



Desafíos Únicos en Detección de Fugas en Agua Producida y Redes de Recolección de Crudo

Dado que el agua producida por la extracción de crudo es altamente perjudicial para el medio ambiente, se requieren métodos para su recolección y sistemas confiables de detección de fugas

Introducción

Los productores de petróleo colocaron cientos de millas de ductos de recolección de crudo para seguir el ritmo de la propagación y del auge en los sitios de producción de esquisto, que se dio a partir de 2009 y hasta 2017 en América del Norte. La producción de agua ha aumentado exponencialmente con la obtención de petróleo y gas.

Hasta ahora, los pozos de petróleo y gas estadounidenses producen más de un billón de galones de agua por año. El subproducto resulta inadvertido y debe contenerse y transportarse a los sitios de eliminación o recuperación¹. El uso diario de camiones para transportar esta agua sucia crea desafíos como: costo, seguridad y congestión de tráfico.

En un informe de la compañía inglesa de servicios financieros *Barclays PLC* (siglas en inglés de: Controlador Lógico Programable) se declaró: “La reducción de los costos de transporte inevitablemente impulsará la inversión en la infraestructura de ductos para el agua producida y el agua dulce. Si bien la construcción de dichas instalaciones conlleva un elevado gasto de capital inicial, reduce los gastos operativos más adelante”.²

El agua producida, al igual que el petróleo crudo, se considera peligrosa para el medio ambiente. Es prudente considerar opciones rentables para la detección de fugas en estos ductos, así como en aquellas redes de recolección de crudo. El estudio de detección de



Al principio del auge de esquisto, el sistema SCVB para detección de fugas, Atmos Pipe, se implementó con éxito en varios sistemas complejos de recolección de crudo y de agua producida.



La tecnología basada en el sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido, ha demostrado ser la solución de detección de fugas más adecuada y confiable para los sistemas de recolección.

fugas realizado en diciembre de 2016 “Detección de fugas de ductos - evaluación en campo de enfoques múltiples para recolectores de líquidos”, encargado por el estado de Dakota del Norte y escrito por el Centro de Investigación Energética y Ambiental de la Universidad de Dakota del Norte³, establece lo siguiente:

“Los resultados de la evaluación de campo sugieren que la adición de un Monitoreo Computacional para Ductos (CPM por sus siglas en inglés) a un sistema de recolección no presurizado, podría proporcionar una reducción del 96 por ciento en el volumen total de derrames en comparación con la contabilidad de flujo diario y reduciría el tiempo de detección a menos de dos horas”.

La infraestructura del ducto recoge el agua producida del almacenamiento temporal disponible en los sitios de producción y, por lo general, utiliza el bombeo automático para transportarla a un sitio de eliminación o a una instalación de recuperación. Mientras que la red de recolección de crudo recoge el crudo de los pozos y lo transporta al almacenamiento temporal o lo entrega directamente a un ducto de transporte. Las redes de recolección de crudo y de agua producida, generalmente comparten algunos desafíos únicos para la detección de fugas:

- La composición del producto es variable dependiendo del pozo específico, el campo de producción y la región. Generalmente no hay mediciones de densidad disponibles

para el sistema de: Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA por sus siglas en inglés) en cada pozo.

- Las redes de recopilación pueden tener muchas inyecciones y entregas.
- Velocidad de implementación; los pocillos se pueden agregar semanalmente a medida que la nueva producción se ponga en línea.
- Naturaleza dinámica de la inyección de numerosos pozos a diferentes tasas de flujo.
- Acceso limitado al derecho de vía para agregar instrumentación en las conexiones de la sucursal, por lo que normalmente sólo hay datos de flujo y presión disponibles en las unidades de medición de crudo, *Lease Automation Custody Transfer* (LACT, por sus siglas en inglés) en los pozos y en la salida.
- El ancho de banda de comunicaciones restringido, limita la tasa de actualización de SCADA a minutos, en el mejor de los casos.
- El drenaje puede causar pérdida en el llenado de las redes de ductos, ya que las bombas de inyección funcionan intermitentemente.

