



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN

LA INGENIERÍA CONCURRENTES, UNA  
SOLUCIÓN ACTUAL A LOS PROBLEMAS  
DE PROYECTOS DE INGENIERÍA,  
APLICADA EN LA PLATAFORMA  
MARINA FIJA DE PERFORACIÓN,  
DENOMINADA MALOOB-C EN EL  
SOFTWARE PDS (PLANT DESIGN  
SYSTEM).

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:**

**PADILLA RODRÍGUEZ FERNANDO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. ARTURO MACÍAS FERREIRA**

**MEXICO 2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## **Dedicatoria:**

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis padres que gracias a ellos eh cumplido con una de mis metas, por su apoyo incondicional y por su amor que siempre me brindaron.

A mi madre Elia, que estuvo ahí en todo momento y sé que es un orgullo para ella el que yo allá concluido mis estudios satisfactoriamente. ¡Este logro no solo es mío también es tuyo! Te quiero mucho. Gracias

A mi padre Alfredo, que siempre se preocupo por los estudios de mis hermanos y míos le agradezco con todo el corazón.

A mis hermanos Alberto y Lizbeth, que tengo su apoyo a lo largo no solo de mi carrera también eh tenido ese apoyo a lo largo de toda mi vida. Gracias.

A mi princesa Paty, que siempre estuvo a mi lado ayudándome, apoyándome y por el amor que me brindaste para salir adelante. Te amo.

También agradezco a la familia y amigos que siempre estuvo pendiente de mi carrera.

Y gracias a Dios por darme el don del a vida.

Y por ultimo pero no por eso menos importante agradezco a la gente que no creyó que pudiera lograrlo, esos pensamientos solo me hicieron más fuerte. Gracias



## INDICE

INTRODUCCION.....	5
DEFINICIONES.....	6
CAPITULO I. ANTECEDENTES .....	8
I.1 MODELADO ELECTRONICO DE PLATAFORMAS.....	10
I.2 MODELOS ELECTRONICOS BIDIMENSIONALES INTELIGENTES .....	12
I.3 MODELOS ELECTRONICOS TRIDIMENSIONALES INTELIGENTES .....	14
I.4. SOFTWARE PDS (PLANT DESING SYSTEM) .....	18
I.5. SOFTWARE SIMILAR AL PDS .....	20
I.6. INGENIERIA TRADICIONAL .....	24
I.7. INGENIERIA CONCURRENTE .....	25
I.8. MANEJO DE LA INGENIERIA CONCURRENTE EN MODELOS ELECTRONICOS ...	26
I.9. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA PDS .....	27
I.9.1. MODULOS DE PDS.....	27
I.9.2. ESTRUCTURA DE UN PROYECTO EN PDS .....	34
CAPITULO II. PLATAFORMAS MARINAS.....	36
II.1 DISCIPLINAS BÁSICAS PARA EL DISEÑO DE PLATAFORMAS.....	36
II.2. CICLO DE VIDA DE LAS PLATAFORMAS.....	40
II.3. DIFERENTES TIPOS DE PLATAFORMAS .....	43
II.3.1. PLATAFORMAS MÓVILES PARA EXPLORACIÓN.....	44
II.3.2. PLATAFORMAS AUTOELEVABLES (JACK-UP) .....	46
II.3.3. PLATAFORMAS SEMISUMERGIBLES .....	48
II.3.4. BARCOS DE PERFORACIÓN.....	50
II.3.5. PLATAFORMAS DE GRAVEDAD DE CONCRETO .....	52
II.3.6. PLATAFORMAS DE COLUMNAS TENSADAS .....	54
II.3.7. PLATAFORMAS TUBULARES FIJAS (CASO MALOOB-C).....	56
II.3.8. CLASIFICACION DE ACUERDO A SU USO .....	60
II.4. INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL DISEÑO DE PLATAFORMAS .....	63
II.4.1. DISEÑO DE PILOTES .....	63
II.4.2. HINCADO DE PILOTES .....	70
II.4.3. DISEÑO DE SUBESTRUCTURA ó JACKET .....	74
II.4.4. DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA ó DECK.....	76
CAPITULO III. BASES DE DISEÑO, ESPECIFICACIONES, CODIGOS Y NORMAS QUE RIGEN EL DISEÑO DE PLATAFORMAS MARINAS .....	77
III.1. BASES DE DISEÑO .....	77
III.2. CRITERIO TRANSITORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS.....	78
III.3. PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA LA PLANEACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS.....	79
III.4. CODIGOS Y NORMAS .....	80
III.4.1 API-SPEC-2B ESPECIFICACIONES PARA FABRICACIÓN.....	80
III.4.2. AISC MANUAL PARA CONSTRUCCIÓN DE ACERO .....	80
III.4.3 ANSI/AWS CÓDIGOS DE SOLDADURA .....	81
III.4.4. ASTM SECCIÓN ACERO ESTRUCTURAL .....	82
III.4.5. OTRAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES.....	82
CAPITULO IV. ALCANCE DE PROYECTO PLATAFORMA DE PERFORACION MALOOB-C .....	92
IV.1. GENERALIDADES .....	92
IV.2. FUNCION DE LA PLATAFORMA .....	92
IV.3. ALCANCE GENERAL DE LOS TRABAJOS .....	94
CAPITULO V. DESARROLLO DE LA INGENIERIA CONCURRENTE CON PDS .....	96
V.1. INFORMACION PROPORCIONADA POR PEP .....	97
V.2. DISEÑO DEL MODELO.....	98
V.2.1. ETAPA DE MODELADO BÁSICO .....	98
V.2.2. ETAPA DEL DISEÑO DEL MODELO .....	98
V.3. PROYECTO EN PDS.....	99
V.3.1. ESTRUCTURA Y JERARQUIZACIÓN.....	100
V.3.2. ESTRUCTURA Y JERARQUIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN ASOCIADA.....	101



---

V.3.3. REQUERIMIENTOS GENERALES. ....	101
V.3.4. CATÁLOGOS Y ESPECIFICACIONES DEL MEBI Y METI. ....	102
V.3.5. ATRIBUTOS DE EQUIPOS Y COMPONENTES. ....	102
V.3.6. NIVEL DE MODELADO. ....	103
V.3.7. MODELADO DE METI. ....	104
V.3.8. LIGA DE INFORMACIÓN. ....	105
V.3.9. INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN CON OTROS SOFTWARE´S. ....	105
V.3.10. RECORRIDO VIRTUAL DEL METI. ....	105
V.4. DESARROLLO DEL MODELO 3D EN PDS. ....	106
V.5. VERIFICACION DEL MODELO. ....	106
V.5.1. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO CON LA NORMA. .....	106
V.6. ENTREGABLES A PEMEX. ....	111
CONCLUSIONES. ....	114
BIBLIOGRAFIA. ....	115



## INTRODUCCION

Las mayores exigencias de ahorro, de costos, de diseño y fabricación, manteniendo e incluso incrementando la calidad metrológica que demanda la industrial del petróleo, se han traducido en la necesidad de garantizar el correcto intercambio de información entre diseñador y fabricante. Esto está haciendo imprescindible el uso de aplicaciones electrónicas para abarcar todas las etapas: estudio, análisis, diseño, fabricación puesta en operación, mantenimiento y desmantelamiento.

El propósito de este trabajo es adentrar a la comunidad de ingenieros y estudiantes a un tipo de estructuras más complejas en las que se requiere un personal especializado, por lo tanto herramientas de trabajo más complejas y que proporcionen mayores beneficios a sus usuarios.

Sin embargo, debe decirse también que estamos ante una tecnología moderna, que debe pasar a la fase de implementación y utilización masiva por parte de los desarrolladores de software, de fabricantes e incluso diseñadores. Es donde se encuentra la importancia del conocer este tipo de herramientas útiles para estos proyectos.

El alcance y el propósito de las partes de este trabajo de tesis son los siguientes:

El **Capítulo 1**. Contiene los antecedentes y datos históricos de cómo ha ido evolucionando este tipo de proyectos especializados y así mismo el software, una descripción del software de estudio y sus similares; Así como una comparación de la ingeniería concurrente versus la ingeniería tradicional y por último la aplicación de la ingeniería concurrente con los Modelos Electrónicos Tridimensionales Inteligentes.

El **Capítulo 2**. Trata las diferentes disciplinas implicadas en un proyecto de plataformas marinas, el ciclo de vida de una plataforma durante el cual va a ser guiada por el software. Se presentan los diferentes tipos de plataformas y por último la información básica para el diseño de estas.

El **Capítulo 3**. Se presentan las bases de diseño, especificaciones, códigos y normas que rigen el diseño de plataformas marinas.

El **Capítulo 4**. Se indican los alcances de proyecto de la plataforma en estudio

El **Capítulo 5**. Se estudia el desarrollo de la ingeniería concurrente con "PDS", la información proporcionada por PEMEX, las etapas del proyecto, la estructura que debe llevar un proyecto, así como los requerimientos de PEMEX para un proyecto en el software "PDS" y por último los entregables



## DEFINICIONES

Para los fines del siguiente documento se establecen las siguientes definiciones:

**Modelo Electrónico Tridimensional Inteligente (METI)** - Es la representación gráfica a escala 1:1 de una instalación industrial realizada en tres dimensiones, mediante un sistema CADD/CAE y conformada por un conjunto de elementos con atributos asociados a una base de datos relacional, la cual permite obtener listados de materiales, planos de construcción y detección de interferencias o choques entre elementos.

**Modelo Electrónico Bidimensional Inteligente (MEBI)** - Es la representación gráfica en dos dimensiones de los sistemas de una instalación, mediante un sistema CAD/CAE y una simbología estandarizada, a la cual se le asocia información con características y propiedades de inteligencia en forma de atributos asociados a una base de datos relacional.

**Software** - Programas o lenguajes informáticos necesarios para llevar a cabo cualquier tipo de aplicación, los cuales acompañan al hardware.

**Hardware** - Conjunto de componentes materiales de un sistema informático. Cada una de las partes físicas que forman un equipo de cómputo, incluidos sus periféricos.

**Atributos** - Características intrínsecas que definen a los elementos o componentes de un equipo o instalación.

**Planos, textos y símbolos inteligentes** - Términos técnicos aplicables en este caso, solo a la especialidad de "MEBI's y METI's" y, es la documentación, textos y símbolos, extraídos directamente de la base de datos y que se actualiza de manera automática cuando se modifica su base original.

**Inteligencia** - Característica de los elementos o componentes que conforman un Modelo Electrónico (2D y 3D) que están asociados a una Base de Datos, cuyos atributos permiten el intercambio y actualización de información.

**CAD** - Software usado para diseñar y crear dibujos o ilustraciones técnicas con gran precisión. El software CAD puede ser usado para crear dibujos bidimensionales (2D) o modelos tridimensionales (3D).



**CAE** – Computer Aided Engineering (Ingeniería Asistida por Computadora)

**Elemento o componente** - Cada una de las partes de un modelo electrónico con atributos propios.

**Ingeniería Tradicional** –Ingeniería en la que se sigue una secuencia, en la que un proceso no puede arrancar hasta que el anterior haya terminado.

**Ingeniería Concurrente** - Ingeniería paralela o simultánea es la forma más eficiente de hacer ingeniería en un entorno cada vez más competitivo. Es el conjunto de técnicas destinadas a acortar el tiempo de desarrollo de los proyectos, desde el diseño hasta la instalación.





## CAPITULO I. ANTECEDENTES

Para dar una idea generalizada de este tipo de proyectos especializados procederemos, a manera de introducción, a dar una panorámica sobre lo que es actualmente la construcción e instalación de Plataformas Marinas Fijas de Perforación y cómo fueron sus inicios; En años pasados, la explotación del petróleo se realizaba en zonas desérticas, montañosas, *lacustres*, pantanosas, etc. Pero debido a que la perforación petrolera es una operación que requiere de un alto grado de especialización; en una diversidad de ocasiones se ha tenido que efectuar la extracción de tan preciado recurso en lugares lejanos y de difícil acceso, con la finalidad de realizar estudios preliminares, o bien, para perforar directamente un sitio preciso y con ello, lograr el desarrollo de campos petrolíferos y la explotación de *pozos lacustres, marinos y terrestres*.

Fue hasta la década de los 60's cuando Petróleos Mexicanos (PEMEX) decidió lanzarse a la exploración y explotación costa afuera (OFFSHORE), en Santana Tabasco, así como en la zona de Tampico y Tuxpan, fue oficialmente iniciada la actividad de construir la infraestructura para el aprovechamiento de los Hidrocarburos de esa zona con el lanzamiento al mar de la subestructura de la primera Plataforma Fija de Perforación. Al salir estos pozos exploratorios susceptibles del desarrollo, se elaboraron los estudios de factibilidad económica para determinar la rentabilidad de los proyectos de instalar Plataformas Marinas Fijas de Perforación. El resultado de estos estudios fue ampliamente ventajoso para Petróleos Mexicanos, por lo que de inmediato la superioridad autorizó que se iniciara la construcción e instalación de Plataformas Marinas Fijas de Perforación, mismas que fueron instaladas sobre los pozos exploratorios con el fin de que éstos fueran aprovechados.

La "Primera Etapa", comprende la instalación de 12 plataformas, en cuanto a fabricación e instalación de Plataformas Marinas en México se refiere.

Posterior a esta primera etapa, se hallaron grandes yacimientos de crudo ubicados al occidente de la Península de Yucatán; por lo que a esta gran área productora de crudo se le denominó Sonda de Campeche. Dando lugar a la "Segunda Etapa" de exploración y explotación de crudo, en la cual, para la perforación de Pozos Exploratorios se utilizaban Plataformas Marinas exploratorias llamadas Jack-Up (autoelevables), así como *barcazas* de perforación.

En la actualidad se han descubierto cuencas de aguas profundas, cuyo recurso prospectivo (hidrocarburo no descubierto) se considera superior al obtenido en las cuencas ya exploradas. La introducción de diferentes tecnologías tanto en actividades exploratorias como en la explotación de yacimientos han contribuido decisivamente a estimar los recursos prospectivos, priorizando e identificando las principales áreas donde la exploración debe ser enfocada.

México se divide en 4 regiones donde se administran los yacimientos petroleros en etapas exploratorias, se realizan programas de incorporación de reservas y delimitación, hasta las etapas de producción y abandono de los campos, entre otras actividades.



En la Tabla No. 1 se identifican las 4 regiones de yacimientos petroleros y sus principales características.

**Tabla No. 1 de regiones de yacimientos petroleros en México.**

<b>Región Marina Noreste (RMNE)</b>	<b>Región Marina Suroeste (RMSO)</b>	<b>Región del Norte (RN)</b>	<b>Región del Sur (RS)</b>
Ubicada en las costas de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.	Limita al Sur con los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche.	Se ubica en la porción Norte y centro del país.	Abarca los estados de Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo.
Tiene una superficie de 166,000 Km <sup>2</sup> .	Tiene una superficie de 352,390 Km <sup>2</sup> .	Tiene una extensión superior a los 2 millones de Km <sup>2</sup> .	
Administra los Activos Integrales Cantarell y Ku-Maloob-Zaap	Administra los Activos Integrales Abkatún-Pol-Chuc y Litoral de Tabasco.	Administra los Activos Integrales de Burgos, Poza Rica-Altamira y Veracruz.	Administra los Activos Integrales Bellota-Jujo, Macuspana, Cinco Presidentes, Samaria-Luna y Muspac.

Un Activo es conocido como aquella división interna de PEMEX Exploración y Producción cuyo objetivo es el de explorar y producir petróleo crudo y gas natural.

En esta planeación se requirió de la asesoría de técnicos capacitados, muchas de las veces extranjeros, pero cada día tendiente a quedar en manos de personal nacional. Para cada uno de estos grupos especializados, se impone por sí sola la necesidad de correr programas en sistemas computacionales que permitan aceptar la introducción de nuevas informaciones, producto del propio crecimiento que con carácter de alimentación de datos requieren adecuar los eventos consecuentes con repercusión en todos lo demás frentes de trabajo.

De ahí surge la necesidad de un programa de ingeniería que cumpla con los requerimientos para este tipo de trabajos. En este proyecto de tesis se hablará del software denominado **PDS** - (Plant Desing System). Software para el diseño de plantas industriales (petroleras, farmacéuticas, químicas, de energía, etc.), mediante la construcción de un modelo tridimensional inteligente (METI), cuenta con diferentes módulos para cada una de las disciplinas de ingeniería, además de un administrador de interferencias, un reporteador, generación de dibujos ortogonales, extracción de isométricos, interfaces a paquetes de análisis, etc.



## I.1 MODELADO ELECTRONICO DE PLATAFORMAS

A partir de los años 90's los Modelos Electrónicos eran considerados una herramienta de gran utilidad para el diseño de Instalaciones Industriales, mostrando a través del tiempo el avance de esta herramienta

### **1994 – 1995.**

- El uso de Modelos Electrónicos Tridimensionales incrementó considerablemente para el diseño de Instalaciones Industriales.
- Los Diagramas de Tuberías e Instrumentación Inteligentes contribuían ampliamente en el desarrollo de Ingeniería y Operación de las Plantas Industriales.
- Los Estándares de Ingeniería exigían ser implementados.
- Las aplicaciones de modelado precisaban ofrecer exactitud y datos convincentes que reflejaran con su uso un ahorro en tiempo y costos.
- La mejora del proceso de trabajo depende de la integración de la información proporcionada por las Disciplinas de Ingeniería.

### **1996 – 1997.**

- La inversión causada por el empleo de aplicaciones de modelado incrementaba, no así los beneficios obtenidos.
- El almacenamiento y extracción de información procedente de las aplicaciones de modelado eran limitadas.
- La necesidad evidente de vincular la información derivada de la Simulación de Proceso y los Diagramas de Flujo de Proceso aunados a los Diagramas de Tuberías e Instrumentación.
- La administración adecuada de la información es de vital importancia en el proceso de creación de Instalaciones Industriales.

### **1998-1999.**

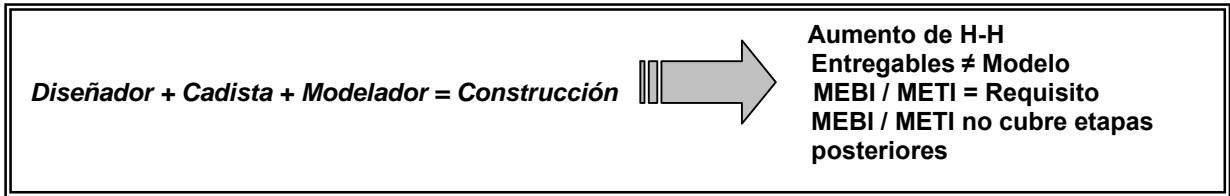
- La existencia de oportunidades de integrar la información de Ingeniería en Sistemas Analíticos.
- Las herramientas empleadas en los Modelos Electrónicos se concentran en la integración de información en las etapas de Ingeniería Básica y de Detalle, sin contemplar las etapas de Construcción, Operación y Mantenimiento de la Instalación.
- La trascendencia en el uso de aplicaciones para el desarrollo de Ingeniería radica en la integración de la información en el mismo.

### **2000- Actualidad.**

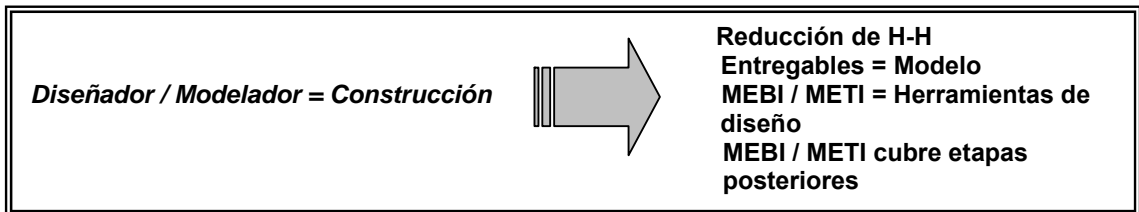
- Los Modelos Electrónicos Tridimensionales pueden ser empleados a lo largo de todo el Ciclo de Vida de las Instalaciones.
- El uso de Estándares de Ingeniería puede reducirse con la existencia de sistemas que permitan transferir información de una aplicación a otra.



En los esquemas No. 1 y No. 2 siguiente se especifica el Proceso de Trabajo empleado en los años 90's y en la actualidad.



**Proceso de Trabajo para MEBI's y METI's utilizado en los años 90's.**



**Proceso de Trabajo para MEBI's y METI's utilizado en la actualidad.**



## I.2 MODELOS ELECTRÓNICOS BIDIMENSIONALES INTELIGENTES (MEBI)

Un Modelo Electrónico Bidimensional Inteligente es la representación gráfica en dos dimensiones de los Sistemas que conforman una instalación. Los MEBI's se crean mediante un sistema *CADD/CAE* y una simbología estandarizada, a la cual se le asocia información con características y propiedades en forma de atributos asociados a una *base de datos relacional*.

En la tabla No. 2 se mencionan algunas características, ventajas y aplicaciones de los Modelos Electrónicos Bidimensionales usados a lo largo del Ciclo de Vida de las Plataformas Marinas e Instalaciones Industriales.

**Tabla No. 2 de las características, ventajas y aplicaciones de los Modelos Electrónicos Bidimensionales para el diseño de Plataformas Marinas e Instalaciones Industriales.**

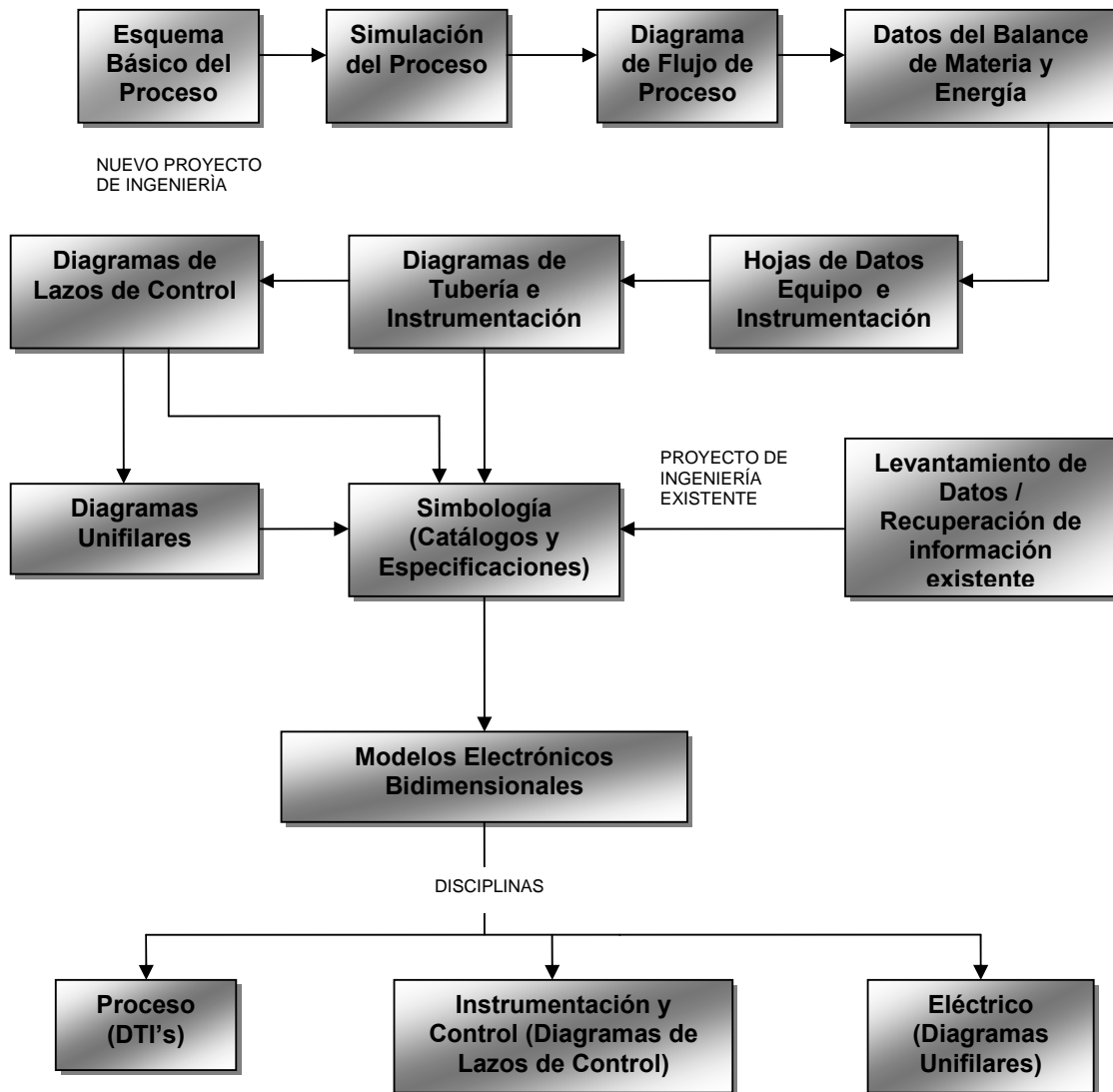
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>APLICACIONES</b>
El software empleado para su elaboración puede adaptarse a diferentes Sistemas Operativos (UNIX, NT, XP, etc.).	Los archivos extraíbles se adaptan a los formatos estándar manejados a nivel industrial (archivos .xls, pdf, .dwg, etc.).	Usados exitosamente en desarrollo de la Ingeniería Concurrente.
Cuentan con herramientas propias de diseño gráfico para la construcción de Diagramas Inteligentes.	Sus herramientas de diseño gráfico son fáciles y rápidas de usar.	Utilizados ampliamente en el trabajo efectuado por las disciplinas de Proceso, Eléctrico e Instrumentación y Control, principalmente.
Permiten un manejo integral de la documentación de ingeniería en el Ciclo de Vida.	Proporcionan ahorro en costos, tiempos de elaboración y recursos humanos.	Aplicación de suma importancia en todo el Ciclo de Vida de las Plataformas Marinas /Instalaciones.
Admiten la importación de Diagramas "No Inteligentes" para su conversión a "Inteligentes".	Suministran información oportuna del proyecto, del proceso y de la instalación en el momento que se requiera.	
Para generar las representaciones gráficas se consideran el uso de catálogos y especificaciones.	Reducen errores de diseño, ya que la precisión y exactitud de los Modelos son considerables. Disminuyendo los "retrabajos"	
Sus bases de datos permite el intercambio de información en línea con otros sistemas manejadores de bases de datos.	Facilitan las revisiones y control de cambios en los diseños de los Modelos Electrónicos.	

Dentro de los Modelos Electrónicos Bidimensionales Inteligentes empleados para el diseño de Plataformas Marinas, se consideran los Diagramas de Tubería e Instrumentación Inteligentes, Diagramas Unifilares Inteligentes y Diagramas de Lazos de Control Inteligentes.



Para la elaboración de Modelos Electrónicos Bidimensionales se requiere considerar básicamente la información que se indica en el esquema No. 3, considerado para Proyectos de Ingeniería nuevos o existentes.

Es decir si se genera toda la información de la Ingeniería Básica o bien, se considera esta información como ya existente.



Esquema No. 3 Básico de Información requerida para la elaboración de Modelos Electrónicos Bidimensionales Inteligentes.

En la construcción de Modelos Electrónicos Bidimensionales Inteligentes se ven involucradas las actividades indicadas, mismas que se van desarrollando desde la etapa de Ingeniería Básica hasta la etapa de Construcción de la Instalación.



### I.3 MODELOS ELECTRÓNICOS TRIDIMENSIONALES INTELIGENTES (METI)

Un Modelo Electrónico Tridimensional Inteligente es la representación gráfica a escala 1:1 de una Instalación Industrial realizada en tres dimensiones mediante un sistema *CADD/CAE* y conformada por un conjunto de elementos con atributos asociados a una *base de datos relacional*.

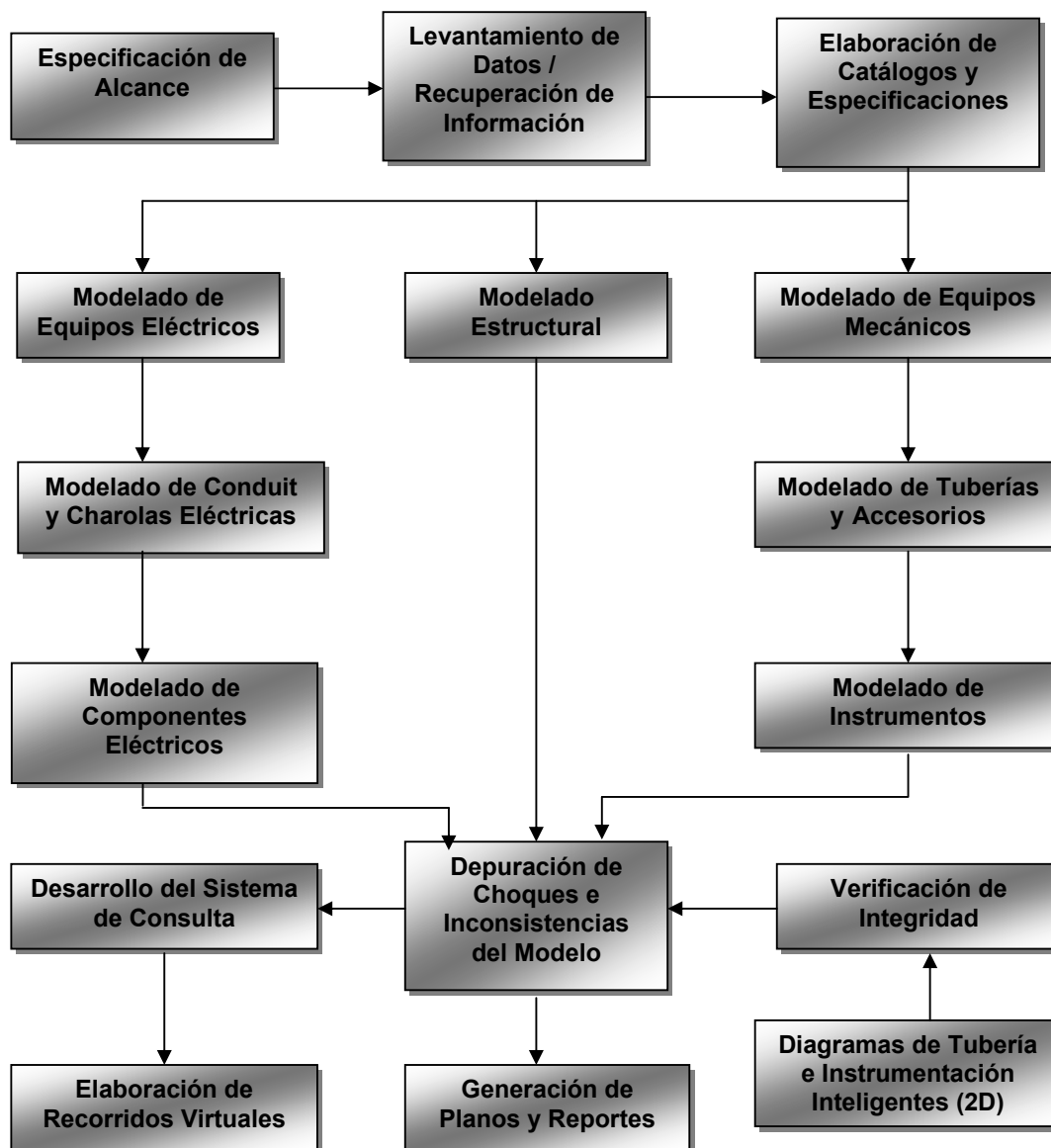
En la Tabla No. 3 se indican las características, ventajas y aplicaciones principales que definen a los Modelos Electrónicos Tridimensionales.

