

## Confiabilidad operativa de embarcaciones tipo FPSO para limpieza y pruebas de aforo de pozos y FPSO para pruebas de alcance extendido

*Rafael Corona Tapia*

[rafael.corona@pemex.com](mailto:rafael.corona@pemex.com)

*José Manuel Cabrera Miranda*

[pexjmcabreram01@pemex.com](mailto:pexjmcabreram01@pemex.com)

***Pemex Exploración y Producción***

**Información del artículo: Recibido: enero de 2015-aceptado: marzo de 2015**

### Resumen

Petróleos Mexicanos utiliza y requiere unidades flotantes de producción (FPSO), por sus siglas en inglés) para la ejecución de estimulaciones matriciales, limpiezas, pruebas de aforo y pruebas de alcance extendido en pozos. La función principal de estas embarcaciones durante la estimulación matricial y limpieza de pozos, es recibir los fluidos de reacción para su tratamiento y disposición, mientras que para las pruebas de aforos o en las pruebas de alcance extendido reciben la corriente multifásica proveniente de los pozos para realizar su separación, proceso, medición, tratamiento, (deshidratación, desalado), almacenamiento, y exportación para su incorporación en otras corrientes o su comercialización, así como del tratamiento y disposición del agua y gas producidos.

El objetivo de este trabajo es evaluar conceptualmente la confiabilidad operativa de estas embarcaciones y determinar las dimensiones mínimas que requieren para obtener una confiabilidad operativa aceptable en el área de Campeche Oriente. Para lograr esto se empleó un análisis de operatividad espectral de la información disponible en etapa conceptual para las condiciones de oleaje del Campo Ayatsil-Tekel. Se consideró que los movimientos de la embarcación son respuestas únicamente por las fuerzas de oleaje y se discrimina la respuesta debido a las fuerzas cuasi estáticas de viento y corriente. Además, se incluyeron los modos de falla por ingreso de agua en la cubierta, chapoteo y aceleración vertical excesiva que podrían detener las operaciones.

Para FPSOs de pruebas de alcance extendido con capacidad de almacenamiento de 0.5 millones de barriles de petróleo, se estimó que la operatividad anual promedio se encuentra entre 97.43% y 98.7%. Por otro lado, para contar con operatividad anual por arriba del 95% en las operaciones de estimulación matricial, limpieza o en las pruebas de aforo de los pozos, se recomienda el uso de embarcaciones tipo FPSO, cuyos cascos cuenten con capacidad de almacenamiento por arriba de los 300 mil barriles de petróleo o 48,000 ton de peso muerto.

**Palabras clave:** Posicionamiento dinámico, unidad flotante de producción, almacenamiento y trasiego, millones de barriles, operador de amplitud de respuesta, media cuadrática.

## Operational reliability of FPSO vessels for cleaning, well testing and extended well testing

### Abstract

Pemex uses and requires floating production units (FPSO), for the execution of well stimulations, cleaning, gauging, well testing and extended well tests. The main function of these ships during well stimulations and well cleanout is to receive

acid fluids for its treatment and disposal, while for well testing or extended well test duties they receive multiphase flow from the wells for separation, process, measurement, treatment (dehydration, desalting), storage, and export for incorporation into other streams or marketing, as well as the treatment and disposal of produced water and gas.

The aim of this work is to evaluate the operability of those vessels and determining the minimum size required to have an acceptance criteria value of operability for the Campeche Oriente Basin. To achieve this, an operational spectral analysis of the available information of waves for the Campeche Oriente site was analyzed. It was considered that the ship motions response was only due to wave forces and the quasi static forces of wind and current are disregarded. The failure modes due to green water, sloshing and excessive heave that could halt operations were considered.

For Extended Well Tests FPSO's with a storage capacity of 0.5 million barrels of oil, an estimated average annual operation is between 97.43% and 98.7%. On the other hand, to have annual operation above 95% in the operations of well stimulation, well cleaning or testing capacity of the wells, it is recommended the use of FPSO's with hull storage capacity above 300 thousand barrels of oil or 48,000 tons deadweight.

**Keywords:** Dynamic positioning, floating production storage and offloading system, response amplitude operator, root mean square.

