

BOMBAS HOLLOW (Bomba de Vástago hueco de dos etapas)

Gilberto Orozco
Repsol YPF

ABSTRACT

Este trabajo intenta probar la conveniencia del uso de bombas tipo Hollow (Bomba de vástago hueco de dos etapas), en pozos con gas libre.

Desde siempre se ha tratado de evitar el bloqueo por gas en las bombas mecánicas, evitando por ende, todas las consecuencias que ello produce (perdidas de producción, perdidas por el tee prensa, derrames, desgastes prematuros de los distintos componentes).

Con la aplicación de este tipo de bomba se trata de evitar el reespaciado de las varillas de bombeo por no ser necesario esta maniobra, se evita el pandeo del vástago de bombeo, el bloqueo de gas hasta un determinado volumen del mismo, se maneja cierto porcentaje de arenas, y el costo de la misma no difiere mucho de las estándar usadas en los yacimientos.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia del desplazamiento volumétrico de una bomba de subsuelo de varillas se describe como el volumen entregado en la superficie contra el desplazamiento real de la bomba hueco abajo.

Los factores que afectan la eficiencia de bombas de subsuelo son clasificadas en cuatro grupos:

1. Características del fluido, i. e.; viscosidad, temperatura, cantidad de gas en solución, gravedad de fluido.
2. Características del pozo, profundidad, presión de fondo e índice de productividad.
3. Características de diseño y estado de reparación de las bombas.
4. Características de las operaciones de bombeo, i.e.; sumergencia de la bomba, ciclo de bombeo, longitud de carrera y número de golpes por minuto.

De todos estos factores el gas, que debe ser manejado por la bomba, tiene el efecto más grande sobre la eficiencia volumétrica de la bomba.

Los pasos tomados para prevenir o minimizar los efectos adversos del gas sobre eficiencia volumétrica pueden ser divididos en dos grupos:

1. El método y equipos utilizados para separar petróleo y gas de modo que el gas pueda ser descargado a través del anular entre casing-tubing y no tener que ser manejado por la bomba.
2. Métodos y equipos utilizados para minimizar los efectos del gas que entra en el barril de la bomba.

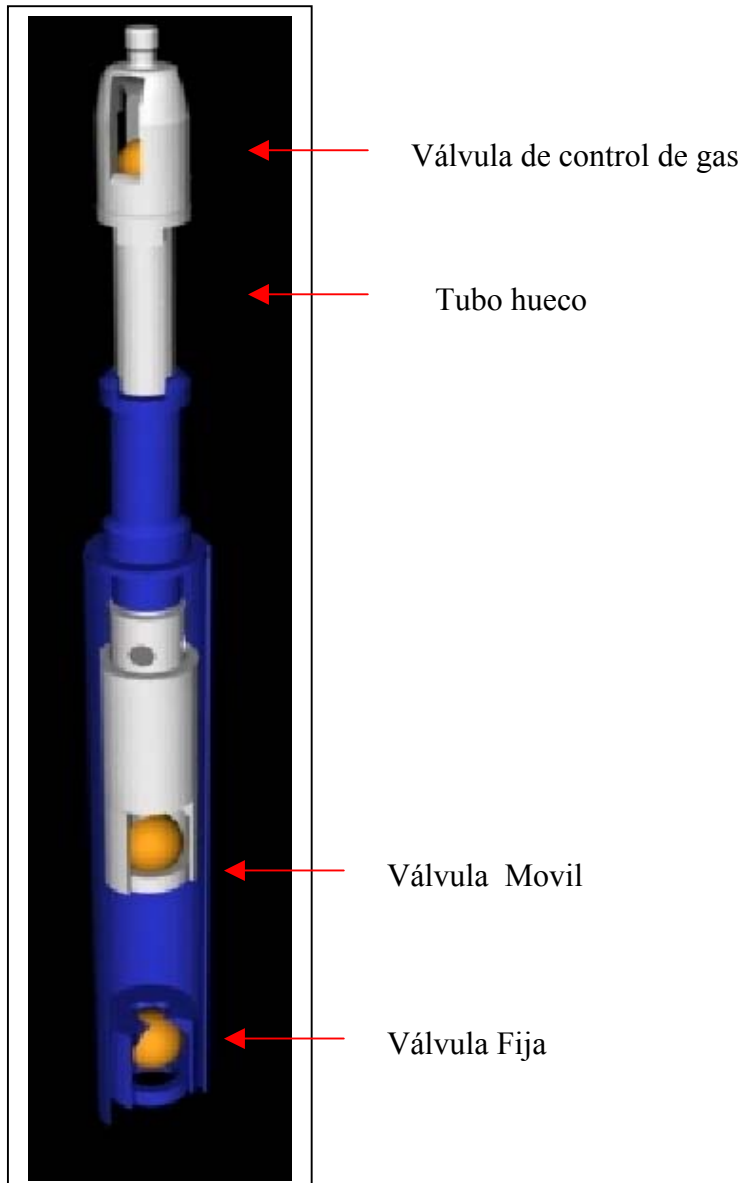
La separación de gas-petróleo hueco-abajo es esencial para mejorar la eficiencia de la bomba. Bajo condiciones de hueco-abajo un barril estandar de petróleo ocupará un volumen mayor debido al gas en solución, así un volumen más grande debe bombearse para obtener un barril estandar de petróleo. La eficiencia de bombeo aumenta cuando todo el gas puede ser purgado y la presión de succión de bomba es reducida.