**Tabla No. 3 de las características, ventajas y aplicaciones de los Modelos Electrónicos Tridimensionales para el diseño de Plataformas Marinas e Instalaciones Industriales.**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>APLICACIONES</b>
El software empleado para elaboración de Modelos Tridimensionales puede adaptarse a cierto número de Sistemas Operativos (UNIX, NT, XP, etc.).	Optimizan los procesos de Operación y Mantenimiento de una Instalación.	Usados eficazmente en la toma de decisiones para análisis.
Cuentan con herramientas propias de diseño gráfico para la construcción de Modelos 3D.	Ofrecen la disposición de información real de equipos y de los componentes de la Instalación.	Utilizados para animaciones de maniobras complicadas de instalación, remoción, operación o mantenimiento de equipos críticos.
Representan fielmente las Instalaciones Industriales en tres dimensiones.	Pueden comprobar la correspondencia biunívoca entre los elementos de Proceso, Tuberías e Instrumentación.	Empleados para guiar la construcción de la instalación y dar seguimiento a la misma.
Para generar las representaciones gráficas se considera el uso de catálogos y especificaciones	Se identifican errores de diseño de la Plataforma Marina previa a su construcción.	Considerados los modelos 3D para la capacitación de personal, complementándola con recorridos virtuales y diagramas correspondientes.
Sus Bases de Datos permiten el intercambio de información en línea con otros sistemas manejadores de bases de datos.	En los modelos 3D se dispone de la información necesaria y suficiente para realizar análisis de operación, mantenimiento y verificaciones rutinarias y especiales.	
La actualización de documentos de diseño de Plataformas Marinas se efectúa de forma fácil y rápida.	Generan reportes de utilidad para el cliente, tales como: Planos, Isométricos, Listas de materiales, Reportes de peso etc.	



Para el proceso de Modelado Tridimensional de Plataformas Marinas se sigue el siguiente esquema No. 4 básico de Flujo de Información.



Esquema No. 4 Básico de Información requerida para la elaboración de Modelos Electrónicos Tridimensionales Inteligentes.

El esquema anterior puede simplificarse en tres partes básicas para el desarrollo de Modelos Electrónicos Tridimensionales para Instalaciones Industriales o bien para Plataformas Marinas.

- **Especificación de Alcance.** Teóricamente una Plataforma Marina debe modelarse en su totalidad, sin embargo, pueden establecerse alcances de modelado, los cuales consisten en lo siguiente:





- 1. Definición de Disciplinas y Sistemas a modelar.** Obligatoriamente deben modelarse los sistemas de las Disciplinas: Civil, Mecánico, Tuberías, Eléctrico e Instrumentación. Sin embargo, las disciplinas de Seguridad Industrial y Telecomunicaciones han tomado gran importancia en el desarrollo de Plataformas Marinas. Respecto a los sistemas que comúnmente se modelan en 3D se encuentran: Sistema de Separación (separación de aceite, gas y agua), Sistema de Desfogues, Drenajes, Voz y Datos, Telecomunicaciones, Servicios Auxiliares y los referentes a cada tipo de Plataforma Marina.
  - 2. Clasificación de componentes a modelar.** Si bien se deben de modelar todos los componentes que conforman una Plataforma Marina, pueden hacerse excepciones menores, por ejemplo: tubing de instrumentos, tuberías menores a 2 pulgadas, tuberías ocultas en plafones, etc. Se definen los límites de modelado, es decir, si las tuberías de una Plataforma se conectan con otras Plataformas, con Complejos o con tuberías sobre el lecho marino. En esta fase se especifican los niveles de modelado de los componentes.
  - 3. Especificación de Planos a modelar.** Contempla el modelado de Planos Estructurales, Planos de Localización de Equipos y de Localización de Tuberías, en Planta e Isométricos, entre los principales.
  - 4. Establecimiento de especificaciones aplicables a cada disciplina.** Se consideran las especificaciones que por defecto se incluyen en la aplicación de modelado y aquellas faltantes que sean requeridas para el modelado de los componentes de la Instalación.
  - 5. Especificación de información asociada a cada tipo de componente.** Contempla los atributos señalados en la Norma de Referencia NRF-107-PEMEX-2004 para Modelos Electrónicos Tridimensionales.
  - 6. Definición de recorridos virtuales y animaciones requeridas.** Establece los recorridos virtuales como parte de un trabajo de modelado 3D, con la finalidad de realizar maniobras complicadas de instalación, remoción, operación o mantenimiento de equipos críticos.
- **Levantamiento de Datos / Recuperación de Información.** Para poder desarrollar de forma completa y con información confiable los Modelos Tridimensionales, es indispensable contar con la información generada durante todo el Ciclo de Vida de la Plataforma. Esto puede efectuarse empleando una diversidad de métodos para el Levantamiento de Información, tales como: fotogrametría, videogrametría, láser-escáner y el tradicional levantamiento manual, el cual consiste realizar mediciones con cinta en campo para completar la información recabada de los componentes que hayan de modelarse.



- **Desarrollo del Modelo 3D.** Para comenzar con el proceso de Modelado en Tres Dimensiones se pueden considerar los siguientes pasos:
  1. Mantener una estructura de datos congruente durante todo el Ciclo de Vida del Proyecto, agrupando la información por Área, Disciplina y Sistema.
  2. Agrupar componentes que se apeguen a especificaciones y los que requieran información de proveedores para conformar el catálogo de cada disciplina.
  3. Iniciar la construcción del modelo 3D una vez que se cuente con toda la información y con todos los catálogos y especificaciones de los elementos.
  4. Verificación de integridad entre los Diagramas de Tubería e Instrumentación y los Modelos Tridimensionales, comprobando la correspondencia biunívoca entre elementos de Proceso, Tuberías e Instrumentación.
  5. Depuración de choques e inconsistencias. La aplicación de modelado generalmente cuenta con utilería para detectar choques entre elementos físicos, conexiones mal ejecutadas y unión de elementos de diferentes especificaciones. Por lo que cuidadosamente se deberá dar solución a discrepancias detectadas y documentar las divergencias que sean aceptadas, con el propósito de representar fielmente la Instalación.
  6. Exportar el modelo depurado para comenzar el desarrollo de caminatas virtuales, en las cuales se manifestarán nuevas anomalías que requerirán de una nueva solución.
  7. Desarrollar el Sistema de Consulta para la localización de cualquier componente del modelo y obtener sus datos generales.
  8. Ligar archivos y documentos a cada elemento, con la finalidad de disponer de la información necesaria para realizar análisis de operación, mantenimiento y verificaciones rutinarias y especiales que se realizan durante la fase de explotación de la Plataforma Marina.
  9. Diseñar reportes de información requeridos por el cliente (Planos de Localización, Plantas y Elevaciones de Tuberías y Equipos, Isométricos, Listas de Materiales, etc.).



## I.4. SOFTWARE PDS (PLANT DESIGN SYSTEM)

Es necesario, antes de entrar en la configuración y preparación, definir lo más detalladamente posible qué es, de qué se compone y en base a qué principios funciona la herramienta que se va a desarrollar en este proyecto.

Para la realización de este proyecto se ha utilizado un programa de diseño de plantas en 3D llamado Plant Design System o PDS, que no sólo permite el modelado de todos los elementos de una plataforma con un alto grado de detalle e información, sino que es capaz de gestionar distintos tipos reportes que pueden ser muy útiles para la construcción e instalación de la plataforma.

Debido a la dinámica de cambios que pudieran presentar la plataforma durante su construcción e instalación, es conveniente que el "METI", almacene, controle y administre toda la información de las disciplinas, de tal forma que se pueda contar con una relación de planos actualizada y confiable ante modificaciones futuras en las áreas de la ingeniería tendientes a la modernización, rehabilitación, mantenimiento y construcción, con el fin de mantener las instalaciones en óptimas condiciones.

La elaboración de la documentación de la ingeniería básica y de detalle de las instalaciones en forma electrónica bidimensional y un sistema de información electrónico para almacenar, administrar y mantener una base de datos confiable de los mismos, utilizando para ello personal técnico especializado, equipo, material de oficina y con tecnología CAD/CAE (ingeniería y diseño asistido por computadora), para la creación de modelos electrónicos tridimensionales y bidimensionales inteligentes en el sistemas PDS (Plant Design System) y módulos complementarios necesarios que se requieran (SmartPlant P&ID , SmartPlant Instrumentation, SmartPlantElectrical, SmartPlant Review, SmartSketch, Marian, Smart Plant Foundation Server, SmartPlant Engineering Manager, SmartPlant License Manager).

SmartPlant Review permite la navegación en profundidad y la visualización de datos de diseño, construcción y mantenimiento generados con PDS en modelos tridimensionales, con una interfase Microsoft estándar.

Ideal para usuarios experimentados u ocasionales, SmartPlant Review ofrece a los usuarios la oportunidad de personalizar el producto para que este se adapte a sus necesidades individuales. Dispone de menús y herramientas de navegación conocidos que ayudan a reducir los costes de formación de operadores.

SmartPlant Review incluye mejor ejecución del sombreado y el renderizado, configuración de pantalla personalizable, control dinámico del movimiento con navegación mediante ratón o joystick y otras características innovadoras.

El "METI", representara un proyecto a escala real, sin importar el tamaño del mismo, incluyendo la accesibilidad a la base de datos del modelo y demás información en forma automática para su consulta (librerías, especificaciones, dti's, diagramas, modelos, planos, catálogos, condiciones de operación,



características geométricas, volúmenes de obra, etc.) a través de los atributos de los elementos de la plataforma y/o equipos representados.

Los modelos tridimensionales inteligentes son representaciones gráficas tridimensionales que se mantienen en su escala real. Este tipo de modelos se desarrollan en una computadora con el empleo de un software de diseño especializado. De este modo, es posible representar los objetos reales con formas, colores y texturas reales y visualizarlos en el monitor de la computadora.

En el caso de los modelos digitales de plataformas petroleras marinas, éstos son creados de una manera similar a como realmente se construyen. Esto es, empleando componentes de acuerdo con las especificaciones como ANSI, IMCA, API, NFPA y otros estándares de aplicación internacional.

Por otro lado, los modelos tridimensionales inteligentes (de acuerdo con la Unidad de Normatividad Técnica de PEMEX Exploración y Producción) también son conocidos como maquetas electrónicas, debido a que contienen información relacionada con cada uno de los componentes modelados. Además, existe una marcada diferencia entre estos modelos y las maquetas que antiguamente se hacían de PVC, mismas que únicamente daban idea de la distribución de los equipos y tuberías de proceso, o de los instrumentos principales con una escala muy pequeña, en la cual era imposible apreciar espacios reales, accesos a instrumentos y a otros dispositivos de operación tales como válvulas de acción manual, etc.



## I.5. SOFTWARE SIMILAR AL PDS

No obstante, esta no es la única aplicación disponible hoy en día, es necesario señalar que existen diferentes aplicaciones de modelado tridimensional inteligente, entre las más importantes están:

### **PDMS:**

(Plant Design Management System)

Desarrollado por Aveva. El entorno de trabajo es más agradable que en PDS, pero tiene varios inconvenientes. Uno de ellos es que precisa demasiada carga de especificaciones para diseñar cualquier elemento, pero sobre todo cabe destacar que la base de datos sobre la que trabaja no es abierta, esto es, que no corresponde a un estándar del mercado.

### **Autoplant:**

Desarrollado por Rebis. Basado en AutoCAD, genera planos isométricos de forma compleja y sus archivos son extremadamente voluminosos, lo que hace difícil el intercambio de información.

### **Aspectos destacados:**

**Generación automática de isométricos:** El módulo AutoPLANT Isometrics está totalmente integrado con el módulo AutoPLANT Piping, lo que garantiza la integridad de los datos utilizados para crear los isométricos de tuberías.

**Dibujo manual de isométricos:** Generación de isométricos desde cero. Las opciones de entrada y colocación son las mismas que las usadas por la aplicación AutoPLANT Piping, con información de componentes basada en una base de datos externa de especificaciones. Utilice el modo isométrico manual para editar y limpiar planos isométricos creados con la función AUTO-ISO (ISO automático).

**Múltiples formatos de mediciones:** Las cantidades precisas de materiales, obtenidas directamente desde la base de datos, se pueden resumir en varios formatos para acomodar múltiples requisitos.

**Isométricos automáticos:** Los isométricos inteligentes del modelo 3D de AutoPLANT Piping ofrecen planos isométricos totalmente automáticos, incluidas cotas, anotación, bloque de título y características avanzadas como numeración de soldaduras, numeración de carretes e informes de centros de masas. Isometrics creará archivos DWG y DXF.

**Creación de informes:** Bentley AutoPlant Isometrics incorpora un módulo redactor de informes con el que se puede generar un conjunto de informes externos acerca de los datos contenidos en el plano actual, o en varios planos. AutoPLANT Isometrics utiliza ampliamente el motor en tiempo de ejecución de



Crystal Reports™ para procesar datos en varios formatos externos. Puede personalizar informes o crear sus propios informes.

Arquitectura del programa: Personalización

Bentley AutoPlant Isometrics aprovecha plenamente la última tecnología AutoCAD ARX. Dentro de esas aplicaciones ARX, Bentley ha implementado un motor de scripts en Basic. Todos los componentes de Isometrics y la mayoría de los diálogos están definidos en archivos Basic abiertos para poder modificarlos fácilmente. La arquitectura del sistema permite que un usuario con una base sólida en el lenguaje de programación de aplicaciones Visual Basic modifique casi cualquier aspecto del proceso de colocación de componentes, cree componentes nuevos o añada funciones nuevas al sistema.

<http://communities.bentley.com/forums/5927/ShowForum.aspx>

## **CADWorx:**

Desarrollado por COADE. Se centra en el estudio 2D de los elementos de la planta y análisis de tensiones en tuberías. Su aplicación efectiva al modelado de tuberías en 3D como tal resulta superficial.

### **Aspectos destacados:**

**Generación Automática de Isométricos.** CADWorx Plant genera los mejores isométricos en la industria incluyendo su lista de materiales a partir del modelo general o desde la base de datos del proyecto.

CADWorx Plant Professional incluye ISOGEN de Alias, que se ha convertido en el estándar de la industria para la generación de isométricos, con todos los parámetros de configuración que le aseguran que no tendrá que retocarlos.

### **Maqueta virtual**

CADWorx Plant Professional incluye Navisworks para realizar el recorrido virtual de su maqueta 3D para que usted o su cliente puedan revisar el avance, operatividad, etc.

### **Áreas de Aplicación**

Diagramas de Proceso, Diagramas Tuberías e Instrumentos, Diseño de Plantas de Proceso, Tuberías, Petroquímica, Química, Generación de Potencia, Alimentos, Bebidas, Destiladoras, Farmacéutica, Tratamiento de aguas, Servicios en edificios y arquitectura.

### **Extracción de Lista de Materiales hacia Base de Datos**

La inteligencia de CADWorx Plant le permite crear listas de materiales configurables exactas.

El manejo se realiza en los formatos de bases de datos más populares:



Access

SQL

Oracle

El CADWorx Plant Professional le permite que varios usuarios mantengan actualizada una base de datos común, viva.

Y no sólo los materiales de tuberías, también los de estructura metálica.

**Características:**

Basado en AutoCAD

Diseño de tuberías en 2D y 3D

Diseño de acero estructural y equipos

Modelado de ductos y bandejas de cableado

Revisión de colisiones e interferencias

Generación automática de isométricos

Especificaciones de tubería

Listas de materiales

Capacidades de recorrido virtual

Vínculos con análisis de esfuerzos e isométricos de esfuerzos

[http://www.software-gg.com/Coade\\_productos.htm](http://www.software-gg.com/Coade_productos.htm)

**Plant4D:**

Desarrollado por PIDS. Es una herramienta bastante flexible, pero dado que su base de datos es Microsoft Access, resulta poco robusta.

**Aspectos destacados:**

Independiente de la plataforma de CAD (se puede usar con AutoCAD®, MicroStation®, VR Viewer®).

Diferentes bases de datos (se puede usar con Access®, SQL Server® u Oracle®)

Los proyectos se pueden elaborar en una sola base de datos con diferentes usuarios y sistemas de CAD.

Reducción de horas de diseño y errores por rutinas automáticas.

Fácil de personalizar y cumplir con los requerimientos de su empresa o sus clientes.

Recuperación rápida de la inversión por la reducción de horas de diseño y errores de ingeniería.

Uniformidad.

Aumento de funcionalidad.

Se puede usar en Programas de Windows

Ambiente estable del sistema operativo

Versiones ofrecidas de Online y off line

Menús e Iconos de fácil acceso.

Se utiliza la tecnología de objetos orientados para asegurar compatibilidad entre diferentes plataformas de CAD.

Reportes On-line (por ejemplo Cuantificación de Materiales, reportes de avance, listados, etc.)



La base de datos de Plant 4D® puede integrarse con otras bases de datos de su empresa (Por ejemplo: SAP® o programas de mantenimiento)  
Fácil acceso a la base de datos del proyecto.  
Diferentes Idiomas disponibles  
Datos de diseño de toda la planta pueden ser utilizados para toda la Vida de la Planta.  
Fácil de Usar  
Usamos base de datos "In-House"  
Junto con las bondades de las plataformas de CAD, el entrenamiento requerido es mínimo.  
Fácil control y administración de los usuarios

**Catia:**

(Computer Aided Three Dimensional Intercative Application)

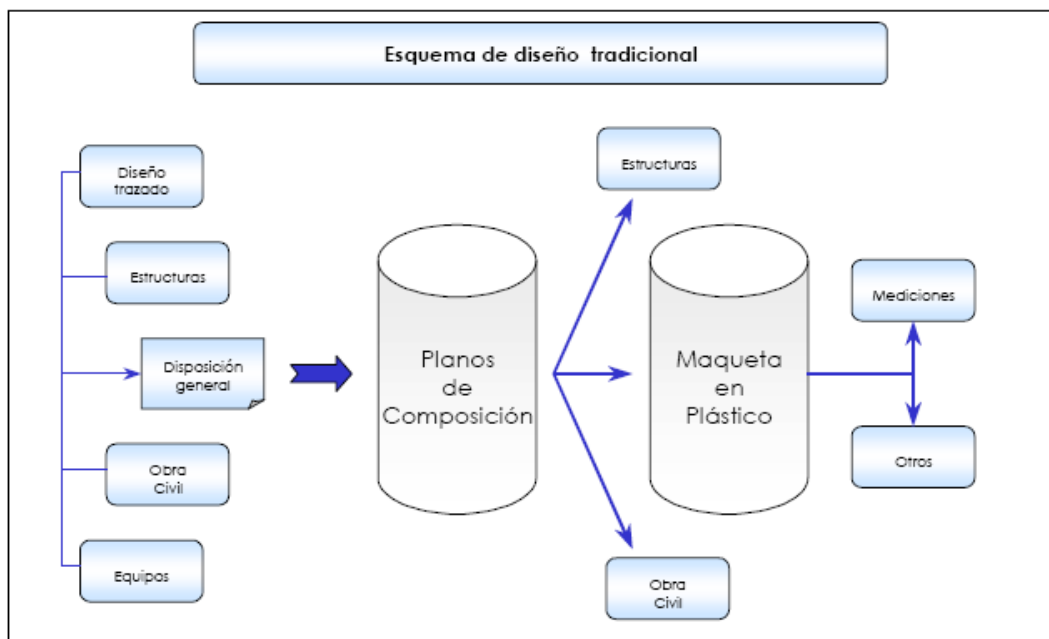
Desarrollado por IBM. El modelado en 3D de tuberías es una pequeña parte de este paquete de herramientas que abarca casi todos los campos del diseño. Su punto fuerte es el trazado automático de cableado eléctrico.

Cada uno de ellos con características y ventajas propias que los hacen ampliamente utilizados en el diseño de Instalaciones Industriales.  
Sin embargo el software del que se hablara en este proyecto será del PDS (Plant Design System).



## I.6. INGENIERIA TRADICIONAL

La construcción e instalación de una Plataforma Marina Fija de Perforación en sus inicios se llevaba a cabo de la manera tradicional (Esquema No. 5 Diseño tradicional). Debido a que se sigue una secuencia que tiene un principio y un fin, en la que un proceso no puede arrancar hasta que el anterior haya terminado. El problema principal radica en la forma de interactuar de las disciplinas de ingeniería, ya que cada una se preocupa solamente de sus procesos, sin tomar un enfoque global del desarrollo del proyecto. Esta situación trae consigo una serie de problemas que abarcan desde el departamento de ingeniería hasta el departamento de construcción e instalación. Dichos problemas pueden variar el costo final de la fabricación, mal diseño, re-trabajos o hasta el mal funcionamiento de la instalación.



**Esquema No. 5 Diseño tradicional.**

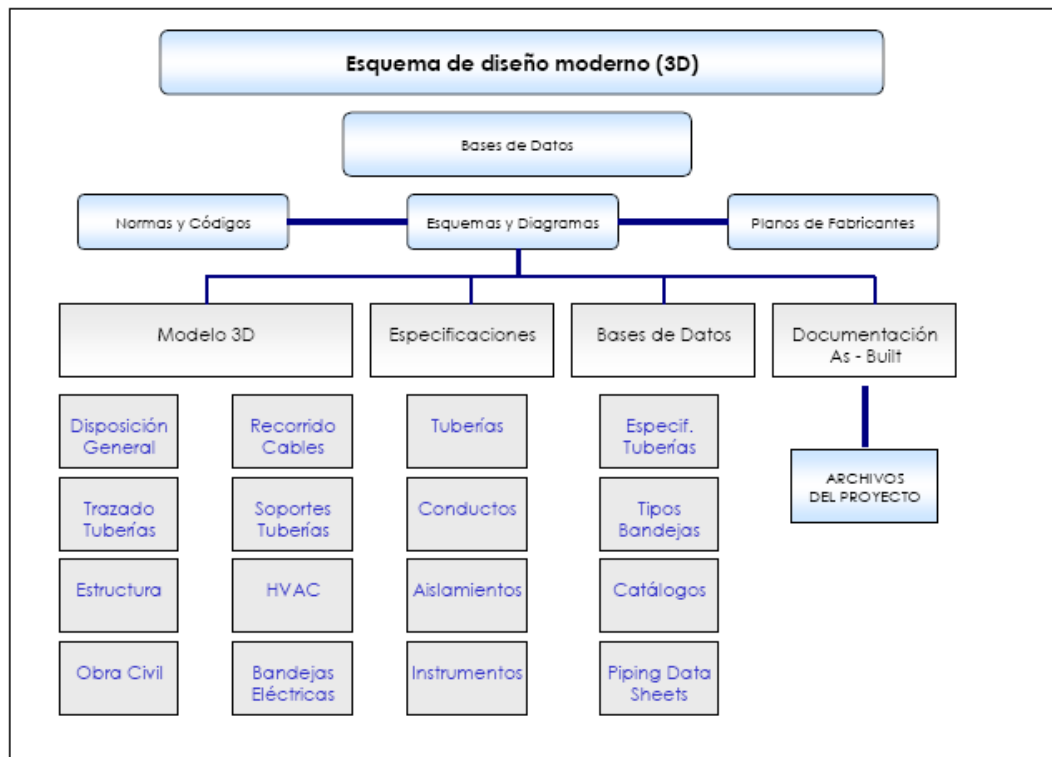
Por otro lado, este tipo de sistemas no solo afecta fuera de la empresa, clientes y proveedores, sino también afecta la comunicación dentro de la empresa. La comunicación se ve afectada debido a que se guían por un proceso lineal que en muchos casos parecería un teléfono descompuesto, pues la información que ingeniería envía, al llegar a construcción sufre muchos cambios que afectan el diseño final en sus costos o en tiempos de producción.



## I.7. INGENIERIA CONCURRENTE

La solución que se propone es la implementación de la Ingeniería concurrente.

La ingeniería concurrente a diferencia de la ingeniería tradicional busca integrar todos los departamentos que componen la empresa desde el primer paso (Esquema No. 6 Diseño Moderno). La ventaja es que al encontrarse los responsables de todos los procesos en una mesa de trabajo se pueden hacer las aclaraciones y peticiones pertinentes para disminuir los costos y los tiempos de construcción de un proyecto determinado.



**Esquema No. 6 Diseño Moderno.**

La aplicación de la Ingeniería Concurrente en el Ciclo de Vida de un proyecto, trae consigo numerosas ventajas por encima de las que ofrece la Ingeniería Tradicional. A continuación se enlistan las ventajas que impactan mayormente en la calidad y costo de un proyecto.

1. Reducción de costos de producción.
2. Ventaja Competitiva.
3. Reducción en tiempos de entrega.
4. Eliminación de múltiples revisiones de diseño, prototipos y reingeniería.
5. Capacidad de responder a las necesidades y deseos de los clientes.
6. Ofrece resultados de calidad.
7. Incremento de Eficiencia.
8. Habilidad para reconocer los cambios de diseño necesarios en el desarrollo del proyecto.



## **I.8. MANEJO DE LA INGENIERÍA CONCURRENT EN MODELOS ELECTRÓNICOS**

Después de indicar las características que definen a los Modelos Electrónicos Bidimensionales y Tridimensionales Inteligentes y las ventajas de su uso, es ineludible explicar la relación que existe entre los Modelos Electrónicos Inteligentes y la aplicación de la Ingeniería Concurrente para el diseño de Plataformas Marinas.

De tal manera, que pueda demostrarse el beneficio que conlleva el modificar la modalidad de trabajo de la Ingeniería Tradicional a la Ingeniería Concurrente.

Las aplicaciones anteriormente mencionadas, contribuyen a ejecutar y mejorar el proceso de Ingeniería Concurrente en el desarrollo de cada una de las etapas del Ciclo de Vida de las Instalaciones.

Considerando que el éxito de la implementación de la Ingeniería Concurrente se debe al correcto y constante flujo de información del proyecto entre las distintas Disciplinas de Ingeniería, los *Proveedores/Fabricantes* y personal de Operación y Mantenimiento de las Instalaciones.

Para ejemplificar el manejo de la Ingeniería Concurrente con el uso de Modelos Electrónicos Inteligentes, se mostrara a lo largo de este proyecto.



## I.9. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA PDS

PDS son las siglas que representan Plant Design System. Es un software para el diseño en 2D y 3D asociado a una base de datos de referencia, compuesto por varias aplicaciones de diferentes disciplinas. Dentro del diseño 3D, PDS se compone de varias aplicaciones o “módulos” que abarcan todas las disciplinas necesarias para el diseño de una planta. Éstos utilizan como motor gráfico y soporte de diseño, la herramienta MicroStation desarrollada por Bentley.

### I.9.1. MODULOS DE PDS

#### I.9.1.1. MODELADO DE EQUIPOS (EQUIPMENT MODELING – PD\_EQP)

Permite diseñar modelos en 3D de los equipos definidos en el P&ID, tomando como valores constructivos los datos obtenidos de los fabricantes (dimensiones, pesos, etc.). Imagen No. 1

El modelo en 3D no sólo permite crear equipos físicos, sino que reserva espacios “no físicos” para el mantenimiento, acceso, zonas de seguridad, etc.