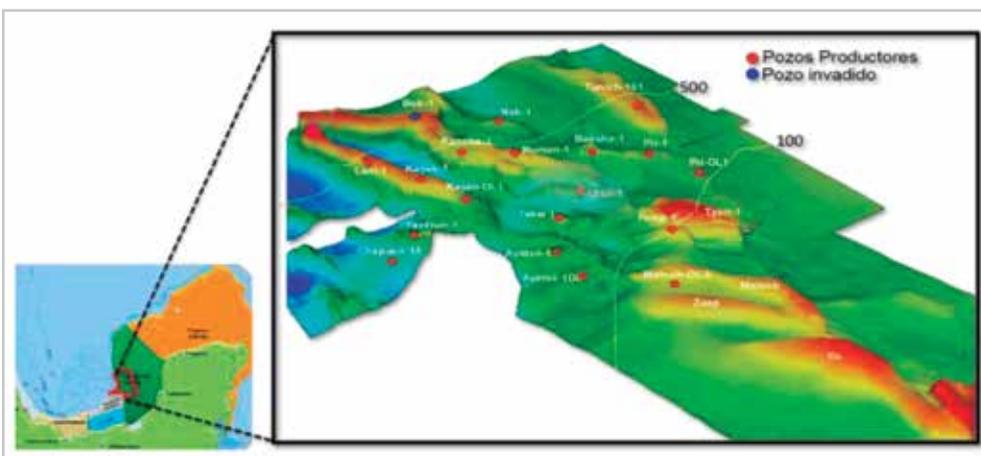
## Introducción

El proyecto de desarrollo de aceite pesado y extrapesado de Campeche Oriente perteneciente a la Subdirección de Desarrollo de campos, se encuentra ubicado entre 120 y 145 km al noroeste de Ciudad del Carmen en el Golfo de México, con tirantes de agua que van desde 100 m hasta 700 m, (ver **Figura 1**) y cubre un área total de 1,100 km<sup>2</sup>. El proyecto está integrado por los campos: Ayatsil, Tekel, Utsil, Tson, Pohp, Lem, Zazil-Ha-Yaxiltun, Kanche, Kayab, Tunich, Nab, Baksha, Pit, Chapabil y Numan de la Región Marina Noreste.

Petróleos Mexicanos requiere una unidad flotante de producción FPSO, por sus siglas en inglés para la ejecución de pruebas de alcance extendido con duración promedio de 180 a 360 días. La FPSO se encargará de recibir corriente multifásica a procesar, medir, tratar, almacenar, bombear y

disponer los fluidos recibidos (aceite crudo, gas y/o agua), provenientes los pozos que serán probados. La **Figura 2** ilustra un ejemplo de FPSO.

Adicionalmente requiere otras embarcaciones de servicios para el manejo y generación intrínseca de productos que pueden ser potencialmente contaminantes con diferentes grados de riesgo, los sucesos con mayor riesgo ambiental generalmente se asocian a eventos con la ocurrencia de derrames, los cuales se clasifican como accidentales y operacionales, anteriormente era práctica común incinerar o enviar a la atmósfera los residuos generados durante los trabajos de estimulaciones, inducciones y limpiezas de pozos, sin embargo, las disposiciones ambientales cada vez más estrictas emitidas por la Comisión Nacional de Hidrocarburos y demás instancias competentes, hace necesaria la contratación de barcos capaces de realizar estos servicios con tecnología de punta.



**Figura 1.** Proyecto de desarrollo Ayatsil-Tekel.

Para el desarrollo del Proyecto Ayatsil Tekel se requiere que las embarcaciones realicen las pruebas de producción, limpieza e inducción en pozos y reduciendo los altos índices de tiempos de espera por falta de embarcaciones debido a malos tiempos y con ello garantizar la continuidad de las operaciones en los pozos de la Gerencia del proyecto de desarrollo Ayatsil Tekel.

Estas embarcaciones contarán con un sistema de posicionamiento dinámico (DP) el cual le permitirá realizar las actividades costa afuera para brindar los servicios en los pozos y posteriormente ser movilizada de un pozo a otro bajo propulsión propia. DP es una técnica para mantener la posición de una embarcación dentro de ciertas tolerancias a través del control de las hélices disponibles que generan vectores de empuje en contra de fuerzas de viento, oleaje y corriente, (API RP 2SK).



Figura 2. FPSO Petrojarl Cidade de Rio Das Ostras, Campo Aruanã de Petrobras.

## Planteamiento del problema

Los movimientos de la embarcación pueden influenciar de manera significativa el comportamiento y operatividad de los equipos en cubierta. El API RP 2FPS indica algunos problemas que se pueden presentar a bordo, como son: reducción en la eficiencia de separadores, bombas y equipos dinámicos, chapoteo en tanques de almacenamiento debido a resonancia entre el crudo y movimientos del buque, pendiente insuficiente de drenajes, marea y reducción en el desempeño de la tripulación, etc. Un análisis de operatividad es un método aplicable para evaluar el porcentaje de operación continua que puede tener esta unidad bajo las condiciones metoceanicas del sitio.