Muy poco gas se purga del casing a presiones que se acercan o están sobre el punto de burbuja. Puesto que a mayor presión las burbujas de gas son pequeñas, y fácilmente ingresadas, ellas se acarrean en la misma dirección del petróleo. Las anclas de gas son eficaces a presiones más bajas que el punto de burbuja en la succión de la bomba o menos. Como se ha mostrado por Clegg, la velocidad de ascenso depende del tamaño y forma de la burbuja y las características físicas del líquido. También, cuando la presión es disminuida, aumentan los tamaños de burbuja y la separación de gas empieza a aumentar. Pueden obtenerse a menudo eficiencias de bomba relativamente buenas en el rango de presión más bajo con un tipo eficaz de ancla de gas. La eficiencia disminuirá sin embargo, con regímenes de producción más altos.

Pero se necesitan regímenes de producción más altos en muchos pozos debido al alto corte de agua y la necesidad de continuar con un diseño de bomba que operará en un modo de alto volumen con la presencia de interferencia de gas. Un diseño de bomba ha evolucionado por la demanda de profundidades de asentamiento más profundas, la producción de altos volúmenes y con interferencia de gas. La bomba es llamada genéricamente como bomba de varilla hueca de dos etapas.

DESARROLLO

Un operador en Texas Occidental, bombeando volúmenes grandes de los pozos bajo el sistema de inyección de agua y CO₂, empezó usando la bomba de varilla hueca para evitar los problemas de pandeo. Ellos habían experimentado fallas en las roscas de los pines de los pistones junto con desgaste de tubos y otros problemas. Estos pozos también tenían interferencia de gas de H₂S, y problemas con partículas de sulfuro de hierro durante los períodos de cierre. El bloqueo por gas ha sido un problema, y en lugar de reespaciar la grampa en el vástago pulido para golpear abajo en la bomba, esta compañía eligió a ciclar (combinar) el tiempo de bombeo con paradas ocasionales o “tiempo de descanso” para permitir que se igualen el gas y la presión antes del reinicio del bombeo. Se reconoció que la válvula superior agregada como una válvula de retención de arena también estaba actuando como una válvula de dos etapas que ayudó a que abra la válvula de fondo del pistón. **Estas bombas no fueron bloqueadas por gas.** Se hicieron algunos refinamientos en la guía y tubo de tiro y en la cupla inferior del tubo de tiro para mejorar la capacidad de la bomba de manejar el gas y las partículas, y la bomba se llamó la BOMBA de VARILLA HUECA de DOS-ETAPAS



POSICION – Tope de la Carrera Ascendente

La válvula del pistón tiene la carga de presión hidrostática. La válvula superior, o válvula de gas y control de arena de dos etapas, está en equilibrio y el peso de la bola cierra sobre el asiento.