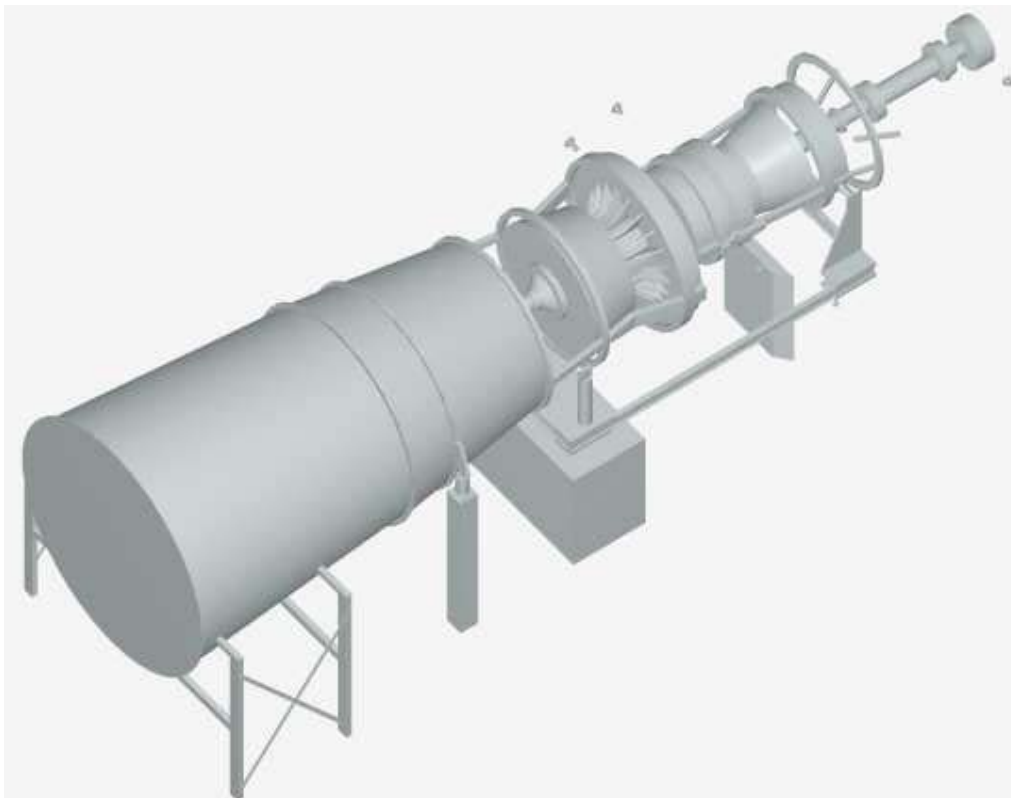


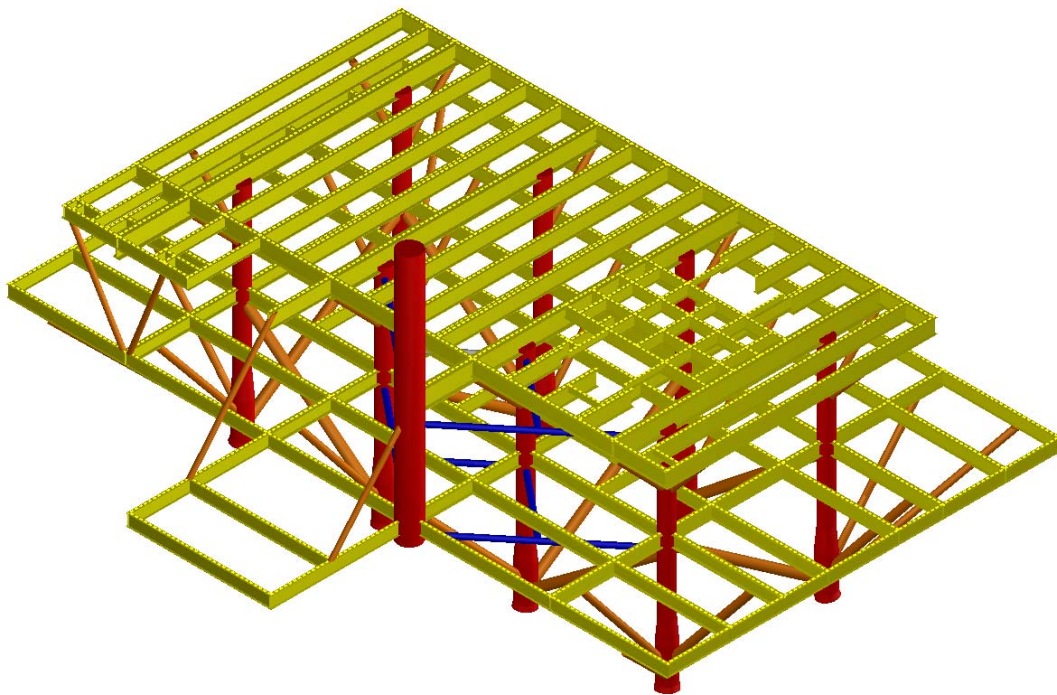
Imagen No. 1 Modelado de Equipos.



### **I.9.1.2. MODELADO DE ESTRUCTURAS (FRAMEWORKS PLUS – FWP)**

Se diseñan todos los elementos estructurales con este módulo de PDS, de tal forma que primero se establece el eje del elemento a modelar y posteriormente se le añade información (tipo de perfil, dimensiones, etc.). Imagen No. 2

Esta aplicación no pertenece realmente a PDS, sino que se insertó en el programa como aplicación externa.



**Imagen No. 2 Modelado de Estructuras.**



### I.9.1.3. MODELADO DE TUBERÍAS (PIPING DESIGN GRAPHICS – PD\_DESIGN)

Se encarga de modelar en 3D la información obtenida mediante los DTI`S. La línea de centro es inteligente y contiene toda la información relacionada con la tubería, tal como clases de tubería (Piping Data), diámetro nominal, código del fluido, parámetros de aislamiento, temperaturas y presiones, etc. Con el PDS se añaden propiedades físicas, como distancias, codos, etc. Imagen No. 3

Además en este módulo se añaden elementos básicos para una plataforma, como son los soportes de las tuberías, conexiones a tuberías y salidas de instrumentación y control y, por supuesto, todos los componentes normales de funcionamiento como pueden ser válvulas, filtros, drenajes, etc.

Aparte de lo anterior, las líneas llevan casi siempre un aislamiento, que también se debe modelar en 3D. Dado su significativo diámetro es importante tener en cuenta este aspecto para un chequeo apropiado.

Este módulo es básico ya que contiene toda la información que se va a heredar tanto a equipos, como a soportes, etc.

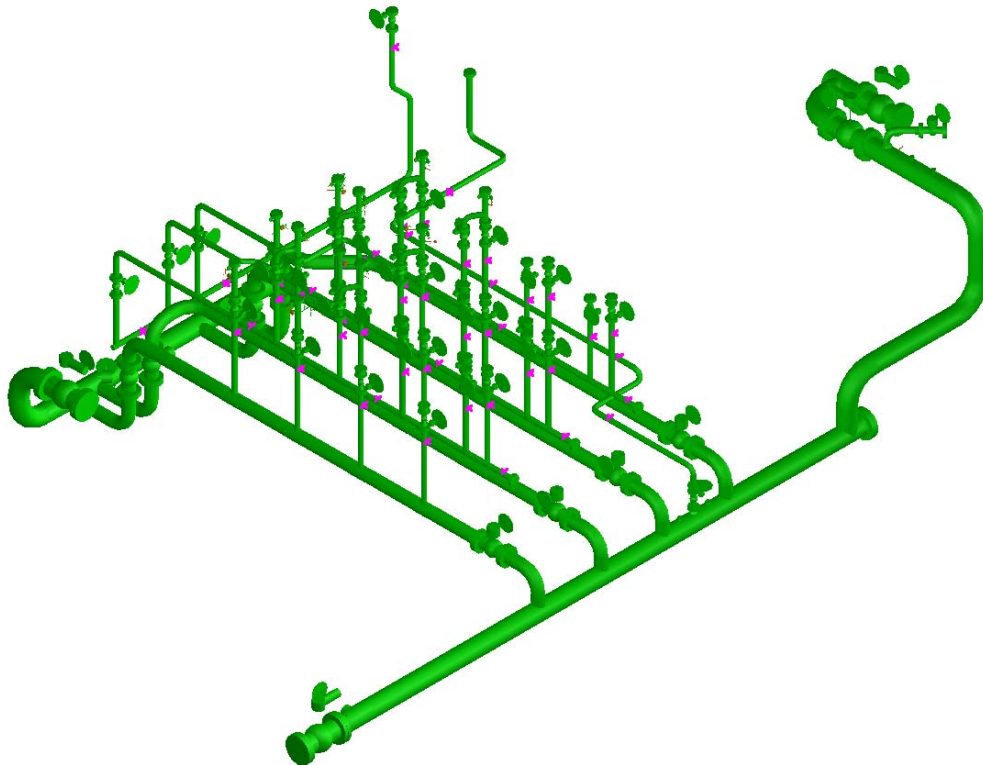


Imagen No. 3 Modelado de Tuberías.



#### **I.9.1.4. MODELADO DE BANDEJAS ELÉCTRICAS (EE RACEWAY MODELING)**

Mediante este módulo se diseñan el trazado y la forma de las bandejas eléctricas encargadas de soportar y distribuir los cables eléctricos que recorren toda la plataforma. Imagen No.4

Este trazado es muy importante ya que algunos de los cables son de un espesor y un diámetro considerable, y los soportes deben poder soportar ese peso, sin interferir con los demás elementos de la plataforma.

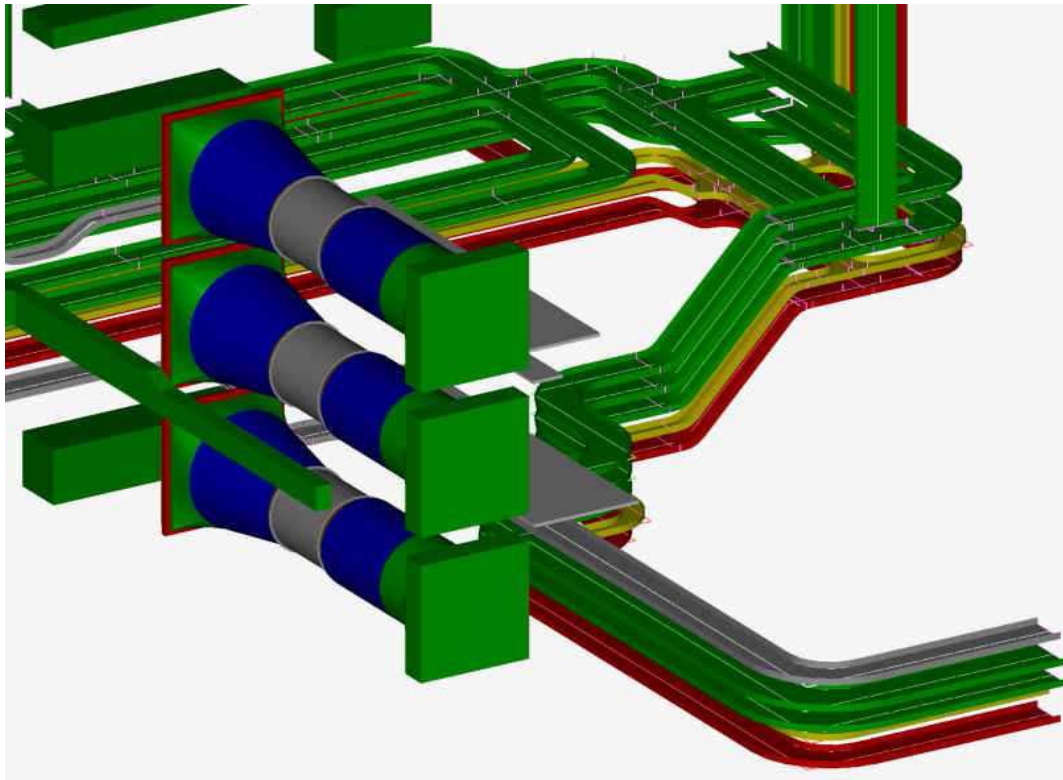


Imagen No. 4 Modelado de Bandejas Electricas.

#### **I.9.1.5. ANÁLISIS DE TENSIONES (PIPING STRESS ANALYSIS – PD\_STRESS)**

Con este modulo se pueden calcular las tensiones producidas sobre las tuberías por efecto de dilataciones, contracciones, golpes de ariete, etc. así como los efectos de los soportes o apoyos donde descansan los tubos.



### I.9.1.6. MODELADO DE SOPORTES (PIPE SUPPORT DESIGNER – P\_SUPPORT)

Mediante este módulo se diseñan los diferentes tipos de soportes y apoyos para tuberías que se utilizan en una plataforma. Dependiendo de la disposición pueden usarse soportes verticales, horizontales u oblicuos. Atendiendo a si la tubería va a estar sometida a tensiones, vibraciones, etc. se pueden modelar soportes oscilantes, fijos, de tensión variable (resortes) etc. Imagen No. 5

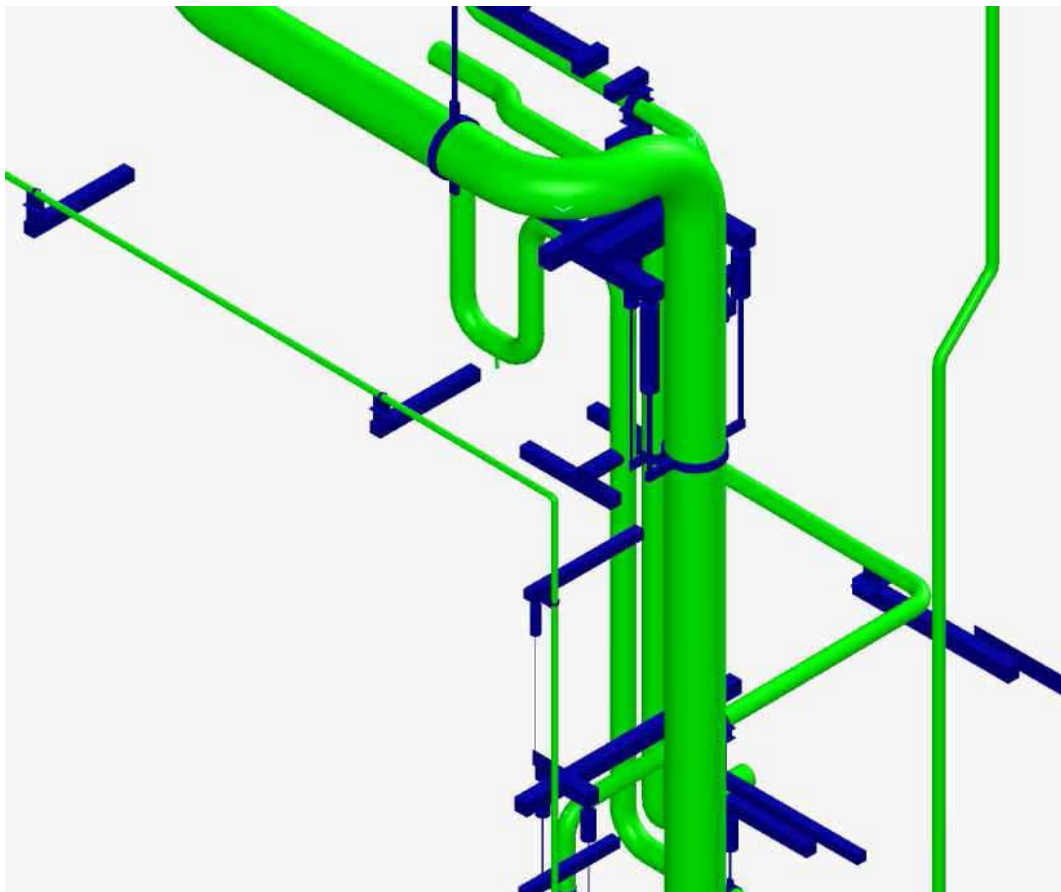


Imagen No. 5 Modelado de Soportes de Tubería.





# CAPITULO I. ANTECEDENTES



## I.9.1.7. GENERADOR DE ISOMÉTRICOS (ISOGEN – PD\_ISO)

Mediante este módulo se obtienen planos de diseño isométricos, esto es, representaciones en dos dimensiones de un modelo en 3D, donde se especifican codos, diámetros, etc. del tramo en cuestión. Estos planos tienen la información de PDS, más características constructivas necesarias como número de soldaduras por tramo, cotas entre codos, inclinaciones, etc. Imagen No. 6

Paralelamente, mediante una herramienta adicional llamada ISketch, y con ayuda de un Personal Digital Assistant (PDA) o un Tablet- Pc, se pueden generar estos isométricos desde PDS, modificarlos sobre la marcha directamente en la fase de montaje en obra y volcar esta nueva disposición en PDS, obteniendo los nuevos isométricos

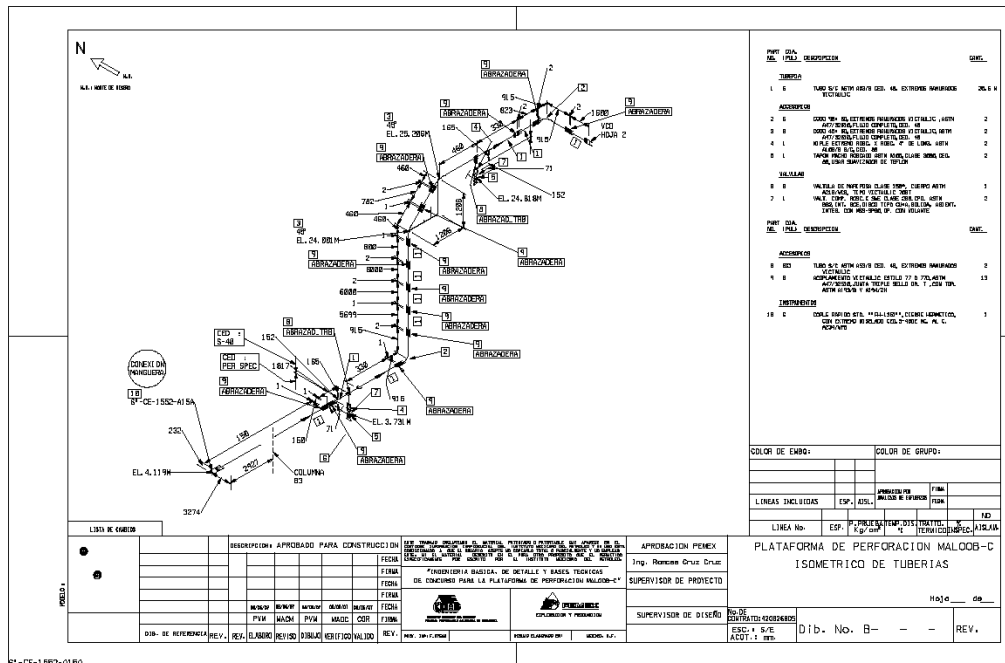


Imagen No. 6 Isometrico.



### I.9.1.8. GESTOR DE INFORMES (REPORT MANAGER – PD\_REPORT)

El formato de dichos *reports*, ninguno de estos formatos, por lo explicado anteriormente, ofrece la flexibilidad que se obtiene al trabajar. La función de este módulo es generar todos los listados e informes acerca de cualquier aspecto de la configuración de *PDS* (archivos semilla ‘seed’, tablas de colores, etc.).

Uno de sus apartados en particular permite generar informes de interferencias una vez se ha pasado el módulo de chequeo de éstas.

Si bien existe la opción de personalizar directamente con las bases de datos donde *PDS* almacena toda la información.

La capacidad de filtrados avanzados, búsquedas y demás opciones que permite la base de datos al trabajar directamente sobre ella, la convierte en la mejor opción de cara al manejo de los extensos listados de interferencias.

### I.9.1.9. GESTOR DE INTERFERENCIAS (INTERFERENCE MANAGER – PD\_CLASH)

Las funciones básicas del módulo son la detección, clasificación y resolución de las colisiones entre elementos, llamadas interferencias. Imagen No. 7

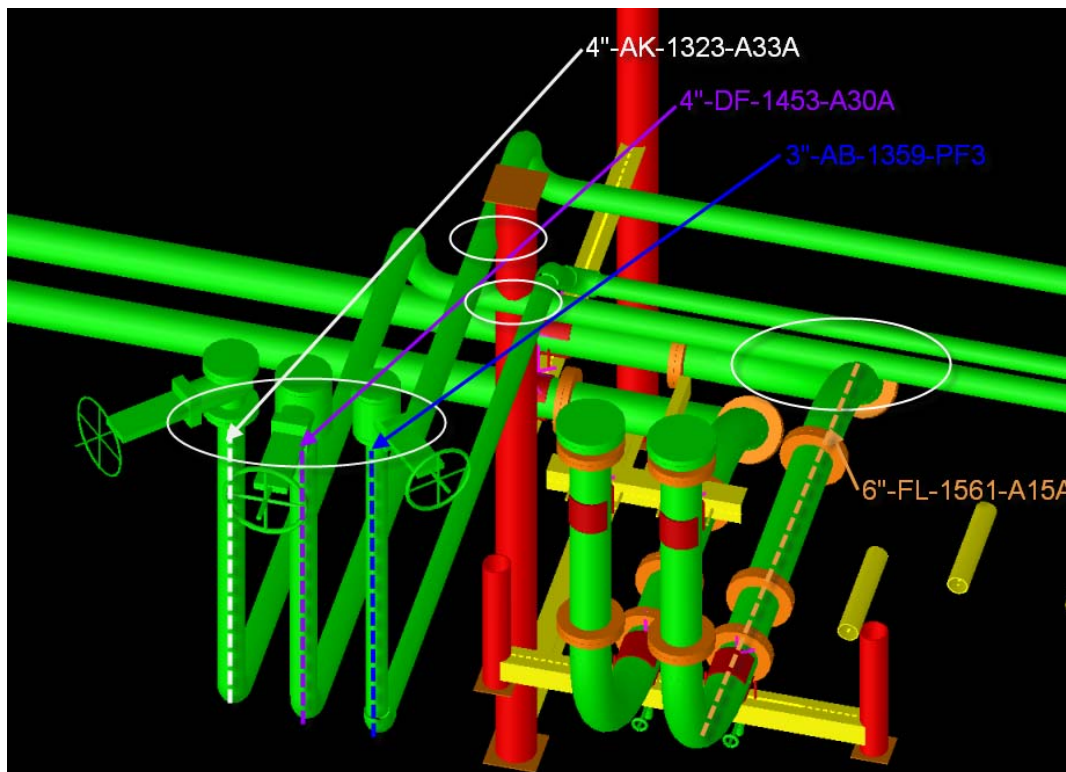


Imagen No. 7 Gestor de Interferencias.



### **I.9.1.10. ADMINISTRACIÓN (PD\_PROJECT ) Y BASE DE DATOS (PD\_RDB)**

Estos módulos se encargan del acceso a toda la información referente a los proyectos, como pueden ser especificaciones técnicas, librerías de objetos y gráficos, datos físicos de componentes, etc. En definitiva, contienen todo lo necesario para el correcto funcionamiento de los módulos anteriormente descritos y todas sus opciones.

### **I.9.2. ESTRUCTURA DE UN PROYECTO EN PDS**

Es importante conocer cómo se guarda y organiza la información del diseño de una planta dentro de *PDS*. Se empezará definiendo ciertos términos que se usarán a lo largo de este proyecto.

#### **Proyecto**

Se llama proyecto o *project* a cada una de las ediciones de una plataforma que se cargan en *PDS*. Se entiende por “edición” o “entrega” de un proyecto a la sucesión de revisiones de la maqueta 3D de una central.

Dado el gran número de diferentes componentes, tuberías, equipos, etc. que existen en una plataforma como la que se está analizando en el presente proyecto, cada maqueta 3D se realiza a lo largo de sucesivas revisiones. A medida que avanza el diseño, se va enriqueciendo dicha maqueta con más información, hasta que ésta queda terminada.

#### **Disciplina**

Se llama disciplina o *discipline* a cada una de los distintos campos de actuación que se pueden dar en el diseño de una plataforma, a saber:

Piping: Diseño de tuberías  
Equipment: Diseño de equipos  
Structural: Diseño de estructuras  
HVAC: Diseño de componentes de ventilación  
Raceways: Diseño de bandejas eléctricas

#### **Área de Diseño**

Dentro de cada disciplina hay particiones en el diseño para facilitar el modelado, reducir el tamaño de los archivos, y, sobre todo, poder tratar por separado diferentes entornos de la maqueta.

El criterio para elaborar estas particiones se establece en función de la filosofía de trabajo de la empresa que construye la maqueta.



---

## Modelo

Se llama modelo a cada división de un área de diseño que tiene características comunes de algún tipo. Cada modelo representa un conjunto de elementos diseñados en 3D, a escala real, que normalmente se corresponde con uno o varios “sistemas” o equipos.

Se entiende por “sistema” a cada unidad diferente de tuberías, estructuras o bandejas eléctricas que forma un proceso, recorrido o función dentro de la plataforma

Si se trata de la disciplina de equipos, cada modelo suele estar formado por un equipo en particular o un conjunto de equipos similares.



## CAPITULO II. PLATAFORMAS MARINAS

### II.1 DISCIPLINAS BÁSICAS PARA EL DISEÑO DE PLATAFORMAS

Una disciplina de ingeniería es aquella que aplica las ciencias básicas y la ingeniería para diseñar sistemas, componentes o procedimientos que satisfagan necesidades y metas preestablecidas.

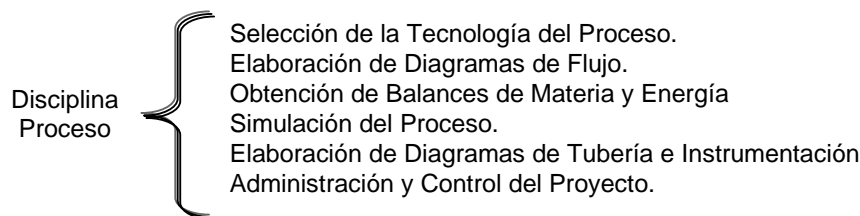
Las disciplinas básicas de ingeniería y las disciplinas que surgen de éstas, y que contribuyen en el diseño de Plataformas Marinas se describen a continuación.

#### **PROCESO.**

Esta disciplina se encarga de efectuar el análisis y síntesis de sistemas, los cuales consisten básicamente en el suministro de materias primas, energía y conocimientos tecnológicos para la generación de productos de utilidad.

En el caso particular para el diseño de Plataformas Marinas, la Disciplina de Proceso proporciona los conocimientos científicos y tecnológicos para la extracción, producción y/o acondicionamiento de petróleo crudo y gas natural. Esta disciplina se considera como “mandatoria” a lo largo de Ciclo de Vida de la Plataforma, ya que es la responsable de proveer y administrar toda la información generada en la Ingeniería del Proyecto.

#### **Actividades realizadas por parte de la Disciplina Proceso en el Diseño de Plataformas Marinas:**





## INSTRUMENTACIÓN.

### Actividades realizadas por parte de la Disciplina Instrumentación en el Diseño de Plataformas Marinas.

Disciplina de Instrumentación

Elaboración de Índice de Instrumentos.  
Representación simbólica estandarizada de cada uno de los instrumentos y la localización de los mismos en las diferentes partes de la plataforma.  
Construcción de Arreglos de Instalación de Instrumentación.  
Elaboración de Diagramas Lógicos de Control.  
Diseño de Controles Eléctricos y de los Tableros de Instrumentos.  
Formulación de especificaciones de Instrumentación de Proceso y Seguridad Industrial.  
Revisión de documentación por parte de proveedores de Instrumentación.

## ELÉCTRICO.

### Actividades realizadas por parte de la Disciplina Eléctrico en el Diseño de Plataformas Marinas.

Disciplina de Eléctrico

Elaboración de Diagramas Unifilares.  
Construcción de Diagramas de Distribución de Fuerzas (Alumbrado, Instrumentos, Cuarto de Cargas, etc.).  
Preparación de Diagramas de Clasificación de Áreas Peligrosas.  
Elaboración de Lista de Materiales Eléctricos (Cédula de Cables y Conductores).  
Diseño de subestaciones y de los sistemas de Tierras y Pararrayos.

## CIVIL.

### Actividades realizadas por parte de la Disciplina Civil en el Diseño de Plataformas Marinas.

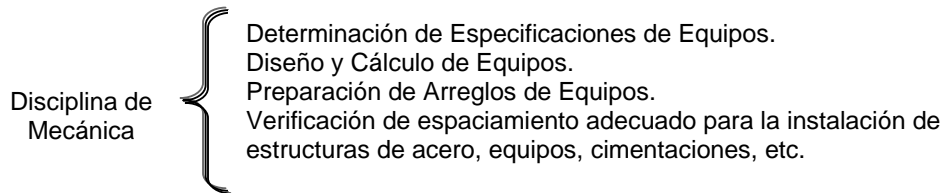
Disciplina de Civil

Análisis y Diseño de la Subestructura y Superestructura de la Plataforma.  
Estudios de flexibilidad en Sistemas de Tuberías  
Diseño de elementos de apoyo y soporte de Tuberías.  
Cálculo y diseño de estructuras para equipos y edificios.  
Elaboración de Planos de Cimentación y Anclaje.  
Análisis vibracional de Equipos (compresores, motores, etc.).  
Diseño de accesorios estructurales (conductores, pasillos, embarcaderos. etc.).



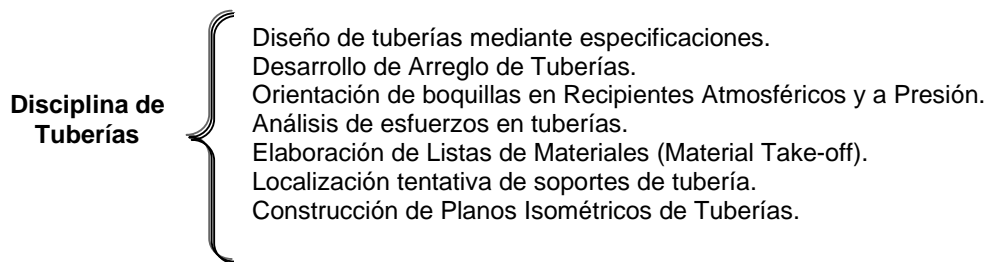
## MECÁNICA.

### Actividades realizadas por parte de la Disciplina Mecánica en el Diseño de Plataformas Marinas.



## TUBERÍAS.

### Actividades realizadas por parte de la Disciplina Tuberías en el Diseño de Plataformas Marinas.



Las disciplinas que surgen de las disciplinas básicas, y que contribuyen en el diseño de Plataformas Marinas se describen a continuación.

## SEGURIDAD INDUSTRIAL.

Es la responsable de estudiar los riesgos y los peligros inherentes durante la Construcción, Operación y Mantenimiento de las Plataformas Marinas.

Entre otras actividades que ejecuta se pueden mencionar las siguientes: Elaboración de Diagramas de Tubería e Instrumentación del Sistema de Red de Agua Contra incendio, Arreglos Generales de Distribución del Sistema de Detección de Gas y Fuego, entre otras.

## TELECOMUNICACIONES.

Es la encargada de la emisión, transmisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza, a través de radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos. La Disciplina Telecomunicaciones tiene la responsabilidad de especificar el Sistema de Comunicación de Voz, Datos y Video de las Instalaciones. El Sistema contempla el diseño de Equipo de



Telecomunicaciones, Medios de Transmisión/Recepción de Señales de Voz, Datos y Video, Equipos para Circuito de Detección y Supresión de fuego para la Red de Voz y Datos, igualmente para el Área de Telecomunicaciones.