## Objetivo

El objetivo de este trabajo es evaluar de manera preliminar la operatividad de las embarcaciones bajo las condiciones metoceanicas de la cuenca de los campos de crudos pesados y extra-pesados de Campeche Oriente.

## Alcance

El alcance de este trabajo es el cálculo de la operatividad espectral de la embarcación con la información disponible en etapa conceptual para las condiciones oleaje, viento y corrientes del campo Ayatsil-Tekel. Se considera que los movimientos son respuesta únicamente por las fuerzas de oleaje y se discrimina la respuesta dinámica debido a las fuerzas cuasi estáticas de viento y corriente.

El análisis es de tipo lineal en dominio de frecuencia; no incluye cálculos en dominio de tiempo.

El análisis únicamente incluye la respuesta hidrodinámica de alta frecuencia por oleaje, por lo que no considera la capacidad del sistema DP, que requiere un estudio diferente en el cual se consideren fuerzas de deriva de oleaje de baja frecuencia, viento y corriente.

Los análisis hidrodinámico y de operatividad deben ser repetidos una vez que se hayan definido las dimensiones y geometría finales de las embarcaciones.

## Condiciones ambientales

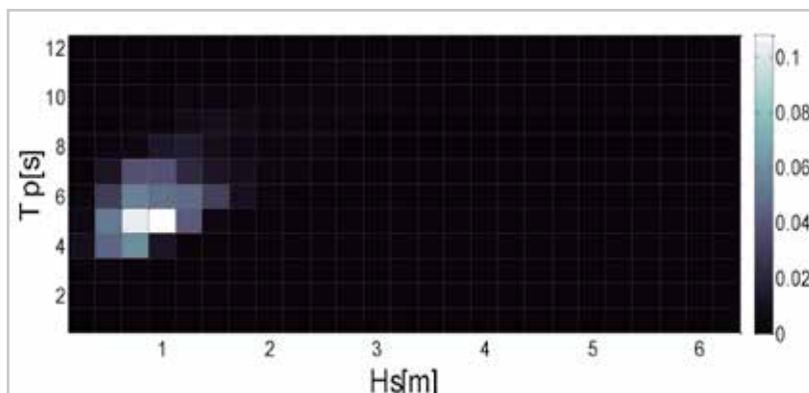
### Tirante de agua

Para este trabajo se considera un tirante de agua de 100 metros; esto no impacta en los cálculos. Los trabajos se ejecutarán en tirantes de 100 a 700 metros.

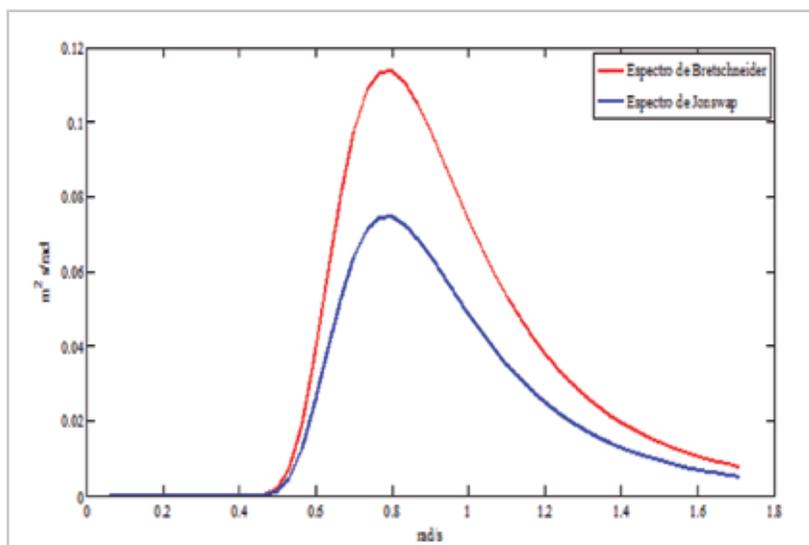
### Oleaje

Se generaron espectros de oleaje con forma Bretschneider de acuerdo a la distribución de altura de ola significativa y periodo pico espectral de ola del Campo Ayatsil (Instituto Mexicano del Petróleo, 2011), que se observan en la **Figura 3**. El análisis de operatividad toma en cuenta condiciones ambientales promedio en el año, es decir, no se emplearon parámetros ambientales de tormenta de 100 años de periodo de retorno.