POSICION – Inicio de la Carrera Descendente

El pistón inicia la bajada, dejando vacía la cámara sobre el pistón y debajo de la guía cerrada conectante. Esto crea una presión más baja en esta cámara que tiene el efecto de tirar hacia abajo la válvula superior, ayudada por la presión hidrostática sobre la bola de la válvula superior. Al mismo tiempo, este diferencial de presión pequeño (bajo) ayuda levantando la bola de la válvula del pistón fuera del asiento.

La válvula superior es, en efecto, una válvula viajera de pie y realiza la misma función de una válvula superior corrediza (o de anillo) en una bomba con vástago sólido. La válvula superior no abrirá hasta la válvula del pistón abra, lo que transfiere la presión hidrostática a la válvula de pie del fondo. Cuando el pistón inicia su carrera descendente, el fluido en la cámara más baja es desplazado y viaja a través diámetro interior del pistón a la cámara superior.

POSICION – Fin de la Carrera Descendente

En el caso de una bomba 1 ½” con un tubo de tiro de 1 1/8” O.D., el desplazamiento es 1.767 pulgadas Cúbicas por la pulgada. Con la presión que es igual en las cámaras sobre el pistón, el fluido desplazado llenará el anular dejado vacío entre el tubo del tiro y el barril con una área de 0.773 pulgadas cúbicas por pulgada y descargará el restante a la columna de la tubería. Cuando el fluido está sin gas – es decir, es un líquido incompresible – la descarga será principalmente sobre el tubo de tiro y a través de la válvula superior. Pero con una mezcla de gas-líquido – es decir, un fluido compresible – el volumen es reducido a la presión más alta de cabeza hidrostática. En este caso, la cantidad descargada puede ser mucho menor debido a la compresión.

En el esquemático de “La Secuencia de Operación” la válvula superior está cerrada en la carrera descendente para ilustrar la condición teórica cuando se bombea un fluido compresible. El “rompimiento” del gas, donde las burbujas pequeñas se expanden, ocurre con un cambio de presión o un cambio de temperatura. Turbulencia y agitación también influyen el comportamiento del gas en solución, y todos estos factores toman lugar en las bombas de subsuelo de varillas.

El camino del fluido es a través de los agujeros de la cupla inferior del tubo de tiro y alrededor del tubo del tiro por la luz de la guía. Este flujo de fluido ayuda a mantener la arena u otras partículas en turbulencia y subiendo fuera de la bomba.

POSICION – Inicio de la Carrera Ascendente

La válvula del pistón sienta y toda la carga de presión está sobre el área del pistón. La válvula de pie abre debido a un diferencial de presión creado por el pistón que deja vacía la cámara, permitiendo ingresar a los fluidos del pozo. La presión de succión de la bomba es igual a la presión de fondo en el punto de succión, y es la fuerza que llena la cámara de la bomba.

POSICION– Fin de la Carrera Ascendente

El pistón desplaza el fluido en el anular entre el tubo de tiro y el barril a través del tubo del tiro y la válvula superior. La cupla perforada inferior del tubo de tiro acepta el fluido turbulento cuando es desplazado por el pistón. Las partículas serán bombeadas con el

fluido a través del tubo de tiro y la válvula superior. Una cantidad pequeña del fluido desplazado saldrá alrededor del tubo de tiro hacia el área de la guía.

Esta área es bastante pequeña comparada con la del interior del tubo de tiro, y ofrece una resistencia mayor al flujo. La válvula superior no tiene ninguna función sellante en carrera ascendente y sólo ofrece el peso de la bola como resistencia.

Con la mezcla compresible de gas y líquido el pistón comprimirá el fluido en una proporción igual al área de pistón, menos el área de la sección transversal del tubo de tiro contra el área interior del tubo de tiro. Para la bomba del tamaño de 1 1/2", esto es igual a (1.767-0.553)/0.441, o 2.75: 1.

RESUMEN:

Con la bomba de varilla hueca de dos etapas, hay menos tendencia al pandeo del tubo de tiro porque la válvula del pistón abre rápidamente al inicio de la carrera descendente (Tablas N° 1 y 2).