**DISCIPLINA HVAC** (Heat Ventilation and Air Conditioning)

El abastecimiento de Aire Acondicionado y Ventilación dentro de una Plataforma Marina es importante para la salud y confort de los trabajadores por ello tiene la responsabilidad de establecer los criterios y requisitos técnicos a cumplir en el Diseño, Materiales, Fabricación, Pruebas, Instalación y Operaciones de los Sistemas de Aire Acondicionado y Ventilación Mecánica. HVAC es una Disciplina de Ingeniería derivada de la Disciplina Mecánica y de la cual depende en su totalidad.





## II.2. CICLO DE VIDA DE LAS PLATAFORMAS

Todo Proyecto de Ingeniería que consista en la producción de un bien o servicio, requiere de la ejecución de una serie de actividades que permitan su obtención. Dichas actividades pueden agruparse en fases o etapas que faciliten el control sobre los tiempos en que es necesaria la aplicación de recursos humanos, económicos, técnicos y tecnológicos al proyecto. Al conjunto de estas etapas se le denominan “Ciclo de Vida.”

Se definirán las etapas que conforman el Ciclo de Vida de las Plataformas Marinas, teniendo presente que igualmente son aplicables a cualquier tipo de Instalación.

- **Ingeniería Básica.**

Durante el desarrollo de la Ingeniería Básica se generan documentos que plasman la información primordial que se requiere para el Diseño de las Instalaciones Industriales, que satisfagan las necesidades de producción y costos del proyecto.

Por mencionar algunos de los documentos primordiales creados en esta fase del Ciclo de Vida de la Instalación se encuentran:

- Diagramas de Flujo de Proceso.
- Balances de Materia y Energía.
- Diagramas de Tuberías e Instrumentación de Proceso y Servicios Auxiliares.
- Diagramas de Tuberías e Instrumentación del Sistema de Agua Contra incendio.
- Índice de Líneas de Proceso, Servicios Auxiliares y Agua Contra incendio.
- Índice de Instrumentos.
- Lista de Equipos.
- Hojas de Datos de Equipos de Proceso y Auxiliares.
- Plano de Localización General de Equipos (PLG).

- **Ingeniería de Detalle.**

En la Ingeniería de Detalle se revisa detalladamente la información suscitada de la Ingeniería Básica y se verifica que dicha información sea la necesaria para la continuación del proyecto. Se generan documentos y planos de fabricación que conlleven a la construcción y operación de las Instalaciones. Esto se logra con la participación de cada una de las Disciplinas de Ingeniería.

Algunos documentos obtenidos en la Ingeniería de Diseño son los siguientes:

- Especificaciones técnicas de equipos y materiales.
- Dimensionamiento de conductos, tuberías e instalaciones eléctricas.
- Planos de Detalle de elementos estructurales, equipos, instrumentos, etc.
- Isométricos de tuberías, soportería, conductos, etc.



- Listado de Materiales (Material Take-Off).

- **Procura.**

En la Etapa de Procura, se pre-califican a los Proveedores más indicados para el suministro de Equipos, Instrumentos y Materiales propuestos en la Ingeniería de Detalle. Por otra parte, se analizan las ofertas de dichos Proveedores para posteriormente elaborar documentos contractuales y órdenes de compra correspondientes.

Durante toda la Etapa de Procura se lleva a cabo un seguimiento exhaustivo de las órdenes de compra propias de todos los elementos que conforman la Instalación.

- **Fabricación y Construcción.**

Se consideran fundamentalmente en la Fabricación de Equipos y Construcción de la Instalación los siguientes procedimientos:

- Revisión de Planos, Especificaciones y Detalles.
- Verificación de Control de Calidad en cada elemento de la Instalación.
- Inspección de calidad en la ejecución de los trabajos de Construcción.
- Revisión de Planos de Obra elaborada por parte del Contratista.

Concluida la Construcción de las Instalaciones y/o Plataformas Petroleras se ejecuta cierta metodología denominada Ingeniería As-Built, que implica que toda la documentación generada al término de la construcción, sea puesta a disposición para el mantenimiento, simulaciones, garantías de calidad y análisis de diseño. Tal que con el uso de tecnologías de vanguardia se puedan administrar y cuantificar todos los elementos y materiales empleados.

- **Pruebas y Arranque.**

La intención principal de efectuar pruebas de operabilidad a cada uno de los Sistemas que conforman la Instalación es para demostrar que dichos Sistemas pueden ser operables de forma segura y eficaz.

De igual modo en las Pruebas y Arranque de los Sistemas existe la forma de comprobar si cumple con los parámetros establecidos en la Ingeniería de Detalle, o bien, en lo establecido en las Etapas de Procura y Construcción.

- **Operación y Mantenimiento.**

La operación, el mantenimiento en sus tres acepciones (preventivo, correctivo y predictivo), las modificaciones, adecuaciones y mejoras, comprenden específicamente la explotación de la Instalación, lo que representa la eficacia de su diseño.

Para efectuar maniobras de operación y mantenimiento de las Plataformas Marinas se requiere de la capacitación y certificación del personal ya que esto garantiza la reducción de riesgos durante la ejecución de los procedimientos correspondientes.



De igual forma, es necesario que se cuente con toda la información generada en las etapas previas a la Operación y Mantenimiento de la Instalación, con la finalidad de tener presentes todos los parámetros y especificaciones que se consideraron durante el diseño y fabricación de los elementos constituyentes.

- **Desmantelamiento.**

Al finalizar la vida útil de la Instalación es requerido que sus elementos sean retirados, por lo que las actividades a realizar para dicho fin sean previamente planeadas, con la intención de evitar accidentes y catástrofes ecológicas. Estas actividades deben ejecutarse con apego a los instructivos de desmantelamiento de cada uno de los componentes de la Instalación.



### II.3. DIFERENTES TIPOS DE PLATAFORMAS

El desarrollo de Proyectos de Plataformas es una problemática que se resuelve en etapas cuya orientación obedece a varios factores que, ordenados, podemos resumir en:

**DEFINICIÓN DE FUNCIONES DE LA ESTRUCTURA.** Elección del tipo de plataforma en atención a su objetivo de uso.

**MEDIO AMBIENTE DE LOCALIZACIÓN.** Oleaje, corrientes, mareas, vientos, ciclones, evaporación, lluvias, humedad, sismos, suelos y subsuelos marinos, características geológicas y mecánicas, tirantes de agua, etc.

**FUNCIONES DE OPERACIÓN.** Cargas estáticas, vivas y accidentales, riesgos potenciales de operación, su interrelación con otras instalaciones, operación de barcos, etc.

**DISPONIBILIDAD DE TECNOLOGÍA Y ECONOMÍA NACIONAL.** Infraestructura de construcción, disponibilidad de materiales en la zona, equipo de transporte, capacidad de mantenimiento y reposición, etc.

Del análisis de los factores anteriores, se toma la decisión del tipo de Plataforma así como su estructuración, distribución arquitectónica, dimensiones, capacidad, protección, etc., que constituye en sí el Proyecto de la Plataforma.

Las técnicas y procedimientos de diseño de Plataformas Marinas han evolucionado en función a las necesidades de exploración y explotación de los diversos yacimientos existentes y a las condiciones dinámicas y estáticas del medio ambiente. La primera Plataforma se construyó en los Estados Unidos en Vermilion, Florida en el año de 1947. En esta se utilizaron por primera vez miembros tubulares para las columnas de soporte. Su instalación se efectuó con una barcaza de 75 toneladas y el tirante de agua era de 6 metros.

La experiencia anterior definió un sistema de diseño que aun se manifiesta en proyectos recientes, en las cuales las plataformas están construidas por superestructuras y subestructuras tubulares.

En los últimos quince años, la tecnología de desplante en aguas cada vez más profundas ha progresado en forma importante, siendo ya comunes las plataformas con tirantes de agua de 150 a 300 metros, como las de Murchison de 150 metros y Magnus de 185 metros en el Mar del Norte; la de Hondo en California de 260 metros y Cognac en el Golfo de México de 310 metros.

Esta tecnología ha dado lugar al diseño de diferentes tipos de plataformas, dependiendo del tirante y del uso al que se destine, siendo las más comunes las que a continuación se describen.



### II.3.1. PLATAFORMAS MÓVILES PARA EXPLORACIÓN

Para trabajos de exploración existen varios tipos de **"plataformas móviles"** entre las que se pueden mencionar las siguientes:

PLATAFORMAS LASTRABLES O SUMERGIBLES. Este tipo de plataformas se utiliza para tirantes de agua hasta de 50 metros, se instalan mediante la inundación de sus depósitos flotadores ó pontones, los cuales quedan apoyados directamente sobre el piso marino. De está manera se crean condiciones de trabajo semejantes a las que se tienen en tierra firme, esto es, la unidad no altera su posición con respecto al pozo por efecto del oleaje.

Una vez terminados los trabajos, la plataforma es puesta a flote evacuando el agua de lastre, con lo que puede ser trasladada a otro sitio de trabajo.

Las unidades totalmente sumergibles han demostrado ser adecuadas para su utilización en aguas bajas y especialmente en zonas pantanosas. Sin embargo, muestran aspectos desventajosos en cuanto a problemas de estabilidad durante el transporte y, además, porque las erosiones en el lecho marino producen daños en los puntos de apoyo de los flotadores. No obstante, comparadas con los otros tipos, las unidades totalmente sumergibles registran menor cantidad de daños (ver Imagen No. 8).



PLATAFORMA LASTRABE □ SUMERGIBLE

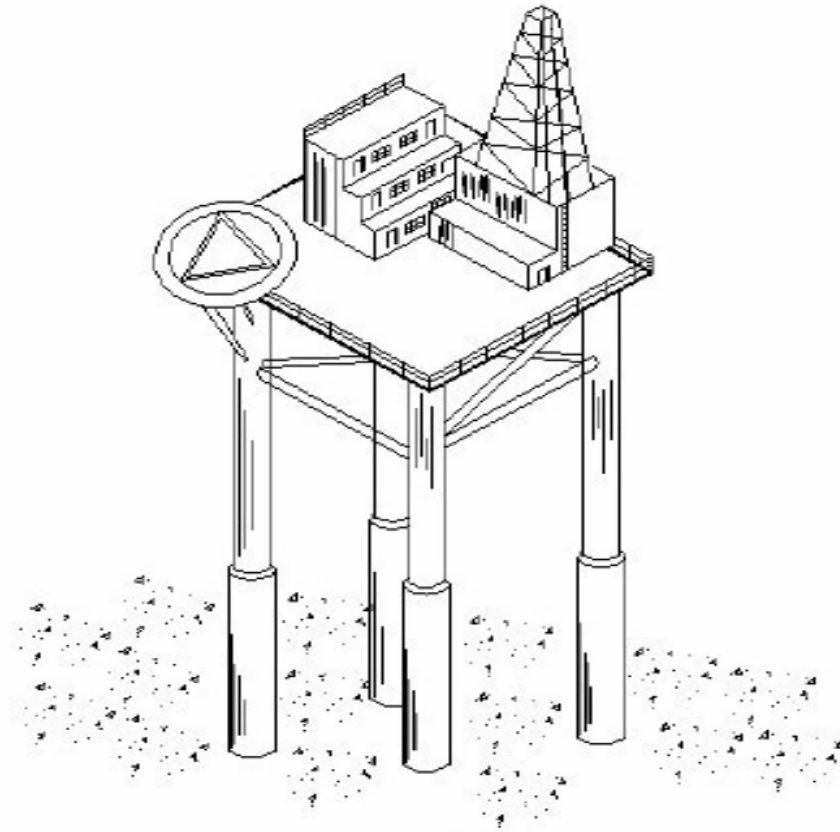


Imagen No. 8



### II.3.2. PLATAFORMAS AUTOELEVABLES (JACK-UP)

Las "**plataformas autoelevables**" son móviles y son usadas comúnmente para trabajos en tirantes de agua hasta de 100 metros. Hoy en día, de las instalaciones móviles de perforación, el mayor número corresponde a las unidades autoelevables. La plataforma sobre la que se encuentra montada la torre de perforación, es construida en forma de balsa y contenida en varias cubiertas, dispuestas una encima de otra con todo el equipo necesario para la perforación, así como la planta de fuerza, almacenes, campamentos, etc.

Las patas sobre las que se apoya la unidad y cuyo número llega a ser hasta de 12, están dispuestas en su perímetro. Estas patas están hechas a base de cilindros huecos ó armaduras de acero, su longitud depende de la profundidad de operación prevista.

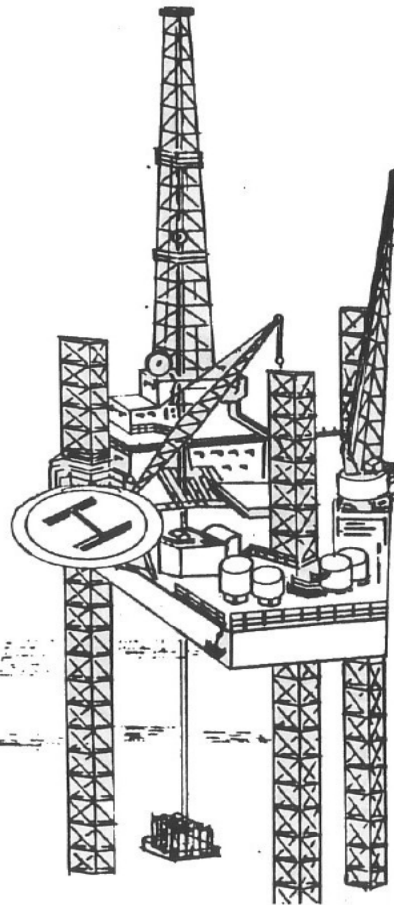
Cuando la unidad se encuentra sobre el punto de operación, las patas son bajadas al fondo marino, inmediatamente después la plataforma es levantada hasta una altura suficiente sobre el nivel del mar para que el oleaje no pueda alcanzar la superestructura.

Una vez que la unidad "**autoelevable**" ha sido apoyada, puede ser operada con bastante independencia de las condiciones climatológicas que imperan en el sitio y emplear prácticamente la misma técnica de perforación que en tierra firme. En el caso de las unidades semisumergibles y de los barcos de perforación, no se tienen los problemas de emplazamiento y estabilización. El cabezal del pozo y el preventor pueden ser instalados directamente por debajo de la plataforma de trabajo sobre el agua. Con esto se reduce el peligro de contaminación del agua y aumenta la seguridad en la perforación.

Dado que las unidades "**autoelevables**" combinan la movilidad con las ventajas de operación de las estructuras fijas de acero, se procura emplearlas siempre que las condiciones del fondo marino lo permitan. Su desventaja es su vulnerabilidad durante el remolque e instalación. La mayor parte de los daños y pérdidas totales se originan cuando las patas se encuentran levantadas y sobresalen de la superficie del mar. También corren graves peligros cuando se presentan erupciones incontrolables de gas o petróleo (ver Imagen No. 9).



## PLATAFORMA AUTOELEVABLE ( JACK - UP )



UNIDAD AUTO-ELEVABLE SOBRE TRES PATAS  
DE SUSTENTACION A BASE DE ESTRUCTURA  
TUBULAR Y PLATAFORMA NAVIFORME

Imagen No. 9





### II.3.3. PLATAFORMAS SEMISUMERGIBLES

Durante los últimos años éste ha sido el tipo favorito de construcción para ser operado en condiciones especialmente adversas; el objetivo que se persigue en el diseño de las unidades "**semisumergibles**" es el de reducir a un mínimo posible los efectos del oleaje en el trabajo de perforación. Actualmente gozan de gran demanda éstas unidades, especialmente las grandes de 30,000 y hasta de 50,000 toneladas. La plataforma de trabajo y demás instalaciones repartidas en varias cubiertas, se encuentran ligadas a los flotadores de diversas formas, generalmente mediante columnas huecas de entre 30 y 45 metros de longitud.

Antes de iniciar la perforación, los flotadores son estabilizados a una profundidad de entre 15 y 25 metros inundando los tanques de lastre. De esta manera, los flotadores se mantienen en una zona relativamente tranquila y que no está sujeta a los efectos del oleaje en la superficie.

Las grandes unidades semisumergibles pueden trabajar aun en presencia de olas hasta de 10 metros de altura. Al ser operadas en el Mar del Norte pudieron, en algunos casos, reducir a un 5% las interrupciones por mal tiempo.

Existe pues, una tendencia a emplear cada vez más unidades semisumergibles en zonas con peligro de mal tiempo, ya sea para el tendido de tuberías como grúas flotantes, habitacionales o bien como plataformas de perforación y producción. Las unidades flotantes modernas se encuentran equipadas con motores de diesel eléctricos para su autopropulsión, haciéndose así innecesario su remolque. En posición emergida la unidad alcanza una velocidad de crucero superior a 15 kilómetros por hora.

La operación de las unidades semisumergibles de perforación, requiere en comparación con las torres de perforación fijas, una técnica diferente y más complicada porque el cabezal del pozo y el preventor deben ser instalados en el fondo del mar, ya que la larga tubería de ascensión no podría soportar las grandes presiones que eventualmente provienen del yacimiento. Asimismo, su suspensión deberá ser muy flexible y basándose en conexiones universales, a fin de poder absorber los inevitables cambios de posición entre el pozo y la plataforma de perforación. Especialmente por lo que se refiere a movimientos verticales, la tubería de perforación y la tubería de ascensión deberán ser capaces de absorber desplazamientos en dicha dirección para compensar los movimientos de la plataforma (ver Imagen No. 10)



## PLATAFORMA SEMISUMERGIBLE

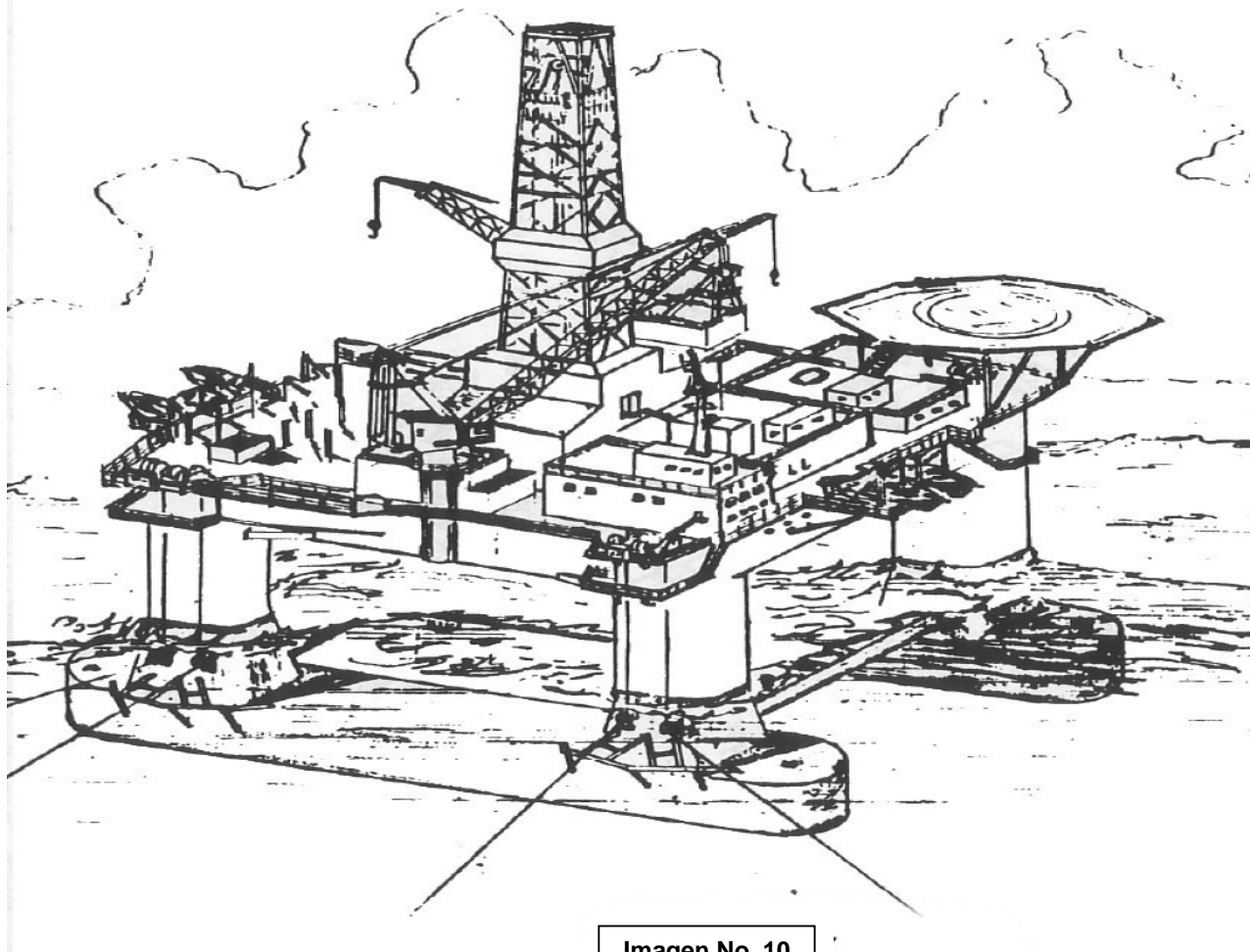


Imagen No. 10



### II.3.4. BARCOS DE PERFORACIÓN

Estos barcos entran dentro del tipo de unidades móviles, siendo los primeros adaptados de buques mercantes o de barcos sobrantes de las marinas de guerra de Estados Unidos. A pesar de que su gran superficie de contacto con el agua hace a estos buques sumamente sensibles al oleaje, resultan aprovechables y baratos en su adquisición.

Algunos de estos equipos siguen operándose hasta la fecha; la instalación sobre el buque de la torre de perforación, la mesa rotaria y la apertura de perforación no presentan mayores dificultades.

Debido a su condición de naves pueden soportar el más fuerte oleaje y de acuerdo con informaciones coincidentes de los aseguradores de transporte, los barcos de perforación gozan del más bajo porcentaje de daños totales entre todas las instalaciones móviles.

La mayor desventaja de los barcos de perforación sigue siendo su inmediata reacción ante el viento y el oleaje, a pesar que se introdujo un sistema de anclaje que permite al buque colocarse en el Angulo más favorable con respecto al viento y al oleaje, es decir, rotar alrededor del eje de perforación y aun así no es posible efectuar trabajos de perforación en presencia de olas con alturas superiores a 4 ó 5 metros, debido a que no ha sido posible reducir apreciablemente los desplazamientos verticales del buque.

Este problema pudo eliminarse parcialmente mediante el desarrollo computarizado del sistema, actualmente casi perfecto de marcación dinámicas, que permite eliminar totalmente el anclaje pero que aun resulta excesivamente caro (ver Imagen No. 11).



# BARCO DE PERFORACION

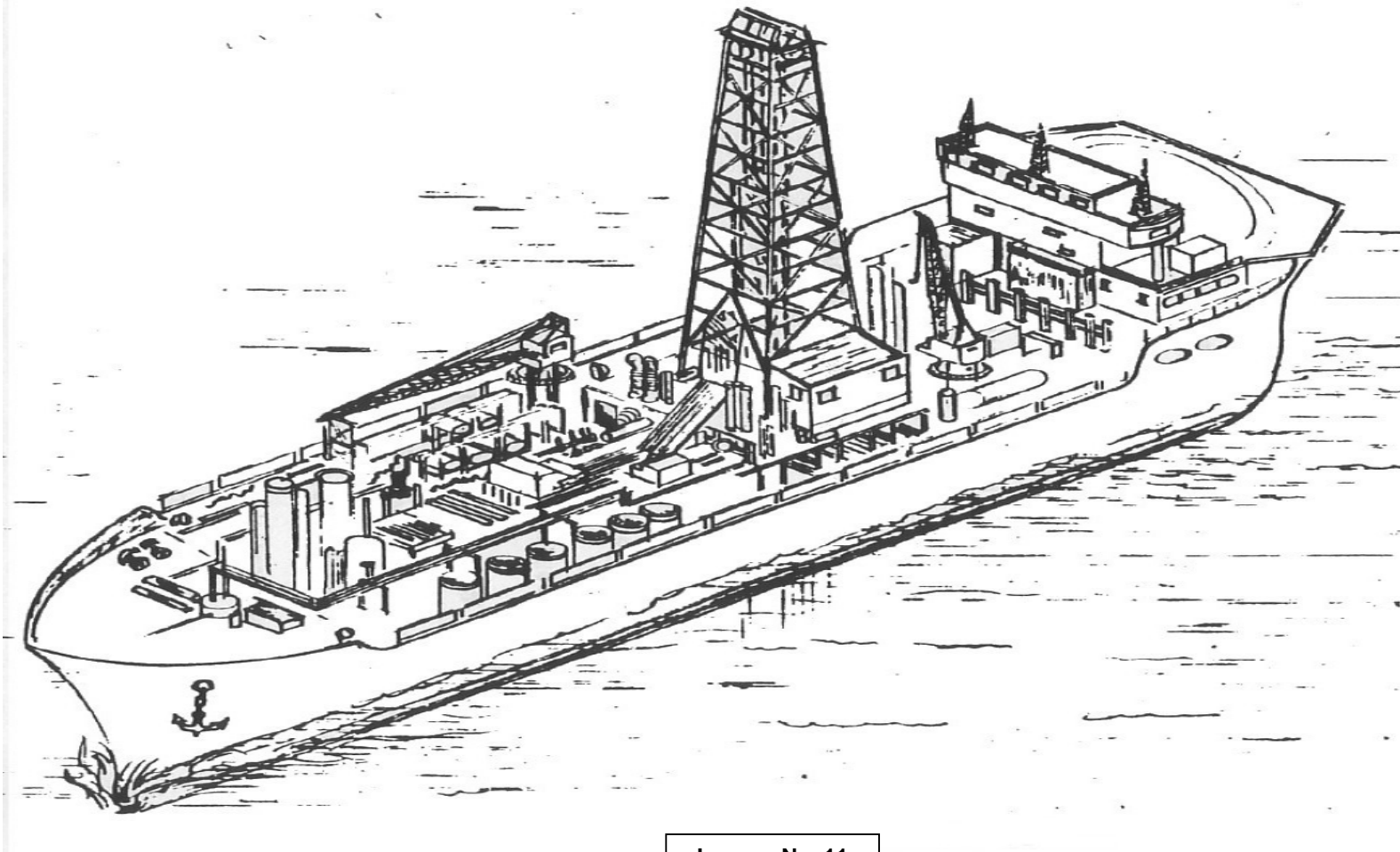


Imagen No. 11



## **PLATAFORMAS FIJAS DE PERFORACIÓN Y PRODUCCIÓN**

Dentro del grupo de las plataformas fijas de perforación y producción se encuentra la de gravedad, la de torre de desplante, la de columnas a tensión por medio de cables y la de empotramiento de plataformas que a continuación se describen en forma resumida.

### **II.3.5. PLATAFORMAS DE GRAVEDAD DE CONCRETO**

La característica principal de estas plataformas es su enorme peso, ya que por sí solas, son suficientes para resistir el ataque de los elementos del medio. Las fuerzas ascensionales producidas por su volumen son reducidas mediante lastrado. A la fecha existe gran variedad de estas, principalmente en el Mar del Norte, de acuerdo con el tipo elegido de entre 5 hasta 100 celdas cilíndricas o rectangulares, ocupando un área de apoyo que por lo general abarca unos 10,000 m<sup>2</sup>, de forma circular ó poligonal. La altura de la sección de fondo es de 40 a 65 metros, sobre ésta base se levantan como prolongación de las celdas, de 2 a 4 torres ó columnas cuya sección se reduce hacia la punta superior con una altura de 100 a 140 metros y sobre las cuales descansa la cubierta (ver Imagen No. 12).



**PLATAFORMA DE GRAVEDAD DE CONCRETO**

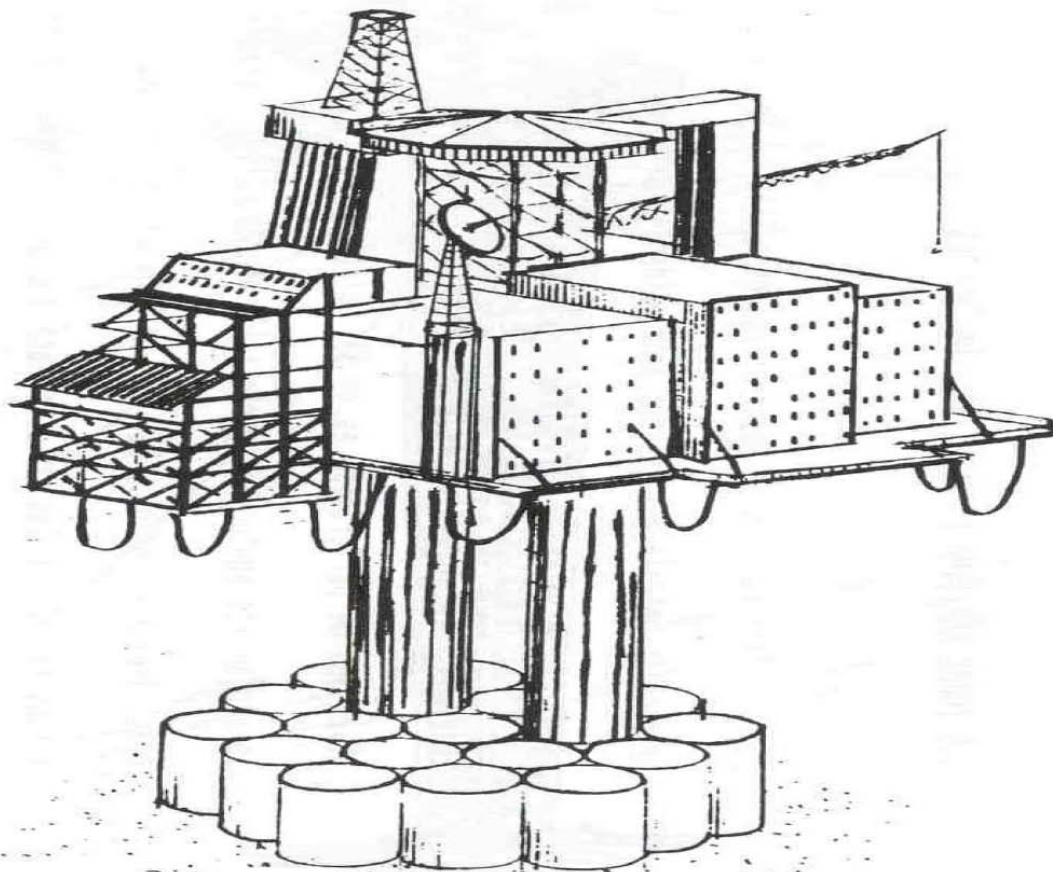


Imagen No. 12



### **II.3.6. PLATAFORMAS DE COLUMNAS TENSADAS**

Este tipo de plataformas están constituidas esencialmente por una balsa semisumergida, con nivel de flotación constante y soportada mediante columnas tubulares a tensión, cimentadas en el fondo marino mediante pilotes.