El espectro de Bretschneider es una formulación para oleaje generado por viento, apropiado para zonas abiertas y distribuye su energía en una banda más amplia alrededor del periodo pico espectral que el espectro de Jonswap. Ambos espectros son ilustrados y comparados para un estado de mar con altura de ola significativa de un metro y periodo pico espectral de ocho segundos en la **Figura 4**.



**Figura 3.** Diagrama de dispersión de oleaje.



**Figura 4.** Espectro de Bretschneider y espectro de Jonswap para altura de ola significativa de 1 m y periodo pico de 8 s.

## Características de las embarcaciones

### Dimensiones de las embarcaciones

Se consideraron dos tipos de formas de cascos que de esta sección en adelante serán nombrados como Casco 1 (referencia: KW Ltd, 2013) y Casco 2. Las propiedades de ambas embarcaciones son calculadas con la técnica de

escalamiento de Froude para diferentes capacidades de almacenamiento; esta práctica consiste en mantener constante la razón de fuerzas de inercia respecto a fuerzas de gravedad a cualquier escala, como se haría generalmente para pruebas a modelos a escala en tanques de olas. Las dimensiones resultantes de las embarcaciones son las siguientes:

Tabla 1. Propiedades calculadas de FPSOs.

Propiedad	Unidad	Casco 1			Casco 2		
		0.5 MMB	0.6 MMB	0.7 MMB	0.5 MMB	0.6 MMB	0.7 MMB
Eslora entre perpendiculares	m	217.89	231.54	243.75	219.26	233	245.29
Manga	m	33.93	36.06	37.96	39.52	42	44.21
Puntal de trazo	m	19.71	20.94	22.05	21.83	23.2	24.42
Calado en condición de lastre	m	5	5.31	5.59	7.68	8.16	8.59
Calado a carga completa	m	12.23	13	13.68	14.92	15.85	16.69

### RAO's

RAO es una función de transferencia que se define como:

$$RAO_R = \frac{Z_a}{\zeta_a}(\omega) \quad (1)$$

Donde  $Z_a$  es la amplitud de alguna respuesta,  $\zeta_a$  es la amplitud de ola y  $\omega$  es la frecuencia radial de ola. Ejemplos de respuesta de una estructura flotante a una ola son movimientos en diversos sentidos, velocidades, aceleraciones y fuerzas.

La FPSO tendrá capacidad de veleta, por lo que únicamente se toman en cuenta olas entrantes por proa (180°). Los RAOs de los movimientos de arfada (movimiento vertical) y cabeceo (movimiento de "sí") son ilustrados en las **Figuras 5 y 6** para diferentes condiciones y para capacidad de almacenamiento de 0.5 MMB.

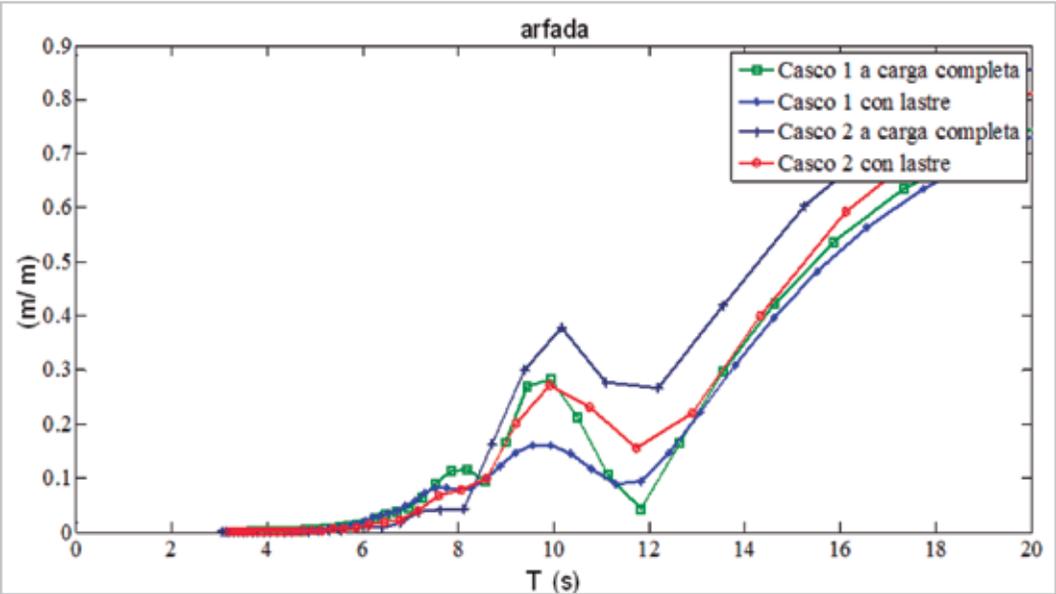


Figura 5. RAOs de arfada de FPSOs con capacidad de almacenamiento de 0.5 MMB para olas por proa.

