

PRODUCTOS TUBULARES PARA REDUCIR EL COSTO TOTAL

Daniel Ghidina, Fabián Benedetto
Siderca-Tenaris

Abstract

Nuevos equipos, materiales, herramientas y operaciones se han desarrollado con el objetivo de reducir los tiempos de ejecución y/o de completación de los pozos y por lo tanto el costo operativo y de materiales.

En este trabajo nos ocuparemos de mencionar algunos de los métodos y materiales alternativos para llevar a cabo estas operaciones, especialmente en los que están involucradas la tubería y las conexiones.

La experiencia lograda hasta el presente mediante el estudio, análisis, propuestas, y realización de operaciones con productos alternativos nos permite anticipar que en muchos de los casos, el empleo de técnicas o productos distintos produce un importante ahorro económico.

Esta búsqueda alternativa, se ha incrementado como consecuencia de los cambios producidos en los yacimientos debidos al incremento de la recuperación secundaria, a la búsqueda de nuevos horizontes productivos, a la depletación de las capas, y otros. Para mitigar estos problemas, se han desarrollado nuevos materiales, nuevos aceros, y métodos de predicción. Tal vez algunos de ellos no sean la solución total y definitiva, pero teniendo en cuenta los estudios económicos, generalmente se observa que ayudan a reducir los costos de extracción.

El desafío presente en el diseño y selección, para un pozo de petróleo y gas, está dado por las exigencias que implica ir a buscar los reservorios mineralizados a mayor profundidad, en donde los valores de presión externa, presencia de H_2S , CO_2 , temperatura, y otros, muchas veces indican como procedente el uso de aceros especialmente formulados para estos ambientes (Ej.: Aceros para Alto Colapso, para Servicio Agrio, para Pozos Profundos, y otros), o el uso de conexiones especialmente diseñadas.

Desarrollo

1. Casing Drilling

La Perforación con Casing es una tecnología que está cobrando auge debido a la posibilidad que ofrece de perforar y entubar simultáneamente un pozo.

En este proceso la tubería de encamisado (casing) se usa en reemplazo de la barra de sondeo para transmitir energía mecánica e hidráulica al trépano.

La manera de perforar se hace básicamente de dos formas diferentes:

1. Utilizando un conjunto de fondo que es recuperable mediante maniobras con cable que permiten acceder rápidamente al trépano, motor de fondo y demás componentes.
2. Sin conjunto de fondo, con el trépano y accesorios de flotación directamente solidarios al casing, los cuales quedarán cementados en el fondo con la tubería (Trépano de sacrificio)

Dado que la maniobra implica dos acciones simultáneas (perforación y entubación) las ventajas de esta metodología radica en la reducción de costos relacionados con el transporte, el manipuleo, el alojamiento, la inspección, etc. de las barras de sondeo. Pero la importancia fundamental o más significativa es la posibilidad de reducir los problemas de la perforación relacionados con pérdidas de circulación, inestabilidad de paredes, tiempos muertos sin circular el pozo, etc. Por ejemplo los problemas de generación de cavernas atribuidos a vibración de la columna de perforación pueden ser minimizados debido a la eliminación de "viajes" con la columna y también debido a la posibilidad de contar con una sarta menos proclive a las vibraciones.

Los conceptos vertidos anteriormente aplican para las tres modalidades de perforación con tuberías, las cuales son:

- Perforación con Casing (Drilling Casing)
- Perforación con Casing Liner (Drilling Liner)
- Perforación con Tubing (Drilling Tubing)

1.2. Consideraciones para el Diseño de una tubería usada para perforar

En la mayoría de los casos analizados para perforar con tuberías, los aspectos técnicos y las consideraciones que se tienen en cuenta no difieren demasiado de aquellas usadas para el diseño de un casing o Tubing convencional. Datos como gradientes porales y de fractura, gradientes de temperatura, litología del terreno son requeridos tanto para el diseño convencional de una sarta como para el diseño de un casing para perforar.

La única gran diferencia que surge es la incorporación de tensiones adicionales provenientes de efectos dinámicos, estas tensiones nos va a hacer centrar la atención preferentemente sobre cuatro ítems fundamentales:

- Desgaste (Wearing)
- Pandeo (Buckling)
- Fatiga
- Hidráulica del pozo

1.2.1. Desgaste:

El contacto entre el diámetro externo de la tubería (y el diámetro externo de las cuplas) con las paredes del pozo, hace que se deba poner especial énfasis en el monitoreo del desgaste, sobre todo en la parte inferior de la columna, y más aún si se esta perforando formaciones abrasivas.

El uso de centralizadores rígidos en la cercanía del trépano han demostrado ser de gran ayuda en la preservación de la tubería frente al desgaste. Se han probado centralizadores con bandas adheridas de metal duro que provee resistencia suficiente a la abrasión.

