

# LOS RETOS DE PRODUCCIÓN EN AGUAS PROFUNDAS

## Los nuevos sistemas de BP para monitoreo de *risers*

*Al enfrentarse a los retos que representan los ambientes en aguas profundas como el Golfo de México, los nuevos sistemas de monitoreo de BP ayudan a asegurar que los risers que se utilizan en trabajos de perforación y producción sigan desempeñando su trabajo al entregar de forma segura los hidrocarburos. Alex Markland reporta las iniciativas de BP en el monitoreo de risers que actualmente benefician a toda la industria.*

Son poco comunes los problemas ambientales y de seguridad relacionados con los *risers* – las tuberías que corren desde una perforación costa afuera o plataforma de producción que se conectan con un cabezal de pozo en el lecho marino. Y Howard Cook, autoridad técnica en *risers*, nos dice que esta es la forma en que BP está determinada a que así continúe.

Sin embargo, conforme sigue creciendo el porcentaje de la producción de hidrocarburos de BP proveniente de las plataformas localizadas en los ambientes más difíciles en aguas profundas, cada vez son mayores los retos relacionados con la seguridad, medio ambiente y tecnología que se asocian con los *risers*. Aún cuando BP tiene más de 30 años de experiencia en el diseño y operación de plataformas y *risers* en aguas someras, su entrada innovadora en las aguas profundas de la parte estadounidense del Golfo de México y en otras áreas desde finales de los años noventas en adelante, ha significado que entren en juego toda una gama nueva de cuestiones ambientales, factores que tienen una influencia directa en el diseño y operación de las instalaciones costa afuera.

“Esto llevó a que se dieran saltos tecnológicos en ciertos aspectos de nuestros sistemas costa afuera en el Golfo de México” comenta Cook, cuya responsabilidad dentro del negocio de exploración y producción de BP también incluye líneas de flujo submarinas y los torreones complejos de *risers* que por lo regular se encuentran en las plataformas de producción flotantes.

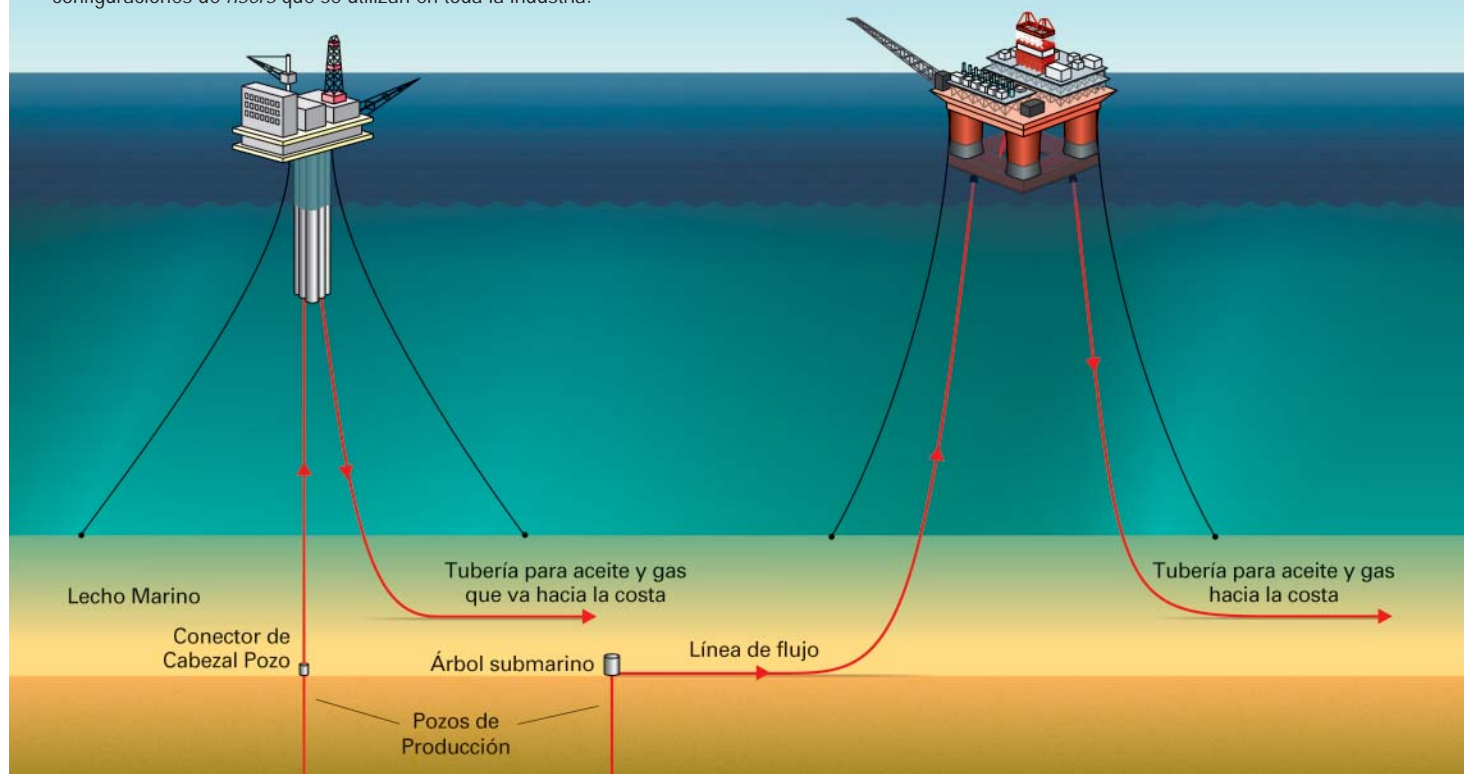
Los *risers* juegan muchos papeles importantes en la producción de hidrocarburos. Durante la perforación de un pozo, los *risers* encierran la sarta de perforación y barrena, las cuales sirven como conducto de tal forma que los lodos de perforación puedan viajar hacia abajo dentro del pozo para limpiar los recortes de perforación hacia el aparejo en superficie. Para las plataformas de producción marinas, los *risers* conectan la plataforma con el pozo en el lecho