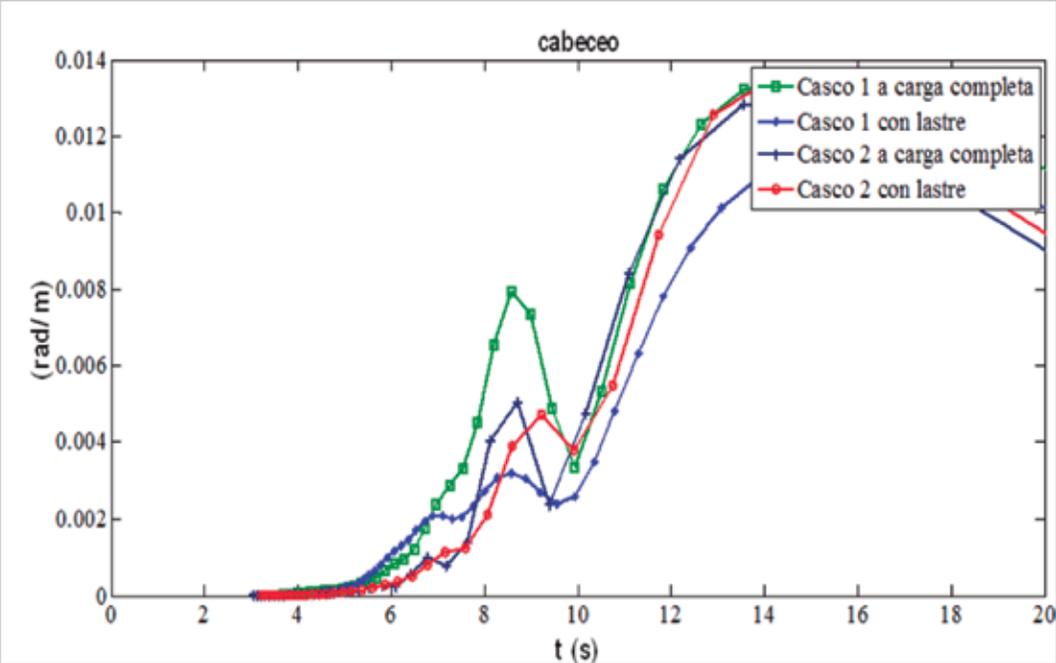


Figura 6. RAOs de cabeceo de FPSOs con capacidad de almacenamiento de 0.5 MMB para olas por proa.

## Metodología

### Análisis de operatividad

Análisis de operatividad es aquel en el que se calcula la fracción de tiempo de operación continua y el porcentaje

de tiempo muerto que se espera tener de una estructura costa afuera en un año, atendiendo a las condiciones meteorológicas y oceanográficas del sitio en estudio. Se limitó este trabajo al estudio de tres fenómenos diferentes que pueden reducir la operatividad de la FPSO.

### Movimiento vertical relativo

Para calcular la probabilidad de ocurrencia de ingreso de agua y de chapoteo en la FPSO, se emplea el movimiento vertical relativo en la proa, es decir, el cambio de elevación del mar que un tripulante observa cuando se para en la proa de un barco como resultado de la variación en la elevación del mar y de los movimientos de buque de arfada, cabeceo y balance. Su fórmula es la siguiente:

$$S = \zeta_p - z + x_b\theta - y_b\phi \quad (2)$$

donde  $\zeta_p$  es la elevación del mar en un punto diferente al centro de la estructura,  $z$  es el movimiento de arfada (vertical),  $x_b\theta$  es la contribución del movimiento de cabeceo

al desplazamiento vertical de un punto en la cubierta y  $y_b\phi$  es la contribución del movimiento de balance al desplazamiento vertical de un punto en la cubierta.

La elevación del mar es igual a la elevación de ola tomando en cuenta el desfase cuando se analiza un punto diferente al centro de la embarcación:

$$\zeta_p = \zeta_a \cos(\omega t - kx_b \cos \mu - ky_b \sin \mu) \quad (3)$$

donde  $\zeta_a$  es la amplitud de ola,  $\omega$  es la frecuencia radial de ola,  $t$  es tiempo,  $k$  es el número de ola,  $\mu$  es la dirección

de ola,  $(x_b, y_b)$  son las coordenadas del punto de análisis respecto al centro de la estructura.

