

Un enfoque al modelado 3D de plataformas marinas en operación

Octavio Gómez Camargo

Plantea cómo las plataformas marinas se están diseñando con herramientas CAD, por lo que antes de su instalación cuentan con un modelo 3D, el cual se va actualizando conforme avanza el diseño, hasta llegar a la versión aprobada para su construcción.

Introducción

Durante la vida útil de las plataformas marinas es de gran importancia contar con un modelo tridimensional inteligente, que represente fielmente las instalaciones, con la finalidad de optimizar los procedimientos operativos y de mantenimiento así como de disponer de información real del estado de los equipos y de cada uno de los componentes para facilitar la toma de decisiones, para hacer análisis de riesgos y análisis de operaciones peligrosas (HAZOP) y para hacer diseños de mejoras, modernizaciones, sustituciones y ampliaciones.

Actualmente, las plataformas marinas se están diseñando con herramientas CAD, por lo que antes de su instalación cuentan con un modelo 3D, el cual se va actualizando conforme avanza el diseño, hasta llegar a la versión aprobada para construcción. Posteriormente, el modelo digital de la plataforma marina sirve para guiar en la construcción y dar seguimiento al avance de la misma. De igual forma, el modelo 3D se debe de actualizar respecto a los cambios surgidos durante la construcción e instalación, hasta la puesta en servicio de la plataforma, sin embargo, muchas de éstas fueron construidas cuando aún no se disponía de estas herramientas, por lo que se torna necesario construir el modelo digital de acuerdo al estado actual que presenten. Para desarrollar el modelo digital de las plataformas marinas en operación, las actividades se agrupan en tres grandes etapas: especificación de alcance, recuperación de información y modelado.

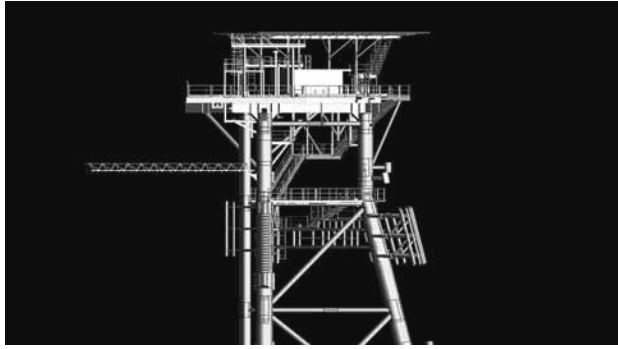
Especificación de alcance

Aunque la plataforma existe y en teoría “se debe de modelar toda la plataforma”, es necesario establecer el alcance de modelado y para ello se hace lo siguiente:

a) Se definen las áreas, especialidades y sistemas a modelar. La subestructura, el subnivel, el sótano, la estructura principal y el helipuerto se consideran las principales áreas de una plataforma marina (Fig. 1). Las actividades para diseño, operación y



Figura 1. Modelo 3D de una plataforma en operación



mantenimiento de plataformas se han especializado bastante y han tomado mucha importancia disciplinas como seguridad, impacto ambiental, calidad, comunicaciones, etcétera. Sin embargo, para el desarrollo de un modelo *as built* de una plataforma, todos los componentes se pueden agrupar en las siguientes especialidades: estructural, equipos, tuberías, eléctrico e instrumentación. Los sistemas son: extracción de petróleo (árboles de válvulas), separación (separación de aceite, gas y agua), desfogues, drenajes, voceo, telecomunicaciones, servicios auxiliares y las operaciones unitarias de acuerdo a la función de cada plataforma (por ejemplo endulzadoras, rectificación, estabilización, etc.).

b) Se clasifican todos los componentes en especialidades y se establecen cuáles componentes se modelan y cuáles no.