1.2.2. Pandeo (Buckling):

En este tipo de perforación, una de las principales diferencias con el método tradicional es que las barras de sondeo no se utilizan para proveer de peso al trépano, mientras que en la perforación con casing la tubería si lo hace. El pandeo va a ocurrir cuando la carga compresiva sobre el casing, en combinación geometría del casing y el pozo se conjugan para que la columna se torne inestable, esto no significa que la tubería vaya a tener una falla estructural.

El hecho de que una tubería haya pandeado no implica una falla destructiva, mas bien va a obligar al Ingeniero de Diseño a verificar las dos consecuencias de este pandeo: 1°) el incremento de la fuerza lateral de contacto (por ende el desgaste) y 2°) la tendencia a la curvatura que incrementa las vibraciones en la columna.

1.2.3. Fatiga:

Las fallas por fatiga en trabajos de perforación generalmente ocurren debido a problemas de flexión (o bending) mas que debido a problemas de torsión. Debido a que las conexiones de las tuberías nunca antes han sido expuestas a trabajos de fatiga, excepto en "risers" de plataformas off-shore.

Debido a esto un número importante de ensayos se ha realizado con el propósito de conocer los límites de dichas conexiones frente a cargas alternativas. Por lo general las conexiones ensayadas han demostrado una performance mas que adecuada para el uso en operaciones de perforación.

1.2.4. Hidráulica del pozo:

Dado que el espacio anular es más pequeño cuando se lo compara con una perforación hecha con barra de sondeo, la caída de presión en el anular será mayor. También, debido a que se tiene una sección mas uniforme, se consigue una velocidad ascenso casi uniforme durante la perforación. El hecho de tener un espacio anula reducido hace que se pueda mantener limpio el pozo con un caudal menor.

1.3. Consideraciones sobre perforación con Casing Liner

La perforación con Liner se ha usado principalmente en casos en los que se debe perforar pocos metros para alcanzar el objetivo. Una aplicación típica del "Drilling Liner" es la perforación de zonas depletadas, en las cuales la perforación convencional implica el riesgo de pérdidas de circulación, derrumbe de pozo con la potencial pérdida del conjunto de fondo. Entre los casos más favorables para su uso se puede citar:

- Perforar dentro de dos formaciones adyacentes con una gran diferencia en la presión poral de ambas
- Perforar dentro de formaciones inestables
- Agrandar secciones de pozos
- Perforar a través de arenas no consolidadas

1.4. Uniones para el uso en Perforación con Tuberías:

Por lo general las uniones deben tener probada resistencia a las cargas alternativas y a todos los esfuerzos originados por cargas de impacto. Por lo general se trata de conexiones con rosca Buttress modificada y hombros de torque robustos que actúan con tope frente a las posibles fallas de fatiga.

En ese sentido Tenaris-Siderca ha desarrollado conexiones de probada robustez para utilizar en operaciones de perforación: la conexión AMS XTXC (ver **Grafico 1**), la conexión PJD (ver **Grafico 2**) y la conexión DQ1.

La unión AMS y AMS 28 versión XTXC (Extra Torque. Extra Compresion) es una conexión Premium con cupla que posee un diseño apropiado de hombro de torque y una geometría de nariz que le otorga una capacidad de sobretorque superior sin afectar su capacidad sellante manteniendo dimensiones geométricas STD y una alta resistencia al engrane. Esta conexión ya ha sido probada exitosamente en un pozo de la zona de Las Heras (Santa Cruz-Arg.) (ver **Grafico 3**).

La unión Antares PJD es una conexión integral con recalque, de sobrada robustez para ser usada en operaciones que requieran gran resistencia a cargas dinámicas y gran capacidad de resistir sobretorques.

Esta unión ya ha sido usada exitosamente como "Drill Tubing" para perforar pozos en México (Ver **Grafico 4**).

1.5. Aplicaciones

Mencionamos solo algunas de las aplicaciones:

1.5.1. "Casing Drilling":

10 pozos perforados en Canadá por Tesco Drilling, con profundidades que van desde 1700 pies hasta 6480 pies.

1 pozo perforado en Argentina.

1.5.2. "Casing Liner Drilling":

9 pozos perforados por Mobil Indonesia; 4 pozos perforados por Amoco Noruega y 2 pozos perforados por BP-Amoco en Noruega.

No hubo experiencias en la Argentina hasta el momento.

1.5.3. "Tubing Drilling":

Experiencia con PJD en México.

No hay experiencia en la Argentina.

2. Tubing de Doble pared

Se ha desarrollado una tubería especial de doble pared para aplicaciones en recuperación de petróleo de alta viscosidad mediante inyección de vapor o también para la producción de petróleo con menor pérdida de temperatura desde fondo a boca de pozo (Ver **Grafico 5**).

El tubo externo de acero puede confeccionarse en diámetros de 4 ½” o 3 ½”, mientras que el tubo interno o liner conductor es de 2 3/8”. El espacio anular entre ambos tubos está relleno con un material especial sobre la base de fibra cerámica o la opción con vacío.