Como las fuerzas de oleaje tienen forma armónica, la respuesta también tiene forma armónica. Los movimientos de la embarcación son:

$$z = z_a \cos(\omega t + \varepsilon_{z\zeta}) \quad (4)$$

$$\theta = \theta_a \cos(\omega t + \varepsilon_{\theta\zeta}) \quad (5)$$

$$\phi = \phi_a \cos(\omega t + \varepsilon_{\phi\zeta}) \quad (6)$$

donde  $z_a$ ,  $\theta_a$  y  $\phi_a$  son las amplitudes de los movimientos de arfada, cabeceo y balance, y  $\varepsilon_{z\zeta}$ ,  $\varepsilon_{\theta\zeta}$  y  $\varepsilon_{\phi\zeta}$  son las fases de cada uno de los movimientos respecto a la ola.

Sustituyendo ecuaciones (3), (4), (5) y (6) en (2), desechando el término de la contribución del movimiento de balance, dividiendo la ecuación resultante entre amplitud de ola  $\zeta_a$  y aplicando identidades trigonométricas, se encuentra el RAO del movimiento vertical relativo:

$$\frac{s_a}{\zeta_a} = \sqrt{\left( \cos(-kx_b \cos \mu) - \frac{z_a}{\zeta_a} \cos(\varepsilon_{z\zeta}) + x_b \frac{\theta_a}{\zeta_a} \cos(\varepsilon_{\theta\zeta}) \right)^2 + \left( \sin(-kx_b \cos \mu) - \frac{z_a}{\zeta_a} \sin(\varepsilon_{z\zeta}) + x_b \frac{\theta_a}{\zeta_a} \sin(\varepsilon_{\theta\zeta}) \right)^2} \quad (7)$$

## Ingreso de agua

El fenómeno de ingreso de agua o “green water” consiste en la sumersión de la cubierta de una estructura flotante en grandes olas. Defínase el espectro del desplazamiento vertical relativo de la siguiente forma:

$$S_s(\omega) = \left| \frac{s_a}{\zeta_a}(\omega) \right|^2 S_\zeta(\omega) \quad (8)$$

El momento cero del espectro es:

$$m_{0s} = \int_0^\infty S_s(\omega) d\omega \quad (9)$$

El fenómeno de ingreso de agua se da cuando el desplazamiento vertical relativo en la proa es más grande que el francobordo. Suponiendo que el desplazamiento vertical relativo tiene una distribución Rayleigh de la misma manera que se distribuyen las crestas de las olas, la probabilidad de ingreso de agua para un estado de mar se expresa de la siguiente manera:

$$P\{s_a > f_e\} = \exp\left(-\frac{f_e^2}{2m_{0s}}\right) \quad (10)$$

La ecuación (10) se emplea para el cálculo de probabilidad de ingreso de agua e impacto de ola en la cubierta de la FPSO. Se considerará qué probabilidades menores a 5% representan respuestas aceptables para cada estado de mar de acuerdo al criterio de Faltinsen (1990, citado en Journée & Massie, 2001).

## Golpeteo

El fenómeno de golpeteo o “slamming” ocurre cuando la proa de una embarcación sale completamente del agua y para después impactarse contra la siguiente ola. Como

primer paso se requiere calcular el RAO de la velocidad vertical relativa  $\dot{s}_a/\zeta_a$  que se deduce como la primera resulta de la primera derivada respecto al tiempo del movimiento vertical relativo:

$$\frac{\dot{s}_a}{\zeta_a} = \omega \frac{s_a}{\zeta_a} \quad (11)$$

El espectro de momento vertical relativo y el momento cero espectral se calculan con las ecuaciones (8) y (9) respectivamente.

Permítase aplicar el criterio de Ochi para el fenómeno de golpeteo. La velocidad crítica que debe presentarse para que exista golpeteo es la siguiente:

$$s_{cr} = 0.093 \sqrt{gL} \quad (12)$$

donde  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $L$  es la longitud de la embarcación.

