



Weatherford®

WellFlo™

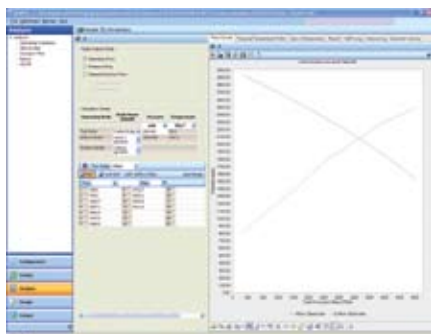
Software de Ingeniería Petrolera



Diseño, modelado, optimización e identificación de problemas en pozos individuales de petróleo y gas, de flujo natural o levantados artificialmente.

WellFlo Software

El grupo de optimización de producción de Weatherford International, eProduction Solutions (eP), provee soluciones para aumentar la producción y reducir los costos de levantamiento en campos jóvenes y maduros. Ofrecemos productos y servicios ágiles y muy bien soportados que fomentan enfoques innovadores para la optimización de pozos fluyentes y toda forma de levantamiento artificial. Las soluciones de software, hardware y completaciones le ayudan a trabajar mejor, más inteligente y rápidamente.



Sección de análisis WellFlo.

Introducción

El software de análisis de sistemas *WellFlo* es una aplicación autónoma, poderosa y simple de usar para diseñar, modelar, optimizar e identificar problemas de pozos individuales de crudo y gas, ya sean naturalmente fluyentes o levantados artificialmente. Con este software, el ingeniero construye modelos de pozos, usando una interfaz de configuración de pozos paso-a-paso. Estos modelos precisos y rigurosos muestran el comportamiento del influjo del reservorio, tubing del pozo y flujo de la tubería de superficie, para cualquier fluido del reservorio. El uso del software *WellFlo* resulta en una inversión de capital más efectiva al mejorar el diseño de pozos y completaciones, reduce los gastos operativos encontrando y aliviando los problemas de producción y mejora los ingresos al mejorar el desempeño del pozo.

Aplicaciones

El paquete de software *WellFlo* es una herramienta de pozo único que usa técnicas de análisis para modelar el influjo del reservorio y el desempeño de flujo de salida del pozo. El modelado *WellFlo* puede ser aplicado para diseñar, optimizar e identificar problemas de pozos individuales. Las aplicaciones específicas para las cuales este software puede ser usado incluyen:

- Diseño de configuración de pozo para máximo desempeño a lo largo de la vida útil del pozo
- Diseño de completación para maximizar el desempeño del pozo a lo largo de la vida útil del mismo
- Diseño de levantamiento artificial
- Predicción de temperaturas y presiones de flujo en pozos y líneas, así como en equipos de superficie para cálculos de diseño óptimo
- Monitoreo de reservorio, pozo y línea de flujo
- Generación de curvas de desempeño de levantamiento vertical para uso en simuladores de reservorio

Así como estas aplicaciones, el software tiene también dos sub-aplicaciones internas clave que pueden ser usadas de manera autónoma del resto del programa y ofrecer así al usuario un excelente kit de herramientas de ingeniería.

- Modelado detallado de desempeño de influjo de reservorio
 - Múltiples modelos de completación y perforación
 - Análisis detallado de skin
- Modelado detallado de PVT de fluidos
 - Modelos de crudo negro para petróleo y gas
 - Modelos de Ecuación de Estado para crudo condensado y volátil
 - Ajuste de data de laboratorio
 - Predicción de comportamiento del fluido

Modelado de Influjo de Pozo y Completación

El influjo de pozo es un factor importante en el desempeño de un pozo. La interfaz de *WellFlo* permite ingresar un PI, presión de reservorio y modelo de influjo tal como Vogel, si la información es limitada. Alternativamente, data detallada de completación, incluyendo zona dañada, desviación del pozo, penetración parcial, especificación de perforación, información de empaque de grava y geometría de la fractura puede ser toda ingresada para predecir el efecto sobre la productividad del pozo (esto puede ser lograda para pozos tanto verticales como horizontales).