Este tipo de tubo fue diseñado específicamente para trabajar con altas temperaturas de inyección de vapor (~350°C) y altas presiones de trabajo (~3000 psi), soportar los esfuerzos de compresión y tracción en el casing, disminuir el pandeo en el tubing, y resistir a los esfuerzos cíclicos.

Por otro lado, el empalme entre ambos tubos es fundamental ya que debe soportar los esfuerzos térmico/mecánicos. Por eso, por ejemplo, para lograr un buen "acople" entre tubo externo y liner se desarrolló una técnica de soldadura especial. Asimismo, para reproducir las condiciones de aislación, un niple aislado se interpone entre los dos pines y la cupla.

Los prototipos se ensayaron con vapor inyectado a alta temperatura. Alcanzado el régimen térmico durante el ensayo, la temperatura del liner interno alcanzaba los 350° C, el Tubing rondaba los 50°C, lo que se traduce en una eficacia superior al 90 %. **(Ver Anexo)**

Se está utilizando en pozos de la zona Austral para recuperación de petróleo viscoso por el método “huff & Puff”, con buena performance. El tipo de instalación puede verse en la figura del Anexo

3. Calidad en la fabricación de tuberías

Es de suma importancia que las tuberías tengan uniformidad micro y macroestructural a través del espesor. Esto obviamente resulta en propiedades mecánicas sumamente homogéneas, aspecto de particular importancia en las tuberías de mayor espesor como los semielaborados para cuplas. En otras palabras, todo elemento de material dentro de una sección de tubo o cupla debe reaccionar de igual modo ante un sistema de cargas impuesto.

Los usos y servicios hoy imperantes en los distintos yacimientos implican la utilización de aceros limpios (bajo contenido de inclusiones no metálicas, sin segregación central y con bajos residuales).

Un aspecto importante es el fenómeno de la macrosegregación o también llamado “Segregación Central”. El fenómeno ocurre siempre que una pieza de acero solidifica, y consiste en una migración de ciertos elementos —en el caso del acero P, Mn, S, Cr— hacia el centro de la pieza a medida que la misma solidifica. Este fenómeno es crítico en los tubos soldados, ya que la segregación presente en la chapa permanece inalterada y termina en el tubo. Esta zona es claramente de menor limpieza y debido al distinto contenido de aleantes, es en general mas dura y constituida por microestructuras diferentes al resto del espesor. Este fenómeno no existe en los tubos sin costura por cuanto la segregación de la barra de colada continua se destruye durante el proceso de perforación y posterior laminación.

La segregación central y eventuales inclusiones alargadas son responsables de defectos conocidos como “hook cracks”, los que debilitan la resistencia de la unión.

Es importante el mantenimiento de un alto grado de isotropía en las propiedades mecánicas para enfrentar condiciones de tracción, colapso y estallido simultáneamente. En general los tubos sin costura, independientemente del tratamiento térmico, presentan un coeficiente de anisotropía muy cercano a 1.

Si bien hoy día los procesos de soldadura de ERW y alta frecuencia (HFI) han evolucionado en forma apreciable, muchos fabricantes aun mantienen en operación equipamiento que por su edad tienen típicas limitaciones.

Es importante tener presente que grados como H, J y K no son tratados térmicamente luego de soldados de modo que las heterogeneidades de tipos mecánicas no son eliminadas. Por otro lado, aun en los casos en los cuales se trata térmicamente al tubo, heterogeneidades del tipo segregación central e inclusiones alargadas permanecen inalteradas luego del tratamiento.

Todos estos hechos hablan de la existencia de limitaciones para los tubos soldados, en particular para prestaciones de cierta severidad.

Se deberán seleccionar tuberías de fabricantes acreditados, con procesos de fabricación de buena calidad, para asegurar instalaciones confiables en los pozos.

4. Aceros para aplicaciones especiales

Hoy en día, es común la perforación de pozos de gran profundidad, con altas presiones, y altas temperaturas. Estos ambientes tan exigentes lo son mas cuando se involucran fluidos corrosivos. También las nuevas tecnologías de perforación o de estimulación exigen de materiales y productos capaces de asegurar la integridad del pozo.

Mediante investigación y desarrollo, se han realizado análisis de casos complejos de colapso, corrosión, uniones especiales, y otros, a los efectos de desarrollar productos o técnicas de producción particulares que nos permitan contar con tubulares capaces de hacer frente a las exigencias que representan pozos profundos, pozos para estimulación térmica, presencia de domos de sal, presencia de CO₂ y H₂S, perforación con Casing y Tubing, etc.

En la Tabla adjunta se observan distintos tipos de aceros propietarios desarrollados para aplicaciones especiales.