Se deberán modelar todas las instalaciones permanentes de la plataforma, sin embargo, se pueden hacer algunas excepciones tales como tuberías flexibles, *tubing* de instrumentos, tuberías menores a dos pulgadas, tuberías ocultas en plafones e instrumentación en cuarto de control. Se definen los límites de modelado, por ejemplo: para las tuberías que se conectan con otras plataformas o con otros complejos y con tuberías sobre el lecho marino. En el caso de que la plataforma forme parte de un complejo, generalmente tienen puentes entre las diferentes plataformas, por lo que es necesario determinar hasta dónde es parte de una plataforma y en dónde empieza la otra, considerando elementos estructurales, tuberías y *conduits*. Se definen los niveles de modelado, especificando los componentes que se modelarán como típicos (muebles y accesorios en las áreas administrativas y de servicios generales, soportes de instrumentos, barandales, etcétera) y los que se modelarán como “cajas negras”, ocupando únicamente un espacio con la forma geométrica semejante al componente real, tales como cajas de conexiones eléctricas, tableros eléctricos, etc. Se desarrollarán catálogos para los componentes que se repiten en el modelo, como son instrumentos, dispositivos eléctricos, válvulas, etc.

c) Se especifican los diagramas y planos a desarrollar. Los diagramas necesarios son: de flujo de proceso, de tuberías e instrumentación, de lazos de control, de señales eléctricas y unifilares. Los planos que son de utilidad son los estructurales, de localización de equipo y de tuberías, tanto vista en planta como isométricos.

d) Se establecen las especificaciones aplicables a cada especialidad. Es necesario que se haga una revisión de las especificaciones que existen en el *software* que se va a usar para modelar y definir cuáles se van a desarrollar como nuevas y cuáles se van a complementar para tener todos los componentes cubiertos con la especificación aplicable.

e) Se especifica la información asociada a cada tipo de componente. Los elementos estructurales deben incluir especificación y dimensiones; los elementos mecánicos y eléctricos deberán tener los datos de placa, fecha y datos de última inspección o mantenimiento; las tuberías deberán tener los datos de diseño y de operación y las charolas o *conduits* la cantidad, tipo de cables y servicio.

f) Se definen los recorridos virtuales y animaciones requeridas. El criterio es hacer un recorrido por cada nivel de plataforma, pasando por los accesos, escaleras y recorridos normales que haría una persona. Se pueden establecer algunos recorridos especiales en caso de disponer de algunos equipos o procesos críticos, asimismo se pueden hacer animaciones de maniobras complicadas de instalación, remoción, operación o mantenimiento de equipos críticos. En este mismo punto se especifica el color con el cual cada componente aparecerá en las caminatas virtuales.

Recuperación de la información

Para desarrollar el modelo digital de una plataforma marina en explotación, se requiere contar con la información generada en el diseño y sus actualizaciones durante todo el ciclo de vida de la plataforma. Por lo general, dicha información está incompleta y no está actualizada, por lo que es necesario conformar un grupo de especialistas para hacer levantamientos y búsquedas de información. Antes de enviar personal a la plataforma es importante tener copias de los planos y diagramas existentes, ya que con éstos se puede delinear un plan para obtener información, el cual comprende entrevistas con personal de operación y mantenimiento, revisión de bitácoras y levantamiento de datos en el área.

La calidad del modelado de una plataforma existente depende fundamentalmente de tres factores: 1) la experiencia de los especialistas en el manejo del *software*, 2) el conocimiento de las especificaciones de trabajo en cada especialidad y 3) la fidelidad de la información que se levante directamente de la instalación.

Es necesario tomar fotografías y videos desde diferentes ángulos de toda la instalación, para asegurar la calidad de la información obtenida. Posteriormente se debe tomar una pierna de la plataforma como referencia y el nivel del mar, para ubicar el punto 0,0,0 correspondiente a los ejes X,Y,Z respectivamente. A partir de ahí se localizarán las otras piernas, las estructuras principales, los equipos mecánicos y eléctricos mayores, y posteriormente se ubicarán las rutas principales de tuberías de proceso y de servicios, y de charolas y *conduits* eléctricos. Una vez habiendo documentado en planos y diagramas lo anterior, se podrán iniciar los levantamientos detallados, para lo cual existen varios métodos que emplean diferentes tecnologías; los más usados son: fotogrametría, videogrametría, láser-escáner o lasergrametría y el tradicional levantamiento manual.

