

Aplicación de Tecnología para la toma de Decisiones [1]

Ing. Damián Fernandez; Pluspetrol S.A; damianfernandez@pluspetrol.net

Ing Mariano Montiveros; Pluspetrol S.A; mmontiveros@pluspetrol.net

Ing. Matías Vidal; Weatherford Int Argentina; Matias.Vidal@la.weatherford.com

Sinopsis

En la búsqueda de la excelencia operativa, la industria exige una mayor eficiencia operativa y optimizar la gestión de los reservorios. Contar con mayor información, oportunamente y de manera integral, se torna vital para una mejor toma de decisiones.

El objetivo de este trabajo es demostrar que el uso de la telemetría en conjunto con un software específico de gestión de pozos, se transforma en una herramienta para la toma de decisiones de manera rápida y certera. Además de contar con datos y eventos en tiempo real, facilita la interacción eficiente y cooperativa entre las personas, como así también la optimización de los flujos de tareas.

El estudio abordará la descripción de los componentes de software y hardware del sistema de telemetría implementado y se analizará el funcionamiento del software de gestión en sus distintos módulos.

Se analizarán y mostrarán en forma empírica algunos de los resultados obtenidos (entre otros), como el incremento de la producción; minimizando las pérdidas de producción con la detección temprana de eventos.

Esto lleva a una reducción de los costos de levantamiento a través del uso más eficiente de los recursos, redundando en una mejor organización operativa al poder identificar de manera “cuasi instantánea” problemas potenciales o fallas en pozos y actuar proactivamente.

Se concluirá que al digitalizar un yacimiento nos permite concentrar esfuerzos en la resolución de problemas y unificar criterios a través de la estrecha interrelación que se logra con la tecnología, los procesos y, principalmente, el factor humano.

Se demostrará que esta tecnología tiene una gran aplicación al poder integrar los distintos niveles operativos minimizando riesgos financieros. El uso de esta tecnología es extensible a la mayoría de los sistemas actuales de levantamiento artificial y compatible con muchos de los controladores / interfaces disponibles en la industria.

Esto contribuye a reforzar en Argentina la incorporación de tecnología como herramienta de gestión en la explotación de yacimientos. Potenciando la responsabilidad social empresarial, integrando a la organización hacia la excelencia operativa e impactando en las ganancias significativamente con los recursos disponibles.

Introducción [2]

Los yacimientos El Corcobo Norte y sus aledaños, Jagüel Casa de Piedra, Cerro Huanul Sur, Puesto Pinto, El Renegado y Gobernador Ayala Este se encuentran en las áreas CNQ-7/A, CNQ-7 y Gobernador Ayala III, ubicadas al norte del Río Colorado en las provincias de Mendoza y La Pampa.

La compañía Petro Andina Resources Ltd. inició la operación en estas áreas en el año 2004, adquiriendo el 50% de los bloques exploratorios en el margen NE de la cuenca Neuquina. Se conformó un grupo societario con Repsol-YPF en el área CNQ-7/A y con Repsol-YPF y Petrobras en el bloque CNQ-7. En 2007 obtuvo la operación de Gobernador Ayala III en sociedad con Enarsa y Raiser. En el año 2009 Petro Andina Resources Ltd vendió sus activos en Argentina a Pluspetrol S.A., la actual operadora.

La exploración en estas áreas comenzó en 1964, siendo el pozo Jagüel Casa de Piedra (JCP) .x-3, perforado por YPF en 1984 el primero en evidenciar la presencia de petróleos pesados en condiciones de subpresión y en reservorios no consolidados proclives a producir arena. La magra producción resultante y la escasa dimensión de la acumulación definida por 3 pozos de avanzada (JCP.a-4, a.5 improductivos y a.6 el que ensayó petróleo y agua) llevaron a que esta región de borde de cuenca quedara fuera del interés exploratorio.

El diseño, desarrollo e implementación de este tipo de sistema apunta, entre otras cosas, a:

- Incrementar la producción (por disminución de las pérdidas).
- Reducir los costos operativos y fallas en pozos.
- Aumentar la eficiencia en las operaciones.

Las funcionalidades de este módulo del software permiten a los usuarios (operadores, supervisores e ingenieros):

- Gestionar pozos por excepción en base a su estado.
- Controlar el estado del sistema de extracción en tiempo real mediante la activación de alarmas.
- Realizar modelados específicos para cada pozo, integrando el historial de datos.
- Identificar y realizar seguimiento del desempeño del sistema mediante la utilización de alarmas inteligentes.
- Ver gráficas en tiempo real e históricas de las distintas variables operativas del sistema de extracción para su posterior análisis.
- Realizar estimados de producción en base al historial y estados actuales.

Flujo de Trabajo

El sistema, compuesto por módulos en que abarcan la mayoría de los sistemas de extracción, está estructurado en torno a un flujo de trabajo, al cual se accede desde cualquier ubicación. Este flujo de trabajo permite a los usuarios poder acceder a las distintas herramientas con la finalidad de ir avanzando por los distintos procesos de manera secuencial. A continuación, en la figura 2, se muestra el flujo de trabajo básico y los procesos que utiliza el sistema:

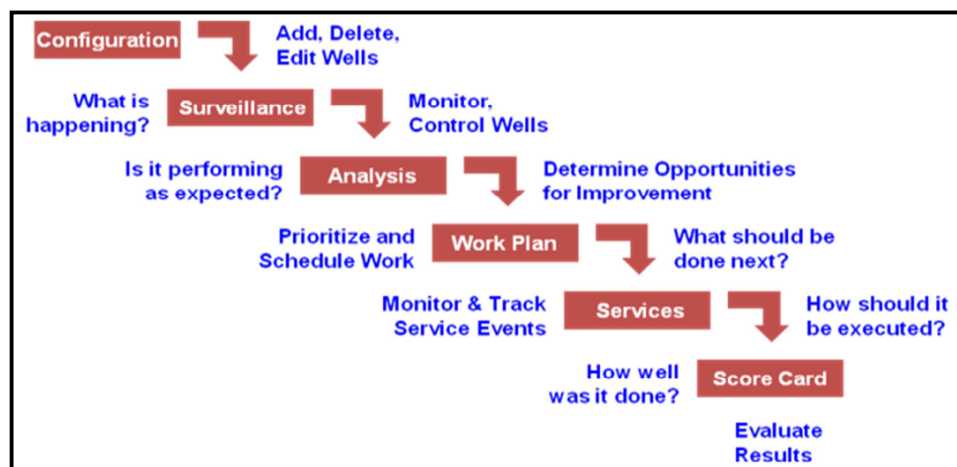


Figura 2: Flujo de trabajo básico

El sistema que finalmente dio origen a este trabajo, solamente tiene implementado el flujo de trabajo de producción, el cual consta de Configuración, Supervisión y Análisis.