Tipo de Servicio	Límite de Fluencia (ksi)												
	55	65	70	75	80	85	90	95	100	110	125	140	150
Servicio Agrio					X		X	X	X	X			
Alto Colapso					X			X		X		X	
Alto Colapso y Servicio Agrio					X		X	X		X			
Pozos Profundos											X	X	X
Baja Temperatura	X				X			X		X	X		
Servicio Crítico	X		X	X									
Cr 13					X	X		X					
Cr 15					X			X		X			
Cr 13S								X		X			
Duplex Cr 22 -25		X		X						X	X	X	

Considerando este espectro de materiales y productos candidatos, el objetivo es seleccionar aquel que ofrezca la mejor resistencia mecánica y a la corrosión, tratando de optimizar la ecuación económica del pozo. A los efectos de contar con las herramientas adecuadas para poder efectuar tal selección, se presentan las principales características de los productos arriba mencionados.

4. Descripción de los Aceros

4.1. Aceros al carbono

Si no existe problema de índole corrosivo o de esfuerzos de carga, el uso de aceros al carbono (API o propietarios) es la alternativa mas conveniente y económica.

El acero al carbono no es, básicamente, resistente a la corrosión dulce o corrosión por CO_2 , por lo que su uso no debería ser considerado en estos casos, al menos que se lo acompañe con un programa de monitoreo y de inhibición, o bien ante la presencia de ciertos tipos de petróleo de carácter protectivo. Cuando el problema se debe a H_2S , es posible el uso de aceros al carbono bajo ciertas condiciones, en otros casos (según sea el nivel de fluencia requerido, la temperatura y los esfuerzos actuantes) se deberá optar por aceros propietarios para Servicio Agrio. Los límites y criterios de aplicación para estos aceros se pueden obtener de varios trabajos y normas, entre las que se puede mencionar NACE Standart MR0175 o bien las publicaciones y los trabajos del Eurocorr.

4.2. Aceros para "Servicio Agrio":

Si bien el H_2S no es corrosivo en ausencia de agua, cualquier vestigio de humedad, el petróleo y el gas que lo contengan se tornarán corrosivos. En ese escenario, el principal problema será el riesgo de Corrosión Bajo Tensión en Ambiente Sulfhídrico (SSCC). La ocurrencia de una falla violenta es la principal característica, la cual resulta de la combinación de: tensiones axiales, susceptibilidad por parte del material y contenido de hidrógeno.

El ión hidrógeno es lo suficientemente pequeño como para penetrar en el acero, alojarse en lugares preferenciales y fragilizar al acero, la presencia de tensiones hace el resto.

Para uso en estas situaciones, Tenaris ha desarrollado aceros de baja aleación que se obtienen sobre la base de la última tecnología en procesos que aseguran las propiedades mecánicas, químicas y metalúrgicas que se requieren para hacer frente al problema de ruptura frágil. Las principales características de estos aceros son:

- Limpieza microinclusionaria
- Aceros des-sulfurados
- Bajo contenido de elementos residuales
- Tensiones residuales bajas
- Excelente templabilidad
- Excelente tenacidad
- Estructura de grano fino
- Homogeneidad de propiedades a través del espesor

4.3. Aceros para "Alto Colapso":

Fueron diseñados para uso en pozos con altas presiones de formación.

Debido a condiciones de pozo cada vez mas complejas, fue necesario el desarrollo de una tubería que pueda soportar condiciones de carga externa extrema.

Trabajando sobre el diseño y la fabricación se obtuvo un producto de altas propiedades mecánicas que supera a los productos estándar API para el mismo grado de acero en su resistencia al colapso.

Las características dimensionales son fundamentales para asegurar la performance de este producto. Las dos principales son, la baja variación del espesor (excentricidad) y la baja variación en el diámetro (ovalidad).

La excentricidad y la ovalidad reducen sensiblemente la capacidad de resistir cargas externas de una columna tubular.

En lo que se refiere a las propiedades mecánicas, la importancia recae sobre las bajas tensiones residuales, homogeneidad en la microestructura y composición química.

4.4. Aceros “Alto Colapso para Servicio Agrio”:

Debido a la existencia de ambientes altamente presurizados con presencia de gas H_2S , se ha desarrollado un producto con resistencia al colapso superior a lo establecido por API y con alta resistencia a la fragilización por hidrógeno.

El diseño y la fabricación de este producto se basan en el desarrollo de un producto de baja aleación, y en el estricto control de las variables involucradas en la fabricación del acero, la laminación y el tratamiento térmico.

Este acero combina las características del acero para alto colapso con las del acero para servicio agrio.

4.5. Aceros para "Pozos Profundos"

El uso de tuberías en pozos cada vez más profundos ha llevado al desarrollo de un grado de acero que permita combinar gran resistencia con buena ductilidad.

Esto es importante dado que, generalmente en metalurgia, el incremento en la tensión de fluencia del material, implica una disminución en la tenacidad del mismo. Tenaris ha desarrollado estos grados propietarios con tensiones de fluencia que van desde 140000 psi hasta 150000 psi al mismo tiempo que presentan gran ductilidad y tenacidad.

Como la mayoría de las propiedades mecánicas de los aceros, la tenacidad puede ser determinada directamente por la microestructura. Aceros que tienen una microestructura de martensita revenida (con un tamaño de grano fino) ofrecen la mejor combinación entre resistencia y tenacidad.

