mercalli Modificada para sismos históricos ocurridos entre los años 1960 y 2014.



Fuente: Hernando Talavera, 2014

¹ DPT: Deformación permanente de terreno, tales como fallas superficiales, asentamiento sísmico y desprendimiento lateral del terreno debido a la licuación del suelo.

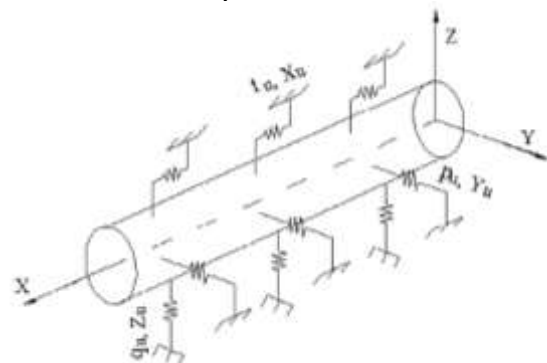
Por parte de la Vulnerabilidad Sísmica de Tuberías, la incertidumbre puede estar en el comportamiento mismo de las tuberías, la calidad del material, proceso constructivo, mano de obra, antigüedad de las tuberías, si éstas están enterradas o no, o si son continuas o segmentadas.

Existen trabajos enfocados al estudio del comportamiento sísmico de las tuberías desde métodos muy simplificados, hasta métodos utilizando elementos finitos. Se reconoce avance en las recomendaciones para el diseño estructural, sísmico de las tuberías y sus componentes; sin embargo estas recomendaciones solo se aplicarían a estructuras nuevas, siendo costoso o poco viable a las construcciones existentes, que en su mayoría fueron diseñadas sin considerar normativa sísmica alguna.

La vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de la estructura o característica de su comportamiento ante la acción de un sismo donde la causa es el sismo y el efecto es el daño. El alcance de un estudio de vulnerabilidad sísmica usualmente está condicionado por el tipo de daño que se pretende evaluar y el nivel de riesgo existente.

Las estrategias para la cuantificación de la vulnerabilidad sísmica, se orientan en términos absolutos a matrices de probabilidad de daño, funciones de vulnerabilidad o curvas de fragilidad, las cuales permiten calcular el posible daño que puede sufrir una tubería o un sistema de tuberías dado un sismo de determinado tamaño. La mayoría de estas funciones utilizan como parámetro del sismo la intensidad macrosísmica, la aceleración máxima o la velocidad máxima del terreno. Existen algunas investigaciones en donde se ha podido construir (o se han utilizado) funciones de vulnerabilidad o curvas de fragilidad. Sin embargo, la aplicación de cada una de estas metodologías sobre una misma línea o tubería puede dar origen a apreciables discrepancias, recomendándose combinar los métodos analíticos y empíricos con algún método o técnica experimental. Algunas relaciones empíricas de daños basadas en informaciones estadísticas de sismos importantes (históricos para la región proveniente de una sistemática base de datos actualizados, existente), pueden utilizarse para estimar el comportamiento futuro del sistema de tuberías.

Gráfico N°3: Modelo estructural de interacción suelo – tubería sujeto a deformaciones.



Fuente: ASCE, 1984

Respecto del daño sísmico, éste se evalúa como comportamiento o respuesta ante los diferentes modos de impacto o movimiento, como deterioro físico. Un sismo puede generar efectos secundarios normalmente adversos para cualquier estructura en especial y para las tuberías, como son la Licuación, Deslizamientos de Taludes y Desplazamiento de Fallas, en donde su tamaño y localización de estos efectos secundarios dependerán de diversos factores entre los que se encuentran las características geológicas y geotécnicas del lugar, principalmente las características del terremoto (Hipocentro, mecanismo, intensidad, magnitud, duración o contenido de frecuencias). Las principales formas de la deformación permanente del terreno o DPT son las fallas superficiales, deslizamientos, asentamiento sísmico y desprendimiento lateral del terreno debido a licuación del suelo, que influyen en el daño a las tuberías enterradas.

La evaluación de la magnitud de un sismo corresponde a temas especializados de sismología y fuera del alcance de este artículo, siendo los efectos secundarios del sismo (Deformaciones Permanentes del Terreno) los que más afectan a la tubería, dado que las fuerzas de inercia en las tuberías enterradas se desprecian al ser resistidas por el suelo que las rodean.

La deformación permanente del terreno depende de las condiciones locales del suelo y de la presencia de fallas activas y de su movimiento, dado que originan desplazamiento laterales de terreno asociados a licuación y deslizamiento de taludes.