Configuración: los pozos pueden ser agregados, modificados o eliminados en este grupo. También es posible editar (según el nivel de permiso que tenga el usuario) historiales. En este grupo de flujo de trabajo se tiene acceso y edición de los catálogos de bombas PCP, varillas, tubería, etc. También se realiza la configuración de comunicaciones con los dispositivos remotos (variadores de frecuencia e interfaz de sensores de fondo), estableciendo los controladores empleados, los registros a ser escaneados, la configuración básica del protocolo a emplear, etc. Esto se ilustra en la figura 3.

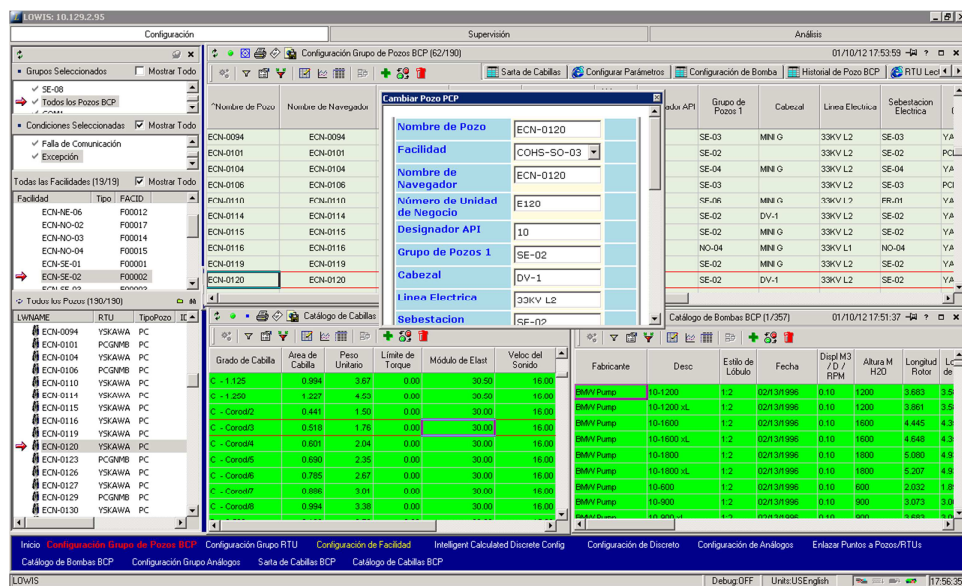


Figura 3: pantalla de configuración

Supervisión: en este módulo están contemplados todos los aspectos del monitoreo de la producción y sus variables respectivas en tiempo real. De las variables escaneadas, se tiene acceso tanto al historial como a las condiciones actuales (alarmas, niveles de parámetros, estado de funcionamiento) de cada pozo o grupo de pozos. Este grupo de trabajo provee varias herramientas gráficas para una mejor interpretación de los datos. En la figura 4 se puede visualizar esta sección.

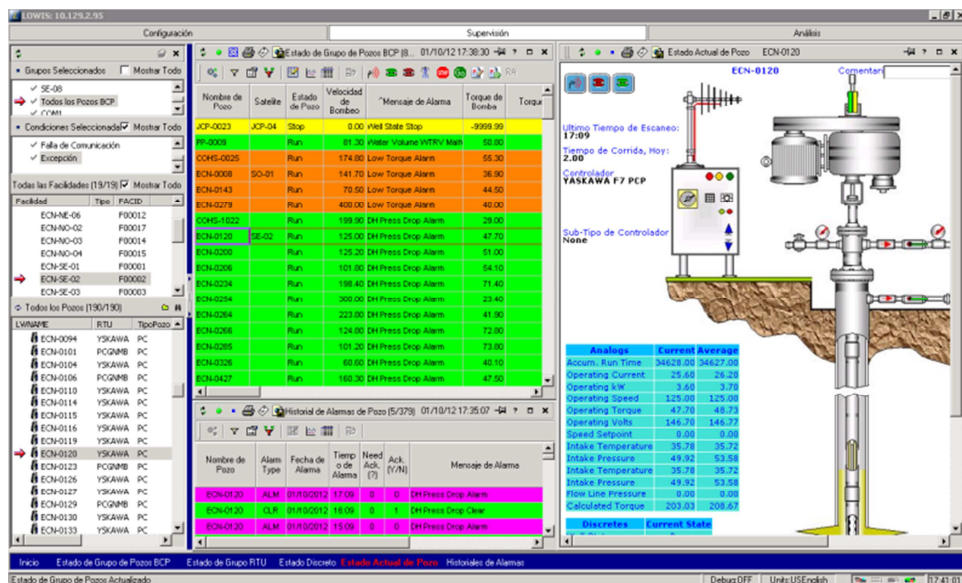


Figura 4: pantalla de supervisión

Análisis: el acceso a este grupo de trabajo permite al usuario analizar la información recolectada en el proceso de supervisión. Estos análisis ayudan a la optimización del sistema de extracción, reducción y anticipación a fallas y toma de decisiones operativas más rápidas y eficientes. Todos los grupos de flujo de trabajo están integrados y convergen en la optimización de desempeño del yacimiento y la reducción de la producción diferida. Este grupo de trabajo se ilustra en la siguiente figura 5

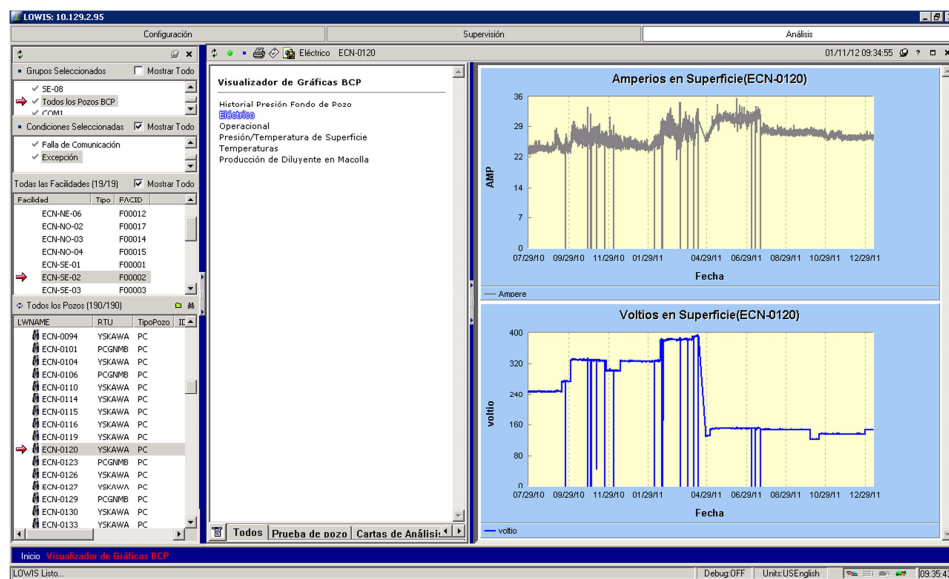


Figura 5: pantalla de análisis

Infraestructura del Sistema

El sistema se encuentra dividido en dos componentes, hardware y software, tal como se muestra en la figura 6.