4.6. Aceros para “Baja Temperatura”:

Tienen especial aplicación en ambientes de muy baja temperatura, incluyendo regiones árticas..

En las zonas de bajas temperaturas, debido a posibles problemas de fragilización por frío, una gran tenacidad y ductilidad es requerida, a los efectos de poder soportar perfectamente golpes durante el transporte y manipuleo, así como también el enrosque y la bajada al pozo.

4.7. Aceros para “Servicio Crítico”

Los grados para Servicio Crítico tienen aplicación en ambientes con presencia de gas carbónico (CO_2) en cantidades bajas. Se utilizan en conjunto con inhibidores de corrosión como el caso del 1%Cr o sin inhibidores como el 3% Cr.

En ambos se recomienda el seguimiento con programas de computación y monitoreo continuo.

En general, cuando se habla de corrosión por CO_2 , esta puede ser controlada utilizando aceros con alto contenido de cromo (13Cr, 15 Cr). Los aceros para Servicio Crítico son una alternativa económica que hay que evaluar en cada caso.

4.8. Aceros Cr13, Cr15 & Cr13S:

Para uso en ambientes con CO_2 . La selección de este tipo de aceros por lo general es la solución definitiva al ataque por dióxido de carbono.

La resistencia a la corrosión de estos aceros se basa principalmente en la formación de una film estable de óxido de cromo sobre la superficie que hace de barrera entre el acero y el

ambiente corrosivo. Este film estable puede ser obtenido con un porcentaje de 13 % de Cr, de allí el éxito de los aceros 13 Cr en ambientes con CO₂.

Ambientes más severos, con mayor presión parcial de CO₂, mayor temperatura y contenido de Cloruros requieren un mayor porcentaje de elementos aleantes, tales como níquel y molibdeno. Generalmente la adición de Ni mejora la resistencia al "crevice" mientras que el incremento de Mo mejora la resistencia al crevice y al picado.

Adicionalmente, se han desarrollado los aceros Cr15 y Cr13S que ocupan un escalón intermedio entre el tradicional L80 Cr13 y los sofisticados aceros Dúplex.

4.9. Aceros Duplex Cr22, Duplex Cr25 & Super Duplex Cr 25.

Para aplicación en ambientes muy corrosivos, generalmente caracterizados por alta concentración de cloruros, altas temperaturas y presiones elevadas de CO₂ y H₂S. En estos casos la solución al problema es el uso de aceros de muy alta aleación con alta concentración de Cr así como también Ni y Mo.

Los aceros Dúplex y SuperDúplex tienen una excelente resistencia al picado, pueden ser utilizados en ambientes con alta presión de CO₂ y trazas de H₂S, también con alta concentración de cloruros y en los que aceros de alto límite de fluencia se requiera, estos aceros también presentan una gran resistencia a la corrosión por agua marina. Por otro lado, los aceros Austeníticos son recomendados en ambientes con temperaturas de hasta 200 °C y presencia de CO₂, H₂S y cloruros.

5. Uniones especiales

Para las aplicaciones mencionadas, ya sea con tuberías para perforación, completación, o pozos de mediana o alta complejidad, o ambientes no convencionales, donde se requieren tuberías especiales, también son necesarias las uniones especiales. Estas uniones son diseñadas para cada aplicación en particular, de manera de asegurar una conjunción perfecta entre tubo y conexión.

En el diseño de las conexiones se tienen en cuenta aspectos como pleno pasaje interior, alta eficiencia a la tracción, buen rendimiento frente a cargas de compresión elevadas, tensiones circunferenciales reducidas, alta resistencia al engrane, de fácil reparación, entre otros.

Para las aplicaciones no convencionales se han diseñado especialmente conexiones con cupla, hombro de torque, sello interno y rosca mejorada, entre otros aspectos. Estos aseguran una muy buena prestación aún en las condiciones más extremas. Se debe lograr siempre que la conexión no sea la parte débil de la columna.

El torque es afectado por la geometría de la rosca, la práctica de engrase y la práctica de enrosque. Cuando el pin avanza dentro del box por rotación, pasada la posición de enrosque a mano, se produce un aumento de la interferencia entre tubo y cupla debido a la conicidad.

Esta acción de acuíñamiento provoca expansión en la cupla y compresión en el pin, además de ser el origen de esfuerzos tangenciales y circunferenciales en ambos. Las reacciones determinan la presión de contacto entre los flancos del filete.

Las presiones internas y externas tienen significativa influencia sobre los esfuerzos en pin y cupla. Así, la presión interna incrementa los esfuerzos circunferenciales de tensión en la cupla y decrecen los esfuerzos circunferenciales de compresión en el pin. La presión externa actúa en sentido inverso.

La importancia de estos esfuerzos se pueden observar en la figura adjunta (Ver Grafico 6), obtenida por Siderca mediante el método de elementos finitos (FEA).