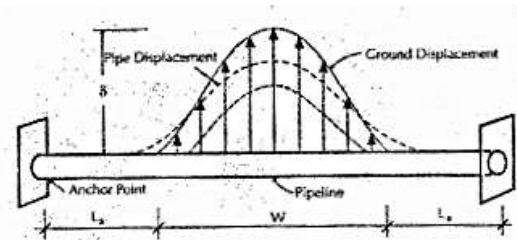
Respecto de la interacción suelo-tubería, las tuberías enterradas se dañan durante un sismo debido a las fuerzas de deformación durante su interacción. La deformación que sufre el terreno puede descomponerse en dos reacciones, una longitudinal paralela al eje de la tubería y la otra transversal a su eje. Su evaluación se realiza mediante complejas ecuaciones asociadas a diferentes autores en la estimación de los esfuerzos y deformaciones que se desarrollan en una tubería enterrada. Estas evaluaciones comprenden a la tubería y la licuación del terreno, al DPT longitudinal en un modelo de tubería elástica e inelástica y para la evaluación de la respuesta de tuberías continuas a una DPT transversal. El método, de mayor aceptación está identificado con elementos finitos.

Este método permite la consideración explícita de las características no lineales de la interacción suelo – tubería en la sección transversal y longitudinal así como la relación no lineal del esfuerzo de tensión para el material de la tubería (T. O'Rourke, Suzuki et al, and Kobayashi et al). Este método igualmente ha sido utilizado en evaluaciones de la respuesta de tuberías enterradas debido a la acción de la deformación permanente del terreno - DPT (Liu y M.O'Rourke).

T. O'Rourke simuló una deformación del suelo con una función de probabilidad dada, permitiendo una apreciación gráfica de la deformación del suelo y la tubería (ver gráfico N°4), facilitando su comparación con las deformaciones permisibles de la tubería.

Estos autores (Liu y M.O'Rourke) basándose en los resultados con modelos de elemento finito, encontraron que la tensión de la tubería es una función creciente del desplazamiento del terreno.

Gráfico N°4: Deformación del suelo y la tubería



Fuente: T. O'Rourke

III. RECOMENDACIÓN

A mérito de resumen, las actividades sucintamente descritas en este artículo resultan ser un área muy amplia de investigación y de variadas disciplinas metodológicas (actuales y en desarrollo), que al seguir ampliándose deben conocerse y aplicándose a diferentes tipos de estructuras y servicios. De ahí, que resulta recomendable disponer de una Base Sistemática de Datos actualizada (Planos, Cartografías, Pruebas de Laboratorio, etc.), con orientación a imponer una normativa nacional por parte del ente rector competente (IGP) para su aplicabilidad en la construcción. Igualmente resulta recomendable, implementar la práctica de "Simulaciones", con data estadística proveniente de la base de datos de los entes competentes para una apropiada evaluación de los riesgos sísmicos.

IV. REFERENCIAS

- American Society of Civil Engineers (ASCE) (1984), Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems, Committee on Gas and Liquid Fuel Lifeline, ASCE.
- Evaluación del Peligro Asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú, Hernando Talavera, 2014
- Instituto Geofísico del Perú (http://www.igp.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=161&Itemid=164&lang=es)
- O.Rourke, T.D. (1988), .Critical Aspects of Soil-Pipeline Interaction for Large Ground Deformation, Proceedings of the First Japan-U.S. Workshop on Liquefaction, Large Ground Deformation and Their Effects Lifeline Facilities, Tokyo, Japan, November, pp. 118-126.
- O.Rourke, M. J. and Lui, X. (1999). .Response of Buried Pipelines Subject to Earthquake Effects, Monograph No. 3, Multidisciplinary Center for Earthquake

Engineering Research, University at Buffalo, State University of New York.

- Rauch, A. F. (1997), .EPOLLIS: An Empirical Method for Predicting Surface Displacement Due to Liquefaction-Induced Lateral Spreading in Earthquake. Virginia Polytechnic Institute, Dissertation Thesis of Ph.D., Blacksburg, Virginia.
- Suzuki, N., and Kobayashi, T., Nakane, H., and Ishikawa, M., (1989), Modeling of Permanent Ground Deformation for Buried Pipelines, Proceeding of the Second U.S.-Japan Workshop on Liquefaction, Large Ground Deformation and Their Effects on Lifelines Buffalo, New York, Technical Report NCEER-89-0032, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, New York, pp. 413-425.