Esta bomba ha demostrado ser un diseño eficaz para los pozos gaseosos en centenares de instalaciones, vea Casos Históricos. La expectativa de vida de la bola y asiento y de la jaula se ha incrementado debido a la transición suave de la carga de fluido.

La bomba de varilla hueca de dos etapas ha sido utilizada por varios operadores bajo un empaquetador, y a superado a muchos tipos de bombas que estaban previamente en el pozo.

Donde se ha encontrado arena y gas en combinación, esta bomba debe ser una consideración primaria. La única desventaja al uso de este diseño de bomba es, como es una bomba de barril estacionario de anclaje inferior, que la arena puede asentarse entre el exterior del barril y interior de la tubería. Donde ésta es una posibilidad, la válvula de descarga de fondo puede aplicarse.

“PANDEO” DE VARILLAS DEL VASTAGO DE BOMBA Y TUBO DE TIRO

El pandeo o torcedura del vástago de la bomba sucede en la carrera descendente al empujar el pistón con la bola y asiento de válvula. El punto de pandeo puede calcularse con mucha precisión usando la fórmula desarrollada por Euler y la fórmula parabólica o de J.B. Johnson, discutida en el libro de texto Los Principios del Diseño Mecánico, sección Análisis de Deflección.

Por Euler $P = \frac{N \pi^2 E I}{L^2} \dots \dots \dots (1)$

Por Johnson $P = (A) \left[S_y - \left(\frac{S_y}{2\pi} \right)^2 \left(\frac{1}{NE} \right) \frac{L^2}{k^2} \right] \dots \dots \dots (2)$

Aplicación – para la relación de delgadez mayor que:

$\underline{L} = \left(\frac{2\pi^2 NE}{S_y} \right)^{1/2}$ use la ecuación de Euler $\dots \dots \dots (3)$

$$K \left(\frac{S_y}{E} \right)$$

Donde: P = carga crítica (punto de pandeo)
 A = área de columna (pulgadas cuadradas)
 S_y = Límite de fluencia del material, psi,
 N = constante de extremo
 E = Módulo de elasticidad (Young), psi
 I = momento del área de inercia, In^4 ,
 L = longitud, pulg.
 K = radio de giro, pulg.

La resistencia del pistón impuesta sobre el vástago de la bomba es debida al diferencial de área sobre y debajo de la bola y asiento. El criterio por determinar la columna de carga crítica de pandeo es la longitud de la columna (vástago de la bomba o tubo de tiro), el diámetro, carga, relación de delgadez y la condición de extremo.

Considerando la condición del extremo para los vástagos de la bomba y los tubos de tiro, nosotros usamos el “libre - fijo” por determinar la columna de carga crítica de pandeo. Como un punto de interés, las otras condiciones son “redondeado – redondeado”, “fijo – redondeado”; y “fijo – fijo.”

Cuando los vástagos de bomba pandean ellos sólo pueden doblar en el punto donde la pared de la tubería detiene y apoya la varilla. Las superficies se frotan hasta que la longitud extendida se reduce debajo de la carga de columna crítica de pandeo.

Las fallas de vástagos de bombas están inevitablemente en el último hilo roscado de cualquier extremo, y éste es un resultado del torcimiento. Ya que la torcedura termina en los extremos de la rosca, una ruptura por fatiga se desarrolla en la raíz del último hilo progresando a través del área transversal. La separación final es debida entonces a la excesiva carga de tensión.