La fotogrametría al igual que la **videogrametría**, requieren de cámaras especiales con óptica nítida de alta calidad con cubiertas industriales y protección de los lentes del mismo tipo. Existen dos técnicas para este método: la fotogrametría estereoscópica y la convergente (Díaz, 1999). En ambos casos se deben seguir procedimientos muy específicos para la toma de fotografías, con al menos dos cámaras de alta fidelidad, de las cuales se conozcan todos sus datos técnicos tales como: tipos de lentes, ajustes, errores intrínsecos, etc. Por lo general, para la sesión de toma de fotografías se pide libranza, ya que se requiere de iluminación especial, evitando reflejos que distorsionen las imágenes; de igual forma se pide que no haya movimientos que alteren las parejas de fotografías. Como se puede apreciar, es un trabajo de laboratorio en un ambiente industrial. Una vez que se han tomado todas las fotografías se pasa a un proceso de depuración de las mismas, en la que se requiere de *software* especial para el tratamiento digital, así como rectificación ortogonal para corregir errores de paralelismo y la restitución fotogramétrica que nos permite deducir distancias, longitudes, alturas y profundidades.

La tecnología de láser-escáner o lasergrametría consiste en escanear los objetos con rayo láser y obtener una nube de puntos a partir de la cual, con el *software* adecuado, se puede definir la forma y las dimensiones de los objetos en la instalación. Esta tecnología cuenta con dos técnicas desarrolladas para hacer levantamientos de información, una es conocida como **tiempo de vuelo** y consiste en enviar pulsos sobre el objetivo y medir el tiempo que tarda en regresar (Díaz, 1999), formando así una nube de puntos a partir de la cual se podrá obtener la forma y dimensiones de los objetos escaneados.

A la otra técnica se le conoce como **onda continua** y consiste en enviar un rayo láser continuo de onda controlada, con el que se obtiene una nube muy densa de puntos, con los cuales se determina la forma tridimensional y el tamaño real de los objetos escaneados.

Estas tecnologías han sido usadas con buen éxito para levantamientos topográficos de terrenos de grandes extensiones y en aplicaciones con condiciones más controladas; sin embargo, es muy difícil que se tengan condiciones adecuadas para trabajar con las cámaras y rayos láser, para hacer levantamientos en plataforma. Aunado a esto, el *software* para transformar la nube de puntos en elementos tridimensionales requiere de mucho trabajo de depuración, así como de conocimiento de las instalaciones para hacer la interpretación adecuada; adicionalmente se requieren varios regresos a la plataforma para validar la interpretación de la nube de puntos.

Independientemente de la tecnología que se use, siempre será necesario que el grupo de especialistas en los trabajos de levantamientos realicen mediciones y toma de datos de manera manual, ya sea en el total de las instalaciones o para completar la información recabada con alguna de las tecnologías aquí comentadas.

Además de ubicar en las coordenadas cada uno de los componentes durante los levantamientos, se deberá de obtener información de manera manual, para elaborar los diagramas de tuberías e instrumentación (DTI's), los de flujo de proceso, y otros como de lazos y unifilares eléctricos.

Desarrollo del modelo

La organización de la información es tan importante como la calidad de la misma, por lo que es necesario mantener una estructura de datos congruente durante todo el ciclo de vida del proyecto. Para ello, la información de levantamientos deberá estar agrupada por área (o nivel de la plataforma), disciplina y sistema. Es de suma importancia establecer los límites entre niveles y entre sistemas, con el fin de evitar omisiones o duplicidad en los trabajos, sobre todo en tuberías y ductos que conectan a los diversos sistemas. El proceso de modelado (Fig. 2) incluye desarrollo y análisis de DTI's actualizados (Fig. 3) con la información recabada durante el levantamiento para obtener listas de líneas, instrumentos, equipos mecánicos, válvulas de control, fluidos de proceso y de servicios. Según la especialidad de los isométricos de levantamientos, se obtienen las listas maestras de componentes (Fig. 4 y 5). Posteriormente se agrupan en componentes que se apegan a especificaciones y los que requieren información de proveedores para poder conformar el catálogo de cada especialidad. Una vez que se cuenta con la información de un área o un nivel de la plataforma, y con todos los catálogos y especificaciones de los elementos, se podrá iniciar la construcción del modelo, empezando por la especialidad estructural, localizando las columnas que forman las piernas. Posteriormente las vigas principales, siguiendo con los travesaños, hasta completar la estructura (Fig. 6).

Figura 2. Diagrama de flujo para desarrollo de modelos "as-built".