Muy semejante a ésta, se ha construido una plataforma del tipo semisumergibles, constituida también por un barco o balsa asegurada mediante un sistema de tensores anclados en el piso marino.

El sistema de perforación para estos dos tipos de plataformas implica muchos riesgos, ya que el cabezal del pozo o los pozos que se vayan a perforar deberá instalarse en el fondo marino, incluyendo los preventores. Todo el equipo bajo el agua se opera a control remoto por un sistema hidráulico.

#### **TORRE MARÍTIMA ESTABILIZADA CON CUERDAS**

Esta plataforma ha sido desarrollada específicamente para la perforación y producción petrolera a grandes profundidades. La primera plataforma de este tipo fue instalada a 105 kilómetros al sureste del Grand Isle, estado de Lousiana. El tirante de agua es de 305 metros y la altura total, incluyendo el equipo de perforación, es de 397 metros. Cuenta con tres cubiertas donde se alojan los equipos de perforación y producción, operando ambos en forma simultánea y el peso total de la estructura, incluyendo el sistema de estabilización y los pilotes para anclar la torre, se estima en 43,000 toneladas. Veinte cuerdas de estabilización de trece centímetros de diámetro, dispuestas simétricamente alrededor de la torre, añaden estabilidad y le permite un leve movimiento con el viento y la fuerza de las olas (ver Imagen No. 13).



**TORRE MARITIMA ESTABILIZADA CON CUERDAS**

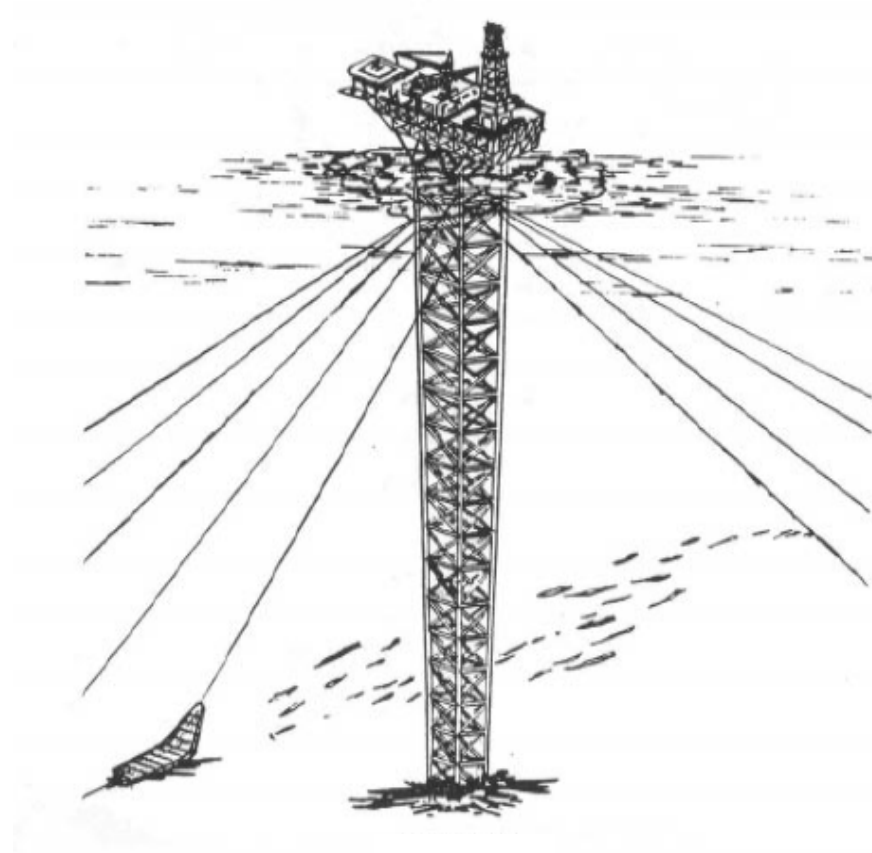


Imagen No. 13





### II.3.7. PLATAFORMAS TUBULARES FIJAS (CASO MALOOB-C)

Como un diseño más de plataformas marinas fijas se tiene la plataforma fabricada con elementos tubulares, la cual consta básicamente de 4 partes, siendo éstas las siguientes (ver lámina):

- Pilotes de sustentación.
- Subestructura.
- Superestructura.
- Equipos ó módulos.

Este tipo de plataformas fijas son las más usuales en el mundo, pudiendo ser de 4, 6 y 8 columnas, dependiendo el servicio para lo que se destine. Además estas plataformas son diseñadas para tirantes de agua desde 20 metros hasta el orden de 310 metros.

**PILOTES DE SUSTENTACIÓN.** Los pilotes están formados por elementos tubulares y básicamente es la cimentación de la plataforma. Estos se alojan en cada una de las piernas o columnas de la subestructura, fijándose a ésta en la parte superior de las mismas, en donde reciben la descarga de la superestructura y los equipos, determinando la longitud de penetración a partir del lecho marino en función de la capacidad del suelo.

Para plataformas con profundidades hasta de 150 metros, es posible diseñar la cimentación por medio de pilotes alojados en las piernas y adicionalmente algunos llamados de faldón y para profundidades superiores a 150 metros se requerirán de grupos de pilotes en cada pierna.

**SUBESTRUCTURA.** La subestructura en este tipo de plataformas es de forma piramidal, construida totalmente basándose en elementos tubulares. Se forma por cuatro marcos trapezoidales en el sentido transversal y por dos ejes longitudinales. La separación de sus ejes y marcos va desde 7.5 metros hasta 20 metros, además cuenta con diferentes niveles de arriostramiento horizontal, dependiendo de su tirante, unidos éstos a las columnas con diagonales ó crucetas tubulares. La subestructura se fija al lecho marino por medio de pilotes que serán insertados a través de las columnas y se soldaran en su extremo superior a la columna correspondiente.

Unidos a la subestructura se tienen dos embarcaderos de emergencia, los cuales auxiliarán en el embarco y desembarco de personal. A su vez, estos atracaderos están protegidos con cuatro u ocho defensas para barcasas.

**SUPERESTRUCTURA.** La superestructura cuenta básicamente con 2 cubiertas, las cuales son soportadas por columnas y que a su vez se apoyan sobre los pilotes.



La estructuración de las cubiertas es a base de vigas longitudinales, apoyadas éstas en traveses de acero las cuales con las columnas forman marcos principales transversales.

En la cubierta inferior se alojan los equipos y tuberías de servicio y proceso de la plataforma según el tipo. Sobre la cubierta superior, se instalan los equipos principales de producción o módulos de perforación, según sea el tipo de uso de la plataforma.

**EQUIPOS O MODULOS.** Dependiendo del uso de la plataforma, sobre la cubierta se puede instalar un equipo de perforación en forma modular o equipos tipo paquete de producción, generación eléctrica, habitacionales, etc. Para ilustrar las partes principales que integran una plataforma, se relacionan en forma tabular la parte, su uso, dimensión, peso, capacidad, etc. (ver Imagen No.14).

DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES O MÓDULOS PRINCIPALES PARA PLATAFORMAS				
DESCRIPCIÓN PARTE	DIMENSIÓN	PESO	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
PILOTES	48" Ø X 1.5/2.5"	8 PZAS.- 1200 TON		
CONDUCTORES	30" Ø X 1"	12 PZAS.- 800 TON		
SUBESTRUCTURA	60 M TIRANTE	900 TON		
SUPERESTRUCTURA	120' X 60' X 52'	850 TON		
EQUIPO DE PERFORACIÓN	8 MÓDULOS	3000 TON		
MÓDULOS HABITACIONALES	90' X 45' X 52'	1200 TON	184 PERSONAS	NOTA
MÓDULOS DE COMPRESIÓN	80' X 24' X 70'	830 TON	90 MPCD	
MÓDULOS DE GENERACIÓN	60' X 60' X 45'	450TON	10,500 KW	
DESHIDRATADORAS	20' X 40' X 30'	180 TON	10 MPCD	
ENDULZADORAS	20' X 40' X 30'	120 TON	5 MPCD	
TURBO BOMBAS		30 TON	40 BBD	
PAQUETES DE SEPARACIÓN	45' X 40' X 30'	300 TON	190 MBD	
ANTENAS PARA TELECOM.	VARIABLES			
TORRE PARA QUEMADOR	VARIABLES			
TRIPODES	VARIABLES	850 TON		
PUNTES	VARIABLES	150/600 TON.		



**PLATAFORMA TUBULAR Y SUS DIMENSIONES**

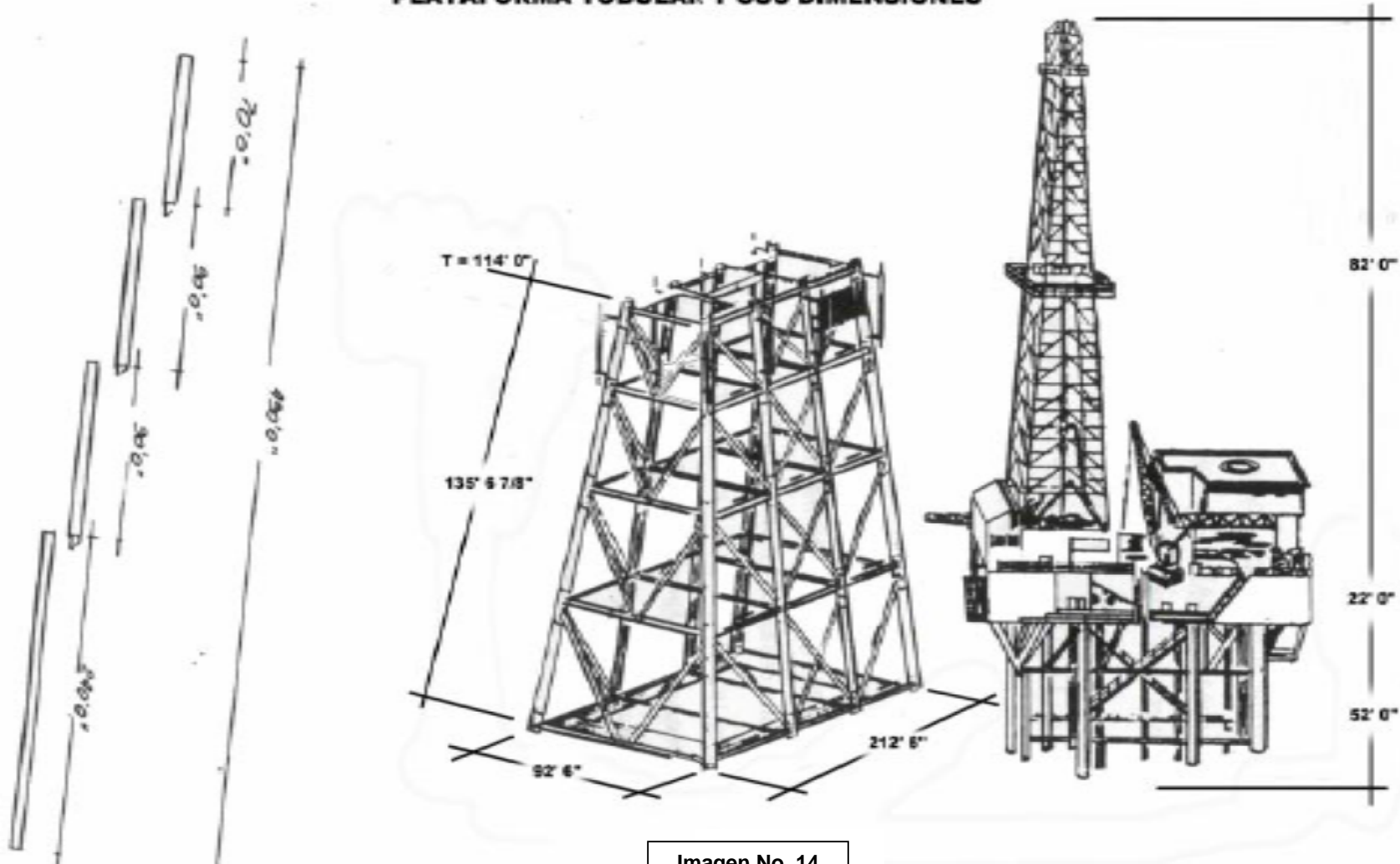


Imagen No. 14



Es común instalar una plataforma de este tipo según el uso que se le destine. En el caso de la Sonda de Campeche, la mayoría de los campos que se están desarrollando actualmente han dado lugar a la instalación de un complejo de éstas estructuras. Tal es el caso de los campos "**Akal**", "**Nohoch**", "**Abkatun**", "**Pol**", "**Ku**", etc., en los cuales ya se cuenta con el siguiente tipo de plataformas:

- De perforación.
- De producción.
- De enlace.
- De compresión.
- De trípodes a quemador.
- De habitacionales.

Las anteriores plataformas están unidas entre sí por medio de puentes aproximadamente de 100 metros de longitud.

Además, los complejos anteriores han dado lugar a las siguientes plataformas, las cuales se encuentran retiradas a estos complejos en lugares estratégicos como son:

- Plataforma de rebombeo.
- Plataforma de almacenamiento diesel.
- Plataforma de telecomunicaciones.
- Plataforma de control y servicios.
- Plataforma de tratamiento y bombeo de agua para inyección.
- Plataforma de estabilizadora de crudo.
- Plataforma de trípodes.
- Plataforma de perforación para inyección de agua.
- Plataformas de Inyección de Nitrógeno.



### **II.3.8. CLASIFICACION DE ACUERDO A SU USO**

Las Plataformas Marinas pueden clasificarse de la siguiente manera considerando el uso que a éstas se les proporcione. Teniendo así los siguientes tipos:

#### **PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN**

Son estructuras móviles o convencionales posicionadas en el lecho marino, empleadas de base o soporte para la instalación y operación de un equipo de perforación o mantenimiento de pozos.

#### **PLATAFORMAS DE PRODUCCIÓN.**

En estas plataformas se efectúa la separación y medición del gas y el aceite, haciendo uso de un equipo de bombeo el crudo es enviado a los diversos centros para su distribución, almacenamiento o refinación.

#### **PLATAFORMAS DE ENLACE.**

En ellas se concentran las llegadas de los oleo gasoductos provenientes de las Plataformas Fijas, los cuales se conectan al cabezal colector general, con el propósito de distribuir el crudo hacia las Plataformas de Producción, así como enviar el aceite procesado por medio de Oleoductos. Adicionalmente en las Plataformas de Enlace se instalan Sistemas (Trampas de Diablos) de recuperación y envío de “diablos”, empleados en la limpieza de ductos. (56)

#### **PLATAFORMAS DE COMPRESIÓN.**

Las Plataformas de este tipo contienen el equipo necesario para manejar y distribuir el gas natural obtenido en el proceso de separación de aceite.

#### **PLATAFORMAS HABITACIONALES.**

Son del tipo en la que los trabajadores u operadores de algún otro tipo de plataformas, permanecen con la mayor comodidad posible fuera de su jornada laboral.

#### **PLATAFORMA DE REBOMELO.**

Esta plataforma se encuentra instalada en el punto medio entre el Puerto Petrolero de Dos Bocas, Tabasco y el Campo Akal. Tiene la función de rebompear el crudo de los tres oleoductos de 36” que van a tierra. Este bombeo se realiza con ocho turbo bombas con motores de combustión interna con cien mil barriles de capacidad cada una, lo que incrementa a ochocientos mil barriles la capacidad de transporte de aceite crudo de estas tres líneas. Esta plataforma dispone de todos los servicios que tiene una habitacional por lo que se considera una instalación autosuficiente.



### **PLATAFORMA DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL.**

Esta plataforma se encuentra ubicada anexa a la plataforma de rebombeo y es la encargada de suministrar el combustible diesel para el consumo de los motores de combustión interna de las turbo bombas. Cuenta con 5 tanques de almacenamiento de diesel con una capacidad próxima a los 500,000 litros cada uno, lo que en conjunto suma un total de 2'500,000 litros.

### **PLATAFORMA DE TELECOMUNICACIONES.**

Este tipo de plataforma por lo regular son de tres patas, exceptuando la de Ixtoc que es de ocho patas. Se encuentran instaladas en diferentes puntos de la Sonda de Campeche y están entrelazadas entre sí a una central, la cual se encuentra colocada en la plataforma de Ixtoc. Desde todas estas plataformas se controla el sistema de comunicaciones telefónicas que, basándose en microondas, es el que se utiliza en todas las instalaciones petroleras. Además de lo anterior, las plataformas de telecomunicaciones también están provistas de sistemas de radar que manda sus señales a una pantalla maestra que se encuentra colocada en la plataforma de Ixtoc. Con esto se permite tener un control de todas las embarcaciones que salen o llegan a la Sonda de Campeche y evitar colisiones con plataformas o ruptura en los ductos submarinos por mal anclaje de las mismas.

### **PLATAFORMA ESTABILIZADORA DE CRUDO.**

Esta plataforma tenía como función principal quitar los últimos residuos de gas con que llega el crudo al cargadero de buque tanques en Cayo Arcas, así como también quitar algunas impurezas que desprende el aceite crudo al ser sometidos a un proceso de enfriamiento por ser conducidos por las tuberías submarinas; una vez procesado el aceite crudo se rebombee a los módulos de medición para su envío a los barcos ya sea para almacenamiento o envío al exterior. Actualmente se utiliza como plataforma de apoyo y medición en la estación de carga para buque tanques en Cayo Arcas.

### **CATEGORIZACIÓN DE PLATAFORMAS.**

La categoría de cada plataforma se establece en función de su producción manejada. Para los fines de esta norma, se entiende como producción manejada al volumen de crudo o aceite que la plataforma produce, recibe y procesa, expresado en barriles por día equivalentes de crudo pesado. La categoría establecida en los términos anteriores para los diferentes tipos de plataformas se presenta en la Tabla, en donde se muestra la categorización de estructuras principales, es decir, aquellas estructuras que manejan directamente la producción (generalmente octápodos). La categoría de una estructura que complementa a las plataformas principales está asociada a la categoría más alta de las plataformas principales con las cuales se interconecta.



La categoría de una plataforma depende de la consecuencia de su falla. En términos generales, esta consecuencia se establece en función de la pérdida de vidas humanas, del impacto ambiental y del impacto económico que representa la falla estructural. Sin embargo, la filosofía de operación de Pemex Exploración y Producción establece el cierre temporal de la producción y la evacuación del personal de las plataformas cuando se prevé la presencia de un evento ambiental extremo. Por lo tanto, el efecto predominante en la estimación de la consecuencia de falla es el impacto económico correspondiente al cese de la producción manejada durante el período de rehabilitación, incluyendo los costos de reparación, retiro y reemplazo de la estructura. En estos términos, los índices de confiabilidad mínimos permisibles para las diferentes categorías presentadas en este documento se muestran en la Tabla No. 4.

SERVICIO	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN MANEJADO (MBPD)	CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN (CONSECUENCIA DE FALLA)	
		EVALUACIÓN	DISEÑO
Enlace	—	Muy alta	Muy alta
Medición	—	Muy alta	
Compresión	—	Alta	
Habitacional	—	Moderada	
Inyección	—	Alta	
Mixto	> 100	Muy alta	
	50 - 100	Alta	
	< 50	Moderada	
Perforación	> 100	Muy alta	
	50 - 100	Alta	
	20 - 50	Moderada	
	< 20	Baja	
Producción temporal	> 100	Muy alta	
	< 100	Alta	
Producción permanente	—	Muy alta	
Rebombeo	—	Muy alta	
Recuperación de pozos	50 - 100	Alta	
	20 - 50	Moderada	
	< 20	Baja	
Telecomunicación	—	Moderada	

Tabla No. 4



## II.4. INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL DISEÑO DE PLATAFORMAS

### II.4.1. DISEÑO DE PILOTES

Los pilotes se instalan a partir de la elevación +24' (7.3 m), ahí se inicia el contacto con las columnas de la superestructura, bajando las cargas correspondientes por la parte interna de las columnas de la subestructura, penetrando en el suelo marino hasta una profundidad de 360' (120 m) según de la plataforma que se trate.

La sustentación de la plataforma y la estabilidad de la misma se logra a base de un buen diseño de los pilotes. Para ello es necesario conocer, además de la carga axial, las fuerzas horizontales, corrientes, oleajes, vientos, sismos, etc., así como las características físicas y mecánicas del suelo, las cuales se obtienen al efectuar sondeos de penetración estándar, de ésta forma se tienen muestras inalterables para que posteriormente en el laboratorio se efectúen pruebas de compresión, triaxiales, ensayos de clasificación, etc., y así obtener los límites plásticos, contenido de agua, peso volumétrico, resistencia al corte, cohesividad, ángulo de fricción interna, capacidad de carga por fricción y capacidad de carga por punta; estos dos valores últimos se obtienen para suelos arenosos y arcillosos y finalmente una descripción litológica del suelo en estudio.

En las cimentaciones para este tipo de plataformas en la Sonda de Campeche, se debe considerar además de la carga axial, las debidas al oleaje, las producidas por la tormenta máxima de diseño que se transforman en fuerzas horizontales actuando contra la superestructura y la cimentación. Estas fuerzas son equilibradas con la resistencia generada por el suelo en el área lateral del pilote.

En los primeros cálculos usados para determinar la capacidad de carga lateral, el criterio usual es la norma API, la cual está basada en los criterios de "matlock" utilizada en suelos cohesivos y el de "reese" para depósitos friccionantes.

Los anteriores criterios son ligados íntimamente con los resultados obtenidos del laboratorio raíz del muestreo del suelo, dando como resultado la relación deformación suelo - pilote a la resistencia del suelo; ésta relación se resuelve empleando las curvas esfuerzo - deformación lateral del sistema suelo - pilote denominadas curvas (P-Y) (ver Imagen No. 15).





### CURVA ( P - Y ) DE TRES SEGMENTOS

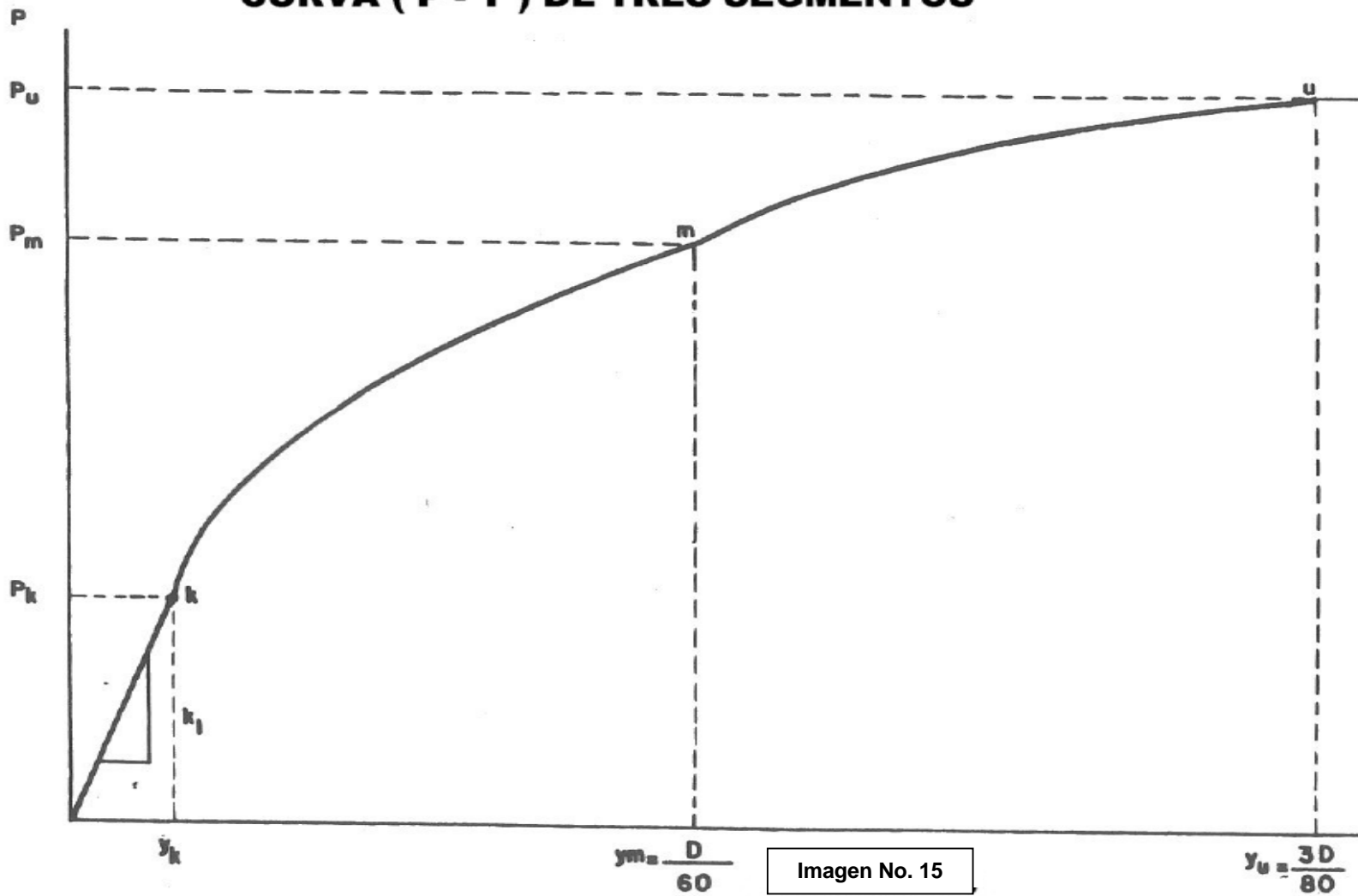


Imagen No. 15



Hasta éste momento, sólo hemos descrito en forma esbozada los diferentes ensayos geotécnicos y geofísicos que se llevan a cabo en los suelos marinos, así como pruebas de laboratorio con los resultados que en el párrafo anterior se describieron. Con ésta información, y siguiendo las recomendaciones y procedimientos de algunas normas, se elaboran los perfiles de valores de resistencia por fricción y por corte. En base a éstos valores se calcula la capacidad de carga unitaria por fricción y por punta, y con la conjunción de ambas, se obtienen los valores de capacidad de carga total acumulada (ver Imagen No. 16).



## CAPACIDAD DE CARGA ACUMULADA

CAPACIDAD DE CARGA TON.

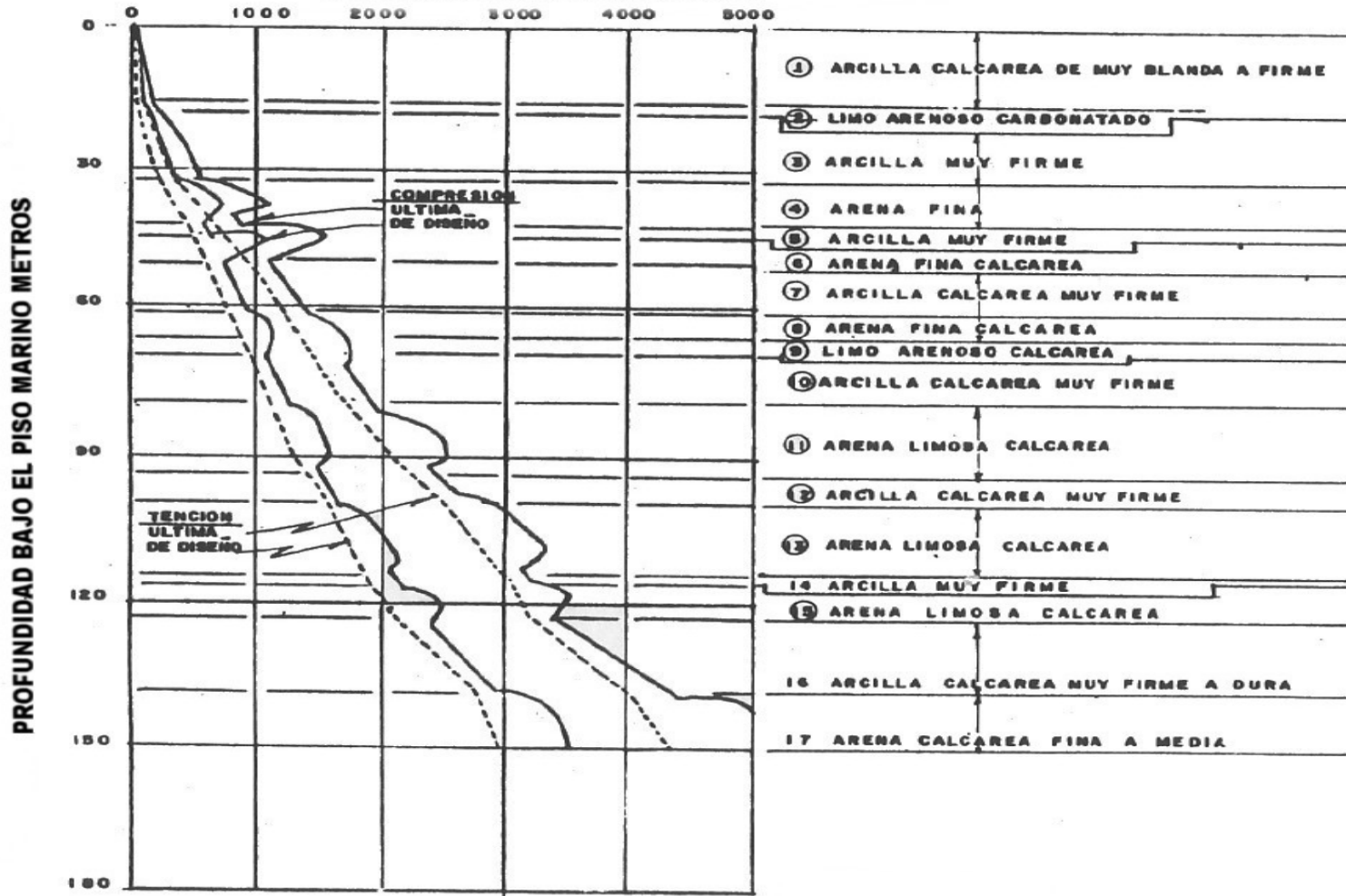


Imagen No. 16



Considerando los valores de las gráficas anteriores, se tiene la posibilidad de diseñar la longitud del pilote hasta la profundidad de desplante, con suficiente capacidad de carga que resista y equilibre los esfuerzos axiales debidos tanto a su propio peso como a las cargas accidentales que soportaría la estructura.