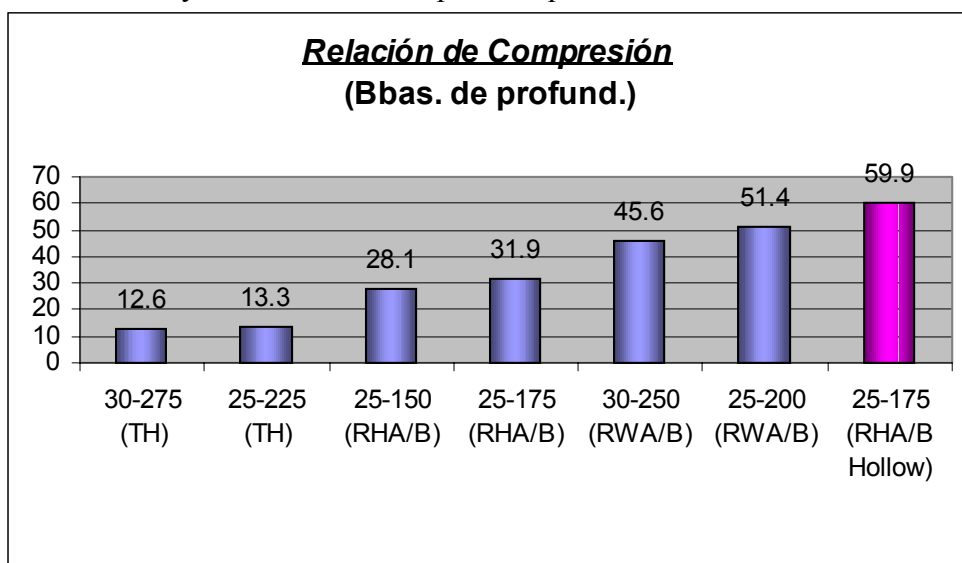
La vida de servicio extendida de vástagos de bomba es notable usando conectores tipo collet junto con la guías espiraladas de varillas para el alzamiento de la bomba de subsuelo. Las bombas están mejor centralizadas en la tubería al usar un niple de asiento de precisión y un conector del barril en el extremo superior.

En las tablas adjuntas (1 y 2), nosotros hemos trazado la carga de columna crítica de pandeo y hemos convertido a cuatro profundidades de bombeo, o más acertadamente, “levantamiento de fluido.” Las longitudes mostradas son la longitud total del vástago de la bomba o tubo de tiro en pulgadas retiradas de la bomba en el tope de la carrera ascendente. También, las cargas y longitudes dadas son para la presión diferencial entre la bola del pistón y el asiento solamente; nosotros no consideramos la fricción del sistema tales como inercia, velocidad del fluido o abrasión.

El punto de pandeo del tubo de tiro de las bombas de barril viajero están en paréntesis (). El tubo de tiro en bombas tipo RWT y RHT soporta la carga de fluido en la carrera descendente, y la longitud de la columna libre al punto de pandeo es más bien corta comparada con las bombas de barril estacionario equipadas con vástago de bomba o tubos de tiro más largas.

CONCLUSIONES

- Reduce la tendencia al pandeo en bombas de profundidad de carrera larga y elimina el pandeo en bombas de carrera corta y pozos de poca profundidad.
- Se desempeña efectivamente en pozos de alta relación gas-petróleo, incluso trabajando bajo un packer.
- Favorece la apertura de la válvula inferior del pistón en la carrera descendente. (Se evita el bloqueo por gas).
- La suave transferencia de carga del fluido mejoraría la vida útil de las bolas-asiento.
- La turbulencia creada en la cámara sobre el pistón obliga a la arena a salir de la cámara por el tubo de tiro. La válvula superior elimina la acumulación de arena dentro de la bba. durante los periodos de cierre.
- Se minimiza el tener que espaciar y golpear la bomba.
- Podría minimizar la rotura de extremos de pistones.
- En pozos donde la erosión y corrosión del fluido daña el tubing en el punto de descarga de la bomba standard, se puede reemplazar por una Hollow. Puesto que el punto de descarga en esta se mueve con la carrera de la bba., la acción del fluido es esparcida sobre un área mucho más grande, reduciendo o eliminando la rotura de tubing.
- De acuerdo a la fórmula de Euler (para columnas delgadas), la bba. De 1.1/2" de diámetro que usa vástago hueco de 1.1/8" de diámetro, tiene una capacidad de carga 5,2 veces más que un vástago común de 11/16".
- Tienen mayor relación de compresión que las comúnmente usadas:



Evaluación Económica:

Este tipo de bomba tiene un pequeño incremento de costos, respecto a las bombas standards que actualmente usamos.