La probabilidad de golpeteo se calcula por una distribución Rayleigh como el producto de la probabilidad de que la proa salga del agua y de la probabilidad de excedencia de la velocidad crítica:

$$P\{slam\} = \exp\left(-\frac{d^2}{2m_{0s}} - \frac{s_{cr}^2}{2m_{0s*}}\right) \quad (13)$$

donde  $d$  es el calado a 10% de la longitud entre perpendiculares desde la proa,  $m_{0s}$  es el momento cero del espectro de movimiento vertical relativo,  $m_{0s*}$  es el momento cero del espectro de la velocidad vertical relativa. Siguiendo el criterio de Faltinsen (1990, citado en Journeé & Massie, 2001), 1% de probabilidad de golpeteo se emplea como límite en los cálculos de este trabajo.

## Aceleración vertical

La aceleración vertical se define como la segunda derivada con respecto al tiempo del movimiento de arfada del buque; su RAO se calcula con la siguiente expresión:

$$\frac{\ddot{z}_a}{\zeta_a} = \omega^2 \frac{z_a}{\zeta_a} \quad (14)$$

Para este trabajo se considera que 0.4 es el límite aceptable de la media cuadrática (RMS) de la aceleración vertical que se define como:

$$RMS = \sqrt{m_{0z..}} \quad (15)$$

donde  $m_{0z..}$  es el momento cero de la densidad espectral de la aceleración de arfada para cuyo cálculo se emplean consecutivamente las ecuaciones (8) y (9).

## Resultados

### Operatividad

Se calculó la operatividad para los límites expuestos en la sección anterior. Los resultados se muestran en las **Tablas**

**2 y 3.** Se encontró que la operatividad de la FPSO para PAEs es aceptable. La aceleración vertical representa el límite con mayor impacto en la operatividad total y está estrechamente relacionada con el desempeño que la tripulación tendrá a bordo de la embarcación.

**Tabla 2.** Resultados de operatividad anual del casco 1, espectro de Bretschneider.

Operatividad de Casco 1	0.5 MMB		0.6 MMB		0.7 MMB	
	A carga completa	Condición con lastre	A carga completa	Condición con lastre	A carga completa	Condición con lastre
Ingreso de agua	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Golpeteo	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Aceleración vertical	98.25%	99.09%	98.62%	99.29%	98.92%	99.46%
Total	98.25%	99.09%	98.62%	99.29%	98.92%	99.46%
Promedio	98.67%		98.96%		99.19%	

**Tabla 3.** Resultados de operatividad anual del casco 2, espectro de Bretschneider.

Operatividad de Casco 1	0.5 MMB		0.6 MMB		0.7 MMB	
	A carga completa	Condición con lastre	A carga completa	Condición con lastre	A carga completa	Condición con lastre
Ingreso de agua	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Golpeteo	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Aceleración vertical	97.05%	97.80%	97.63%	98.20%	98.03%	98.42%
Total	97.05%	97.80%	97.63%	98.20%	98.03%	98.42%
Promedio	97.43%		97.92%		98.23%	

Resultados de operatividad total para un rango mayor de capacidad de almacenamiento, son graficados en la **Figura 7**. Se observa que la operatividad de la embarcación se incrementa con la capacidad de almacenamiento, el cual está relacionado con su peso

muerto; esto se debe a que una estructura con mayor masa es menos sensible a las fuerzas de las olas. Las líneas tienen un comportamiento escalonado que depende de la discretización del diagrama de dispersión de oleaje.

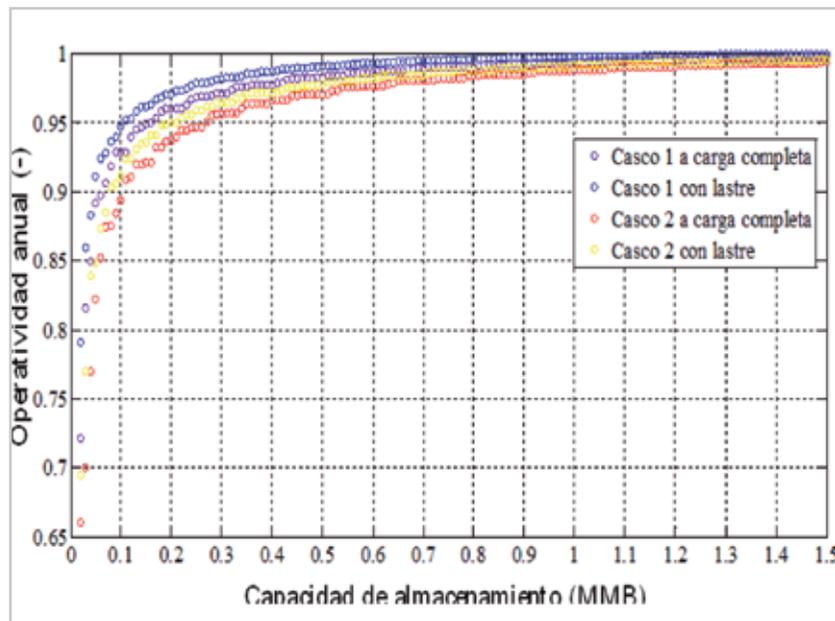


Figura 7. Operatividad total anual para diferentes capacidades de almacenamiento.