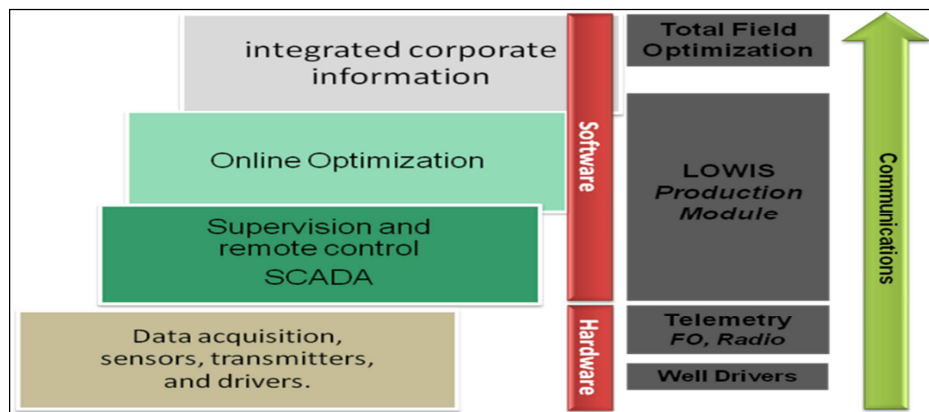


Figura 6

Software: el sistema utiliza una arquitectura del tipo cliente - servidor para mostrar la información de los pozos a los usuarios. El software cliente es instalado en cada host, este es el encargado de gestionar las peticiones de información hasta el servidor web. Viendo el sistema en capas (similar al modelo OSI), se puede ilustrar de la siguiente manera en la figura 7:

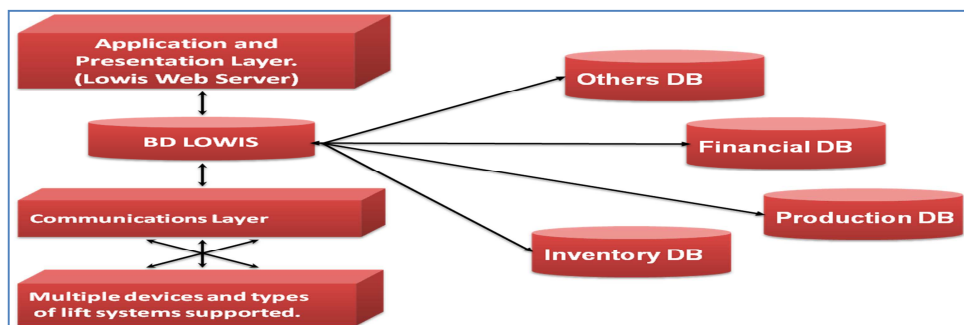


Figura 7

- Capa de Comunicaciones: esta capa establece las comunicaciones con los dispositivos en campo. Define el medio de comunicación utilizado para la transferencia de información, el protocolo a utilizar, técnica y codificación de la información, establece la forma de acceso al medio, control de congestión, proporciona el enrutamiento, etc.
- DB Lowis: esta es la encargada de almacenar los información de los dispositivos de campo y de otras fuentes (incluyendo la que es ingresada por los usuarios),
- Servidor Web Lowis: esta capa es la encargada de manejar las transacciones entre los usuarios y los dispositivos. Entre otras cosas realiza la traducción del formato a asigna una sintaxis a los datos para su transmisión en la red, proporciona la forma de presentación de los datos, de comunicación entre los procesos de aplicación, establece la independencia a los procesos de aplicación, etc.

Hardware: La topología existente actualmente en el yacimiento es como se muestra en la figura 8:

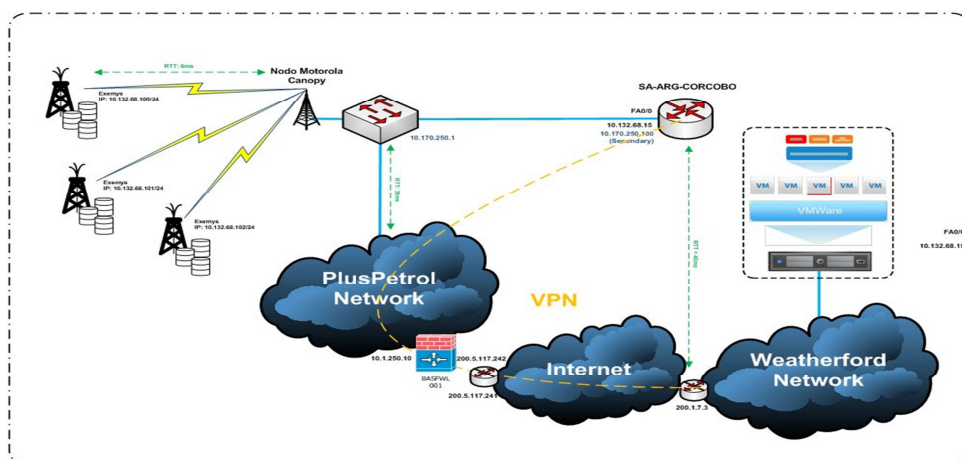


Figura 8: topología actual

Esta topología está compuesta por dos partes:

- Sistema de comunicación remoto, está compuesto por:
 - Sistema de Radio: se implementó el sistema Canopy Lite (modulo suscriptor). Se utiliza la banda de frecuencia no licenciada de 2,4 Ghz y un ancho de banda efectivo de 512 Kbps (con la posibilidad de hacer un upgrade a 2 Mbps). El alcance de estas antenas es de 8 Km y con el uso de reflectores el alcance se extiende hasta 24 Km (en ambos casos se debe tener línea de vista).
 - Interfaz de comunicaciones: la interfaz que se utiliza con los dispositivos en el yacimiento es un conversor de protocolos. Este conversor es el encargado de realizar la adaptación física de la interfaz Ethernet de la radio y la interfaz serial (estándar RS485) de los dispositivos a monitorear. Además realiza la conversión de protocolos modbus RTU (es el protocolo estándar que utilizan los dispositivos a monitorear) a modbus TCP en la interfaz Ethernet hacia la radio.
- Nodo de comunicaciones, está compuesto por:
 - Access Points (AP): el modelo utilizado es Canopy AP Advantage. Este modelo es compatible con los suscriptores Canopy Lite. Cada AP mantiene comunicación con los suscriptores que se encuentran registrados (es capaz de comunicarse con hasta 60 SM). El patrón de radiación de estas antenas es de 60 grados, por lo cual con un arreglo de seis antenas se tiene una cobertura radial completa.