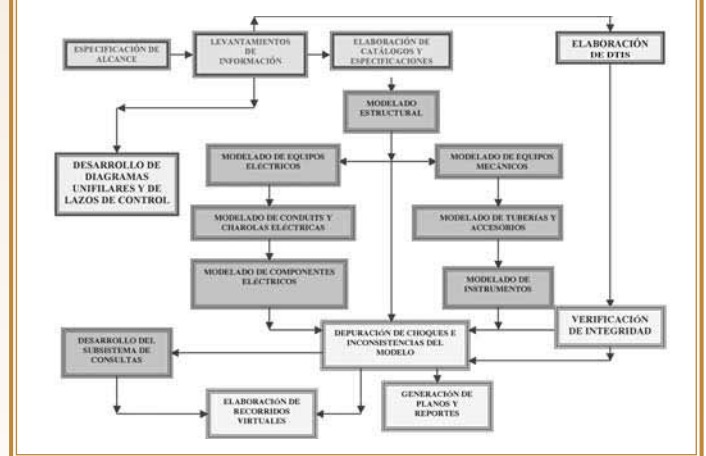
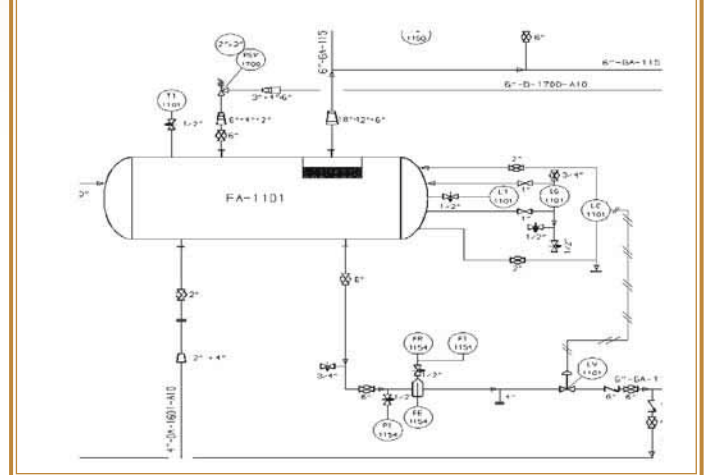


Figura 3. Diagrama de tuberías e instrumentación.



La especialidad de equipos mecánicos empezará con la elaboración de modelos a partir de figuras geométricas básicas (llamadas primitivos), hasta dar la apariencia física con dimensiones reales, incluyendo tapas y accesorios tales como boquillas de conexión para tuberías, instrumentos, drenajes, venteos, "entradas de hombre" (Fig. 7), etcétera. Una vez completado el modelo representativo del equipo se colocará en la estructura de la plataforma, de acuerdo a las coordenadas del mismo (Fig. 8). Posteriormente se podrán modelar las tuberías conforme a los isométricos de levantamiento, a las especificaciones que le apliquen y a la información de los proveedores de válvulas y otros accesorios instalados en toda la ruta de la tubería (Fig. 9). En seguida se podrán hacer las tomas o derivaciones, para conectar al proceso los instrumentos de medición. El mismo proceso se desarrolla para modelar equipo eléctrico, conduits, charolas y componentes eléctricos (Fig. 10).

Figura 4. Desarrollo y generación del inventario de componentes a modelar para instrumentos, tuberías y equipos mecánicos.