5.1. Uniones con sello Metal - Metal

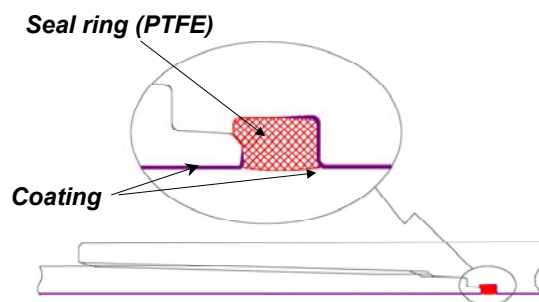
Estas conexiones, llamadas premium, combinan la excelente resistencia a la tracción de las roscas buttress con uno ó mas sellos metal-metal para incrementar su resistencia a la pérdida de fluido.

Con excepción de la unión extreme line, las conexiones premium son propietarias. Una de las mejoras introducidas ha sido la modificación de los huelgos entre filetes de manera de tener una mejor distribución de las tensiones originadas por la compresión de la grasa durante el enrosque, y de facilitar la operación de enrosque evitando engranaduras.

Dentro de las uniones con sello metal-metal, una de las más utilizadas es la unión con cupla sin recalque, (Ver **Grafico 1**) con rosca buttress modificada. Esta conexión se utiliza para casing y tubing. Posee un sello metal-metal y hombro de torque. El hombro de torque tiene ángulo invertido, de manera de asegurar la estanqueidad. Por tener rosca cónica desvanecida, la resistencia de la unión a la tracción es igual o mayor que la del tubo. El perfil interior es continuo, esto evita el fenómeno de turbulencia - erosión- corrosión en el área.

Para aplicaciones con alta demanda de torque y compresión se ha diseñado la conexión ANTARES XT-XC (eXtra Torque - eXtra Compresión) (Ver **Grafico 3**) con prestaciones superiores en aplicaciones que impliquen altos esfuerzos mecánicos tales como Casing Drilling o Pozos inyectoros de vapor.

Para uso en ambientes que requieran tubo con "coating" o "lining" la línea Antares cuenta con la Conexión AMS CB (Corrosion Barrier) cuya principal característica es la inclusión de un anillo de teflón que da continuidad al recubrimiento interno de la tubería.

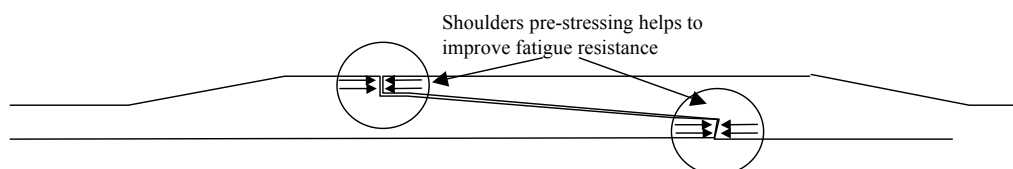


5.2. Uniones con recalque

Estas uniones son integrales y maquinadas sobre el recalque.

Un ejemplo de estas es la conexión ANTARES PJD (Ver **Grafico 2**), para uso como tubo de producción, tubing de trabajo o perforación con tubería ya que tiene alta resistencia al sobretorque y a las cargas cíclicas.

Posee una rosca tipo buttress modificada de alto comportamiento, y hermética para altas presiones de gas. Cuenta con crestas y raíces paralelas a la conicidad de la rosca y con un sello metal-metal en el extremo del "pin".



6. Selección de Materiales

Mediante la selección de materiales tenemos la posibilidad de elegir el material adecuado sobre la base de las características y performance de los productos, pero también en función de su costo. En algunos casos, aceros al Cromo, o aceros especiales deberán ser empleados, en otros el uso de aceros al carbono con recubrimiento o inhibidores es la mejor opción; y en otros el empleo de determinadas características en la conexión hará falta.

Los dos factores que gobiernan la selección de materiales en el diseño de un pozo o de una instalación son la integridad de la misma y la incidencia económica. La primera está dada por el empleo del método correcto, y el adecuado Diseños que permitan determinar que la instalación podrá hacer frente a las máximas cargas esperadas, a la corrosión y al manipuleo en campo, mientras que la segunda trata de la selección de materiales que maximice el retorno económico para una inversión. En los últimos años, el factor económico ha tomado especial relevancia en los planteos de las estrategias para controlar problemas corrosivos y para decidir las mejores completaciones en los pozos o en las instalaciones.

En función de resolver los problemas, la filosofía es: mejorar y controlar la corrosión generalizada, minimizar la corrosión localizada y eliminar por completo el riesgo de falla catastrófica. Para cumplir con la selección del producto adecuado de la manera más económica posible se debe realizar una tarea de ingeniería que requiere del conocimiento de los materiales y de la evaluación minuciosa del ambiente en donde se van a usar. En este sentido, el conocimiento de las formaciones, las experiencias de campo o en instalaciones similares aportan gran caudal de información, al igual que los análisis de fallas que se puedan haber producido. Muchos de los análisis realizados hasta el momento en los Laboratorios de Siderca han brindado valiosa información.