- o Modulo Administrador de Cluster (CMM): es el punto de conectividad central. Este dispositivo es el encargado de administrar las comunicaciones entre los AP con sus SM, dando el sincronismo a través de un GPS. Provee de alimentación a los AP, además sirve de puente para enlaces punto a punto.

La figura 9 ejemplifica el sistema completo con las partes descritas anteriormente:

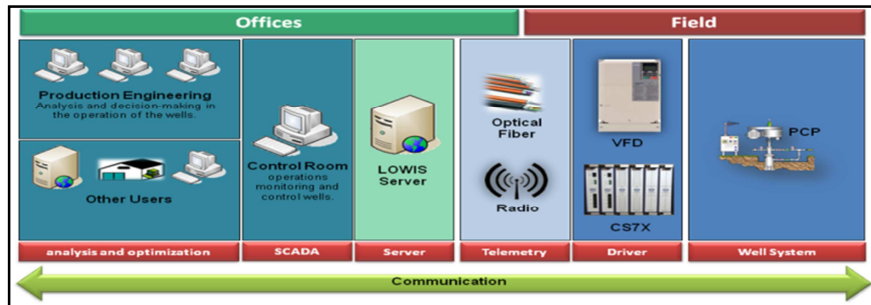


Figura 9

Etapas de Implementación

Como se mencionó anteriormente, el proyecto de telemetría inició como un piloto en Diciembre de 2009. Las cuatro principales etapas fueron planificadas para un período de tres años.

Etapas 1: el principal objetivo fue conectar 52 pozos para monitorear en forma remota la velocidad y fiabilidad en las pruebas de comunicación, sumado a la introducción de la tecnología para los equipos en el yacimiento tuvieron que superar la resistencia cultural. La fecha de finalización fue pensada para Junio de 2010.

Etapas 2: el objetivo fue incrementar el monitoreo a 50 pozos más al proyecto de telemetría, implementar alarmas de stop de pozos, generación de reportes automáticos de variables operativas y pérdidas de producción y ganar fiabilidad del sistema y confianza en los usuarios de campo. La fecha de finalización fue pensada para Diciembre de 2010.

Etapas 3: El objetivo principal de esta etapa fue medir los ahorros obtenidos por la disminución de las pérdidas de producción en los pozos que ya habían sido conectados a telemetría. Adicionalmente se pretendió instalar telemetría a todos los pozos productores categoría "A" (del Pareto ABC), y configurar un protocolo de prueba de Alarmas Inteligentes para un análisis más detallado de las variables operativas. La fecha de finalización fue pensada para Diciembre de 2011.

Etapas 4: El objetivo de esta etapa fue crecer al 90% del yacimiento (pozos productores tipo A + B) monitoreado en tiempo real y reforzar la utilización de las alarmas inteligentes.

También es importante tener una idea del incremento de costos con respecto a hardware y software necesarios para conectar un pozo en telemetría. El incremento en el costo total de instalación en la producción de un nuevo pozo es aproximadamente 0,35%. El costo de mantenimiento de la telemetría puede variar dependiendo de la distribución de los pozos, el lifting cost, costo de down time, etc. En el yacimiento El Corcobo y en base a los resultados que se discutirán más adelante, cualquier pozo que acumula 10 m3/año de pérdida, pagará los costos de mantenimiento (el costo de mantenimiento puede ser absorbido por más del 95% de los pozos del yacimiento).

A continuación, se enunciarán los detalles de cada una de las etapas de implementación.

Etapas 1

En Diciembre de 2009, los 52 pozos fueron seleccionados como candidatos para el piloto de telemetría. El criterio utilizado fue: producción neta, compatibilidad a nivel hardware/firmware de los variadores con Lowis y el equipamiento del sensor de fondo. Para Marzo de 2010 todos estos pozos tenían el hardware de telemetría instalado y estaban listos para ser incorporados en el sistema de manera online.

Principales Cambios

Con los pozos conectados, los dos principales cambios y retos han estado relacionados a la posibilidad de crecimiento del sistema.

Tiempo de escaneo: el sistema estaba permanentemente “leyendo” todas sus variables de cada uno de los pozos. La topología de comunicación original era como se muestra en la figura 10.

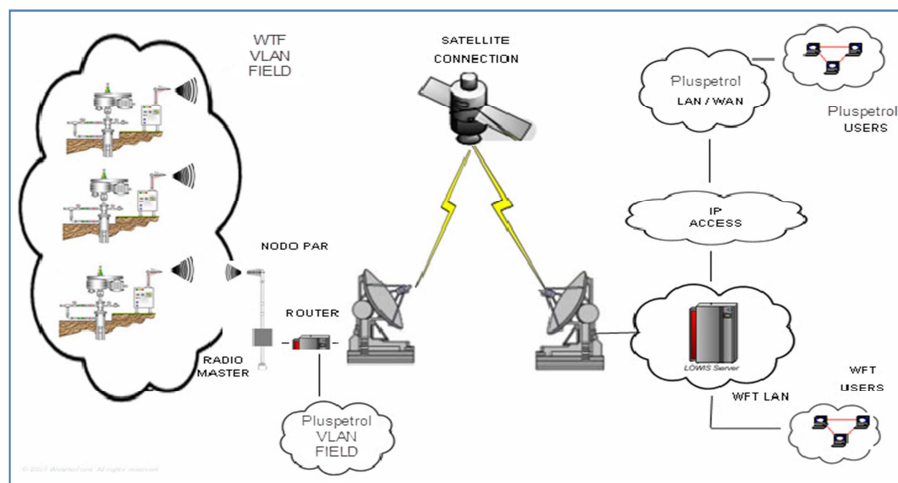


Figura 10

Una de las desventajas más importantes que poseen los enlaces satelitales es la cantidad considerable que tarda una señal para completar un viaje completo de la Tierra al satélite y el de regreso (latencia). La mayor latencia del enlace desde el servidor hasta el yacimiento estaba afectada en gran proporción por el enlace satelital.