Para el diseño del espesor de los pilotes es necesario contar con las herramientas que permitan entrar con valores conocidos, dadas las características del suelo, así como de los esfuerzos por carga axial, lateral y deformación, para obtener resultados que satisfagan la estabilidad de la estructura.

En este caso, el análisis de pilotes es un modelo muy elemental que consiste en montar resortes independientes en diferentes puntos de la longitud hincada (ver lámina). En la mayoría de los suelos, ya sean granulares a cohesivos, las curvas esfuerzo - deformación (P-Y) son curvas de segundo grado, en el mejor de los casos, de ahí que la interacción estructura - suelo sólo puede ser representada por modelos de suelo no lineales acoplados a estructuras que pueden o no ser lineales (ver Imagen No. 17 y No. 18).



REPRESENTACION DEL SUELO MEDIANTE MODELOS NO LINEALES

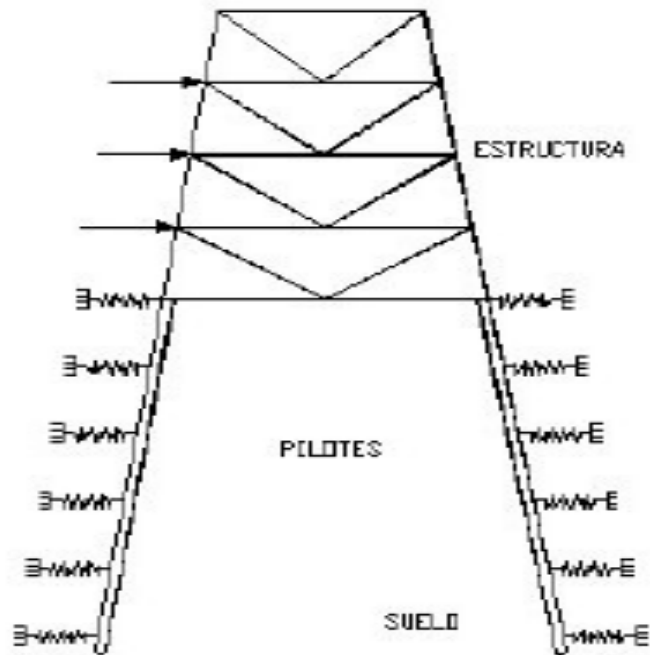


Imagen No. 17



DISTRIBUCION DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN LOS PILOTES

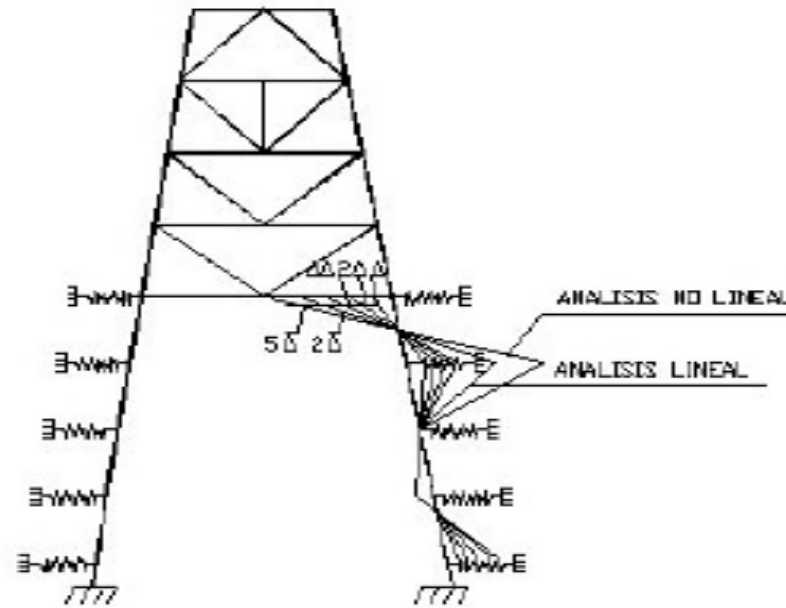


Imagen No. 18



El programa mediante la computadora, permite describir el comportamiento en su conjunto estructura - suelo y analizar los esfuerzos y deformaciones causadas por las cargas en cada miembro de la estructura y de los pilotes.

El programa a través de la matriz de rigidez, soluciona el comportamiento suelo - estructura por medio de dos ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, una de equilibrio y otra de compatibilidad.

Éste sistema incluye así, el apoyo elástico del suelo y tiene la ventaja de poder considerar el pilote en el número de tramos que se desee, e incluir las propiedades del suelo por estratos.

La matriz de rigidez se acopla en cualquier número de tramos y puede resolver con un programa estándar la solución de sistemas de ecuaciones y así localizar las deformaciones y esfuerzos en cualquier punto de los pilotes.

La solución estructural anterior permite, para un diámetro fijo de pilote, calcular el espesor de las paredes así como la resistencia del acero de la tubería por tramos que se requieren para soportar los esfuerzos y deformaciones a que estarán sometidos dentro de los límites de trabajo.

A diferencia de la mayoría de estructuras de plataformas marinas, la subestructura se apoya sobre los pilotes en la parte superior, por lo que ésta cuelga de los pilotes mismos.

En cambio, la superestructura se apoya directamente sobre los pilotes. Al realizar el análisis estructural del pilote, se comprueba la existencia de fuerzas cortantes y momentos flexionantes relativamente grandes en el tramo donde el pilote penetra en el lecho marino. Debido a lo anterior, resultan con mayor espesor las paredes del pilote en la zona de lodos, hasta una profundidad en la cual los esfuerzos se disipan.

#### **II.4.2. HINCADO DE PILOTES**

El procedimiento de hincado de pilotes en la cimentación de las estructuras marinas, requiere de un estudio adecuado para evitar fracasos que puedan llegar a provocar daños o pérdidas totales de una estructura.

Se cuenta con gran experiencia en el hincado de pilotes en tierra, sin embargo, no se puede hacer uso total de ese acervo porque en el medio marino se presentan otro tipo de problemas como son:

a) Manejo de pilotes de mayores dimensiones (150 m de longitud por 1.58 m de diámetro) y con un peso de 150 toneladas para los que se necesitan equipos de hincado mucho más grandes y pesados.

b) Dadas las longitudes de los pilotes, se requieren uniones de soldadura, cuya ejecución representa períodos de suspensión en el hincado.



c) Grandes tirantes de agua así como los cambios meteorológicos extremos en el sitio de hincado del medio marino.

d) La tecnología de construcción nacional se encuentra limitada en ésta especialidad, por lo que se recurre a compañías internacionales especializadas con estos recursos.

e) El costo de alquiler de estos equipos es del orden de los 100,000 dólares diarios, que obliga a una planeación más estricta procurando evitar pérdidas económicas y de tiempo.

Las experiencias de hincado que se describen a continuación fueron adquiridas en la Sonda de Campeche por el personal de Supervisión de Construcción y de Operación.

El primer pilote es considerado como de prueba y se ubica en una de las patas interiores de la subestructura, con la finalidad de proporcionar estabilidad y seguridad en el periodo de hincado. Su función es la de verificar si el comportamiento del suelo es el previsto con base en el estudio geotécnico. Al terminar el hincado de este pilote se hacen todos los que sean necesarios, para después continuar con el hincado del resto de pilotes.

La instalación de pilotes se inicia dejándolos caer desde la parte superior de la subestructura. Así en su caída, rompen los tapones y penetrara en el suelo blando. Posteriormente, con martillo de compresión de vapor con un peso menor de 130 toneladas y calibrado con un martinete de 180,000 lb-pie de energía, se van hincando los pilotes hasta un nivel en el que es accesible soldar el siguiente tramo. La suspensión del hincado para la soldadura es del orden de 8 horas, esto provoca un efecto de endurecimiento (fenómeno de sensibilidad y tixotropía).

Existen periodos de interrupción del hincado debido al cambio de martillo, que debe ser reempaquetado después de cierto número de golpes, así como por mal tiempo. Para despegar el tramo de pilote se usa un martillo de mayor energía (300,000 lb-pie), y en caso extremo, se perfora a través del pilote restituyendo el volumen de material en el interior del mismo mediante inyecciones de concreto masivo. Esta operación se repite a lo largo de todo el hincado hasta llegar a la profundidad de desplante que se haya señalado y se cumpla con el rechazo, para esto el rechazo se define según el API como la resistencia que opone un pilote a ser hincado mediante 300 golpes por pie en un tramo de 5 pies (1.50 m). Para el hincado de pilotes se lleva un registro así como su respectiva gráfica (ver Esquema No. 7).





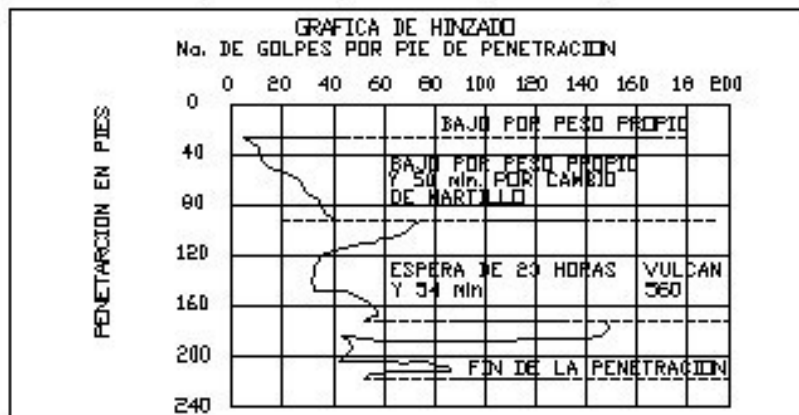
REGISTRO DE HINCADO

REGISTRO DE HINCADO  
RAZON SOCIAL O INSTITUCION \_\_\_\_\_

PLAFORMA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION \_\_\_\_\_ PILOTES No. \_\_\_\_\_  
 FECHA DE INICIACION \_\_\_\_\_ FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_  
 DIAMETRO EXTERIOR DEL \_\_\_\_\_ TIRANTE DEV AGUA \_\_\_\_\_  
 PILOTE \_\_\_\_\_  
 PENETRACION DE DISEÑO \_\_\_\_\_  
 TIPO DE MARTILLO \_\_\_\_\_  
 PROFUNDIDADES DONDE HUBO \_\_\_\_\_  
 INTERRUPCIONES \_\_\_\_\_  
 TIEMPO DE CADA INTERRUPCION \_\_\_\_\_  
 PERSONAL DE VIGILANCIA \_\_\_\_\_

ESQUEMA DE LOCALIZACION

PENETRACION	Golpe por Unidad de Penetracion	No. de Golpe Acunulado	Golpes por minuto	OBSERVACIONES



Esquema No. 7



## O II. PLATAFORMAS MARINAS

---

Dado que los pilotes son prefabricados en secciones y en forma integrada deberán hincarse según lo especificado en el proyecto, a fin de que los espesores previstos en sus paredes queden en los niveles de los estratos correspondientes, lo cual se explica en la forma siguiente:



### II.4.3. DISEÑO DE SUBESTRUCTURA Ó JACKET

Para el análisis y diseño de una subestructura realmente es difícil describir un determinado procedimiento en este trabajo, por tal motivo, sólo para fines comparativos respecto a lo complejo de este problema, mencionaremos referencia para ubicarnos.

Los esfuerzos a los que podrá estar sujeto un elemento estructural de la subestructura, son semejantes a los que podría estar un elemento estructural de un edificio, un puente, un almacén, un marco o un pórtico, etc., estos esfuerzos son de flexión, tensión, compresión, torsión y cortante o penetración. El hecho de que se presenten o no estos esfuerzos en cualquier estructura y sus elementos, dependerá del grado de restricción que se tenga al movimiento entre un elemento y otro, además de las características geométricas y mecánicas de cada unión.

En otras palabras, analizar un solo elemento que estará sometido a ciertas acciones de carga, podría resultar muy sencillo para un especialista calcular los esfuerzos por métodos sencillos. De la misma manera, analizar una estructura compuesta de tres elementos unidos entre sí y sujetos a ciertas condiciones de carga y que por su mismo tipo de conexión de sus elementos se les restrinja el movimiento, podría inclusive ser hasta cierto punto fácil de resolver, sólo se deberá de seguir el procedimiento matemático que nos permita encontrar los esfuerzos actuantes en los puntos de unión y en sus puntos o regiones más esforzadas.

Como podrá observarse, éste segundo ejemplo requiere de un procedimiento matemático más complejo, debido a los factores que intervienen como: tipo de unión, rigidez de cada elemento, geometría, características mecánicas, esbeltez, etc.

Para el caso de una subestructura, en la que esta compuesta del orden de 150 a 250 elementos tubulares, dependiendo este número del tirante o profundidad en la que se ubicará y unidos todos estos elementos entre sí a través de soldadura y que debido a las acciones a la que estará sujeta, se comportará en forma dinámica y permanente con una diversidad de movimientos y esfuerzos, resultando finalmente que los procedimientos matemáticos para el análisis y diseño, son realmente complejos y que tratar de resolverlos con una sola calculadora resultaría tardado, antieconómico y no recomendable. Cuando se trata de diseñar grandes estructuras, como son las plataformas marinas, se tienen cientos de elementos interactuando entre sí, y más de quince condiciones de carga críticas, que para determinado grupo de elementos y condiciones especiales en la interacción suelo-estructura, así como el manejo de datos que intervienen en el ciclo de diseño, requiere de complicados sistemas de cómputo y costos, a su vez de modelos matemáticos que ayuden a proporcionar los resultados de una manera eficiente y rápida.

El desarrollo de la teoría matricial de estructuras se logró como se sabe, con el auxilio de la computadora, que permite la solución eficiente de grandes



sistemas algebraicos; no obstante, a corto tiempo se planteó el problema de solución de sistemas algebraicos mayores, como por ejemplo, las plataformas marinas con tirantes de agua de 90 metros con la que se obtuvieron aproximadamente 600 nodos, que en 3 dimensiones generan 3,600 grados de libertad y, por consiguiente, una matriz de rigidez de 12'960,000 términos que ninguna computadora moderna es capaz de almacenar en su memoria central.

El Instituto Mexicano del Petróleo, empleando artificios matemáticos, ha elaborado un programa que, mediante la división de la estructura en secciones encadenadas, y haciendo uso del almacenamiento en una memoria periférica como estrategia de solución, permite realizar cálculos de plataformas de 40 metros de tirante y pilotes hincados a 60 metros de profundidad.



#### **II.4.4. DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA Ó DECK**

Como ya se describió, la superestructura se encuentra ubicada por encima del nivel de agua, en la zona llamada atmosférica y puede estar diseñada con una o dos cubiertas, siendo en la superior donde se apoyan los equipos de perforación, módulos habitacionales, de producción o simplemente equipos de proceso y servicio.

La distribución y bajado de cargas se realiza por el método de piso, donde todas las cargas son recibidas por unos largueros longitudinales separados entre sí, formando la propia cubierta. Éstas cargas son transmitidas por elementos estructurales más reforzados ubicados transversalmente, los que a su vez se unen a unas traveses todavía más robustas ubicadas en los ejes longitudinales principales "A" y "B" que finalmente, le transmiten toda la carga a las columnas para conectarse con los pilotes de sustentación.

El diseño de la superestructura, da lugar a que se formen marcos en ambos sentidos, cuatro en forma transversal y dos longitudinales que necesariamente deberán de analizarse para soportar fuerzas horizontales provocadas por corrientes, mareas, oleaje, viento y tormentas, etc., realizado todo esto con el auxilio de la computadora.

Como es bien sabido, nuestra Ingeniería está sustentada en su mayoría en estándares americanos, por tal motivo a continuación se relacionan los principales códigos y normas más utilizados en las diferentes disciplinas que comprenden la fabricación de plataformas marinas.



## **CAPITULO III. BASES DE DISEÑO, ESPECIFICACIONES, CODIGOS Y NORMAS QUE RIGEN EL DISEÑO DE PLATAFORMAS MARINAS**

En este apartado se realiza una breve descripción de los aspectos relevantes de las bases de diseño, códigos y normas, cuya aplicación en el diseño y construcción de plataformas marinas en México es fundamental e indispensable, ya que constituyen en conjunto la base y marco de referencia requeridos para el desarrollo de la Ingeniería estructural especializada para este efecto.

Cabe mencionar que se trata de códigos y normas reconocidas internacionalmente, y de los cuales se ha comprobado su gran aplicabilidad a las condiciones existentes para el diseño y construcción de plataformas para la Sonda de Campeche.

### **III.1. BASES DE DISEÑO**

Petróleos Mexicanos proporciona a las firmas de Ingeniería, bases de diseño para la elaboración de un proyecto de una plataforma, información que incluye el tipo de plataforma que se requiere, los volúmenes y características del producto que se manejarán, los servicios requeridos para el proceso y operación de la misma, la flexibilidad en cuanto a sus funciones, que deberán tener las sub-partes de la plataforma, así como los equipos que la integren. Así mismo, la gran cantidad de disciplinas que intervienen y que se van desarrollando a través de la participación de los ingenieros especialistas, apegados siempre a las prácticas recomendadas por los estándares, especificaciones, normas, códigos, etc., preestablecidas para este tipo de obras, es de gran importancia contar con los estudios físicos del lugar como son: el medio ambiente, requerimientos de operación, servicio y proceso, Petróleos Mexicanos proporciona a las firmas de Ingeniería las bases de diseño, así los especialistas de cada disciplina, apoyados en estándares de Ingeniería, elaboran anteproyectos de los diferentes sistemas para que posteriormente y en forma coordinada, se integren entre sí por áreas, por niveles o módulos debidamente dimensionados.

Es responsabilidad del supervisor verificar que los especialistas elaboren listas de materiales, documentos (requisiciones) donde se indique al detalle, el material o equipo contemplado en sus diseños, respaldados estos documentos con las especificaciones e información necesaria para su fabricación, pruebas, protección, transporte e instalación, etc.



## III.2. CRITERIO TRANSITORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS

La evaluación de las plataformas marinas instaladas en la Sonda de Campeche, realizada con base en los resultados de inspección llevada a cabo después de los efectos ocasionados por los huracanes Opal y Roxane en 1995, significó el inicio de los trabajos encaminados a obtener una norma de PEP para el Diseño y Evaluación de Plataformas Marinas NRF-003-PEMEX-2007, esto debido a que los resultados obtenidos en los Análisis de las evaluaciones no reflejaban la realidad del estado Estructural de las plataformas (las consideraciones de los análisis para Evaluación se basaron en lo señalado por el API RP 2 A).

El Criterio Transitorio es el resultado de aplicar los conocimientos adquiridos por años en México así como encausar las investigaciones y registros acumulados durante el desarrollo de la Sonda de Campeche para definir condiciones de carga, datos hidrodinámicos y condiciones ambientales con aplicación particular a esta zona geográfica.

El Criterio Transitorio señala lineamientos fundamentales para el Diseño y Evaluación de las Plataformas, tales como su categorización basada en la producción, parámetros oceanográficos, parámetros hidrodinámicos, crecimiento marino y elevación mínima de la cubierta.

Señala los parámetros a utilizar para las siguientes condiciones:

- Condiciones de tormenta.
- Condiciones de operación.
- Condiciones de transportación.
- Condiciones de estabilidad durante la instalación.
- Condiciones de fatiga.
- Sismo
- Factor de reserva de resistencia para Análisis de Colapso por Tormenta
- Factor de reserva de resistencia para Análisis Sísmico a nivel de Ductilidad.
- API-RP2A



### **III.3. PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA LA PLANEACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS**

Este documento constituye un marco de referencia necesario durante la concepción y desarrollo del proyecto. Su contenido cubre la mayoría de los conceptos y problemas específicos del diseño de plataformas. En lo relativo al diseño de elementos estructurales, se aboca con gran énfasis en el establecimiento de procedimientos de diseño de tubos de sección circular, tales como punzonamiento, colapso hidrostático, fatiga y flexocompresión; por ser este tipo de elementos los idóneos para integrar la subestructura y cimentación de la plataforma.

En lo relativo a las cargas que actúan sobre la plataforma, destaca aquellas cuya importancia es determinante para el diseño de la estructura, como son las cargas ambientales (oleaje, viento y sismo), estableciendo recomendaciones y parámetros que deben ser considerados.

Dedica particular atención a la cimentación de la plataforma, en el análisis de las características del suelo y la determinación de la capacidad de carga de éste en combinación con los pilotes, así como el diseño de éstos, considerando aspectos de fabricación, manejo e instalación.

Establece recomendaciones relativas a cada una de las diferentes etapas del diseño, construcción, transporte e instalación de las partes principales constitutivas de la estructura (superestructura, subestructura y cimentación).

En general, las recomendaciones que establece tienen aplicación directa en los diseños realizados en el país, ya que el modelo de plataforma al que otorga atención, corresponde al modelo de plataforma empleado para la Bahía de Campeche.

Su contenido contempla la utilización de otros reglamentos y normas con aplicación en el diseño y fabricación de estructuras metálicas tales como el manual AISC, las normas ASTM y el código ANSI/AWS D1.1





## III.4. CODIGOS Y NORMAS

### III.4.1 API-SPEC-2B ESPECIFICACIONES PARA FABRICACIÓN

Éstas especificaciones comprenden la fabricación de tubos para estructuras, formados a partir de placa de acero rolada, con soldadura longitudinal y circunferencial para diámetros mayores que 16 pulgadas, con espesores de 0.375 pulgadas en adelante y hasta 40 pies de longitud, destinados a formar parte de la estructura de una plataforma fija tanto en pilotes como en elementos principales.

Establece lineamientos relativos a los procedimientos de rolado para formar los tubos, considerando que el material que constituye a la placa cumple con las normas ASTM respectivas.

Especifica los procedimientos de soldadura aplicable, así como las pruebas de calidad a que deben sujetarse los cordones de soldadura longitudinal y circunferencial respectivamente, de acuerdo con el código ANSI/AWS D1.1.

Marca las tolerancias aplicables en las dimensiones de los tubos fabricados a partir de placa rolada en lo relativo al diámetro, longitudinal, espesor, redondez, perímetro y rectitud, así como en la preparación de los extremos.

Gran cantidad de los elementos tubulares que forman parte de la estructura de una plataforma, requieren ser fabricados a partir de placa rolada, tomando en cuenta las grandes dimensiones que deben satisfacer pudiendo observarse la importancia y extensa aplicación de las presentes especificaciones.

### III.4.2. AISC MANUAL PARA CONSTRUCCIÓN DE ACERO

El contenido de este manual comprende la definición detallada de las propiedades geométricas y estructurales de las diversas secciones laminadas que existen en el mercado estadounidense, así como la identificación de cada una de ellas en base a las características estructurales que dieron origen a su manufactura.

Lo más sobresaliente de su contenido lo integran las especificaciones de diseño, fabricación y construcción, las cuales representan una ayuda extraordinaria para el cálculo estructural y el desarrollo de la Ingeniería de detalle.

Considera los diseños plásticos y elásticos, aunque abunda sobre todo en este último, especificando esfuerzos permisibles para el diseño de elementos sujetos a tensión, compresión, flexión y cortante, así como fórmulas de interacción para la acción combinada de tales esfuerzos.

Establece recomendaciones para el dimensionamiento de elementos fabricados con placas, prestando especial atención a los perfiles tipo I y tipo H,



ya que la aplicación de este manual está orientada al diseño y construcción de edificios. Contiene especificaciones relacionadas con el diseño de conexiones soldadas y atornilladas, así como limitaciones en cuanto a dimensiones de agujeros, gramiles, tamaños de filetes de soldadura, etc. La utilización principal de este manual se lleva a cabo durante el diseño de superestructura de la plataforma.

Su contenido incluye gráficas y tablas cuyo empleo agiliza los cálculos para el diseño.

Adicionalmente incluye un resumen de las principales propiedades mecánicas de los aceros estructurales contenidos en ASTM, así como las recomendaciones y especificaciones principales sobre soldaduras del código ANSI/AWS D1.1.

Dada la importancia del contenido de este manual, las especificaciones y procedimientos de diseño que establece se hayan vertidas en programas para diseño por computadora de plataformas marinas.

### **III.4.3 ANSI/AWS CÓDIGOS DE SOLDADURA**

Este código contiene la descripción de los conceptos involucrados en los procesos de soldadura estructural, así como la simbología de los diversos tipos de soldadura para su representación en los planos de proyecto.

Establece los diferentes procedimientos de soldadura estructural, tales como arco metálico protegido, arco sumergido, arco metálico en gas inerte y arco con fúndente en el núcleo.

Contiene los procedimientos para el diseño de conexiones de soldadura de filete, limitaciones y recomendaciones en la aplicación de este tipo de soldadura. Así mismo, establece los requerimientos de las soldaduras de penetración completa, indicando los diversos tipos de preparaciones para los elementos por conectar y los márgenes de aplicación de éstos.

En relación a los materiales, indica las características de los aceros estructurales susceptibles de ser conectados mediante soldadura, así como las características propias y denominación de los diversos electrodos.

Incluye las técnicas de aplicación de la soldadura y las pruebas a que deber ser sometida para su inspección y calificación.

La aplicación de éste código en el diseño y construcción de las estructuras de plataforma es fundamental, ya que el 100 % de las conexiones que en ellas se verifican son soldadas.



### **III.4.4. ASTM SECCIÓN ACERO ESTRUCTURAL**

Este grupo de normas contiene especificaciones, métodos de prueba, definiciones y clasificaciones, relacionados con los aceros estructurales utilizados en la fabricación de plataformas marinas.

En lo concerniente a la manufactura de los aceros estructurales, limita su producción a los procesos de hogar abierto, oxígeno básico y horno eléctrico. Especifica de igual forma los tratamientos térmicos que deberán aplicarse.

Establece la composición química y estructural metalúrgica de los aceros estructurales, así como sus propiedades mecánicas.

Especifica las pruebas a que deben sujetarse los diversos aceros y los rangos de valores en que deben satisfacerlas, de acuerdo con su clasificación. Así mismo, especifica las aplicaciones de cada uno de los aceros en el mercado.

### **III.4.5. OTRAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES**

Como es bien sabido, la Ingeniería de Petróleos Mexicanos está sustentada en su mayoría, en estándares americanos, por tal motivo a continuación se relacionan los principales códigos y normas más utilizados en las diferentes disciplinas que comprenden la fabricación de plataformas marinas.

#### **NORMAS Y ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE PROCESO**

##### **API AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE**

- API RP 2L Planning designing and constructing heliports for fixed offshore platforms
- API RP 14C Analysis, design, installation and testing of basic surface safety systems on offshore production plataforms
- API RP 520 Design and installation of pressure relieving
- API RP 521 Guide for pressure relief and depressuring systems
- API RP 530 Calculation of heater-tube thickness for petroleum refineries.
- API RP 540 Electrical installations for general refinery services
- API RP 630 Tube a header dimensions for fired heaters for refinery services.
- API RP 2001 Fire protection in refineries
- API SPEC 2C Specification for offshore cranes
- API STD SL Pipe Line.
- API STD 610 Centrifugal pumps for general refinery services.
- API STD 615 Sound control of mechanical equipment for refinery services
- API STD 617 Centrifugal compressors for general refinery services.
- API STD 618 Reciprocating compressors for general refinery service
- API STD 619 Rotary-type positive displacement compressors for general refinery services
- API STD 660 Heat exchanger for general refinery service
- API STD 661 Air cooled heat exchanger for general refinery services.
- API STD 2000 Venting atmospheric and low-pressure storage tanks.



### ASTM - AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS

ASTM A-480 General requirements for flafrolled stainless and heat resisting steel plates  
ASTM A-578 Straight-beam ultrasonic examination of plane clad steel plate  
ASTM C-64 Fireclay brick refractories for heaw duty stationary boiler  
ASTM C-125 Insulating fire brick  
ASTM C-262 Mineral fiber batt insulation  
ASTM C-449 Mineral fiber hydraulic-setting thermal insulating  
ASTM C-450 Prefabrication and field fabrication of thermal insulating  
ASTM C-533 Calcium silicate block and pipe thermal insulation  
ASTM C-550 Trueness and squareness of block thermal insulation  
ASTM C-585 Mineral and cuter diameters of rigid thermal insulation II, III  
ASTM C-610 Expanded perlite block and pipe thermal insulation  
ASTM E-94 Recommended practice for radiographic testing  
ASTM E-109 Dry powder magnetic particle inspection  
ASTM A-123 Zinc coatings  
ASTM E-138 Wet magnetic particle inspection  
ASTM E-165 Liquid penetrated inspection.  
ASME - AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS  
ASME I Section power boilers  
ASME V Section no destructive examination  
ASME VIII Section pressure vessels, division  
ASME IX Section welding qualifications

### ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE

ANSI B-16.5 Steel pipe flange fittings  
ANSI B-31.1 Power piping  
ANSI B-31.3 Petroleum refinery piping  
ANSI B-31.4 Oil transportation piping  
ANSI B-31.8 Gas transmission and distribution systems

### HI - HIDRAULIC INSTITUTE

Hydraulic institute standard, reciprocating pumps metering

### AISC - AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

AISC Specifications for design fabrication and erection of structural steel for buildings.  
AISC Code of standard practice for steel buildings and bridges.

### MSS - MANUFACTURERS STANDARDIZATION SOCIETY

MSS SP-44 Steel pipeline flanges.



GPSA - GAS PROCESSORS SUPPLIERS ASSOCIATION  
NACE - NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS

NACE STD MR-01-75 Sulfide stress cracking resistant metallic materials for oil field equipment.

AWS - AMERICAN WELDING SOCIETY

AWS SPEC D1.1 Structural welding code.