Ej.:

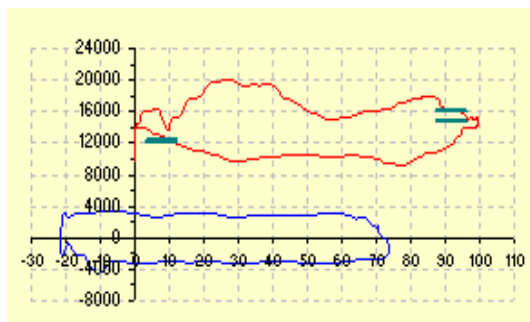
Bomba API 25-175 RHAC standard

Bomba API 25-175 RHAC Hollow.....

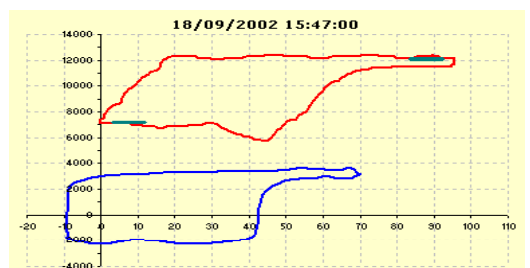
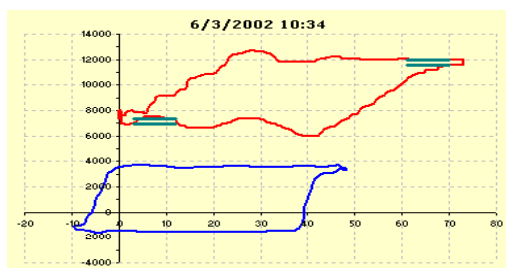
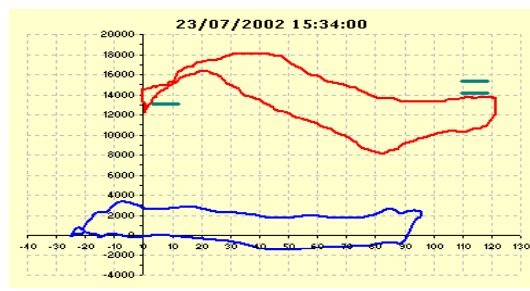
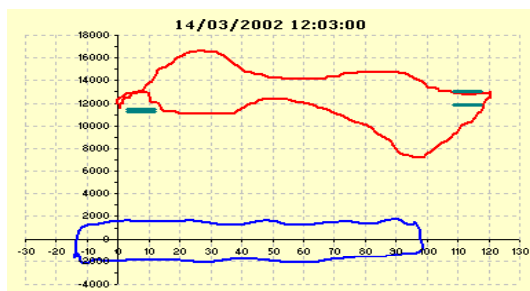
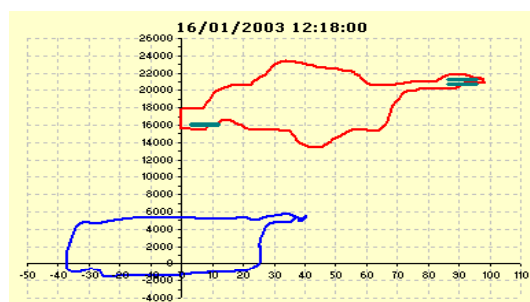
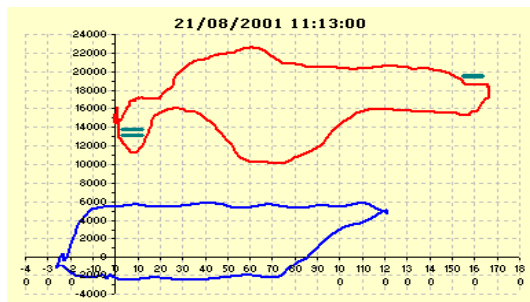
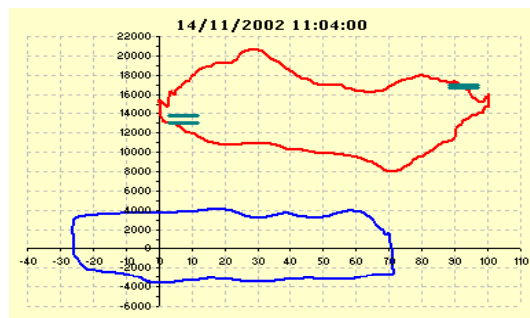
Incremento..... + 11,7%