Esta latencia generó un problema en esta etapa de planificación, impactando considerablemente en un incremento en los tiempos de escaneos de los pozos, lo cual condicionaba el futuro crecimiento del sistema.

Descripción del problema: el sistema realiza el escaneo de 58 registros de 16 bits, los cuales, al no encontrarse consecutivos, se dividen en 12 grupos. Los escaneos se realizan en forma secuencial grupo por grupo, en cada pozo se tienen 12 transacciones de trama de datos, cada transacción contempla la interrogación y respuesta de un grupo de registros.

El tiempo de transacción desde el Servidor hasta el Sistema Remoto depende de:

- Velocidad de transmisión en bus serie.
- Velocidad de transmisión en enlace RF (Radio Frecuencia) en el yacimiento.
- Velocidad de transmisión y latencia de enlace satelital.

Por una cuestión de simplificación de los cálculos no se tuvo en cuenta los tiempos de respuesta de todos los equipos intervinientes en el enlace Server – Sistema Remoto (son casi despreciables) y tampoco el bit de stop que se configura en la comunicación modbus del bus serie y los bits de detección/corrección de errores empleados a lo largo de todo el enlace.

El tiempo de comunicación calculado por pozo es de 9,88 segundos, si se adiciona el tiempo de procesamiento de datos del sistema (conversión de unidades, traducción de los estados del pozo en base a los registros leídos comparados con la lógica de programación, escritura en la base de datos, etc.) y el tiempo de retransmisiones por pérdida de datos se tiene un tiempo total promedio por pozo de 19 segundos.

La figura 11 muestra en porcentajes como contribuye cada proceso/tramo de enlace al tiempo total de captura y muestra de datos en pantalla.

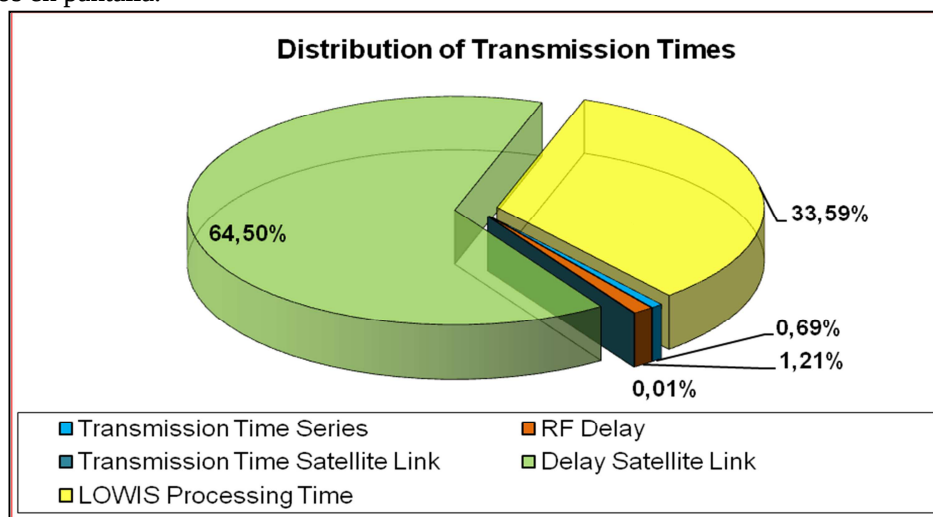


Figura 11

El desafío que se planteo fue buscar y analizar una alternativa al enlace satelital, la cual se profundizará en la etapa 2.

Compatibilidad del equipo de superficie: la mayor parte del yacimiento está funcionando con sistemas de extracción PCP y equipados con variadores de frecuencia. El 60 % de los variadores son comercializados por la firma que provee Lowis y no tenían problemas de compatibilidad, pero el resto de los variadores son provistos por otra compañía, cuya compatibilidad con el sistema no estaba soportada para los modelos existentes. Con la finalidad de que la implementación de telemetría fuera global en el yacimiento, fue necesario desarrollar la compatibilidad de las variables más importantes en Lowis. El desarrollo de esta compatibilidad fue creada para el final de la segunda etapa, permitiendo que todos los pozos puedan ser conectados a telemetría independientemente de su equipamiento de superficie.

Este desarrollo para incluir los modelos no soportados por el sistema, consistió en generar unos “templates” con las direcciones de las variables más importantes (Velocidad, Torque, Corriente Instantánea y Voltaje de salida) y vincularlo al panel general de estado de pozos. Además a nivel de programación se hicieron los cambios necesarios para tener el historial de estas variables accesibles desde la base de datos, con la finalidad de obtener reportes de tendencias.

La primera etapa estaba casi concluida, pero se planteó un último desafío, la “Aceptación del personal operativo del Yacimiento”, quizás uno de los retos más difíciles de superar. La telemetría aplicada en una gran escala no tenía muchos antecedentes en la región y más precisamente en Pluspetrol S. A.

La mayoría de los operarios no tenían conocimiento de esta tecnología y cuando inició la ejecución, la primera impresión estuvo asociada a que esta tecnología tenía como finalidad reducir personal. El yacimiento se divide en diferentes sectores y los operarios son responsables por un determinado número de pozos, sus tareas principales incluyeron la programación de las RPM recomendadas, registro manual de los datos operativos del pozo, chequear si el pozo se encuentra en marcha y realizar mantenimientos menores.

Tener a alguien situado en una oficina a 250 Km de distancia del yacimiento y descubrir que el pozo se encuentra parado antes que los operarios de campo, puede tener un impacto muy negativo en los operadores en caso de que no se maneje adecuadamente. Este impacto puede caer en algo extremo como el sabotaje de las instalaciones. Tan pronto como esta dificultad fue encontrada, se decidió que la tecnología tenía que estar en manos de cualquier usuario potencial, independientemente de su posición en la estructura (con diferentes permisos y niveles de acceso).

La idea fue mostrar que esta tecnología tenía la intención de reducir las pérdidas de producción y reunir la mayor cantidad de información instantánea e histórica para prevenir fallas, haciendo el trabajo más fácil y agregando valor para todos. Además todo el personal que participó activamente en el proyecto recibió un programa de entrenamiento visualizando todos los aspectos más importantes del proyecto. Esto último se realizó con la finalidad de minimizar la disconformidad causada por la incertidumbre al cambio.

En mayo de 2010 el proyecto se puso en marcha al estar los 52 pozos conectados. Algunos aspectos de los principales desafíos se llevaron a cabo a lo largo del proyecto y algunos de ellos aún al día de hoy, están siendo mejorados.