Tales desafíos explican por qué muchos métodos de detección de fugas que funcionan en los ductos de transmisión pueden ser inadecuados para un sistema de recolección o

Las implementaciones de campo muestran que el sistema SCVB funciona bien con una instrumentación mínima y velocidades lentas de escaneo de datos



Generalmente no hay mediciones de densidad disponibles para el sistema de: Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA por sus siglas en inglés) en cada pozo

de agua producida. Los factores que influyen en el rendimiento de la tecnología de detección de fugas para estos sistemas ascendentes comprenden:

- Número y calidad de sensores en el ducto.
- Disponibilidad y calidad del sistema de telecomunicaciones.
- Escenarios de operación de ductos tales como eventos transitorios: inicio continuo, parada de inyecciones y entregas, así como condiciones de flujo holgado.

Las bombas en los pozos en las entradas de un sistema de recolección frecuentemente comienzan y se detienen; en tanto que las tasas de flujo cambian a menudo. Rara vez hay un estado estable ya que las condiciones normales de operación tienden a ser transitorias. Con algunas tecnologías existen dificultades para hacer frente al comportamiento transitorio, por lo que deben desensibilizarse para evitar falsas alarmas de fuga frecuentes, a veces incluso hasta el nivel en el que se ocultan las fugas detectadas normalmente durante un estado estable.

Este texto explora la capacidad de los cuatro métodos principales para detección de fugas, a fin de superar los únicos desafíos de las redes de recolección de crudo y los ductos de agua producida. La detección de fugas de fibra óptica no se consideró porque su alto costo no es atractivo para esta industria sensible a los precios, así como por los riesgos de implementación en los ductos existentes y por no proporcionar el tamaño del derrame.

La Tabla 1 muestra que los únicos dos sistemas con capacidad para detectar fugas con éxito durante las condiciones transitorias son: el sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido o *Statical Corrected Volume Balance* (SCVB) y, en menor medida, el sistema de un Modelo Transitorio en Tiempo Real (RTTM por sus siglas en inglés). El primero, SCVB, puede detectar fugas en todos los escenarios operativos: cierre, funcionamiento y operación transitoria. A diferencia del RTTM que debe elevar el umbral del tamaño de la fuga, mínimo detectable durante las operaciones transitorias (prácticamente todo el tiempo en las líneas de recolección) para reducir las falsas alarmas de fuga, además de que puede requerir instrumentación adicional costosa.

Rendimiento de los sistemas de detección de fugas en redes de recolección y ductos de agua producida