marino, y la plataforma con el sistema de tuberías del campo con el fin de permitir que los hidrocarburos se exporten desde el campo. Los *risers* también se pueden utilizar para transportar agua o gas desde las instalaciones en superficie para la inyección dentro del yacimiento del campo con el fin de mejorar la recuperación de hidrocarburos.

Debido a que los *risers* son el componente que abarca toda la columna de agua desde el lecho marino hasta la superficie- una distancia que puede alcanzar miles de metros- BP reconoció que el desarrollo de la tecnología de los *risers* presentaría un reto mayor conforme la producción de hidrocarburos migrara cada vez más hacia aguas con mayor profundidad. “Esto resaltó un número de cuestiones importantes” anota Cook. “No importa la función que desempeñe un *riser*, siempre será un sistema crítico”. El hecho de que falle un *riser* puede tener implicaciones serias”.

Un campo marino puede tener una vida de 25 años o más, y los *risers* deben estar diseñados para durar y recibir mantenimiento durante ese tiempo. Las fuerzas que se ejercen sobre los *risers* son muchas y variadas – y todas pueden actuar al mismo tiempo. Los *risers* pueden estar sujetos a altas presiones internas y temperaturas provenientes de los hidrocarburos, altas presiones hidrostáticas externas de la columna de aguas profundas, temperaturas muy bajas del agua externa, y están en movimiento continuo debido al oleaje en la superficie y por las corrientes en la profundidad, así como el movimiento de la plataforma flotante de la que se encuentran sujetos – algunas plataformas aunque están amarradas de forma segura al lecho marino, están diseñadas para desplazarse varias decenas de metros alrededor de su posición central. Y los *risers* – en ocasiones hay docenas de éstos soportados desde una sola plataforma- no siempre cuelgan en forma recta hacia el lecho marino, sino que se esparcen en forma de abanico por debajo de la

Plataformas semi-sumergibles y tipo “spar” (con poleas) son dos de los diversos tipos de plataformas de producción flotantes desplegadas en aguas profundas como las del Golfo de México (parte estadounidense). Los ejemplos que se presentan aquí muestran una plataforma semi-sumergible (del lado derecho inferior) que soporta *risers* catenarias de acero, mientras que la plataforma tipo “spar” (abajo a la izquierda) que utiliza *risers* tensionados verticalmente. Hay muchas otras configuraciones de *risers* que se utilizan en toda la industria.



plataforma, sujetos en una forma de S y otras configuraciones por medio de dispositivos flotantes y cuerdas anclados al lecho marino. Los retos en el diseño de los *risers* son claramente complejos y el resultado de dicho diseño tiene un impacto importante en el diseño de las plataformas marinas.