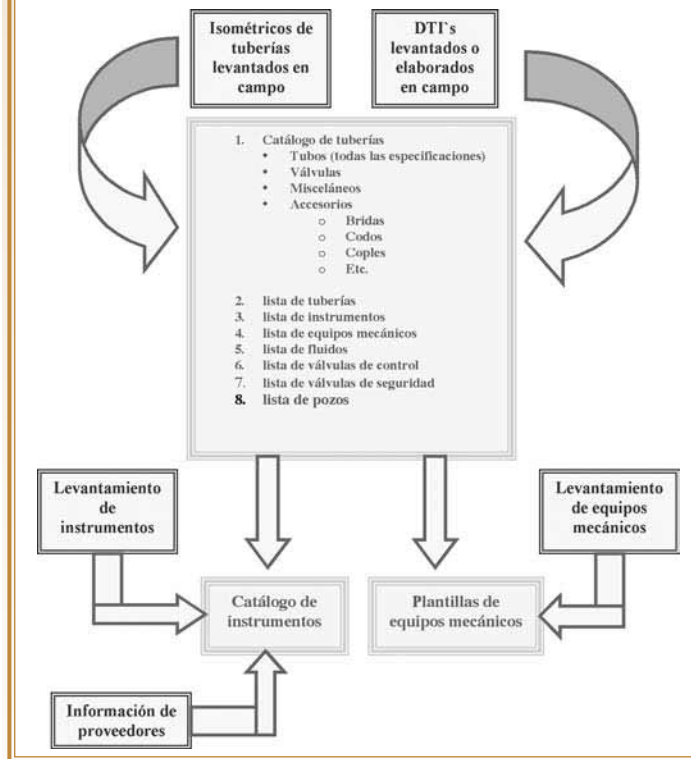


Figura 5. Desarrollo y generación del inventario de componentes a modelar para la especialidad eléctrica y estructural.

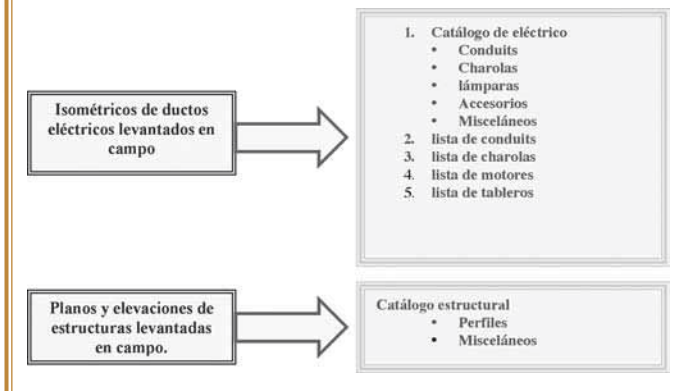


Figura 6. Modelo estructural 3D.



Figura 7. Modelos 3D de equipos mecánicos.

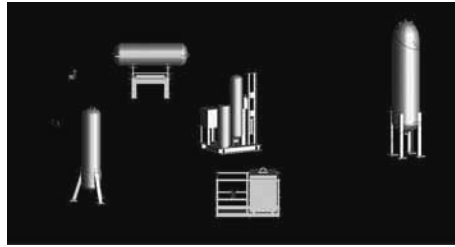


Figura 8. Modelo estructural 3D con equipos mecánicos.

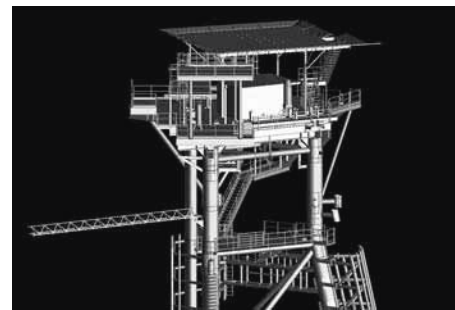


Figura 9. Modelo estructural 3D con equipos mecánicos y tuberías.



Figura 10. Modelo estructural 3D con equipos mecánicos, tuberías y eléctrico.