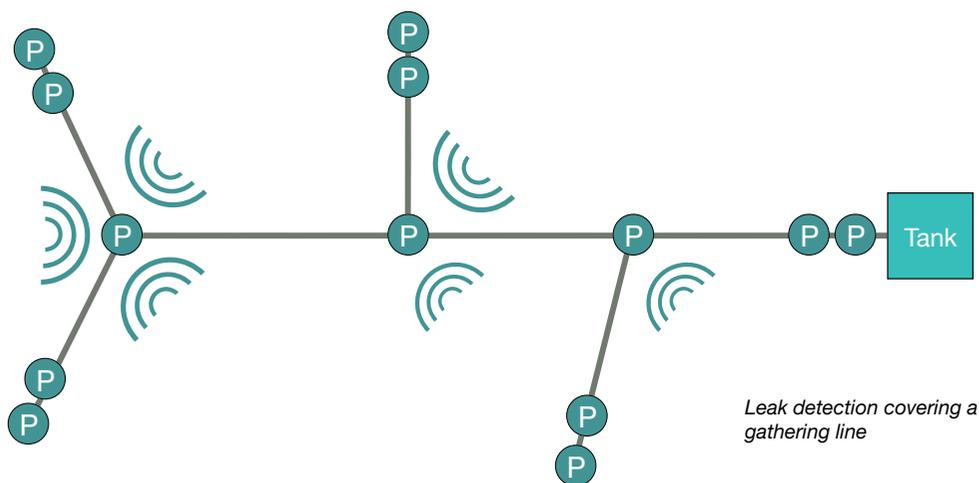
Balance de Volumen

El Balance de Volumen puede detectar fugas en sistemas de exploración y producción (*upstream*) cuando las ventanas de tiempo de detección son suficientemente largas. Sin embargo, conforme al estudio de North Dakota, se encontró que la velocidad de detección parecía ser una función de las condiciones del ducto del día anterior, operaciones de bomba y tamaño de fuga.³ La naturaleza transitoria de un método de recolección, así como el empaquetado y desempaquetado constantes dentro del sistema de ductos hacen que los procedimientos de balance de línea no sean confiables. Los sistemas simples de balance de línea tienen tiempos de detección mucho más largos para las fugas, cuando se usan con tasas de exploración extendidas, lo cual provoca derrames significativamente mayores antes de la detección.

Tabla 1

Tecnología	Funcionalidad en Transitorios
Balance de Línea simple	No
Onda de Presión Negativa	Parcial
Balance Estadístico de Volumen Corregido	Sí
RTTM	Sí

Figura 1.



La Onda de Presión Negativa efectiva LDS requiere datos de presión de cada unión.

Detección de fugas basada en la Onda de Presión Negativa

Aunque los sistemas de Onda de Presión Negativa o *Negative Pressure Wave* (NPW) sólo requieren transmisores de presión, generalmente demandan un ancho de banda alto para transmitir datos que proporcionen lecturas en milisegundos. La alta velocidad de los datos permite mejor precisión de la ubicación, pero se requieren unidades adicionales de adquisición de datos y comunicaciones con gran ancho de banda. En estas áreas remotas, los datos de gran ancho de banda pueden ser difíciles y costosos de lograr (Figura 1).

Los sistemas, NPW sólo necesitan transmisores de presión, pero un sensor de presión debe unir cada rama. Agregar esta instrumentación intermedia puede ser difícil, ya que los propietarios de la tierra a menudo se oponen al acceso para instalar los sensores de presión adicionales y el equipo computacional o *hardware* en las uniones intermedias. Cuando hay acceso para instalar este equipo de cómputo, la opción de NPW puede proporcionar una

detección de fugas más sensible y rápida que la de los otros tres sistemas en revisión.

Los avances recientes en la tecnología de sensores no intrusivos facilitan y abaratan el costo de agregar este tipo de tecnología e incluso sensores de flujo en cualquier parte de un ducto (si el propietario permite el acceso) aun en lugares que carecen de energía o comunicaciones. Ya no es necesario perforar o cortar un ducto en ninguna posición intermedia para agregar instrumentación.

Los dispositivos de transmisión y recopilación de datos a alta velocidad pueden recopilar datos de flujo, presión, temperatura y realizar el análisis de fugas localmente, por lo que los dispositivos sólo necesitan transmitir la alarma y la ubicación de la fuga a la sala de control, en casos donde el ancho de banda de comunicación es limitado.

Detección de fugas basada en el Modelo Transitorio en Tiempo Real (RTTM)

Un Modelo Transitorio en Tiempo Real (RTTM siglas de *Real Time Transient Model*) bien

El Sistema Estadístico de Detección de Fugas de Balance de Volumen Corregido se ha implementado con éxito en numerosos sistemas de recolección de crudo y ductos de agua producida



La red de recolección de crudo recoge el crudo de los pozos y lo transporta al almacenamiento temporal o lo entrega directamente a un ducto de transporte

mantenido y que modele con precisión el comportamiento real de un ducto, puede proporcionar una buena detección de fugas en los ductos de transporte. Sin embargo, como se explicó anteriormente, la naturaleza de las redes de recolección de agua y crudo producidas, hace que sean imposibles de modelar con una certeza razonable. Los Modelos Transitorios en Tiempo Real, no pueden modelar con precisión las conductas transitorias causadas por las bombas, que con frecuencia se detienen, comienzan en red y deben degradar la detección de fugas en esos momentos para evitar falsas alarmas de fugas frecuentes.