El avance hacia ambientes de aguas profundas realmente nos ha hecho concentrar nuestra atención en asegurarnos que diseñemos, operemos y administremos la integridad de nuestros sistemas de *risers* en la mejor forma posible, nos comenta Cook. Los retos asociados con el diseño de *risers* para su uso en el Golfo de México en desarrollos en aguas profundas proporcionaron un verdadero estímulo para el desarrollo de un sistema de monitoreo de *risers*.

Desde un principio, los equipos de proyectos de BP en los campos en aguas profundas operados por BP, como “Mad Dog” “Thunder Horse” y “Atlantis” – localizados a varias profundidades de hasta 1870m – reconocieron la necesidad de instalar instrumentación para medir de forma exacta la tensión y deformaciones a los que se someten los *risers*. Como resultado, en el año 2002 BP estableció su programa de monitoreo de *risers*. Cook anota: “Así como nos ayuda

a monitorear la forma en que los *risers* están respondiendo ante las condiciones ambientales, el programa de monitoreo de *risers* también proporciona información que ayudará a mejorar nuestros modelos teóricos, y finalmente mejorará el diseño de *risers* en el futuro.

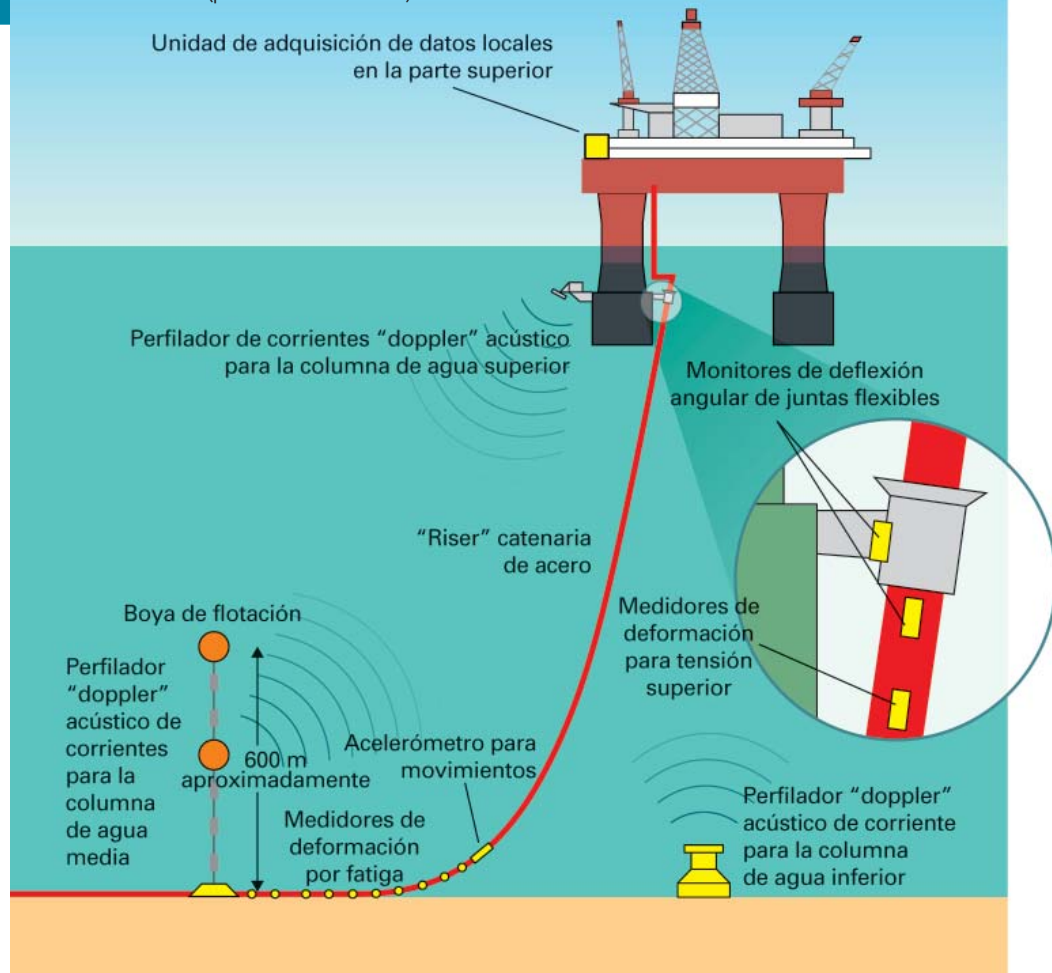
## Los retos en aguas profundas del Golfo de México proporcionaron un verdadero estimulante para el desarrollo de un sistema de monitoreo de *risers*.