Etapas 2:

En Diciembre de 2010 se buscó una topología de comunicaciones alternativa a la existente debido a los problemas de que fueron descriptos en los tiempos de escaneos. La topología alternativa que se analizó fue reemplazar la conexión satelital existente (ver figura 10) por una de fibra óptica existente. La prueba se llevó a cabo durante Enero de 2011.

Se re direccionaron las comunicaciones físicas y lógicamente a través de una red privada virtual (VPN) por el enlace de FO disponible hasta el servidor de LOWIS en Buenos Aires, anulando el enlace satelital empleado hasta ese momento. La red de RF fue transparente al cambio de enlace y no sufrió modificaciones en sus configuraciones.

Los resultados estuvieron dentro de lo que se había analizado en forma teórica. Permitió superar la dificultad de los tiempos de escaneos con este cambio en la topología que actualmente es la que está funcionando y así poder seguir con el crecimiento e integración del sistema. La disponibilidad del enlace durante la prueba fue satisfactoria con mejoras de hasta el 99,4 %. Actualmente esos valores de disponibilidad siguen siendo muy buenos con valores de 99,7 %. A continuación se muestran las tablas 1 y 2 con los resultados de las pruebas:

Escaneo de Pozos (Si / No)			
	Satélite	Fibra Óptica	Variación [%]
Escaneo	c/ 5 min.	c/ 5 min.	-
Promedio por pozo [seg]	2,36	0,41	-82,63%
Promedio (50 pozos)	1,97 min.	20,5 seg.	-82,63%

Escaneo Total (Todas las variables)			
	Satélite	Fibra Óptica	Variación [%]
Escaneo	c/ 1 hora	c/ 1 hora	-
Promedio por pozo [seg]	19,45	8,67	-55,42%
Promedio (50 pozos)	16,21 min.	7,22 min.	-55,42%

Tablas 1 y 2

Etapas 3:

En Diciembre de 2010 con 105 pozos funcionando en forma completa, con las alarmas Si / No de pozos activas y con una excelente confiabilidad del sistema, los objetivos fueron medir la reducción real de las pérdidas de producción. Además crecer con la conexión de los pozos en el sistema incorporando todos los pozos productores categoría “A” y el desarrollo de las alarmas inteligentes para disminuir el las pérdidas por prevención de fallas.

Principales Desafíos – Resultados

Para medir la reducción del tiempo real se realizó una comparación con los 105 pozos que estaban conectados antes de diciembre de 2010. Las pérdidas de producción (DT) de esos pozos había sido medida durante 2010 y los mismos pozos durante el 2011 (conectados a telemetría).

Con la finalidad de que sea posible comparar el DT de diferentes años, esta fue medida como un porcentaje, el DT sobre la producción potencial es como se muestra en la siguiente ecuación:

$$DT\% = \frac{DT}{(DT+PROD)} i$$

Con las alarmas de detección de pozos parados, todos los pozos conectados fueron escaneados su estados cada 5 minutos. El supervisor de campo era notificado de la falla casi en tiempo real e inmediatamente el operador responsable asistía al pozo. Si la falla es un problema menor el pozo rápidamente se pone en marcha para entrar en producción nuevamente.

Sin telemetría, los pozos eran revisados por el operador dos veces al día (los operadores tienen asignados turnos de 12 horas). Si la verificación del estado del pozo es en promedio 12 hs, algunos pozos pueden estar parados hasta ese tiempo en total por turno. Si el problema pudo haber sido resuelto sin la intervención del pozo, significa que el DT generado por no saber que el pozo había dejado de funcionar podría haberse reducido.

La figura 12, muestra las pérdidas de producción del año 2010 de los 105 pozos conectados a telemetría en 2011. La idea, es comparar un antes y un después de dicha conexión, comparando para 2011, los mismos pozos versus el gráfico de 2010. En 2010, se tenía la supervisión de pozos de campo y en 2011, además de dicha supervisión, se contaba con la telesupervisión por Lowis. Está claro que la telesupervisión no “actúa” sobre todas las caudas de pérdida de producción, entonces, se tiene en cuenta sólo aquellas provocadas por problemas en superficie, sea del sistema de extracción propiamente dicho o bien, de problemas de suministro de energía o líneas de conducción.

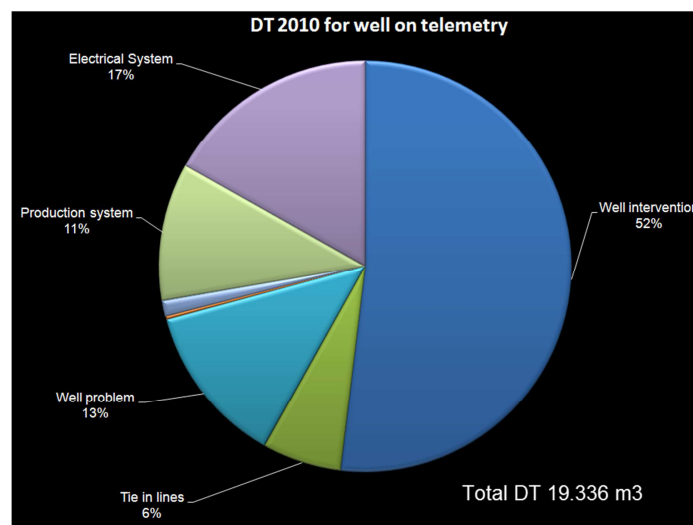


Figura 12

Durante el año 2011 las alarmas Si / No estaban funcionando plenamente en los 105 pozos, dando como resultado el gráfico de pérdidas de producción de la figura 13. Allí, además con las gráficas de progresión de variables tales como Torque, Presión y Temperatura de fondo, se pudieron tomar acciones preventivas, ayudando a la optimización de la producción en estos pozos.

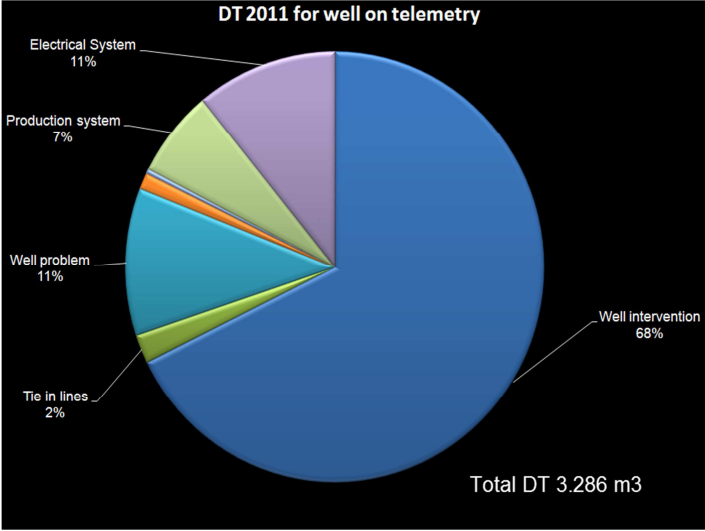


Figura 13

En la figura 14, se muestra la evolución de las pérdidas de producción respecto del potencial de los pozos que estuvieron conectados en las distintas campañas, teniendo los resultados parciales del año 2012.