Un RTTM no puede modelar con precisión la composición y viscosidad, continuamente cambiantes del crudo o el agua producida que se eleva desde los pozos. Las composiciones del producto cambian frecuentemente dependiendo de la isla de producción o la plataforma de pozos. El tiempo necesario para modelar secciones de ductos adicionales a medida

que los nuevos pozos se ponen en línea, hace que sea difícil contar con un sistema eficaz de detección de fugas basado en Modelos Transitorios en Tiempo Real. Además, un Modelo Transitorio en Tiempo Real requiere lecturas precisas de temperatura y densidad del producto desde el campo, las cuales rara vez están disponibles.

Sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido (SCVB)

El componente del sistema de detección de fugas: SCVB, se ha implementado con éxito en numerosos sistemas de recolección de crudo y ductos de agua producida. Este método es predominante y se usa derivado del auge de los nuevos ductos de esquisto porque ha demostrado ventajas significativas sobre los otros métodos, al basarse en aplicaciones reales y en rigurosas pruebas en el campo. Por ejemplo, los métodos de Balance de Volumen y del RTTM obedecen a la precisión; mientras que el sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido para la detección de fugas, depende más de la repetibilidad de las mediciones. Por lo tanto, el sistema SCVB es la mejor opción con respecto al requerimiento de instrumentación y velocidad de escaneo.

El sistema SCVB puede lograr una buena confiabilidad y sensibilidad, incluso con instrumentación existente de precisión limitada. Si los medidores son repetibles, se evita una gran inversión de capital para actualizar la instrumentación lo suficientemente precisa como para soportar un Modelo Transitorio en Tiempo Real.

El Centro de Investigación de Energía y Medioambiente, probó el sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido junto con los sistemas de Balance de Volumen, en el estudio de Dakota del Norte. El informe dice: "En última instancia, el producto de la empresa B2 identificó todos los retiros sin una indicación errónea de falso positivo. El progreso en la detección fue constante durante todas las pruebas a pesar del ciclo de la bomba y la variación de holgura. La detección se produjo en condiciones estacionarias, estáticas y transitorias, todo dentro de un único paquete con el Monitoreo Computacional para Ductos (CPM) y el Sistema de Detección de Fugas (LDS siglas de *Leak Detection System*). Ade-



Se agregarán más ductos de recolección de crudo y de agua producida debido a la obtención de energía de América del Norte impulsada por el esquisto.

más, el LDS de la Compañía B2 fue el único evaluado que proporcionó las estimaciones de ubicación de fugas³. La empresa B2 utilizó el sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido.

El sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido se probó nuevamente cuando se instaló en una red de agua producida con inyecciones múltiples en condiciones invernales canadienses. En este proceso se detectó una fuga en un pozo, durante el primer trimestre de 2018. La fuga se localizó con suficiente precisión y el productor pudo minimizar el daño rápidamente. Hubiera sido difícil detectar esta fuga de agua producida visualmente debido a la capa de nieve y al agua producida que se congelaba poco después de derramarse.

En función de los requisitos de instrumentación, la infraestructura necesaria para admitir la tasa de exploración del CPM, la funcionalidad transitoria y la alta tolerancia al cambio de composición, la tecnología del sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido es la más adecuada para sistemas de recolección. Los casos 1 y 2 a continuación descritos son dos de los muchos ejemplos de aplicaciones exitosas del sistema SCVB en las redes de canal ascendentes.