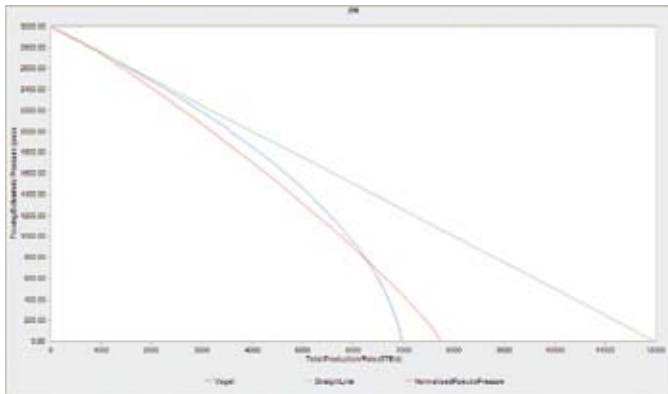
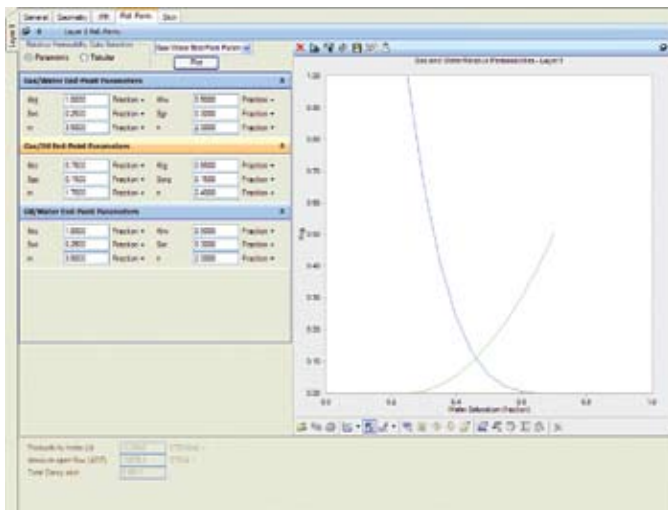


Gráfico de desempeño de influjo comparando múltiples métodos de IPR.

Un modelo multicapas es incluido para sistemas compuestos, con cada capa teniendo su propio modelo de fluido, completación e influjo. Esto beneficia a los ingenieros petroleros que diseñan nuevas completaciones ó diagnostican problemas de desempeño. Un sofisticado modelo de influjo de tasa de flujo másico constante pueden ser usado para incluir efectos de permeabilidad relativa. Estos pueden ser ingresados a través de tablas ó coeficientes de Corey. Esto provee una técnica extremadamente precisa para pronóstico de desempeño en reservorios de condensado y casquete gaseoso, y es especialmente útil al predecir el desempeño al cambiar las condiciones del reservorio y de las fracciones de fase en dichos campos.



Interfaz de permeabilidad relativa.

Lo Nuevo en el Software *WellFlo 4.0*

Esta nueva versión representa un paso adelante de orden mayor en análisis de sistemas, proveyendo un nuevo nivel de potencia, sofisticación, flexibilidad y facilidad de uso. Todo esto en una interfaz de usuario moderna, intuitiva y basada en flujo de trabajo. La siguiente es una muestra de las características que el usuario encontrará en la última versión.

- Interfaz gráfica completamente nueva
- Entrada de datos desacoplada de la creación de nodos
- Mejoras al modelo de temperatura
- Grandes mejoras a catálogos de equipos
- Soporte de internacionalización que proporciona fácil traducción a cualquier idioma
- Herramienta completamente nueva e interactiva de diseño de gas-lift que incorpora auténtico desempeño de válvula
- Mejoras en reportes y gráficos
- Capacidad para retener y organizar cualquier reporte o gráfico para referencia futura
- Panel de control que muestra un resumen de los parámetros de pozo y selecciones de modelos
- Modelo de orificio Sachdeva
- Soporte para correlación de flujo multifásico OLGAS 2000 de equilibrio dinámico
- Mejoras a los cálculos de carga líquida incluyendo adición de método Coleman
- Ajuste de estudios de presión y temperatura
- Ajuste de relación de desempeño de influjo respecto a la data medida, incluyendo cálculo de THP a BHP
- Ajuste de parámetros PVT
- Ajuste de parámetros de pozo para adaptarse a las mediciones de desempeño de pozo
- Capacidad para importar y filtrar data desde hojas de cálculo Excel
- Interfaz COM para utilidades y aplicaciones de ingeniería externas
- Capacidad para crear gráficos personalizados a partir de perfiles calculados incluyendo distribución de régimen de flujo de pozo