FIGURAS

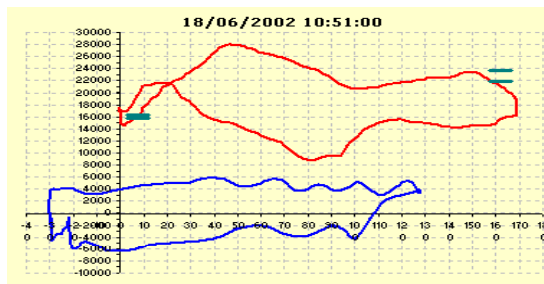
Condición antes de Implementar



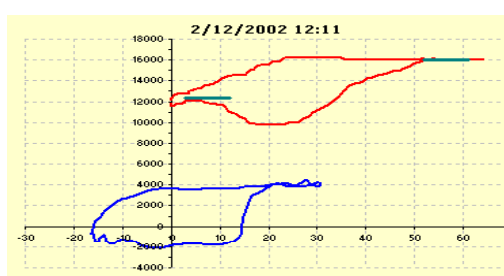
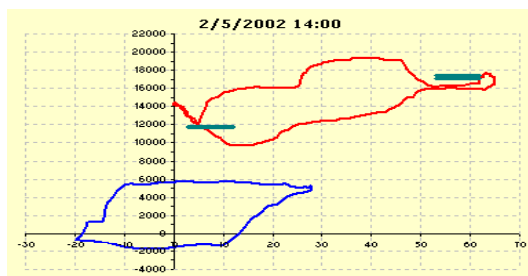
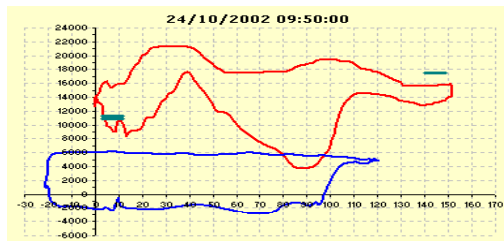
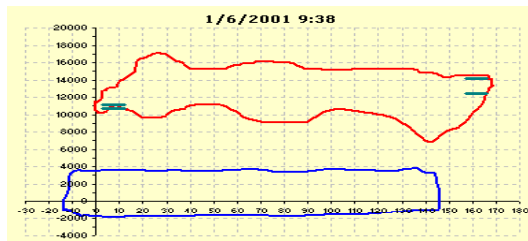
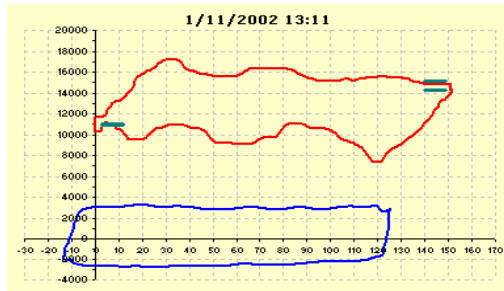
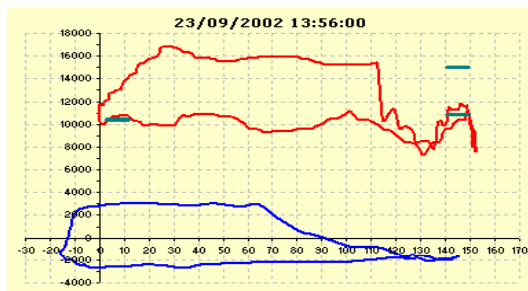
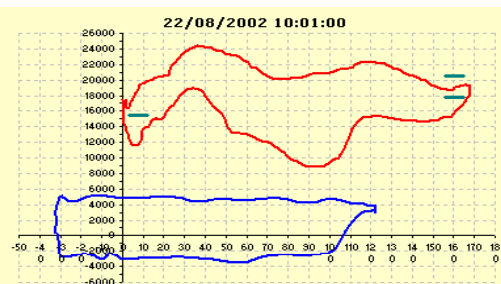
Con Bomba Hollow