La reducción de los costos de transporte inevitablemente impulsará la inversión en la infraestructura de ductos para el agua producida y el agua dulce

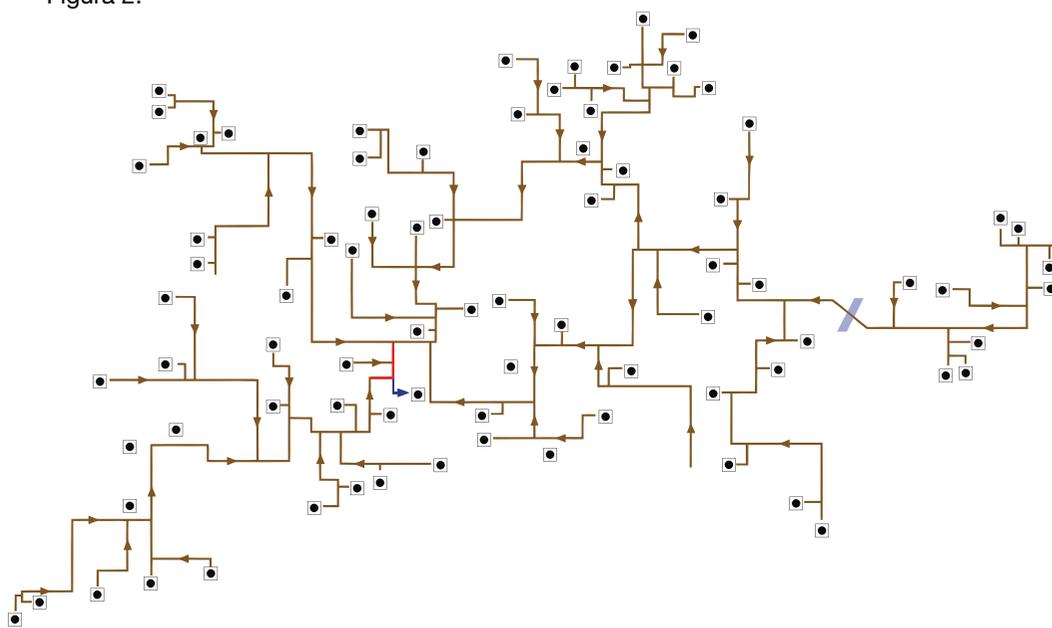
SISTEMAS REALES IMPLEMENTADOS

Caso 1. Una red de recolección de crudo

Al principio del auge de esquisto, el sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido para detección de fugas, *Atmos Pipe*, se implementó con éxito en varios sistemas de recolección complejos, algunos de recolección de crudo y otros de recolección de agua producida.

El primer caso muestra un sistema de recolección de crudo en Texas, que ha mantenido el sistema de detección de fugas SCVB con éxito durante varios años. El SCVB se implementó por primera vez en el sistema de recolección con 20 estaciones de entrada. Desde entonces, la red de recolección se ha expandido a más de 80 pozos, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2.



Sistema de recolección después de dos años de expansión de 20 a más de 80 pozos.

El sistema SCVB inicial, se instaló con una sensibilidad del tamaño de una fuga mínima detectable, es decir del uno por ciento, y mantuvo la misma sensibilidad a medida que la red creció en complejidad. Los operadores prueban regularmente el sistema con retiros de productos físicos y pruebas simuladas de fugas para verificar el rendimiento del sistema en la red de recolección en continua expansión.