Modelado PVT

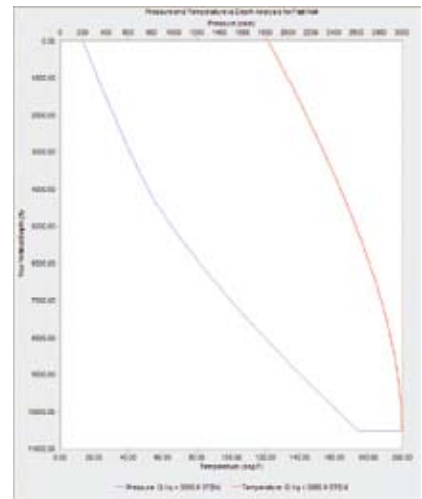
Todo el modelado de presión y flujo en sistemas de hidrocarburos se basa en el modelado exacto de las propiedades de los fluidos al variar las mismas en relación con la presión y temperatura. El paquete *WellFlo* PVT incluye las importantes correlaciones de crudo negro estándar y permite que las mismas sean ajustadas para adaptarse a la data observada. La correlación ajustada es luego usada a lo largo del programa para calcular las propiedades de los fluidos. Como resultado de ello, se puede confiar en la precisión de las predicciones de desempeño del software y las operaciones de optimización las cuales a menudo dependen de cálculos exactos de las propiedades de los fluidos.

Para fluidos casi críticos, en donde las correlaciones de crudo negro no son confiables, se incorpora una técnica de ecuación de estado en el software con facilidades de ajuste para permitir el modelado preciso de estos tipos de fluidos. Este enfoque tiene grandes ventajas ya que sólo requiere de la data limitada necesaria para un modelo de crudo negro al tiempo que retiene la mayor precisión del modelado completamente composicional.

Cálculos de Transversal de Presión y Temperatura

La caída de presión y cambio de temperatura entre el fondo del pozo y la superficie del mismo es normalmente la mayor caída del sistema. El análisis de caída de presión de *WellFlo* incorpora todas las correlaciones importantes para este cálculo. Las opciones de modelado de temperatura incluyen definiciones manuales de temperatura en cada nodo, modelos de pérdida de calor calculada y calibrada y un modelo de temperatura-presión acoplado. Esto permite definir los factores de pérdida de calor ya sea a través del cálculo del sistema o por entrada directa.

Los gráficos de data medida y predicciones pueden ser mostrados simultáneamente en pantalla, permitiendo un ajuste rápido. Al ejecutar cálculos de transversal de presión se tiene la opción de capturar otra data en vez de la presión y temperatura, tal como densidades y velocidades de fase in-situ, régimen de flujo y retención más los términos gravitacionales, friccionales y de aceleración de la caída de presión. Esta data puede ser muy útil para determinar, por ejemplo, si los límites de velocidad erosional están siendo excedidos.



Presión y temperatura versus análisis de profundidad para pozo gas-lift.

Ajuste de Modelos de Pozo

Para asegurar que los resultados del análisis puedan igualar la realidad con confianza, los usuarios necesitan contar con una manera de ajustar su modelo de pozo con respecto a la data medida. Con tantos paquetes de software, esta tarea puede ser trabajosa y desafiante. En la versión rediseñada del software *WellFlo* 4.0, esta tarea puede ser grandemente simplificada a través del desarrollo de un modo de "Ajuste" completamente nuevo. En este modo, los usuarios son capaces de ajustar las correlaciones PVT usando data PVT; los mismos pueden usar estudios de gradiente de presión para ajustar su modelo de desempeño de flujo de salida; pueden usar data de prueba de pozo de producción, ya sea en condiciones de superficie o fondo de pozo, para ajustar una variedad de parámetros de pozo. En cada uno de estos casos, la data puede ser ingresada manualmente o importada desde una fuente externa a través de una herramienta de importación basada en asistente. Una vez que la data medida es ingresada, puede ser entonces usada para ajustar una variedad de parámetros utilizando un poderoso algoritmo de regresión no-lineal. Esto asegura que los modelos de pozo sean tan exactos como sea posible con un mínimo esfuerzo de parte del usuario.