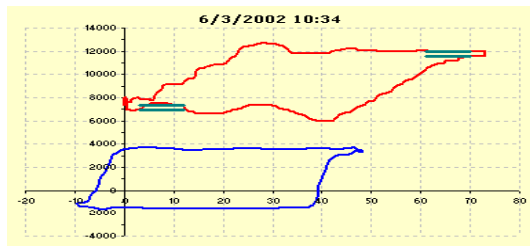
Condición antes de Implementar



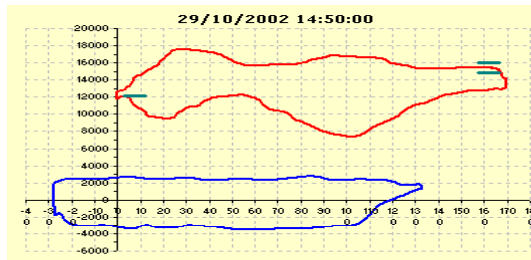
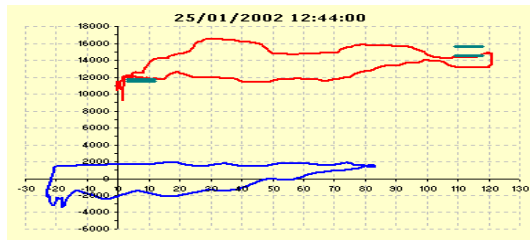
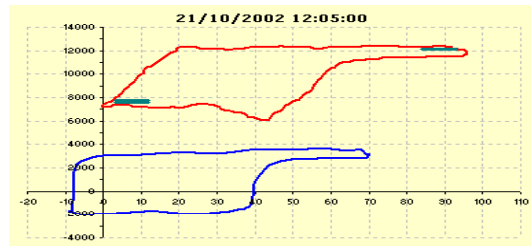
Con Bomba Hollow



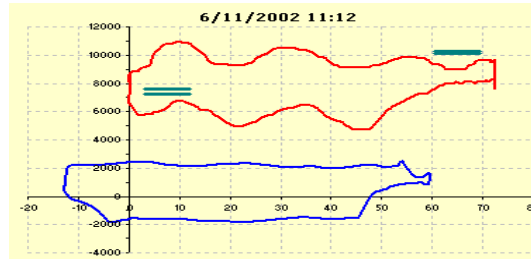
Condición antes de Implementar



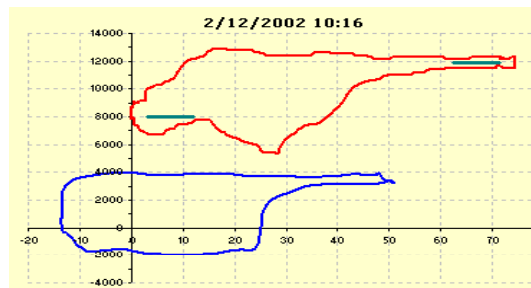
Con Bomba Hollow



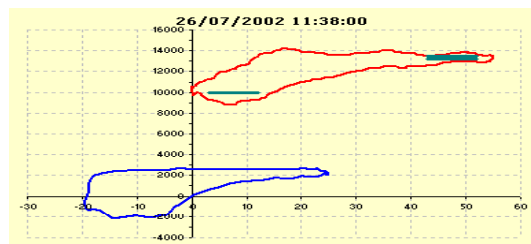
No tiene



No tiene



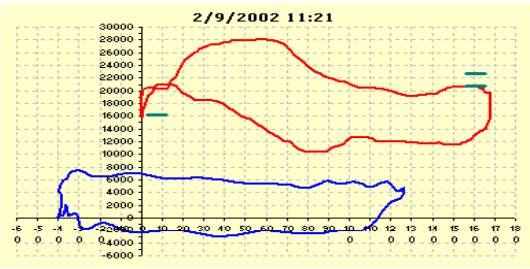
No tiene



Condición antes de Implementar

Con Bomba Hollow

No tiene



No tiene