Caso 2

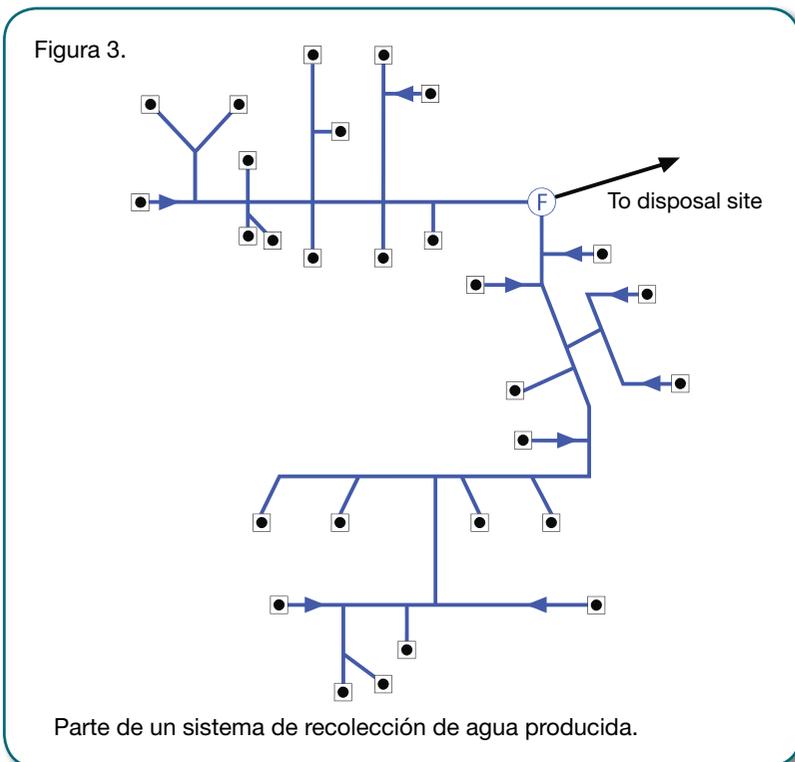
El segundo caso es un ejemplo del componente SCVB para la detección de fugas, instalado en un gran sistema de recolección de agua producida en Texas. La Figura 3 muestra sólo una sección de todo el sistema de recolección, el cual tiene múltiples medidores de flujo seccionados para segmentar la red en secciones hidráulicas separadas. La separación permite al cliente optimizar el rendimiento del sistema de detección de fugas en cada segmento y mantener la sensibilidad a medida que la red de agua producida se expande.

Este sistema para detección de fugas puede detectar una fuga mínima del uno por ciento del flujo nominal en 60 minutos en algunas secciones y puede detectar una fuga mínima

de dos por ciento del flujo nominal en 60 minutos en las secciones restantes. Estos umbrales se establecen para garantizar una alta confiabilidad y así minimizar la interrupción de las operaciones por falsas alarmas de fugas.

Conclusiones

Los productores de petróleo y gas continúan agregando ductos de recolección de crudo y de agua producida en este renacimiento de la producción de energía de América del Norte impulsada por el esquisto. Con una creciente demanda de detección ágil, eficiente y económica de fugas en el ducto, la tecnología del sistema SCVB para la detección de fugas, ha demostrado ser la más adecuada y confiable para los sistemas de recolección. Las implementaciones en campo revelan que el sistema Estadístico de Balance de Volumen Corregido funciona bien con una instrumentación mínima y velocidades lentas de escaneo de datos. Algunas pruebas independientes, es decir de terceros, han dejado claro que este sistema rentable detecta y localiza las fugas durante las operaciones transitorias y tolera fácilmente los cambios en la composición del producto. El SCVB continúa demostrando su valía en los campos de producción, detectando fugas reales rápidamente.



Referencias

1. Reed, B. (2017, February 25). *These Facts Suggest That Water 'Commoditization' and a Water Price Index Is The Future Of Upstream Energy Water Management Cost Reduction*. Retrieved from <http://www.buzzle.comhttps://www.sourcewater.com/blog/water-commoditization/>
2. Barclays, Impact Series - 02, *Water and oil and gas, finding the right mix*.
3. Energy & Environmental Research Center, University of North Dakota. *Pipeline leak detection – Field evaluation of multiple approaches for liquids gathering pipelines*. December 2016.