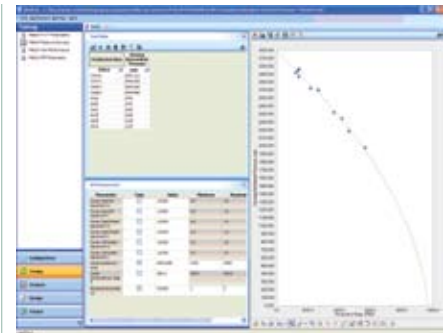
Exportación e Importación de Data

Las herramientas de exportación de data de *WellFlo* generan data de tabla de flujo vertical en formato DOS ó UNIX para su uso en simuladores de reservorio *Eclipse*[™], *VIP*[™] y otros. Estos archivos son simplemente pegados en los paneles de control del simulador. Por lo tanto, se hace práctico generar una tabla de perfil de flujo vertical para cada pozo en un campo apropiada a dicho pozo en particular. Sin este enlace directo a los simuladores, una tabla 'típica' es usada para todos los pozos debido a la poca practicidad de generar una tabla por pozo.

Los archivos de reporte pueden ser generados en formato separado por tabulaciones para permitir una fácil exportación de la data hacia paquetes de procesamiento de palabra y hoja de cálculo. La capacidad de 'cortar y pegar' del ambiente *Windows*[™] permite una generación muy eficiente de reportes, incluyendo gráficas y otras capturas de pantallas. Una opción de exportación de gráficos también permite que los gráficos sean guardados directamente a archivo en un número de formatos.

- Hay disponibilidad de generación de archivos de presión fluyente UNIX y DOS para simuladores de reservorio *Eclipse*, *VIP*, *CHEARS*, *SimBest I* y *II*, *IMEX*, *MoRes*, *GCOMP*, *COM4* y un modo por lotes multi-pozo para algunas salidas
- Salida de archivos por palabra clave disponible para transferencia de datos a otras aplicaciones
- La facilidad de exportación de gráficos guarda estos directamente a archivo (formatos *BMP*, *GIF*, *JPG* y *TIF*)
- Los reportes pueden ser abiertos directamente en *Word*, *Excel*, etc.

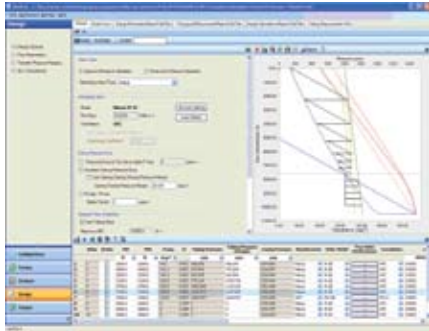
La profundidad de presión medida o data de presión y tasa pueden ser importadas hacia el repositorio de datos *WellFlo* y graficadas en los mismos gráficos que la predicción del modelo. Esto reduce significativamente el tiempo que se toma producir un modelo de data igualada. Una opción de auto-regresión estima el factor de ajuste de correlación de flujo óptimo de acuerdo a un ajuste de mínimos cuadrados con respecto a la data medida.



Ajuste de relación de desempeño de flujo respecto a la data medida.

Flow Rate	Gas Lift	Gas Rates	Pressures	Water Content
1	146.8	0	4702.7	00
2	674.2	0	3398.2	00
3	1059.7	00	3000.8	00
4	2227.2	00	2612.8	00
5	2852.8	00	2222.8	00
6	3479.8	00	1832.8	00
7	4106.8	00	1442.8	00

Interfaz de exportación de data.



Sección de diseño de gas-lift mostrando espaciado de válvula de gas-lift y cálculos de válvula.

Diseño y Análisis de Gas Lift

Usando las capacidades especializadas del programa para gas-lift, los ingenieros pueden diseñar y modelar instalaciones, así como determinar el número y posición de las válvulas de gas-lift, así como la tasa de inyección óptima tomando en cuenta la presión de inyección disponible.

El diseño y diagnóstico de gas-lift son una fortaleza particular del software que los realiza (con su vínculo con el único simulador dinámico de gas-lift disponible comercialmente, el programa EPS **DynaLift™**), un sistema de gas-lift poderoso de manera única. Esto es crítico en una herramienta usada para modelado y optimización de sistema de gas-lift completo.

Este programa permite incorporar términos de tasa de inyección de gas o de relación gas-líquido, como se prefiera. Junto con la presión de diferencial de casing, estos factores son ingresados como variables de sensibilidad. Para cada tasa especificada, el programa determina cuál válvula está siendo usada para inyección de gas de manera que las predicciones del sistema sean siempre precisas.