SSPC - STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL

SSPC PA-1 Shop field and maintenance painting

SSPC SP-1 Solvent cleaning

SSPC SP-5 White metal blast cleaning

SSPC SP-6 Commercial, blast cleaning

SSPC SP-8 Pickling

SSPC SP-10 Wear white blast cleaning

NORMAS Y ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y  
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

API - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

API RP 2G Recommended practice for production facilities on offshore platforms

API RP 14C Recommended practice for analysis, design, installation, and testing of basic surface safety system on offshore production platforms.

API RP 49 Recommended practice for safe drilling of wells containing hydrogen sulfide.

API RP 500B Recommended practice for classification of areas for electrical installations at drilling rigs and production facilities on marine fixed and mobile platforms

NFPA - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION

No. 10 Portable fire extinguishers.

No. 11 Foam extinguishing systems.

No. 12 Carbon dioxide extinguishing systems

No. 12-A Halogenated fire extinguishing systems-halon 1301

No. 13 Installation of sprinkler system.

No. 15 Water spray fixed system for fire protection.

No. 16 Foam-water sprinkler system and foam-water spray system.

No. 17 Dry chemical extinguishing systems

No. 20 installation of centrifugal fire pumps.

No. 30 Flammable and combustible liquids code

No. 37 Installation and use of stationary combustion engines and gas turbines

No. 69 Explosion prevention systems

No. 70 National electrical code

No. 72-A Installation, maintenance and use of local protective signaling systems

No. 72-E Automatic fire detectors

No. 101 Code for safety to life from fire in buildings and structures.



- No. 194 Screm threads and gaskets for fire hose connections.
- No. 196 Fire hose
- No. 403 Aircraft rescue and fire fighting services at airport and heliports
- No. 407 Aircraft fuel servicing
- No. 418 Roof-top heliport construction and protection
- No. 496 Pursed and pressurized enclosures for electrical equipment m hazardous locations

### USCG - U. S. COAST GUARD

OG-320 Rules and regulations for artificial islands and fixed structures on the outer continental shelf

### DEPARTAMENT OF THE INTERIOR

Offshore continental shelf orders  
No. 5 Production safety system.

### DTFAA - DEPARTAMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION

Heliport design guide

### NORMAS Y ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO MECANICO – SECCIÓN RECIPIENTE

### API - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

- API SPEC 12 B Bolted tanks for storage of production liquids.
- API SPEC 12 D Field welded tanks for storage of production liquids.
- API SPEC 12 F Shop welded tanks for storage of production liquids.
- API STD 620 Recommended rules for design and construction of large, welded, low pressure Storage tanks.
- API STD 650 Welded Steen tanks for oil storage.

### ASME – AMERICAN SOCIETY OF MACHANICAL ENGINEERS

- ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL Rules for construction of pressure CODE SECTION VII, DIVISION 1 vessel.
- ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL Pressure vessels alternative rules. CODE SECTION II, DIVISION 2
- ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL Material specifications part. A ferrous  
CODE SECTION II, PART. A. ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL  
Material specifications part. Edición II
- CODE SECTION II, PART. B Nonferrous.

### TEMA – TUBULAR EXCHANGERS MANUFACTURERS ASSOCIATION



TEMA Standards of tubular exchanger manufacturers association

NORMAS Y ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO MECANICO –  
SECCIÓN EQUIPO ROTATIVO

API - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

API RP 540 Electrical installations for general refinery services  
API STD 610 Centrífuga pumps for general refinery services  
API STD 611 General-purpose steam turbines for refinery services.  
API STD 617 Centrifugal compressors for general refinery  
API STD 618 Reciprocating compressors for general refinery services  
API STD 619 Rotary-type positive displacement compressors for general  
refinery services

ANSI - AMERICAN STANDARDS INSTITUTE

ANSI B.2.1. Pipe threads  
ANSI B.1.1. Unified screw threads  
ANSI B.1.4. Screw threads for high-strength bolting  
ANSI B.16.5. Steel pipe flanges and flanged fittings.  
ANSI B.31.3. Petroleum refinery piping

AFBMA - ANTI-FRICTION BEARING MANUFACTURERS ASSOCIATION

Standards for ball and roller bearings and steel balls:  
- Sect. No. 3 Standard for bearing tolerances.  
- Sect. No. 4 Standard for gaging practices.

ASME - AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS

SECTION VIII Pressure vessels.  
SECTION IX Welding qualifications.

HI - HIDRAULIC INSTITUTE

Hydraulic institute standard reciprocating pumps metering

ASTM - AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS

ASTM A-48 Gray iron castings  
ASTM A-181 Forged or rolled steel pipe flanges, forged fittings, and valves  
parts for general service.  
ASTM A-182 Forged or rolled alloy steel pipe flanges, forged fittings, and valves  
and parts for general service.  
ASTM A-193 Alloy steel bolting materials for high temperature service.  
ASTM A-276 Stainless and heat-resisting steel bars and shapes.



ASTM A-296 Corrosion-resistant iron chromium and iron-chromium nickel  
ASTM B-124 Cooper and cooper alloy forging rod, bar and shapes.  
ASTM B-139 Phosphor bronze rod, bar and shape.  
ASTM B-143 Tm bronze and leaded tm bronze sand castings.  
ASTM E-23 Motched bar impact testing of metallic materials.

NFPA - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION

No. 20 Installation of centrifugal fire pumps.  
No. 37 Installation and use of stationary combustion engines and gas turbines.

UL - UNDERWRITERS LABORATORIES  
IEEE - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS

IEEE STD112 Test procedure for induction machines.  
IEEE STD114 Test procedure for single-phase induction motors.  
IEEE STD115 Test procedure for synchronous machines.

NEMA - NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION

NEMA ICS-2-322 Motor control centers.  
NEMA MGI, 2 Motors and generator (ANSI C52.1, C51.1).  
NEMA WC-3, 5,7,8 Wire and cable.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS DE  
ESFUERZOS SECCIÓN TUBERÍAS SUBMARINAS

DNV - DET NORSKE VERITAS

Rules for submarine pipeline systems.  
Technical note, fixed offshore installations.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS  
API - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

API RP SL Railroad transportation of line pipe.  
API SPEC SLX High-test line pipe.  
API STD 1104 Standard for welding pipelines and related facilities.  
API RP 1111 Recommended practice for design, construction operation and  
maintenance of offshore hydrocarbon pipeline. (

NACE - NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS

NACE STANDARD MR-01-75 Sulfide stress cracking resistant material for oil  
field equipment.  
14ACE STANDARD RP-01-69 Control of external corrosion on under ground or  
submerged metallic piping systems.  
NACE STANDARD RP-01-75 Control of internal corrosion in steel pipeline and  
piping systems.





NACE STANDARD RP-01-76 Control of corrosion on steel fixed offshore platforms associated with petroleum production.

NACE STANDARD RP-06-75 Control of corrosion of offshore steel pipeline.

#### ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE

ANSI B31.1 Power piping

ANSI B31.4 Liquid petroleum transportation piping systems.

ANSI B31.8 Gas transmission and distribution piping systems.

ANSI B.16.9. Factory made wrought steel butt-welding fittings.

ANSI B16.5 Steel pipe flanges and flange fitting

ANSI B16.20 Ring joint gaskets grooves for steel pipe flanges.

#### MSS - MANUFACTURES STANDARDIZATION SOCIETY

MSS SP-74 Steel pipeline flanges.

MSS SP-75 Specification for bight test wrought welding fittings.

#### PFI - PIPE FABRICATION INSTITUTE

PFI STANDARD ES-24 Pipe bending tolerances-minimum tangents.

#### CFR - CODE OF FEDERAL REGULATIONS

Minimum federal safety standards for liquid pipe lines handbook buyers guide issues.

Minimum federal safety standards for gas lines handbook buyers guide issues.

Leak reporting requirements for gas lines handbook buyer's guides issues.

#### AWS - AMERICAN WELDING SOCIETY

NORMAS Y ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS DE  
ESFUERZOS - SECCIÓN FLEXIBILIDAD DE TUBERÍAS

#### ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE

ANSI B.31.1c Power piping

ANSI B.31.3a Chemical plant and petroleum refinery systems.

ANSI B.31.4 Liquid petroleum transportation piping systems.

ANSI 8.31.8 Gas transmission and distribution piping systems.

ANSI B.16.5 Steel pipe flanges and flanged fitting

ANSI B.16.9 Factory-made wrought steel butt-welding fittings.

#### MSS - FACTURERS STANDARIZATION SOCIETY

MSS SP 58 Pipe hanger and support -materials, design and manufacture.

MSS SP 69 Pipe hanger and supports-selection and application.



MSS SP 89 Pipe hangers and supports-fabrication and installation practices.

API - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

API STD-610 Centrifugal pumps for general refinery services.  
API STO-617 Centrifugal compressors for general refinery services.  
API STD-RP2A Recommended practice for planning, and constructing fixed offshore platforms.

NEMA - NATIONAL ELECTRICIA MANUFACTURERS ASSOCIATION

NEMA SM-21 Multistage steam turbines for mechanical drive service.  
NEMA SM-22 Single stage steam turbines for mechanical drive service.

WRC - WELDING RESEARCH COUNCIL

Bulletin 107 rev. 3.

AISC - AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

Manual of steel construction.

AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION

Steel pipe manual - supports for pipe chapter 9.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE  
ESTRUCTURAS

API - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

API RP 2A Recommended practice for planning, designing and constructing fixed offshore platforms.  
API RP 2G Recommended practice for production facilities on offshore structures  
API RP 2L Recommended practice for planning, designing, and constructing heliports for fixed offshore platforms.  
API RP 2X Recommended practice for planning, designing, and guidelines for qualification of ultrasonic technicians.  
API SPEC 2B Specification for fabricated structural steel pipe.  
API SPEC 2E Specification for drilling rig packaging for minimum self-contained platforms.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

ESPECIFICACIONES Y CARACTERISTICAS DE LOS ACEROS

ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE



ANSI/AWS D1.1 Structural welding code (steel)

AISC - AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

AISC Specification for the design, fabrication and erection of structural steel for buildings.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO ELÉCTRICO

AISC - AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

Design, fabrication and erection of structural steel for buildings.

ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE

ANSI C2 National electric safety code.  
ANSI C37, 13,16,50 Low voltage air circuit breakers.  
ANSI C37, 20 Switchgear and bus.  
ANSI C68.1 Dielectric testing  
ANSI D178.24 Rubber floor netting

API - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

API RP 2A Planning, designing and constructing fixed offshore platforms.  
API RP 14 F Design and installation of electrical systems for offshore production platforms.  
API RP 14 C Fire prevention and control on open type offshore production platforms.  
API 500B Classification of areas for electrical installations at drilling rigs and production facilities

AWS - AMERICAN WELDING SOCIETY

AWS D1.1 Structural welding code.

IEEE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS

IEEE STD.45 (ANSI C110.I) Electric installations on shipboard.  
IEEE STD.74 Industrial control test code.  
IEEE STD.112A Test procedure for induction machines.  
IEEE STD.114 Test procedure for single-phase induction motors.  
IEEE STD.115 Test procedure for synchronous machines.  
IEEE STD.126 Speed converting of engine-generator units.  
IEEE STD.141 Electric power distribution.  
IEEE STD.142 Grounding of power systems (ANSI C114.I).  
IEEE STD.242 Protection and coordination of power systems.  
IEEE STD.399 Power systems analysis.



IEEE STD.446 Emergency and standby power systems.  
IEEE STD.484 Storage batteries.

IES - ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY

IES Lighting handbook.

NEMA - NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION

NEMA ICS-1-110 Electrical enclosures.  
NEMA ICS-2-322 Motor control centers.  
NEMA MGI, 2 Motors and generators (ANSI C52.I, C51.I).  
NEMA VEI Cable tray systems.  
NEMA WC-3,5,7,8 Wire and cable.

NFPA - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION

NFPA 10 Fire extinguishers.  
NFPA 70-1981 National electrical code.  
NFPA 72F-1978 Local protective signaling systems.  
NFPA 101-5,8,9 Emergency lighting  
NFPA 496-1974 Purged and pressurized enclosures.

UL - UNDERWRITERS LABORATORIES MC.

UL 698 Industrial control equipment.  
UL 845 Motor control centers.  
UL 891 Switchboards.

USCG - UNITED STATES COAST GUARD

USCG - 33CFR67 Aids to navigation on artificial islands and fixed structures



## **CAPITULO IV. ALCANCE DE PROYECTO PLATAFORMA DE PERFORACION MALOOB-C**

De acuerdo con el plan estratégico de desarrollo del proyecto integral Ku-Maloob-Zaap y con el fin de satisfacer la demanda y los compromisos de explotación de pozos para el aprovechamiento de aceite y gas, se realizará la construcción e instalación de una estructura octópoda de desarrollo de 18 conductores para la perforación de 12 pozos productores, así como la de equipo de proceso y de servicios auxiliares, instrumentación, tubería y todos los sistemas requeridos para su eficiente operación. Los servicios de aire de instrumentos y energía eléctrica requeridos por la plataforma en la primera etapa serán suministrados por el paquete de perforación temporal.

Para lograr el incremento de la producción, es necesaria la construcción de las plataformas de perforación PP-MALOOB-C.

### **IV.1. GENERALIDADES**

Para la explotación de las reservas de aceite pesado y gas asociado, en el caso de la plataforma de perforación PP-MALOOB-C, es necesario realizar la ingeniería, construcción y puesta en operación de la nueva infraestructura octaópoda de perforación con equipo fijo y autoelevable (JACK UP), con el propósito de abatir los tiempos en la perforación.

La distribución de conductores es para 12 pozos en el área de equipo fijo y 6 pozos para el área adosada, haciendo un total de 18 conductores. Sólo se instalarán 12 conductores, los 6 internos próximos al eje 2 de la plataforma y los 6 del área adosada.

El diseño considera que operara en una primera etapa mediante un sistema artificial de explotación a través de la inyección de gas de bombeo neumático, y a futuro a base de bombeo electro centrífugo (BEC) o un sistema de bombeo multifásico.

La mezcla aceite-gas producida en la plataforma PP-MALOOB-C, será enviada a la plataforma de perforación PP-KU-H para su separación.

### **IV.2. FUNCION DE LA PLATAFORMA**

La estructura tendrá como función principal contener 18 conductores, 12 centrales o fijos y 6 adosados, alojados en una estructura que será parte de la plataforma. Se perforaran solo 6 pozos centrales o fijos con equipo convencional y los 6 adosados con equipo autoelevable (JACK UP).

Los servicios necesarios para el funcionamiento de la plataforma, en una primera etapa, son suministrados por el paquete de perforación temporal, para lo cual se tiene contemplado el espacio para su localización dentro de la estructura.



El proceso consta de 2 fases:

Fase 1; etapa de perforación. Esta fase esta a cargo de PEP o una contratista que instalará la paquetería de perforación y un módulo habitacional, el hidrocarburo extraído en dos fases será enviado al complejo KU-H a través de una línea de 24" de diámetro x 2.1 Km. de longitud. En esta fase, la plataforma será tripulada. Los servicios de energía eléctrica y aire serán proporcionados por la paquetería de perforación.

Fase 2; etapa de producción. En esta fase la plataforma será no tripulada, retirándose la paquetería de perforación, en donde los servicios de energía eléctrica y de aire de instrumentos serán sustituidos por micro turbogeneradores y gas de B.N., respectivamente. La mezcla de hidrocarburos producida será enviada para su separación a la Plataforma de Perforación PP-KU-H a través del oleo gasoducto.

El desarrollo de la Ingeniería esta enfocado para que la Plataforma opere la producción de pozos con su propia energía y mediante un sistema de bombeo neumático, y a futuro será la explotación con bombeo electro centrífugo o multifásico.

Fase 2; etapa de producción con bombeo electro centrífugo o bombeo multifásico. Se contemplan los espacios y preparaciones necesarias para implementar a futuro, un sistema de bombeo electro centrífugo o bombeo multifásico. En esta fase la plataforma será no tripulada, los servicios de energía eléctrica y de suministro neumático a instrumentos serán implementados por el proyecto correspondiente. La mezcla de hidrocarburos producida será enviada para su separación a la Plataforma de Perforación PP-KU-H a través del oleo gasoducto.

La plataforma de perforación PP-MALOOB-C, esta vinculada con los siguientes proyectos y/o instalaciones:

#### DUCTOS:

- Oleo gasoducto de 24" de diámetro por 2.1 Km. de longitud aproximada, de la Plataforma PP-MALOOB-C hacia la Plataforma PP-KU-H.
- Gasoducto de B.N. de 12" de diámetro por 0.5 Km. de longitud aproximada de interconexión submarina de la línea KMZ-22 (PB-KU-H/PP-MALOOB-A) hacia la Plataforma PP-MALOOB-C.

#### PLATAFORMAS:

- Plataforma de perforación PP-KU-H, receptora de la producción de PP-MALOOB-C.



### IV.3. ALCANCE GENERAL DE LOS TRABAJOS

El alcance general de los trabajos para EL CONTRATISTA, consiste en realizar los ajustes de ingeniería, recuperación de equipo, mantenimiento, extensión de garantía y capacitación del personal de equipos nuevos y suministrados por PEP, para los sistemas que así lo requieran.

“Procura, construcción, pruebas, carga y amarre, de una Plataforma de Perforación PP-MALOOB-C, del campo MALOOB en la Sonda de Campeche, Golfo de México”; así como recuperación de materiales y equipos suministrados por PEP, de los almacenes temporales de PEP al patio de fabricación o almacén del contratista.

La ingeniería fuera de equipos paquete proporcionada por PEP, es aprobada para construcción (APC), sin embargo, es responsabilidad del contratista para las diferentes disciplinas, la elaboración de documentos con revisión “aprobados para construcción”, con base en la información certificada de los proveedores.

El alcance de los trabajos incluye lo siguiente:

El suministro de los equipos y materiales nuevos, la fabricación de la Plataforma, estará en conformidad con los planos, documentos de diseño y anexos técnicos de las bases de concurso entregados por PEP, para:

- La Subestructura de la plataforma y sus accesorios, tales como placas base, correderas de lanzamiento, tanques de flotación, orejas de izaje, pasillos de comunicación, embarcaderos, defensas de pierna, sistema de inundación, mesa de estrobos, ánodos de sacrificio, placas centradoras de pilote, camisa para bombas de succión de agua, conductores, guías de conductores, etc.
- La Superestructura de la plataforma, y sus accesorios tales como, rejilla y barandales, escaleras de acceso, subniveles, orejas de izaje, marcos de arrastre, muros contra incendio, pedestal para grúa, etc.
- El sistema de protección anticorrosiva en estructuras.
- Calibración y pruebas a las válvulas, tubos y conexiones, acarreo e instalación, herramienta y equipo necesario para la correcta ejecución de la adquisición y de la obra de instalación dentro del programa de construcción establecido, calibración y pruebas a la tubería instalada, transporte y retiro de materiales sobrantes y limpieza del área de trabajo de tubo y desechos de la instalación, requeridos de acuerdo a dibujos y/o planos de ingeniería constructivos y especificaciones listados en el anexo “A”.
- Un cuarto de instrumentos con sistema de presurización y ventilación, construido con muros de placa.
- Un cuarto eléctrico con aire acondicionado, sistema de presurización y ventilación, sistema de supresión de fuego y muros arquitectónicos aislantes.
- Un cuarto de baterías.
- Soportes, bases para los equipos.
- Soporte de muros contra incendio.
- 2 Muros contra incendio.



- Helipuerto integrado en la cubierta superior de la superestructura.
- Plataformas para operación de válvulas.
- Rejillas y pasarelas, barandales, cajas y registros.
- Procura de equipo y materiales.
- Pruebas en fábrica y pruebas en patio de fabricación.
- Seguros marinos, embalaje y protección para el transporte marítimo de las estructuras.
- Diseño, procura y fabricación del medidor multifásico.
- Diseño, procura y fabricación del calentador eléctrico.
- Sistema de acondicionamiento de gas de B. N. para instrumentos.
- Sistema de almacenamiento de diesel.
- Sistema de drenajes aceitosos.
- Instalación e integración de los equipos paquete y todos sus sistemas al proceso de producción y servicios auxiliares.
- Suministro e instalación de tuberías de proceso y servicios auxiliares.
- Instrumentación y control de proceso.
- Pedestal para grúa.
- Sistema contra incendio.
- Equipo y sistemas de seguridad industrial.
- Protección contra la corrosión en tuberías.
- Monorriel.
- Sistema de voz y datos para proporcionar los servicios telefónicos y el acceso a la red de datos de PEP.
- Sistema de intercomunicación punto a multipunto.
- Sistemas de red de tierras.
- Sistema de generación eléctrica y filtro de armónicas.
- Tablero del sistema eléctrico de distribución de fuerza.
- Alumbrado incluyendo luces de ayuda a la navegación, de emergencia, cuarto de instrumentos, cuarto eléctrico, cuarto de baterías y generales de trabajo.
- Habilitación e instalación de soportería de acuerdo a la ingeniería del proyecto.
- Marcas, carteles, identificación y codificación por colores, rotulado de tubería y equipos.
- Cobertizo para micro turbogeneradores.
- Cobertizos para válvula de inyección de gas de B.N. a pozos, área central y área adosada.
- Desarrollo de ingeniería “as-built” de la plataforma, de acuerdo a lo indicado en el documento A-27562-1817-00-800S-0 Plataforma de Perforación PP-MALOOB-C. Contenido del Modelo Electrónico Tridimensional Inteligente, METI.
- Actualización y complementación del modelo electrónico tridimensional inteligente.
- Elaboración de los Libros de Proyecto.
- Capacitación para los sistemas que así lo requieran
- La revisión estructural de las maniobras de carga y amarre del diseño original de proyecto.





## CAPITULO V. DESARROLLO DE LA INGENIERIA CONCURRENTE CON PDS

Para un control eficiente y confiable de los procesos productivos de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, es necesario contar con sistemas y equipos con tecnología de vanguardia, de ahí la importancia que tiene la elaboración de modelos electrónicos bidimensionales y tridimensionales inteligentes (METI y MEBI), que satisfagan los requerimientos actuales, unificando criterios y aprovechando la experiencia en las diversas áreas en éste tipo de desarrollo.

Para la realización de este proyecto se ha utilizado un programa de diseño de plantas en 3D llamado Plant Design System o PDS, que no sólo permite el modelado de todos los elementos de una plataforma con un alto grado de detalle e información, sino que es capaz de gestionar distintos tipos reportes que pueden ser muy útiles para la construcción e instalación de la plataforma.

Debido a la dinámica de cambios que pudieran presentar la plataforma durante su construcción e instalación, es conveniente que el "METI", almacene, controle y administre toda la información de las disciplinas, de tal forma que se pueda contar con una relación de planos actualizada y confiable ante modificaciones futuras en las áreas de la ingeniería tendientes a la modernización, rehabilitación, mantenimiento y construcción, con el fin de mantener las instalaciones en optimas condiciones.

La elaboración de la documentación de la ingeniería básica y de detalle de las instalaciones en forma electrónica tridimensional y un sistema de información electrónico para almacenar, administrar y mantener una base de datos confiable de los mismos, utilizando para ello personal técnico especializado, equipo, material de oficina y con tecnología CAD/CAE (ingeniería y diseño asistido por computadora), para la creación de modelos electrónicos tridimensionales y bidimensionales inteligentes en el sistemas PDS (Plant Design System) y módulos complementarios necesarios que se requieran.

El "METI", representara un proyecto a escala real, sin importar el tamaño del mismo, incluyendo la accesibilidad a la base de datos del modelo y demás información en forma automática para su consulta (librerías, especificaciones, dti's, diagramas, modelos, planos, catálogos, condiciones de operación, características geométricas, volúmenes de obra, etc.) a través de los atributos de los elementos de la plataforma y/o equipos representados.



## V.1. INFORMACION PROPORCIONADA POR PEP

La información que debe solicitarse a PEMEX es:

a) Especificaciones técnicas de PEMEX:

**P.3.0403.01** - Colores y Letreros para Identificación de Instalaciones y Equipo de Transporte, Segunda Edición, Mayo de 2001.

**P.1.0000.06** - Estructuración de Planos y Documentos Técnicos de Ingeniería, Primera Edición, Diciembre de 2000.

**P.2.0451.03** - Simbología e Identificación de Instrumentos, Primera Edición, Marzo de 2000.

**P.2.0201.01** - Símbolos Eléctricos, Primera Edición, Enero 2003

b) El nombre y versión del software para el manejo y administración de la base de datos (Sistema manejador de bases de datos) en el repositorio central, durante el procedimiento de contratación.

c) Elementos o equipos que deben ser modelados con Nivel de modelado 1 a 3, durante el procedimiento de contratación.

d) Las aplicaciones con las que se requiera la interfase y la información que debe intercambiarse con software tipo CAE, CADD y/o CAM relacionados con análisis, diseño o simulación, las cuales pueden ser: Estructurales, de flexibilidad en tuberías, dibujo y proceso, entre otros, así como con aplicaciones informáticas de administración de proyectos, durante el procedimiento de contratación.

e) La cantidad y el detalle de los planos de la instalación, por disciplina, que deben entregarse al concluir el servicio, durante el procedimiento de contratación.

f) La cantidad y detalle de isométricos impresos, por disciplina o por circuito, que deben entregarse al concluir el servicio, durante el procedimiento de contratación.

g) La cantidad y detalle de isométricos en archivo electrónico con formato PDF, por disciplina, que deben entregarse al concluir el servicio, durante el procedimiento de contratación.

h) El número identificador real operativo (TAG), para identificar los componentes, equipos y tuberías, durante el desarrollo del MEBI o METI.

i) Las referencias y coordenadas geográficas UTM del punto de origen local (0,0,0) del METI, durante el procedimiento de contratación.

j) La nomenclatura para denominar los proyectos o las instalaciones industriales, durante el procedimiento de contratación.



k) Los recorridos virtuales y el tiempo de cada recorrido, deben ser los que se establezcan por el área usuaria, durante el procedimiento de contratación.

## V.2. DISEÑO DEL MODELO

Por tratarse de una ingeniería concurrente y no tradicional, los cambios a la ingeniería se deben reflejar directamente en el modelo, antes de emitir los documentos de ingeniería aprobados para la construcción. Dichos cambios serán comunicados, registrados y aprobados por PEP a través del procedimiento de “Administración y registro del cambio” contenido en el Plan de aseguramiento de Calidad del METI y MEBI.

El modelo 3d debe ser construido en dos etapas: la primera que comprenda el modelado básico, y la segunda el diseño del modelo.

### V.2.1. ETAPA DE MODELADO BÁSICO

El modelado básico incluye todas las bases, pilotes, estructuras, plataformas y orientación de boquillas en los equipos y tuberías. Las trayectorias de las tuberías deben ser incluidas, con la finalidad de visualizar su localización dentro del modelo. A la terminación del modelo básico una primera revisión de este se llevará a cabo. Primero por los grupos de diseño del proveedor de servicios. Después de efectuar los cambios y modificaciones resultantes de esta revisión, este será nuevamente revisado por personal que designe para tal fin PEP.

El modelado de la estructura abarca como mínimo los siguientes puntos:

1. Perfiles estructurales estándares de sección abierta (IR, CE, LI, LD, etc.)
2. Perfiles de sección abierta a partir de placas soldadas
3. Perfiles de sección tubular
4. Atributos de acero estructural.- todos los elementos de acero estructural deberán contener los siguientes atributos en la base de datos del modelo: Especificación de sección, peso unitario de la sección, especificación de material y tipo de recubrimiento.

Todos los elementos estructurales deberán ser modelados con el modulo de Frameworks Plus (PDS).

### V.2.2. ETAPA DEL DISEÑO DEL MODELO

La etapa de diseño del modelado incluye el modelado de la tubería completa con todos sus accesorios, equipos, instrumentación, instalación eléctrica, civil, localizados en el modelo.

El modelado final es una responsabilidad conjunta de las diferentes disciplinas involucradas en el alcance del contrato.



### V.3. PROYECTO EN PDS

La base de datos de los MEBI's y METI's, así como las bases de datos de la información asociada deben ser relacionales y que permitan el intercambio de información en línea con el sistema manejador de bases de datos utilizado por el área usuaria. Este sistema manejador de bases de datos debe ser el que establezca el área usuaria en las bases de licitación.

La precisión de los elementos del METI no debe exceder de  $\pm 5$  mm.

Los MEBI's y METI's, deben permitir efectuar las actividades que se listan a continuación. Desde Elaboración de modelos electrónicos hasta la Verificación del cumplimiento con la norma, se establecen los requisitos que se deben cumplir para ello.

- a) Consultar información del proyecto como la indicada en los incisos b, c y d siguientes, durante el ciclo de vida de una instalación (ingeniería, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento), así como para la modificación o adición de nuevas instalaciones ó equipos.
- b) Despliegue de información técnica general asociada y ligada conforme a la estructura y jerarquización.
- c) Consultar por disciplina los planos que conforman el proyecto o la instalación.
- d) Consulta de información técnica que forma parte de los atributos de los elementos del modelo electrónico de la instalación.
- e) Generar, a partir del modelo electrónico, planos y diagramas de las diferentes disciplinas.
- f) Generar reportes en formato tabular de materiales, equipos e instrumentos que incluyan como mínimo lo siguiente: descripción, especificación, diámetro, dimensiones, volúmenes, superficies, longitudes y pesos.
- g) Permitir el intercambio de información con otros programas de cómputo (software) mediante interfases.
- h) Búsqueda y localización de componentes del modelo, mediante el identificador único o cualquier otro atributo.
- i) Modelar nuevos elementos del modelo y sus catálogos.
- j) Trabajar de manera concurrente su desarrollo, durante el ciclo de vida de una instalación (ingeniería, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento).
- k) Identificar los elementos de los modelos, con una clave de identificación única.
- l) Contener y administrar los datos de ingeniería para todas las disciplinas, de manera consistente durante el ciclo de vida.



**Adicionalmente los METI's deben permitir:**

- a) Detectar y reportar inconsistencias, interferencias o choques entre elementos.
- b) Realizar recorridos virtuales.
- c) Modelar los espacios reservados para áreas de acceso, operación y mantenimiento, entre otros.
- e) Transferir datos de los elementos al MEBI.

Para la generación de un Proyecto en PDS se debe de conocer el orden de cada uno de los elementos por lo que antes de crear un proyecto se da a conocer la estructura y jerarquización que debe tener el proyecto.