### Aseguramiento de la integridad

El programa de monitoreo de *risers* juega un papel clave cuándo se trata de la integridad del monitoreo llevado al cabo por BP en el Golfo de México con el fin de mantener una operación segura de estas instalaciones de producción flotantes en aguas profundas. Éstas deben tener la capacidad de soportar peligros extremos, que van desde huracanes hasta “tormentas de cien años” y “corrientes cíclicas en remolino” –corrientes profundas muy fuertes que pueden afectar

una zona específica durante varios meses consecutivos. Un *riser* se construye con secciones rígidas, fuertes y gruesas amuralladas de tubería de acero- para desarrollos en aguas profundas como el campo “Thunder Horse” de BP, los *risers* individuales pueden pesar hasta 700 toneladas y tener hasta 40mm de espesor en las paredes. Sin embargo, cuando un *riser* se suspende de una plataforma en el

Dispositivos típicos de monitoreo de risers en aguas profundas utilizados por BP en el Golfo de México (parte estadounidense).



Golfo de México en aguas profundas a casi 2000m, y es sacudida por el oleaje en la superficie y por las corrientes submarinas de hasta dos metros por segundo que van a lo largo de toda su longitud, los risers se pueden doblar como si fueran un cable largo flexible. El daño potencial debido a la carga por fatiga y la corrosión son importantes elementos que se deben evaluar, por lo que el monitoreo de la integridad es esencial.

“Parte de nuestro papel es monitorear las condiciones de un riser y darle mantenimiento para asegurar su operación segura a lo largo de su ciclo de vida” nos explica Sandeep Jesudasen, ingeniero de sistemas de risers en la unidad de negocios de aguas profundas del Golfo de México de BP, y miembro del equipo marino que se encarga de las cuestiones relacionadas con la integridad en las instalaciones marinas. “Durante el curso del ciclo de vida de un riser debemos conocer sus condiciones, qué amenazas enfrenta, y qué consecuencias puede tener en el rendimiento del riser. Mediante el uso de la evaluación de riesgos podemos determinar la mejor forma para monitorear las condiciones y rendimiento de los risers.

Debido a que el riser está sujeto a la plataforma que flota en la superficie, el monitoreo de risers involucra tanto el movimiento de la plataforma como el comportamiento del riser en sí – existen varios tipos de plataformas y diseños de risers que operan en el Golfo de México (vea el diagrama en la página 43). Sin embargo, por motivos prácticos, no es posible monitorear cada

riser –puede haber docenas de risers suspendidos de una sola plataforma–. En cambio, Jesudasen y sus colegas instalan el equipo de monitoreo en una muestra representativa de los risers y después utilizan la información recopilada para darse una idea sobre las condiciones de risers similares.

Esta fue la estrategia que adoptó el equipo a principios del 2003 cuando se instaló el sistema de ductos de transporte en aguas profundas llamado “Mardi-Gras”, operado por BP, en un tirante de agua de hasta 2200m. Los risers de exportación en plataformas



Juntas de tuberías utilizadas para construir un riser en aguas profundas. En este caso las tuberías tienen un diámetro interno de 160mm, con un espesor de 40mm.



Arriba: Despliegue de los sistemas de monitoreo de *risers*.

Fila Superior: Sensores de curvatura (desarrollados por Insensys) que utiliza fibras ópticas sujetados al *riser* para determinar la forma y esfuerzos de flexión a lo largo de su longitud.