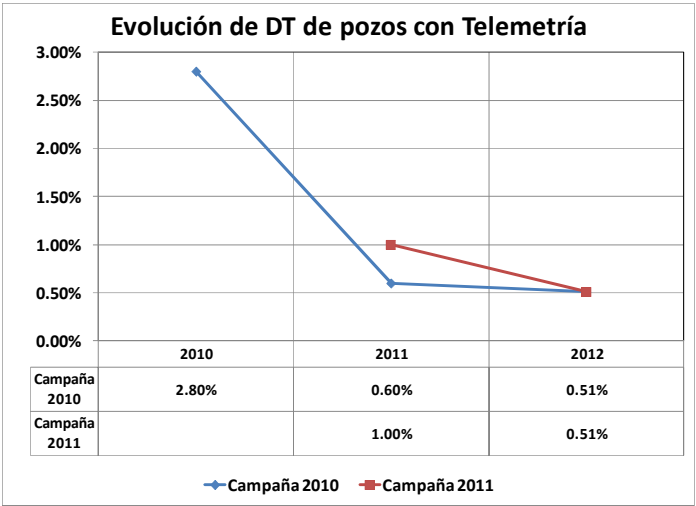


Figura 14

Lo anterior se traduce en una disminución de las pérdidas de producción de 10340 m3 de 2010 a fin de 2011 (190 pozos) y de 2500 m3 para los 50 pozos que fueron conectados de 2011 a 2012; sólo por detección temprana de la falla.

Otras aplicaciones – Alarmas inteligentes

Actualmente, se ha llegado a la conclusión que este tipo de alarmas no pueden generalizarse al detalle. Si bien la génesis de la alarma es la misma para todos los pozos, el “set point” de la fluctuación de las variables intervinientes en la alarma inteligente, debe ser particular para cada pozo. Para ello, se debe valer (por el momento) de cada uno de los historiales de cada pozo.

Las alarmas inteligentes fueron diseñadas considerando la infraestructura actual en El Corcobo y las variables que podrían ser obtenidas de los controladores. El trabajo preventivo se centró en las fallas más comunes de pulling: aprisionamiento por arena, vulcanización del elastómero por bajo nivel y pérdidas por las cañerías de producción.

La primera alarma desarrollada, fue la de Caída de Presión de fondo (Downhole Pressure Drop - DPD), para tratar de evitar la vulcanización del elastómero. La alarma DPD se disparará cuando el valor de la presión de fondo (PIP) caiga por debajo de un porcentaje prefijado comparando el valor promedio del día anterior, siempre que los valores de RPM se mantengan constantes.

Esta alarma ha sido programada, como se dijo líneas arriba, para que la sensibilidad ante una caída de presión pueda ser ajustada en cada pozo de manera independiente. En la figura 15, se muestra la lógica de la misma. Cabe aclarar que esta alarma sólo aplica para pozos que tienen colocado un sensor de presión en fondo.

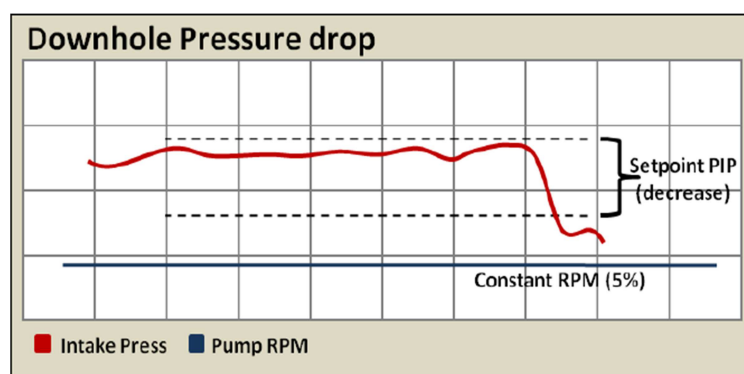


Figura 15

En la figura 16 se trata de explicar la falla posterior que aparece producto de una baja repentina de la presión de fondo, producto de un taponamiento de punzados, merma de la inyección de agua para recuperación secundaria, etc.

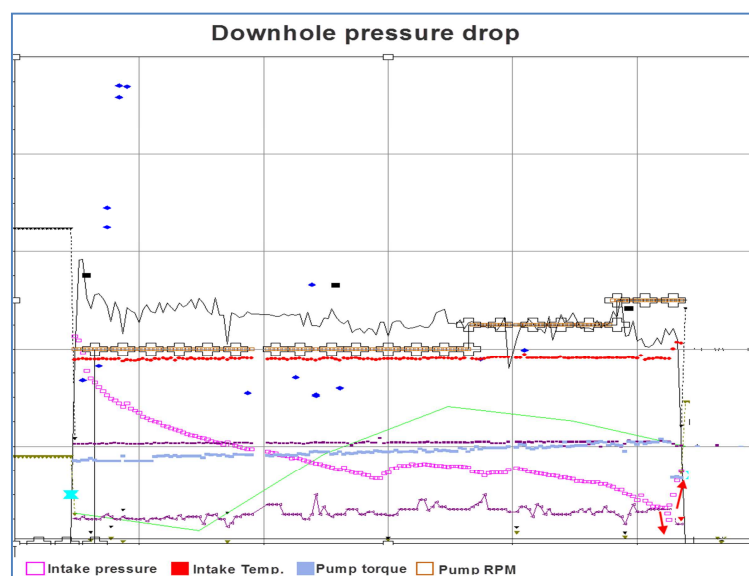


Figura 16

Un dato a tener en cuenta, es que El Corcobo tiene baja presión de reservorio, con la finalidad de optimizar la producción la presión dinámica tiene que ser tan baja como sea posible. Esto por lo tanto tiene un alto riesgo en

la integridad de la bomba y cualquier disminución en la productividad del pozo puede causar una falla en la bomba con muy poco tiempo para actuar (figura 16). La alarma DPD tiene como objetivo alertar a los ingenieros de un posible cambio en la productividad (como consecuencia de obstrucción por arena, variación del caudal de inyección o simplemente declinación del pozo) para asegurar la integridad de la instalación. Esta alarma considera sólo dos variables (RPM y PIP) las cuales son simples, pero también muy sensible ya que sólo se deben cumplir dos condiciones. Sólo se puede aplicar en pozos equipados con sensor de fondo.