Las características de *WellFlo* incluyen los siguientes modos de operación para analizar y diseñar sistemas de gas-lift:

- Diseño de gas-lift continuo – punto de inyección más profundo
- Diseño de gas-lift – espaciado de válvula para instalaciones de gas-lift continuo o intermitente
- Diseño de gas-lift – dimensionado de válvula
- Análisis de desempeño de gas-lift – para gas-lift continuo
- Modelado avanzado de válvula de gas-lift (AGVM) – para gas-lift continuo, desempeño real de válvula

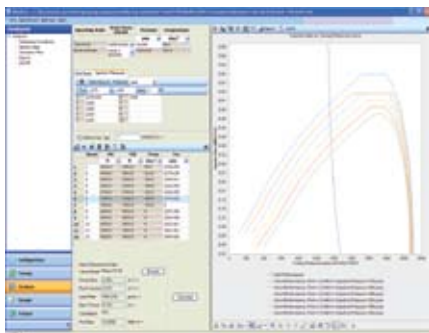
Modelado Avanzado de Válvula de Gas-Lift

Las presiones a las cuales las válvulas de gas-lift permiten que el gas pase y las cantidades de gas que pasan por las mismas dependen de la forma en que están construidas.

Las válvulas de orificio son simples: si hay suficiente presión en el casing para que alcance la válvula, entonces las principales limitaciones de cuánto gas puede pasar a través de la válvula son el tamaño del puerto y la presión del casing.

Las válvulas controladas por presión o válvulas “vivas” se abren a una presión que depende del vencimiento de una fuerza de resistencia (fuelle o resorte). Estos mecanismos también permiten que la válvula se abra completa o parcialmente y que pasen cantidades variables de gas dependiendo del balance de las presiones de tubing y casing y del tamaño del puerto de la válvula.

La facilidad de AGVM en el software introduce verdadero desempeño de válvula en el cómputo de los puntos operativos.



Sensibilidad de presión de inyección en AGVM para una válvula IPO.

Sistemas de Bombeo Electro-Sumergible

Los ingenieros de EPS han trabajado extensamente con los fabricantes de bombas para asegurar que los cálculos ejecutados por el software *WellFlo*-ESP sean rigurosamente precisos. El programa cuenta con una base de datos completa de curvas de desempeño de bombas para todos los modelos de los principales fabricantes. Estas curvas son usadas como la base para los cálculos de diferencial que son luego ajustados para densidad de fluido, frecuencia de bombeo, número de etapas y otras variables de sistema. Esto significa que cálculos confiables de desempeño de bomba son ejecutados en toda condición de operación. El beneficio de incluir modelado de bombas dentro del software es que el mismo permite que una bomba sea modelada tal como se instaló en el pozo real, tal como en un pozo horizontal, con un tipo de fluido particular. Esto es más exacto que modelar el desempeño de la bomba sin considerar otras características del pozo.

Generador de Archivo de Seudo-Presión (PPFG)

El PPFG multifásico (enlace con paquetes PVT de terceros) es una aplicación adicional que crea una tabla de seudo-presiones multifásicas a partir del propio PVT del cliente. Esto permite al cliente usar su propio paquete de modelado PVT en donde prefiera. Las seudo-presiones multifásicas generadas por PPFG pueden ser luego importadas dentro del software *WellFlo* para su uso en cálculos IPR.

La data PVT es generada por el paquete PVT preferido del usuario y suplida al software en forma de archivo ASCII contentivo de una tabla de propiedades de fase versus presión a una temperatura especificada (de reservorio). Las propiedades requeridas son viscosidad, densidad y, para sistemas de crudo y condensado, fracción de masa gaseosa.

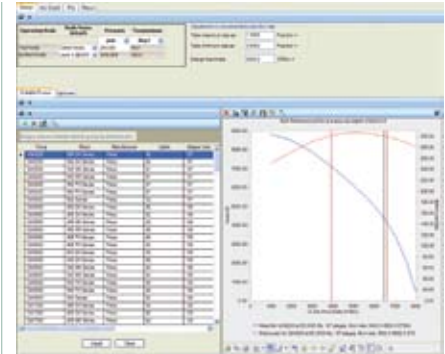
El PPFG se comunica con el software *WellFlo* por medio de una enlace API externo para extraer la data de permeabilidad relativa que es parte del modelo de pozo y reservorio contenido en el archivo del pozo.