Fila Inferior: Acelerómetros (de "2H Offshore Engineering") se despliegan para la toma de registros de datos del *riser* en varias plataformas de BP en el Golfo de México, y en los *risers* de perforación (en el círculo en blanco).

en aguas profundas del Golfo de México están conectados al sistema "Mardi-Gras", que está diseñado para transportar el aceite crudo y gas natural hacia la costa, y es el sistema de tuberías en aguas profundas de mayor capacidad jamás construido. Después de estudiar la situación, el equipo decidió instalar los sistemas de monitoreo de *risers* en los *risers* de exportación de aceite en el campo "Thunder Horse", en un tirante de agua de 1840m, y en el campo "Holstein", en 1310m de tirante, lo que proporcionaría suficientes datos para permitir al equipo inferir las condiciones de los *risers* en las demás plataformas- y, dice Jesudasen, están más que satisfechos con la decisión.

De hecho, comenta: el programa de monitoreo de *risers* ya probó ser una herramienta muy útil para la solución de problemas. En el año 2003 los datos de monitoreo del *riser* de producción en una plataforma indicaban una situación que podría llevar a una seria merma de la vida del *riser*. Afortunadamente, nos dice Jesudasen: "pudimos entrar y arreglarlo exitosamente". Pero sin el programa de monitoreo de *risers*, es posible que no hubiéramos identificado el problema".

Los datos del programa de monitoreo de *risers* también se utilizan para ayudar al equipo a determinar cuándo se requieren inspecciones o cambios en las condiciones de operación para asegurar la integridad continua de varios componentes en los *risers*, tales como las "juntas flexibles" que permiten el movimiento relativo entre la plataforma y algunos tipos de *risers*.

### Sentido común

El programa de monitoreo de *risers* recolecta información generada por varios sistemas de sensores, los cuales están colocados en posiciones clave en toda la longitud de un *riser*. Los dispositivos incluyen medidores de deformación fabricados con fibra óptica,

acelerómetros, inclinómetros, sensores de curvatura y sensores de índice de ángulo que monitorean el índice de cambio de los ángulos del *riser* – el saber con precisión en dónde localizar cada tipo de sensor requiere, por derecho propio, un análisis a profundidad. Algunos de los sensores están cableados y permanecen de forma permanente sujetos a los *risers* submarinos, mientras que otros *risers* son dispositivos independientes que se operan con baterías y están equipados con una memoria interna, y que deben ser llevados a la superficie para recolectar los datos.

Los datos recolectados por medio de todos los sensores se alimentan a un sistema de monitoreo central en la plataforma, y se mandan posteriormente a tierra para su análisis y para revelar información sobre la integridad a largo y corto lazo del sistema del *riser*. Aunque un análisis cuidadoso siempre requiere tiempo, la operación de transferencia de datos se acelerará una vez que el anillo de comunicación de fibra óptica que forma parte del programa "Field of the Future" de BP esté listo y funcionando en el Golfo de México (ver *Frontiers*, diciembre de 2006).

Muchos de los sensores se están desplegando en el Golfo de México por primera vez. "Ha sido un verdadero ejercicio de aprendizaje el desarrollar los sensores que necesitaremos para monitorear los *risers*, dice Cook. "Una de las fortalezas de BP es la habilidad de identificar una buena tecnología y motivar a los proveedores a que la adopten y la desarrollen aún más. Formamos una relación de trabajo cercana y buena con un proveedor y le damos la oportunidad para desarrollar la tecnología y desplegarla a mayor escala, pero de forma selectiva, en los activos de BP. Esta estrategia es una de las razones detrás de nuestra reputación de estar a la vanguardia en el desarrollo y despliegue de tecnología innovadora de monitoreo de *risers*".

La selección y desarrollo de la instrumentación involucra

trabajar con proveedores especialistas para construir sensores y desarrollar técnicas nuevas. Tanto para BP como para los proveedores, esto está probando ser una situación benéfica para ambos.