## Conclusiones

En este reporte se llevó a cabo un análisis espectral de operatividad con el propósito de conocer la de una FPSO para pruebas de alcance extendido, así como de las embarcaciones para servicio a pozos, bajo las condiciones meteorológicas y oceanográficas de Campeche oriente. Se consideró que las características del Campo Ayatsil son representativas de la región de estudio. Tres condiciones límite fueron tomadas en cuenta: ingreso de agua, golpeteo y aceleración vertical.

La operatividad anual promedio de la FPSO para capacidad de almacenamiento de 0.5 MMB, que es el requerimiento del proyecto, es 98.67% para el casco 1 y 97.425% para el casco 2. Estas cantidades son promedio de la operatividad de la FPSO a carga completa y bajo condición con lastre. Los resultados para cada tipo de casco pueden ser consultados en las **Tablas 2 y 3**.

Para embarcaciones de servicio a pozos es posible seleccionar sus dimensiones en función de la operatividad que se desee alcanzar de acuerdo con la **Figura 7**.

## Recomendaciones

Los resultados de este artículo corresponden a los cálculos empleando el casco de una FPSO de la literatura con casco de buque-tanque y otro basado en experiencia; sin embargo, los resultados son altamente sensibles a la respuesta hidrodinámica que es única a cada tipo de casco; por lo tanto, uno de los criterios para la selección de la FPSO para pruebas de alcance extendido debe ser su alta operatividad.

Para tener operatividad anual arriba de 95% en una embarcación tipo FPSO, se recomienda el uso de FPSOs con capacidad de almacenamiento arriba de 300 mil barriles de petróleo.

## Abreviaturas

DP	Dynamic Positioning (posicionamiento dinámico)
FPSO	Floating Production Storage and Offloading System (unidad flotante de producción, almacenamiento y trasiego)
MMB	Millones de barriles
RAO	Response Amplitude Operator (operador de amplitud de respuesta)
RMS	Root mean square (media cuadrática)

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Gerencia del Proyecto Ayatsil-Tekel de Pemex Exploración y Producción, por su autorización y apoyo para publicar.

## Referencias

API RP 2FPS, *Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Floating Production Systems*. 2001. Washington, DC: API.

Cabrera Miranda, J.M., Corona Tapia, R. y Peregrino Martínez de Escobar, M.R. 2013, *Metocean Considerations for the*

*Selection of a FPSO in the Ayatsil-Tekel Project*. Heavy Oil Latin America Conference & Exhibition, Puerto Vallarta, México, septiembre 24-16.

Journeé, J.M.J. y Massie, W.W. 2001. *Offshore Hydromechanics*, first edition. Technische Universiteit Delft.

KW Ltd. 2013. Pemex Ayatsil Vessel Hydrodynamic Report (M110). Reporte Interno de Pemex.

Luna Arroyo, J.L., Cisneros Soto, E., Marcial Martínez, E. et al. 2011. 2.4 Parámetros Metoceanicos de Diseño Campo Ayatsil. Technical Report, Instituto Mexicano del Petróleo.

## Semblanza del autor

### Rafael Corona Tapia

Ingeniero Industrial y de Sistemas por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). En el año 2006 formó parte del Programa de Formación de Profesionales en Aguas Profundas de Pemex Exploración y Producción y en el año 2010 concluyó la Maestría en Ingeniería Costa Afuera por la Universidad Tecnológica de Delft (TUDelft), Países Bajos.

Su trayectoria en Petróleos Mexicanos es de 14 años; participando en diferentes fases de desarrollo de proyectos tales como ingeniería conceptual, ingeniería básica, ejecución, interconexión, pruebas y puesta en operación de infraestructura costa afuera para los campos Cantarell, Ku-Maloob-Zaap, Lakach y Ayatsil-Tekel. Actualmente colabora en la Coordinación de Diseño e Ingeniería del Proyecto de la Gerencia de proyecto de desarrollo Ayatsil-Tekel, como especialista de infraestructura submarina y sistemas flotantes.

Es miembro de la Sociedad de Ingenieros Petroleros (SPE), y de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), por sus siglas en inglés.