El generador luego crea un archivo de seudo-presión multifásica. Éste puede ser importado dentro del software y usado como base para cálculos de IPR de capa. El uso de data externa PVT es una alternativa al uso de los modelos internos PVT del propio software (EoS de 4-componentes, correlaciones de crudo negro, etc.).

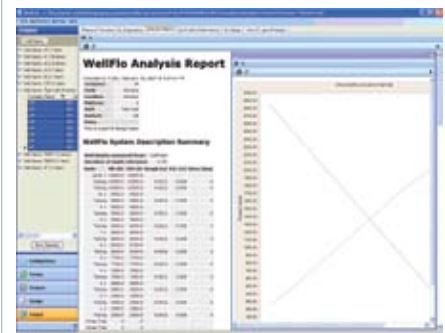
A cada capa en el modelo *WellFlo* se le puede asignar su propio archivo de seudo-presión y cada uno de estos puede ser generado a partir de un conjunto diferente de data PVT de manera que el modelado preciso de variaciones en las propiedades de fluidos con la profundidad y sus efectos sobre el IPR se hace posible.

Gestión de Documentos

La última versión del software atiende una de las tareas más importantes, aunque más a menudo pasada por alto, a las que se enfrentan los usuarios del programa, a través del desarrollo de un sistema único de gestión de documentos. Tras finalizar un análisis o diseño, los usuarios generalmente desean mostrar y luego guardar su trabajo en forma de gráfico o reporte. Desafortunadamente, la mayoría de los paquetes de software no proveen una manera fácil de lograr esto. En la mayoría de los casos, el gráfico o reporte está sólo disponible para visualizarlo por tanto tiempo como sea mostrado en pantalla. Los creadores de la plataforma de análisis de sistemas *WellFlo* han desarrollado una nueva opción llamada "Salida", la cual atiende esta necesidad. Los usuarios ahora pueden guardar y organizar cualquier gráfico o reporte que sea generado en el software. Una vez que el ítem es guardado, está disponible para verlo en la sección de Salida, en donde puede ser fácilmente cargado usando la opción de administración de documentos provista. Esto significa que los usuarios pueden fácilmente mostrar, imprimir o enviar por e-mail cualquier resultado de análisis de cualquier modelo de pozo, sin importar cuál modelo esté activo en el momento. Esto puede ahorrar horas de frustración y esfuerzos perdidos para el usuario, al tiempo que provee una manera transparente de ver los resultados de corridas de análisis previas.



Modo de diseño ESP.



Modo de Salida.

WellFlo Software

Conclusión

El paquete de análisis *WellFlo* es una sofisticada herramienta de modelado de pozo con amplia aplicación en todos los pozos de producción o inyección. Con más de una década de uso en aplicaciones en todas las principales regiones productoras de hidrocarburos, se ha beneficiado del amplio rango de ambientes técnicos en el cual ha sido usado. El software *WellFlo* 4.0 agrega más a este pedigrí, proporcionando un nuevo nivel de sofisticación, flexibilidad y facilidad de uso. Al madurar el producto y realizarse mejoras futuras, esta robusta herramienta de análisis continuará proveyendo capacidades insuperables para modelado y optimización de pozos.

El software es parte de la suite de software de optimización de producción de Weatherford que incluye:

- *DynaLift*, simulador de gas-lift dinámico
- **MatBal**[™], software de balance de materiales
- **PanSystem**[™], software de pruebas de pozo
- **PanMesh**[™], simulador numérico para análisis de pruebas de pozo
- **ReO**[™], software de simulación de redes y optimización
- **ReO Forecast**[™], software de pronósticos de producción y planificación de campo
- Sistema de operaciones diarias inteligentes (**i-DO**[™])



Weatherford[®]

515 Post Oak Blvd.
Suite 600
Houston, Texas 77027 USA
Tel: 281.348.1000
info@ep-weatherford.com
ep-weatherford.com

Weatherford products and services are subject to the Company's standard terms and conditions, available on request or at weatherford.com. For more information contact an authorized Weatherford representative. Unless noted otherwise, trademarks and service marks herein are the property of Weatherford. Specifications are subject to change without notice. Weatherford sells its products and services in accordance with the terms and conditions set forth in the applicable contract between Weatherford and the client.