Las consideraciones para una etapa inicial de selección, pueden centrarse en la comparación económica e ingenieril del uso de los aceros al carbono de distinto tipo, de la aplicación de programas de inhibición y del empleo de aceros de alta aleación (Corrosión Resistent Alloys). En este sentido es sabido que los aceros al carbono son menos resistentes a la corrosión en comparación con los aceros inoxidable o CRA, pero su uso puede dar buenos resultados bajo condiciones específicas del pozo, ayudados por Plastificados o recubrimientos internos (IC: Internal Coatings) y siempre convenientemente acompañados por Programas de inhibición química y Procedimientos de monitoreo. En este marco las ventajas del acero al carbono frente a los aceros CRA son obvias: Menor costo, mayor facilidad para soldar y fabricar, no necesitan técnicas ni equipamiento especial para su manipuleo, conocidos y fácilmente disponibles en el mercado. El uso de estos aceros tiene un impacto significativo en la viabilidad económica de los proyectos, sobre todo en campos marginales o depletados.

Por otro lado, el empleo de materiales mas sofisticados de alta aleación implica una racionalización en su selección, debido al incremento en su costo que implica el agregado de aleantes. El estudio económico se hace necesario.

Otros productos a tener en cuenta en la selección de materiales son los aceros especiales para medio ágrío, los aceros del tipo Alto Colapso para uso en zonas de alta presión de formación, otros para ambientes corrosivos y para altas prestaciones.

Aunque no es el objeto de este trabajo describir el método de selección de materiales, consideramos importante que sea tenido en cuenta especialmente, ya que es la base para lograr un buen resultado técnico-económico y permitir así evaluar correctamente un proyecto.

Conclusiones

El importante avance logrado en los últimos años referente a los materiales, las operaciones y herramientas ha posibilitado una alta reducción de costos. Para continuar en el mismo sentido, vemos que los ahorros futuros provendrán del empleo de técnicas innovadoras y del uso de materiales elaborados especialmente para cada aplicación. Las tuberías no deben estar ajenas a esto y por lo tanto deben tener un alto nivel de desarrollo e investigación, se deben elaborar con altos estándares de fabricación y deben desarrollarse teniendo en cuenta los ambientes de uso, de manera de contribuir a una mejor prestación en el pozo.

La alta calidad de los aceros permite realizar proyectos que antes se veían como de alto riesgo económico. La amplia gama de aceros desarrollados posibilita seleccionar el producto adecuado para cada aplicación y ambiente de uso.

Los nuevos diseños de uniones aseguran que esta no sea la parte más débil de la columna, transformándose además en un elemento clave para aumentar la vida útil de la tubería en el caso de las tuberías de producción o mejorando la prestación en el caso de las tuberías de perforación y workover.

Mediante la selección de materiales tenemos la posibilidad de elegir el material adecuado sobre la base de las características y performance de los productos, pero también en función de su costo. El conocimiento de las zonas productivas, las experiencias de campo o en instalaciones similares aportan gran caudal de información, al igual que los análisis de fallas que se puedan haber generado.

Bibliografía

- Woods H. B. "API Drilling and Production Practices" Año 1951 - (páginas 64-76)
- "Casing Design Manual" SIPM EP/22/23 - Shell Exploration and Production - Año 1980.
- "Halliburton Casing Design Manual" - Preparado por Enertech en Octubre de 1995
- "Fundamentals of Downhole Tubular Technology" Presentado por G. R. "Bob" Moe y Peter Erpelding - Dictado en Siderca en Agosto de 1994.
- Seminario Siderca sobre Diseño de Tubulares - Año 2001
- "Selection of Corrosion Resistant Alloys: An International Perspective" Russel Kane, Petroleum Engineer International - Agosto 1992.
- "Predicting CO2 Corrosion in the Oil and Gas Industry" European Federation of Corrosion Publications - Number 13
- Curso "Corrosion Control in Petroleum Production" Charles Patton - Siderca, Agosto de 1997.
- Curso NACE "Corrosion Control in Oil and Gas Production" IAPG Argentina, Noviembre 1998.
- "Advances in Corrosion Control and Materials in Oil and Gas Production" European Federation of Corrosion Publications - Number 26
- "DST Experience in High Performance LinePipe and Flowlines for Sour Services" 40 th MWSP Conference, ISS 1998. J. C. Gonzalez; M. Tivelli; H. Quintanilla and G. Cumino.
- Curso NACE "Designing for Corrosion Control" IAPG Argentina, Diciembre 2000.
- "Development of Low Carbon CR-MO Steels with Exceptional Corrosion Resistance for Oilfield Applications" M. B. Kermani, KEYTECH, UK; J. C. Gonzalez, DST, ARGENTINA; C. Lianne, VALLOUREC RESEARCH CENTRE, FRANCE; M. Dougan and R. Cochrane, LEEDS UNIVERSITY, UK. PAPER 1065 NACE CORROSION 2001.
- "CO2 Corrosion and Alloy Selection Tenaris Course" Miguel Pagani - Marzo 2002
- "Tenaris corrosion assesment: Material Selector Software and Electronic Corrosion Engineer Seminary" - Fabián Benedetto, Marcelo Fritz y Sandro Nicolino - Siderca Mayo 2002.
- "Empleo de Aceros y Uniones Especiales en la Selección y Diseño de Tuberías" Daniel Ghidina y Fabián Benedetto - Siderca S.A.I.C. - VII JORNADAS DE PERFORACION "FERNANDO ALVAREZ" - Neuquén, 6 y 7 de Setiembre de 2001
- "Casing Drilling Application Design Considerations" - IADC/SPE 59179 - Tommy M. Warren, SPE, Tesco Drilling Technology, Per Angman, SPE, Tesco Corp., Bruce Houtchens, SPE, Tesco Drilling Technology.