**V.3.1. ESTRUCTURA Y JERARQUIZACIÓN.**

Se deben nombrar, ordenar y clasificar los elementos que constituyen los equipos, componentes o ambos, con la estructura y jerarquización de la base de datos indicada a continuación:

- Nombre del proyecto / Instalación
  - Disciplina
    - Sistemas / Áreas o niveles
      - Subsistemas / Equipos o Componentes

Para este efecto, se deben cumplir con los siguientes requisitos:

**Nombre del proyecto/Instalación.** Con respecto a los proyectos o las instalaciones industriales, estos deben ser denominados de acuerdo con la nomenclatura que debe ser solicitada a Pemex y ocupar el espacio reservado por el Software de modelado para la identificación del METI o MEBI.

**Disciplina.** Se deben cubrir las disciplinas siguientes: Civil y Arquitectura, Mecánico, Tuberías, Eléctrico, Instrumentación y control, Proceso, Telecomunicaciones y datos, Seguridad industrial y protección ambiental y Ventilación y aire acondicionado (HVAC), utilizando los módulos de aplicación del software de modelado.

**Sistema.** Corresponde al conjunto de componentes que proporciona un servicio determinado para la instalación.

**Áreas o niveles.** Estos corresponden al lugar físico de la instalación donde se encuentran localizados los equipos y componentes.

**Subsistema.** Subdivisión dentro del sistema al cual pertenece el equipo o componente.

**Equipos o componentes.** Es un conjunto de elementos o componentes que cumplen con una función determinada, indicados en los PLG's, y se identifican por un número de TAG.



### V.3.2. ESTRUCTURA Y JERARQUIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN ASOCIADA.

La información asociada a los elementos que constituyen los equipos o componentes debe tener la estructura y jerarquización indicada a continuación.

- Nombre del proyecto/Instalación
- Fase
  - Disciplina
    - Sistemas / áreas y/o niveles
    - Subsistemas / equipos

Para este efecto, se deben cumplir con las siguientes consideraciones:

**El nombre del proyecto/Instalación** y las áreas o niveles, son los establecidos en las consideraciones del punto anterior.

**Fase.** Etapa dentro del ciclo de vida de la instalación, siendo estas; ingeniería, procura, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento.

**Disciplinas.** Con respecto a las disciplinas, se deben considerar las indicadas a continuación:

- a) Civil
- b) Mecánico.
- c) Tuberías.
- d) Eléctrico.
- e) Instrumentación y control.
- f) Proceso.
- g) Telecomunicaciones y datos.
- h) Seguridad industrial y protección ambiental.
- i) Ventilación y aire acondicionado (HVAC).

### V.3.3. REQUERIMIENTOS GENERALES.

La identificación de los elementos modelados se debe hacer de acuerdo a la clave de identificación operativa (TAG) y deben contener como parte de los atributos el número identificador correspondiente, para todos los componentes, equipos y tuberías. Estos números de identificación deben ser solicitados a Pemex durante el desarrollo del MEBI o METI.

El modelado debe mostrar la instalación con apariencia apegada a la realidad y permitir la realización de recorridos virtuales a través de toda la instalación. Para la elaboración del MEBI y el METI, se deben apegar al código de colores indicado en la norma de referencia NRF-009-PEMEX-2004 y especificación P.3.0403.01 misma que debe solicitarse a Pemex. Las referencias y coordenadas UTM del punto de origen local (0,0,0) del METI deben solicitarse a Pemex.



Se deben generar los reportes de interferencias e inconsistencias de todos los elementos por disciplina que conforman el modelo electrónico, con la finalidad de identificarlos y corregirlos. Los modelos electrónicos deben tener las ligas con otras fuentes de información como se indica en 8.1.4, de esta norma.

Los textos y símbolos utilizados en el MEBI y en el METI, así como en los documentos asociados tales como planos y diagramas, entre otros, deben de ser de tipo inteligente.

#### **V.3.4. CATÁLOGOS Y ESPECIFICACIONES DEL MEBI Y METI.**

Se deben generar los catálogos y especificaciones para todos los componentes del MEBI y del METI, dependiendo del tipo de instalación y de la fase de su ciclo de vida que se trate, utilizando las características y propiedades de los elementos, de acuerdo a lo que establezca Pemex en las bases de licitación o en su defecto, a lo indicado en la Tabla 1, excepto que lo relacionado a Civil es exclusivo para el METI.

Los catálogos para el METI deben contener la siguiente información: especificaciones del material, descripciones de componentes, puntos de conexión, puntos y geometrías de referencias y dimensionamiento, como mínimo.

#### **V.3.5. ATRIBUTOS DE EQUIPOS Y COMPONENTES.**

Los atributos de equipos y componentes deben ser consistentes con los catálogos y especificaciones especificadas en el punto anterior, conforme a lo siguiente:

- a) Equipo mecánico (estático). TAG o clave, tipo, capacidad, marca, modelo, temperatura de diseño y operación, presión de diseño y operación, tipo de servicio, área y descripción.
- b) Equipo mecánico (dinámico). TAG o clave, tipo, número de serie, capacidad, potencia, marca, modelo, temperatura de diseño y operación, presión de diseño y operación, gasto y tipo de servicio, área y descripción.
- c) Equipo de voz y datos: TAG o clave, tipo de topología, modelo, marca, tipo y número de servicio, ubicación, distribución y capacidad instalada, área y descripción.
- d) Tuberías y accesorios. TAG o clave, número de línea, diámetro, presión de diseño y operación, temperatura de diseño y operación, especificación (material, grado, cédula, entre otros), tipo de servicio y tipo de recubrimiento, tipo de aislamiento, tipo de trazado, número de control del circuito, área y descripción.
- e) Válvulas. TAG o clave, servicio, marca, modelo, número de línea, número de serie, tipo, clase, diámetro, especificación, temperatura y presión de diseño y operación: mínimas, normales y máximas, tipo de conexión y tipo de actuador, área y descripción.
- f) Estructuras metálicas, de concreto y aditamentos. Clave de componente,



- especificación del material del elemento, peso, tipo y características de la sección, dimensión, ubicación, recubrimiento (especificación y tipo), área y descripción.
- g) Instrumentación y control. TAG o clave, tipo, clase, marca y modelo, tipos de señales de entrada y salida, circuitos de afectación, niveles de alarmas y disparos, norma aplicada en su instalación, rango y condiciones de operación, área y descripción.
  - h) Pozos. Templete, estado mecánico, marca, tipo, servicio, sistema de operación, descripción de medio árbol y distribución de aparejo de producción (bajante de pozos), área y descripción.
  - i) Equipo eléctrico. TAG o clave, amperaje, impedancia, voltaje de operación, tipo, capacidad, potencia, marca, modelo, temperatura de diseño y operación, tipo de enfriamiento, área y descripción.
  - j) Accesorios eléctricos y de datos. Clave, fases, voltaje, capacidad, especificación, tipo de aislamiento, tipo de material, tipo de cable, tipo de instalación, calibre, tipo de interruptor y temperatura, área y descripción.
  - k) Soportes para tuberías.- TAG o clave, tipo, material, número de línea, área y descripción. En su caso, marca y modelo.
  - l) HVAC (ducto).- Área, calibre, material, aislamiento, tipo de amortiguamiento, tipo de juntas, tipo de servicio, tipo de ducto y recubrimiento.

<b>Especialidad</b>	<b>Especificación</b>
Equipo mecánico.	Conforme a lo indicado en la ingeniería del diseño o especificación de fabricante de dicho equipo.
Equipo de voz y datos	NRF-022-PEMEX-2004, NOM-130-ECOL-2000 y complementar con las especificaciones del fabricante.
Tuberías y accesorios.	NRF-001-PEMEX-2000, NRF-002-PEMEX-2002, NRF-096PEMEX-2004, y en lo que no cubran éstos, conforme a lo indicado en la ingeniería de diseño.
Válvulas	API- SPEC 6D o equivalente.
Civil (Estructuras y aditamentos)	IMCA y en lo que no cubra este, conforme a lo indicado en la ingeniería de diseño.
Instrumentación y control.	Conforme a lo indicado en la ingeniería del diseño o a la especificación del fabricante.
Equipo eléctrico.	Conforme a lo indicado en la ingeniería del diseño o a la especificación del fabricante.
Accesorios eléctricos y de datos.	Conforme a lo indicado en la ingeniería del diseño o a la especificación del fabricante.
Presurización y aire acondicionado (HVAC)	Conforme NFPA 496, NFPA 90A, NFPA 101 o equivalentes.

**Tabla No 5 .- Especificaciones de los equipos y componentes.**

### **V.3.6. NIVEL DE MODELADO.**

El modelado tridimensional debe ser nivel 2, a menos que se especifique un nivel diferente (1 o 3) en las bases de licitación. Las características de los niveles se describen a continuación:

- a) Nivel de modelado 1. Los elementos deben ser representados en el modelo





tridimensional, como sólidos de formas geométricas básicas con apariencia de "caja negra", definiendo el volumen ocupado mostrando detalles de entrada y salida.

- b) Nivel de modelado 2. Los elementos deben modelarse con una representación gráfica tridimensional clara del tamaño y forma de cada uno de los componentes del modelo, que representen su apariencia exterior real y sus conexiones, creados a partir del catálogo. Para modelar con este nivel, es necesario contar con la especificación, el catálogo o plano del proveedor.
- c) Nivel de modelado 3. Los elementos deben modelarse de manera que se distingan las diferentes partes componentes del equipo e instalaciones, además de modelar las partes interiores del equipo (internos) e instalaciones, para poder hacer un despiece.

### V.3.7. MODELADO DE METI.

Se debe obtener una representación gráfica, la cual debe mostrar la perspectiva real en forma volumétrica, de acuerdo a los "Catálogos y especificaciones del METI", incluyendo propiedades o atributos correspondiente a elementos capturados, los cuales deben ser conforme a "Atributos de equipos y componentes" y deben complementarse, según el fluido que se maneje, con: tipo de fluido, densidad, compresibilidad, viscosidad del fluido, peso molecular y gravedad específica; hasta un máximo de 15 campos adicionales. Deben crearse cuando menos 30 campos de los atributos mencionados, aún cuando no se tenga la información de las otras fases del ciclo de vida de la instalación.

A partir del modelo tridimensional se deben generar planos asociados 2D e isométricos, los cuales deben actualizarse en línea ante cualquier cambio del METI, conservando las propiedades o atributos correspondientes a los elementos citados en el párrafo anterior. Asimismo, deben tener implantada la capacidad de exportar planos 2D e isométricos a otros formatos CADD.

Los planos 2D e isométricos exportados del METI deben ser ordenados por disciplina.

Se deben incluir dentro de los isométricos de tuberías, la lista de materiales, la referencia hacia los ejes principales y la información debe estar en idioma español, así como las especificaciones técnicas de la tubería.

Los planos e isométricos en 2D se deben generar en plantillas de acuerdo a la especificación técnica P.1.0000.06, la cual debe ser solicitada a Pemex, además de contar con las características de definición de reglas de representación, etiquetado, títulos, convencionales, estilos de líneas y patrones de sombreado.



### **V.3.8. LIGA DE INFORMACIÓN.**

Desde los elementos del METI, se debe ligar la información relacionada a continuación, con la estructura que se indica:

- a) Planos de la instalación.
- b) Videos.
- c) Fotografías.
- d) Manuales de operación y mantenimiento.
- e) Documentación técnica.

Esta información debe estar contenida en directorios del sistema de archivos del sistema operativo. Adicionalmente, de la misma forma debe ligarse el “Libro de proyecto” para visualización o despliegue de la información. La información a ligar y su estructura, cuando menos, debe ser la que se indica a continuación:

- a) Ingeniería del proyecto.
- b) Permisos y licencias.
- c) Estudios realizados por otros (terceros).
- d) Procedimientos.
- e) Planos As-Built.
- f) Manuales y catálogos.
- g) Certificados.
- h) Documentos miscelaneos.
- i) Control de calidad en campo y taller.
- j) Control de materiales instalados.

Los archivos electrónicos del libro de proyecto, deben almacenarse en carpetas electrónicas con la misma estructura de dicho libro, en el sistema de archivos del sistema operativo.

### **V.3.9. INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN CON OTROS SOFTWARE'S**

El software con el que se desarrollan los modelos electrónicos bidimensionales o tridimensionales deben permitir el intercambio de información con aplicaciones tipo CAE, CADD y/o CAM relacionadas con análisis, diseño y simulación, a través de una interfase, así como con aplicaciones informáticas de administración de proyectos. Las aplicaciones con las que se requiera la interfase y la información que debe intercambiarse, deben ser las que establezca el área usuaria en las bases de licitación.

### **V.3.10. RECORRIDO VIRTUAL DEL METI.**

A través del METI deben crearse sesiones de visualización que permitan efectuar recorridos virtuales interactivos, desde las cuales se pueda consultar información técnica de atributos y de información ligada de los elementos modelados y realizar acciones de simulación de actividades de construcción y mantenimiento (retiro y colocación de equipos y elementos), entre otros,



conservando una apariencia apegada a la realidad. Los recorridos y el tiempo de cada recorrido, deben ser los que establezca el área usuaria. Los recorridos virtuales deben realizarse desde un módulo de aplicación del software de modelado específico para las sesiones de visualización y poder almacenarse digitalmente en un formato de video estándar (MPG, MPEG, AVI, M1V, WMV, MP2, entre otros).

#### **V.4. DESARROLLO DEL MODELO 3D EN PDS**

En el proceso de elaboración de MEBI's y METI's el modelador debe de sujetarse a los parámetros establecidos en la Norma de Referencia NRF-107-PEMEX-2004, la cual instituye los requisitos para la documentación, desarrollo, implantación y actualización de los Modelos Electrónicos Bidimensionales y Tridimensionales Inteligentes para Instalaciones Industriales de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

#### **V.5. VERIFICACION DEL MODELO**

Para cotejar la información contenida en los Modelos Electrónicos Tridimensionales se hace con respecto a la Norma de Referencia NRF-107-PEMEX-2004, se realiza un muestreo aleatorio y se completa el procedimiento de verificación del cumplimiento de la norma.

##### **V.5.1. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO CON LA NORMA.**

Para verificar el cumplimiento de la norma de referencia, debe procederse como se indica en los puntos que se presentan a continuación, sin embargo, Pemex se reserva el derecho de incrementar el tamaño de las muestras a revisar o verificar cualquier punto adicional solicitado en las bases de licitación. Las muestras se deben seleccionar aleatoriamente.

PEMEX se reserva el derecho de realizar la verificación mencionada, en cualquier momento del desarrollo del METI o MEBI, según lo permita el avance del modelo y el proyecto del cual forme parte.

Se considera que se cumple con la norma de referencia, cuando se satisfaga el 100 por ciento de lo indicado en el procedimiento de verificación del presente párrafo.

Cuando alguno de los puntos del presente procedimiento de verificación no se cumpla al 100 por ciento, el proveedor debe proceder a realizar las correcciones necesarias hasta que alcance ese grado de cumplimiento, lo cual se constatará con nuevas muestras tomadas aleatoriamente.



### **V.5.1.1. INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN EN LÍNEA ENTRE EL MEBI O METI.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Para efecto de la revisión del cumplimiento de la información asociada de este requisito se debe dar de alta en el proyecto un elemento en el modelo “3D” por cada disciplina aplicable, el elemento dado de alta debe aparecer en el plano asociado en forma automática (en línea), y se debe tener consistencia en los atributos del elemento dado de alta.
- b) Abrir el modelo y la base de datos del sistema manejador del área usuaria.
- c) Realizar un cambio cualquiera en el modelo.
- d) Verificar que el cambio realizado en el modelo se refleje en línea, en la base de datos del sistema manejador del área usuaria.
- e) Realizar un cambio en la base de datos del sistema manejador del área usuaria.
- f) Verificar que el cambio realizado en la base de datos del sistema manejador del área usuaria.

Volumen de la Muestra. Para el inciso a), este procedimiento se debe realizar cuando menos en un plano por cada disciplina y para los incisos restantes de este procedimiento, se debe realizar cuando menos en un elemento por cada disciplina.

### **V.5.1.2. VERIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN ASOCIADA Y EXTRAÍBLE DEL MODELO, POR DISCIPLINA.**

Procedimiento de Verificación.

La verificación se debe efectuar de dos formas, la primera de ellas a través del modelo electrónico mediante información asociada a los elementos, y la otra directamente de la base de datos, a través de la aplicación del módulo de consulta del software con el que se desarrolla el modelo, conforme a la estructura y jerarquización de la base de datos del modelo, verificando que la estructura y tipo de documentos sea consistente con disciplinas e información asociada.

Volumen de la Muestra. Este procedimiento se debe aplicar para consultar por lo menos un plano, un isométrico, un listado y un reporte, por cada disciplina.

### **V.5.1.3. DESPLIEGUE DE INFORMACIÓN LIGADA.**

Procedimiento de Verificación.

A través del METI se debe seleccionar una muestra de elementos por medio de un atributo del cual se deba desplegar o visualizar información o documentación ligada, a través de ventanas o cuadros de diálogo, los cuales deben indicar la información o documentos ligados al elemento seleccionado. Al seleccionar la información o documento ligado que se desea consultar, se debe abrir la aplicación y el archivo correspondiente, desplegándose en pantalla dicha información o documentación ligadas.



Volumen de la Muestra. Este procedimiento se debe realizar cuando menos a un 10 por ciento de elementos de cada disciplina para toda su información ligada.

#### **V.5.1.4 INFORMACIÓN CONTENIDA EN LOS ATRIBUTOS E INTELIGENCIA.**

Procedimiento de Verificación.

Se deben verificar los atributos de los componentes de los siguientes tipos de elementos: Equipo mecánico estático, Equipo mecánico dinámico, Equipo de voz y datos, Tuberías y accesorios, Válvulas, Estructuras metálicas, de concreto y aditamentos, Instrumentación y control, Pozos, Equipo eléctrico y Accesorios eléctricos y de datos; mediante el despliegue de los atributos y su contenido debe coincidir y ser consistente con la información utilizada para desarrollar el modelo.

Volumen de la Muestra. Este procedimiento se debe de realizar a cuando menos el 10 por ciento de elementos por cada tipo señalado en el párrafo anterior.

#### **V.5.1.5. VERIFICACIÓN DE REPORTE DE MATERIALES DE COMPONENTES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Generar los reportes de materiales de todos los componentes, equipos e instrumentos por disciplina, en el formato y tipo de datos definidos por el área usuaria en las bases de licitación.
- b) Verificar que los datos de los reportes se obtienen directamente desde la base de datos del METI, para lo cual se deben realizar cambios en los elementos de cada una de las disciplinas o especialidades a reportar y estos cambios se deben actualizar en línea en los reportes correspondientes.
- c) Seleccionar una muestra de componentes, equipos e instrumentos y verificar que su información contenida en el reporte coincida con la información utilizada para desarrollar el modelo.

Volumen de la Muestra. 10 por ciento de componentes, equipos e instrumentos por cada disciplina.

#### **V.5.1.6. INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN CON OTROS SOFTWARE'S.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Identificar el o los software's definidos en las bases de licitación para la exportación e importación de datos del MEBI o METI.
- b) Desde el MEBI o METI exportar los datos tales como topología y materiales, entre otros, según lo definido en las bases de licitación, al formato compatible con él o los software's definidos en el inciso a).
- c) Importar con el software del inciso a) el archivo de datos exportado según el inciso b).
- d) Verificar en el software del inciso a) que los elementos y la información



- de los mismos que se importen, conforme al inciso c), coincidan con los correspondientes a los del MEBI o METI.
- e) Desde el MEBI o METI importar los datos de los archivos generados en los software's identificados conforme al inciso a). Los datos que deben poder importarse, deben ser los que se definan en las bases de licitación, los cuales pueden ser topología y materiales, entre otros.
  - f) Verificar en el MEBI o METI, que los elementos y la información de los mismos que se importen conforme al inciso e), coincidan con los correspondientes al de los software's del inciso a) que lo generan.

Volumen de la Muestra. Se deben revisar todos los software's CAD o CAE definidos en las bases de licitación, así como todos los datos a importar o exportar que se definan en dichas bases.

#### **V.5.1.7. RECORRIDOS VIRTUALES.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Ejecutar la acción de recorrido virtual desde el visualizador del METI.
- b) Navegar por el modelo sin restricciones de escala o trayectoria a seguir.
- c) Durante el recorrido virtual, consultar los atributos de una muestra de los elementos del METI, así como información ligada a dichos elementos.

Volumen de la Muestra. Se debe realizar cuando menos un recorrido virtual y consultar los atributos o ligas del 10 por ciento de los elementos durante dicho recorrido.

#### **V.5.1.8. VERIFICACIÓN DE INCONSISTENCIAS.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Se deben definir parámetros de tolerancia de inconsistencias del modelo, a través de la aplicación del sistema y realizar la revisión de las mismas por medio de la generación de reportes.
- b) Se debe efectuar una revisión cruzada de los elementos comunes de todas las disciplinas donde se desarrollen MEBI's en cuanto a cantidad, forma y contenido de los atributos entre el modelo 2D y 3D.
- c) Se debe efectuar una revisión cruzada de los elementos comunes de todas las disciplinas donde se desarrollen METI's en cuanto a cantidad, forma y contenido de los atributos entre el modelo y la información asociada.

Volumen de la Muestra. Para el inciso a) se debe revisar todo el modelo. En los casos de los incisos b) y c) deben seleccionar por disciplina dos sistemas y subsistemas o dos áreas o niveles, de acuerdo a la estructura y jerarquización de la base de datos.

#### **V.5.1.9. VERIFICACIÓN EN METI'S DE INTERFERENCIAS ENTRE ELEMENTOS.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Se deben definir parámetros de tolerancia de interferencias entre elementos, a través de la aplicación del sistema. No se acepta ninguna



interferencia

- b) Se debe verificar por medio de la generación de reportes que no existan interferencias entre componentes de la misma disciplina y entre todas las demás disciplinas.
- c) Los contactos no se deben considerar como interferencias cuando están señalados en documentos de diseño o por información de levantamientos As-built.

Volumen de la Muestra. Se debe revisar todo el modelo por disciplinas.

#### **V.5.1.10. CONSULTA Y BÚSQUEDA DE COMPONENTES POR MEDIO DE SUS ATRIBUTOS.**

Procedimiento de Verificación.

Se debe localizar una muestra de elementos por medio de sus atributos, utilizando la opción de búsqueda del software con el que se desarrolla el modelo.

Volumen de la Muestra. Se debe realizar por lo menos una búsqueda del 10 por ciento de elementos, elegidos en forma aleatoria, por cada disciplina.

#### **V.5.1.11. PRECISIÓN DEL MODELO.**

Procedimiento de Verificación.

Seleccionar una muestra de elementos por disciplina y comparar sus dimensiones, ubicación y orientación con la información correspondiente utilizada para desarrollar el modelo. La precisión de todos los elementos de la muestra debe ser la especificada en la presente norma.

Volumen de la Muestra. 10 por ciento de elementos por disciplina.

#### **V.5.1.12. REVISIÓN DE PLANTILLA DE PLANOS.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Abrir los diferentes formatos de plantillas definidas en la especificación P.1.0000.06.
- b) Verificar que las plantillas cumplan con los formatos y dimensiones establecidos en la especificación P.1.0000.06.
- c) Verificar que la información, tipos y tamaños de letra de las plantillas en los planos generados, cumpla con la especificación P.1.0000.06. Volumen de la Muestra. Todos los diferentes tipos de plantillas y el 10 por ciento de los planos por cada disciplina.

#### **V.5.1.13. INFORMACIÓN INCORPORADA EN IDIOMA ESPAÑOL.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Seleccionar una muestra de elementos por disciplina.
- b) Verificar que la información o atributos de los elementos de la muestra que se hayan capturado durante el desarrollo del Modelo, sea en el idioma español.

Volumen de la Muestra. El 10 por ciento de los elementos por disciplina.



#### **V.5.1.14. ESTRUCTURA Y JERARQUIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS DEL MODELO Y DE LA INFORMACIÓN ASOCIADA AL MISMO.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Abrir el MEBI o METI.
- b) Identificar y visualizar una muestra de elementos por cada uno de los estratos de la estructura y jerarquización.
- c) Verificar que la información asociada de los elementos seleccionados en b), tengan la estructura y jerarquización.
- d) Cuando el software de desarrollo del MEBI o METI, permita organizar los directorios y archivos que integran la base de datos del modelo, verificar que dicha organización se haya realizado con la misma estructura y jerarquización.

Volumen de la Muestra. 10 por ciento de los elementos de cada uno de los estratos de la estructura jerarquización.

#### **V.5.1.15. CATÁLOGOS Y ESPECIFICACIONES.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Accesar el MEBI o METI.
- b) Identificar y visualizar en módulo correspondiente a generación de catálogos y especificaciones.
- c) Emitir los reportes correspondientes de especificaciones y catálogos, para verificar que la información de los componentes sea congruente y consistente entre ellas.

Volumen de la Muestra. Seleccionar una muestra de 10 por ciento catálogos por disciplina.

#### **V.5.1.16. NIVEL DE MODELADO.**

Procedimiento de Verificación.

- a) Accesar al METI desde el módulo de diseño del software.
- b) Seleccionar una muestra de elementos por disciplina.
- c) Verificar que cumpla con el nivel de modelado establecido por el área usuaria en las bases técnicas de licitación. Volumen de la Muestra. Seleccionar una muestra del 10 por ciento de elementos por disciplina.

### **V.6. ENTREGABLES A PEMEX**

Se debe entregar a Pemex, como resultado de los requisitos establecidos en la norma, la siguiente información y documentación en idioma español, generados del modelo electrónico:

- a) Base de datos maestra del MEBI y/o METI en el medio electrónico que Pemex designe, incluyendo los archivos gráficos.
- b) Manual impreso y en archivo electrónico, que contenga: los perfiles de usuario y administrador, passwords e información relacionada con las





jerarquías establecidas en este documento para la generación del modelo, así como el instructivo para la manipulación de la base de datos.

- c) Relación de los documentos ligados.
- d) Catálogos y especificaciones generados.
- e) Recorrido virtual y archivo de video en cualquiera de los formatos indicados.
- f) Registros de choques e interferencias detectados y corregidos.
- g) Registro de inconsistencias detectadas y corregidos.
- h) Registro de las referencias y coordenadas geográficas del punto origen (0,0,0) del METI.
- i) Formatos de contenido de información de los equipos y componentes.
- j) Planos impresos 2D generados por disciplinas, conforme especifique el usuario en el procedimiento de contratación.
- k) Planos 2D en archivo electrónico con formato PDF, DWG o DGN, según lo que establezca el área usuaria en el procedimiento de contratación.
- l) Isométricos impresos por disciplina o por circuito o ambos, según lo especifique el usuario en el procedimiento de contratación, conforme lo establezca el área usuaria.
- m) Isométricos en archivo electrónico con formato PDF, DWG o DGN, según lo que establezca el área usuaria en el procedimiento de contratación, por disciplina.
- n) Una carpeta que contenga la siguiente información:
  - Índice de planos de la instalación.
  - Índice de instrumentos y equipos.
  - Memorias técnico-descriptivas del modelo.
  - Índice de líneas y hojas de datos técnicos de equipos.
  - Índice de documentos integrados al archivo del libro de proyecto.
- o) Manual técnico que contenga: Procedimientos de instalación, configuración, librerías, integración de documentos, extracción de planos e isométricos, respaldos de información, listado de archivos modelados por disciplina que incluya sus direcciones y descripción.
- p) Reporte de comparación entre los MEBIs y los METIs, el cual debe obtenerse por medio del software de desarrollo de los modelos y debe demostrar que no existen diferencias entre dichos modelos.



La base de datos maestra del METI y/o del MEBI debe ser entregada, instalada y puesta en operación en los servidores que Pemex designe.



## CONCLUSIONES

- A pesar de que México cuenta con las condiciones naturales ricas en gas y petróleo, aún se encuentra en la etapa de asimilación de tecnología para la explotación de dichos recursos. Por lo tanto restan algunas decenas de años para que este ambiente sea explotado y para acelerar dicho proceso, es necesario que tanto los estudiantes como los investigadores se involucren más en el rubro petrolero, ya que la evolución de esta industria no se detiene y debemos adecuarnos a las nuevas tecnologías.
  
- No solo la industria del petróleo tiene que ser la responsable de evolucionar la ingeniería y diseño. Es necesario vincular a las demás aéreas de la ingeniería.
  
- Hay mucho que ganar y poco que perder acercarnos a este tipo de tecnología en una instalación genera beneficios tales como:
  - ⇓ 10 al 30% por concepto de tiempo de desarrollo
  - ⇓ 15 al 28% en horas de ingeniería
  - ⇑ 30% productividad de la ingeniería
  - ⇓ 10 al 30% administración de por cambios y costos
  - ⇓ 60% en costos por entrega y arranque
  - ⇓ 10 al 20% en costos de Tecnología de Información
  
- Todos los aspectos anteriormente mencionados contribuyen a una reducción total estimada del 10% del proyecto terminado.



---

## BIBLIOGRAFIA

- NRF-107-PEMEX-2004
- NRF-003-PEMEX-2007
- PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN. "PLAN ESTRATÉGICO DE PEP", JUN. 2000.
- PEMEX EPLORACION Y PRODUCCION, PROYECTOS E INVERSIONES, MÉXICO 2006.
- NRF-013-PEMEX-2005. "DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS EN LA SONDA DE CAMPECHE".
- CURSO DE PLATAFORMAS
- CONTENIDO MÍNIMO QUE DEBERÁ ELABORAR Y COMPLEMENTAR EL CONTRATISTA A LOS MODELOS ELECTRÓNICOS MEBI'S Y METI'S DE LA PLATAFORMA MARINA PP-MALOOB-C.
- PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN. "PLAN ESTRATÉGICO DE PEP", JUN. 2000.
- PEMEX, <http://www.pemex.com/>
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1993. "RECOMMENDED PRACTICE FOR PLANNING, DESIGNING AND CONSTRUCTING FIXED OFFSHORE PLATFORMS – WORKING STRESS DESIGN". (PRACTICAS RECOMENDADAS PARA PLANEACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS MARINAS FIJAS).