Una fase importante dentro de la etapa de modelado es la verificación de integridad entre los DTI's y los modelos 3D, comprobando la correspondencia biunívoca entre elementos de proceso, tuberías e instrumentación. Antes de iniciar la depuración de los modelos, se conectan instrumentos con sus respectivos *conduits* y se modelan los pasamanos, los soportes de equipos, tuberías, ductos eléctricos e instrumentos, tales como transmisores (Fig. 11). Una vez que se ha terminado de modelar todos los componentes del área o sistema y que hayan sido conectados los elementos conforme a las especificaciones que les apliquen, se procederá a hacer la depuración de choques e inconsistencias. Para lo anterior, el *software* cuenta con utilerías para detectar choques entre elementos físicos, así como conexiones mal ejecutadas y la unión de elementos de diferente especificación. Será muy importante el análisis de los especialistas, ya que normalmente sucede que las tuberías cruzan entre rejillas o placas de acero, de un nivel a otro. En las tuberías de proceso se presentan cambios súbitos de presión y/o de temperatura, con el consecuente cambio de especificación, sin embargo, el *software* no puede considerar estos datos y reportará un posible error al conectar elementos con diferente especificación. Los ingenieros especialistas deberán dar solución a las discrepancias detectadas y documentar las que sean aceptadas para representar fielmente la instalación real. El modelo depurado será exportado a la utilería de *software* para iniciar el desarrollo de las caminatas virtuales. Durante este proceso se manifiestan nuevas anomalías que no fueron detectadas en la fase de depuración y se aplicará el mismo procedimiento para dar solución a las discrepancias observadas durante la elaboración la caminata virtual. Se asignan colores de acuerdo al código aplicable para tuberías, equipos de proceso, equipos de servicio, equipos eléctricos, etcétera (Fig. 12). A la vez se desarrolla el subsistema de consultas para localizar cualquier componente del modelo y obtener sus datos generales, asimismo, se pueden ligar otros archivos y documentos a cada elemento, con la finalidad de disponer de la información necesaria y suficiente para hacer los análisis de operación, mantenimiento y verificaciones rutinarias y especiales que se realizan durante la fase de explotación de la plataforma marítima, para facilitar la toma de decisiones. Finalmente se diseñan los reportes de información que requiera el cliente, tales como planos de localización; plantas y elevaciones de tuberías y equipos; isométricos y listas de materiales.

Figura 11. Modelo estructural 3D con equipos mecánicos, tuberías, eléctrico e instrumentos.

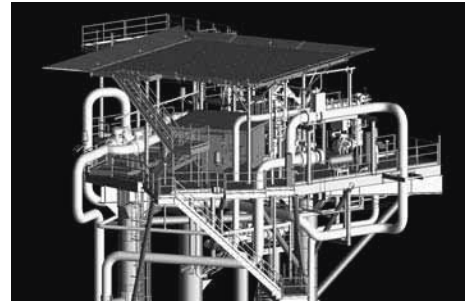


Figura 12. Fotografía de una caminata virtual sobre la plataforma.



Conclusiones

El desarrollo de *software* para construcción de modelos digitales inteligentes 3D está enfocando los esfuerzos para la administración de la información, de tal manera que se mantenga la integridad de ésta en todos los niveles de decisión, desde operadores, mantenimiento, ingeniería y procura, hasta instalación, administración y negocios.

La actualización de un modelo digital inteligente requiere menor esfuerzo que actualizar cada uno de los planos y diagramas que se necesitan para mantenimiento y operación de las plataformas, ya que una vez actualizado, sirve para editar cualquier plano o diagrama que se requiera.

La capacitación de nuevo personal en las plataformas es objetiva y se realiza utilizando modelos digitales, complementándola con caminatas virtuales y los diagramas correspondientes.

Los tiempos para realizar cambios al proceso en las plataformas son significativamente menores, contando con un modelo digital inteligente 3D actualizado, ya que permite visualizar todos los elementos que deberán ser removidos temporal o definitivamente, obtener diseños, listas de materiales y especificaciones congruentes con la instalación, disminuyendo la cantidad de material sobrante y acortando los tiempos de libranza para la instalación de los nuevos componentes.

Bibliografía

Díaz M. J.J., Pedraza M., J. *Modificaciones Complejas de Diseño con Cero Interferencias Físicas*. Revista Ingeniería Química, Madrid España, Vol. 31, Núm. 363, Diciembre de 1999.

Peltier, Robert, *Computer Tools Drive Powerplant Design*, Power, May/June 2002.

Bandel, F. and Lawson, J., *Working the Kinks Out of Piping Design*, Chemical Engineering. September 2002.

Octavio Gómez Camargo

Ingeniero Químico egresado de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales de Cuatitlán, perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México. Cuenta con una Maestría en Ingeniería Química, por parte de la Facultad de Química de la UNAM.

Ingresa al Departamento de Instrumentación y Control, de la División de Estudios de Ingeniería del IIE, en agosto de 1981, participando en la especialidad de instrumentación de procesos como jefe de proyecto. En 1993 recibió el nombramiento de Coordinador de la Especialidad de Integración de Sistemas de Control Digital. Ha publicado diversos artículos nacionales e internacionales, en los temas relacionados a instrumentación, control de procesos y administración de proyectos de innovación tecnológica. Actualmente es investigador nivel IV, de la Gerencia de Control e Instrumentación.

ogomez@iie.org.mx