Anexo Gráficos

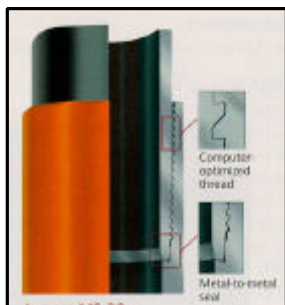
Gráfico 1
Conexión AMS



Gráfico 2
Conexión PJD



Gráfico 3
Conexión AMS 28



Comparativa entre AMS y AMS XTXC
Para torque de 2.5 x Torque Fluencia

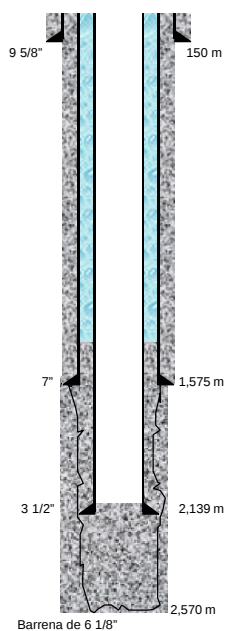
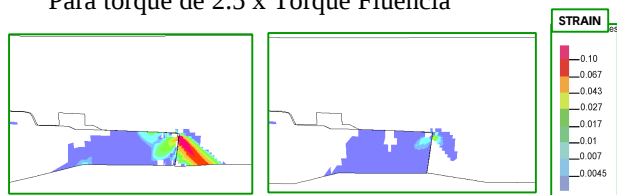
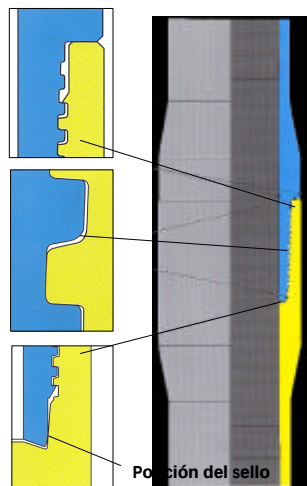


Gráfico 4
Tubing Drilling en Mexico



Conexión Antares PJD empleada

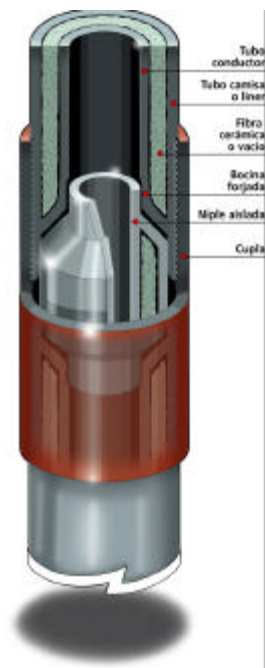


Gráfico 5
Tubo de Doble Pared
Detalle e Instalación

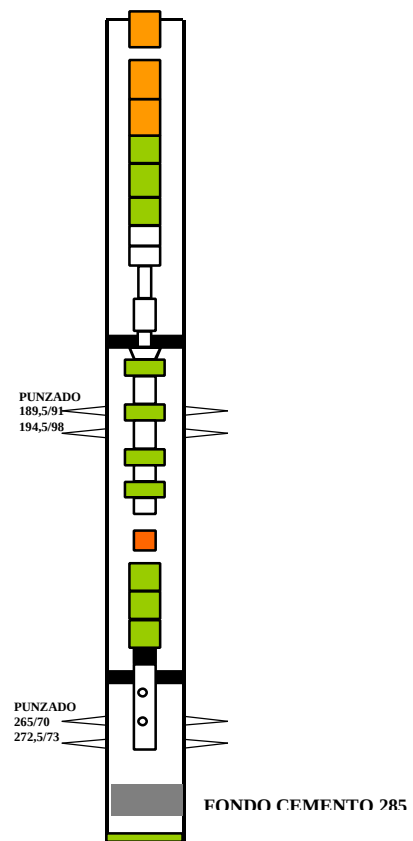


Gráfico 6
Tensiones en la unión (FEA)