En algunos casos BP ha jugado un papel clave para motivar a los proveedores a mejorar sus productos. Por ejemplo, BP trabajó muy de cerca con 2H Offshore Engineering en el Reino Unido, una compañía de instrumentación y diseño de *risers* líder, que cuenta entre sus productos de monitoreo de *risers* a los acelerómetros desplegados en las plataformas de perforación y *risers* de perforación para medir y registrar sus movimientos. 2H Offshore Engineering adaptó sus dispositivos para utilizarse en las plataformas en aguas profundas de BP en el Golfo de México, desarrollando acelerómetros nuevos y más compactos, con mayor velocidad de recolección de datos, una vida de batería más larga, y mayor confiabilidad. Estos se encuentran instalados en cuatro de las siete plataformas de BP en aguas profundas del Golfo de México para obtener un mejor entendimiento de la respuesta de los *risers* en un ambiente severo y profundo, y son utilizadas también por otras compañías petroleras, lo que beneficia a toda la industria.

En otros casos, BP le ha proporcionado a un proveedor un incentivo para desarrollar un producto empezando desde cero. Un caso específico es el de un sensor de curvatura de fibra óptica desarrollado por la compañía inglesa Insensys para determinar la forma y tensiones de flexión a lo largo de un *riser* con un sistema de medición multipunto de presión directa. Cuando Insensys propuso la idea, BP se dio cuenta rápidamente de las ventajas y fue la primera en hacerle un pedido a Insensys, dándole su primera oportunidad para probar el dispositivo en un *riser* en el Golfo de México. El dispositivo ahora está disponible comercialmente y BP utiliza la tecnología en otras cuatro aplicaciones en el Golfo de México, así como en activos operados por BP en el Mar Caspio y costa afuera de Angola.

### Un despertar

La información recolectada como parte del programa de monitoreo de *risers* de BP también está contribuyendo a un mejor entendimiento de los efectos potenciales a largo plazo, tales como la fatiga del material. “Una causa importante de la fatiga se relaciona con la interacción complicada entre la estructura del *riser* y el flujo de fluidos de la corriente” explica Mike Tognarelli,

ingeniero de sistemas flotantes en el grupo de tecnología de exploración y producción, con base en Houston. “Esto da como resultado un fenómeno conocido como vibración inducida por vórtice”.

Aunque existen herramientas de software para predecir la vibración, Tognarelli y sus colegas no estaban convencidos que las predicciones de fatiga generados por estas herramientas eran suficientemente precisos. Al decidir recolectar datos reales de sus instalaciones en el Golfo de México y en otros lugares, BP, dice Tognarelli, “se convirtió en un líder de la industria en el intento de entender la brecha entre la realidad y lo que predice el software y la teoría”.

Ahora el grupo está aprovechando los datos de monitoreo para mejorar la forma en que utilizan los modelos de análisis existentes. Y la información adicional revelada por los datos de monitoreo también está ayudando a desarrollar modelos nuevos”.

“Entre más datos de monitoreo podamos recolectar, más aprenderemos sobre las condiciones de los *risers*, añade Tognarelli. “El nombre del juego es la confianza y el aseguramiento de la operabilidad. El monitoreo revela información importante que nos ayuda a identificar un entorno seguro de operación, con el fin de definir límites de operación seguros y evaluar el éxito de varios dispositivos de mitigación de vibración—por ejemplo, secciones de aero-lámina metálica muy delgada para reducir la fricción, o tracas helicoidales unidas a los *risers*— para que podamos decidir cuál se debe utilizar. Al mismo tiempo que nos garantiza que estamos operando de forma segura en la actualidad, los datos de monitoreo también ayudan a mejorar nuestras predicciones teóricas para asegurar que operemos de forma segura y aún más eficiente en el futuro”.

En miras hacia ese futuro, Cook concluye: “Ahora que BP ha demostrado la utilidad del monitoreo de *risers*, la pregunta más importante es cómo va a responder la industria. Por ejemplo, ¿creerán ahora los proveedores que vale la pena desarrollar una instrumentación inalámbrica más barata, más pequeña y más rápida para que la utilicen las compañías petroleras?”

“Lo que sí es seguro es que todo mundo se beneficia de esta forma de trabajar. En BP tenemos acceso a la tecnología que necesitamos, el proveedor tiene un producto nuevo que vender, y la industria en general puede aprovechar este nuevo desarrollo. Hay un futuro interesante en el camino.” ●

---

\*Este artículo, originalmente titulado “Monitoring in Depth”, apareció en la edición de diciembre de 2007 de la revista “Frontiers” de BP.