Respecto de la protección de la tubería del pozo y la integridad de la bomba, se desarrollaron dos tipos de alarmas inteligentes:

La Alarma de Bajo Torque (LT) que sólo tiene en cuenta dos variables (RPM y el torque en la bomba), es simple y se aplica a pozos equipados con o sin sensor de fondo. Esta alarma detecta falla en los pozos en cuanto ocurre y aunque no puede evitar la falla, ayuda a identificar rápidamente si el pozo ha dejado de producir. Siempre que una bomba pierde eficiencia o hay una fuga en la cañería, la producción disminuye o es incluso llega a ser nula, no teniendo evidencia visual en la superficie. Sin telemetría es muy común detectar una falla en un pozo cuando la producción está por debajo de su potencial a nivel de la batería. Esto alerta al supervisor de campo a revisar cuidadosamente cada pozo y hacer pruebas (controles) para ver si la producción es normal. Puede tomar de uno a dos días detectar un pozo que quedó sin producción, por lo tanto tener una alerta instantánea de una posible falla puede reducir hasta dos días de DT de un pozo. La lógica de la alarma se basa en el monitoreo del torque en la bomba o varillas. Cuando una cañería se rompe debido a la corrosión, erosión o desgaste por rozamiento de las cuplas, el fluido recircula reduciendo la presión hidráulica y por ende la fricción en la bomba, aparejado en un decremento del torque. Lo mismo sucede con la pérdida de eficiencia de la bomba o falla, no se ha bombeado fluido por lo que la presión diferencial entre la succión y la descarga disminuye mientras que el torque cae drásticamente. Alarma LT se disparará si el torque de la bomba decrece por debajo del valor de porcentaje prefijado, comparando con el valor promedio de las 24 hs previas y chequeando que las RPM siguen constante. En la figura 17 se puede observar la lógica de la alarma.

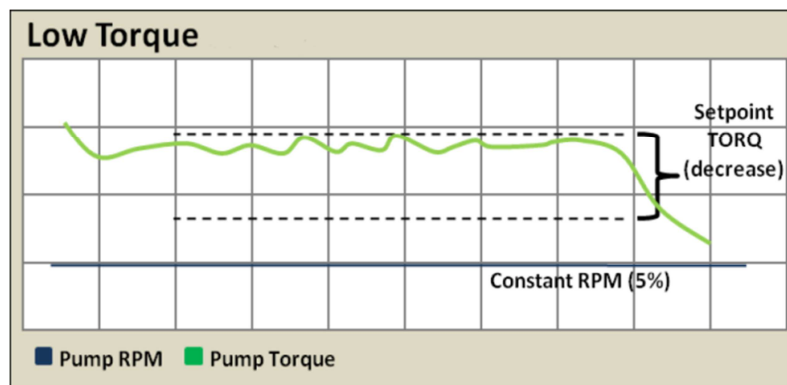


Figura 17

En la figura 18, se ven las variables que entran en juego cuando se detectó bajo torque.

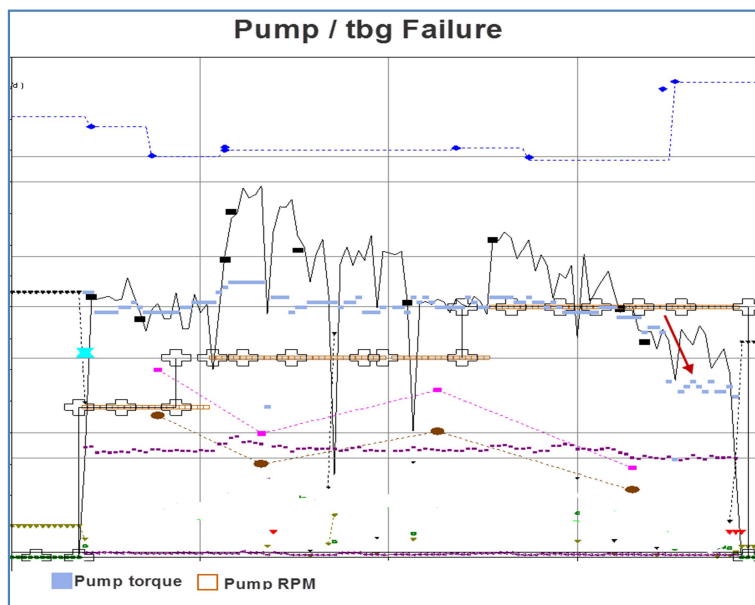


Figura 18

La otra alarma que se desarrolló para tener una mayor confiabilidad con respecto a este tipo de falla y en base a los mismos criterios señalados anteriormente, es la alarma de integridad de los equipos de fondo de pozo (DEI). Fue desarrollada para pozos equipados con sensor de fondo. Esta alarma volverá a comparar el torque de la bomba con el torque promedio de las últimas 24 horas, pero se activará sólo si ocurren otros eventos: Aumento de presión en la succión de la bomba (causada por la pérdida de producción), aumento de la temperatura de fondo del pozo (causada por la recirculación del fluido) y una disminución de la presión en boca de pozo (causada por la menor cantidad de fluido bombeado). Si todos estos eventos ocurren al mismo tiempo y las RPM se han mantenido constante, se activará la alarma. En la figura 19, se detalla la lógica de la misma.

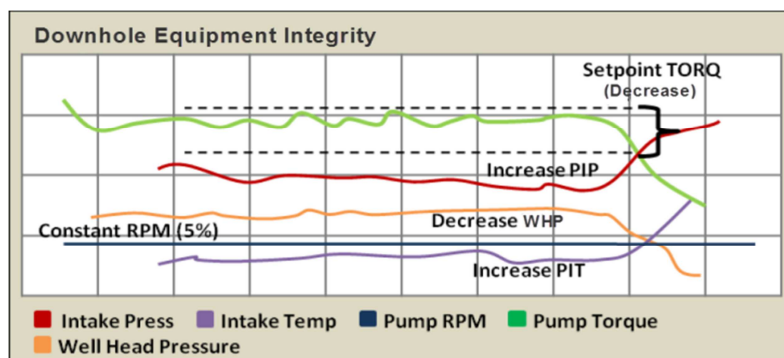


Figura 19

En la figura 20, se plantea cómo se vé esta falla en la realidad.

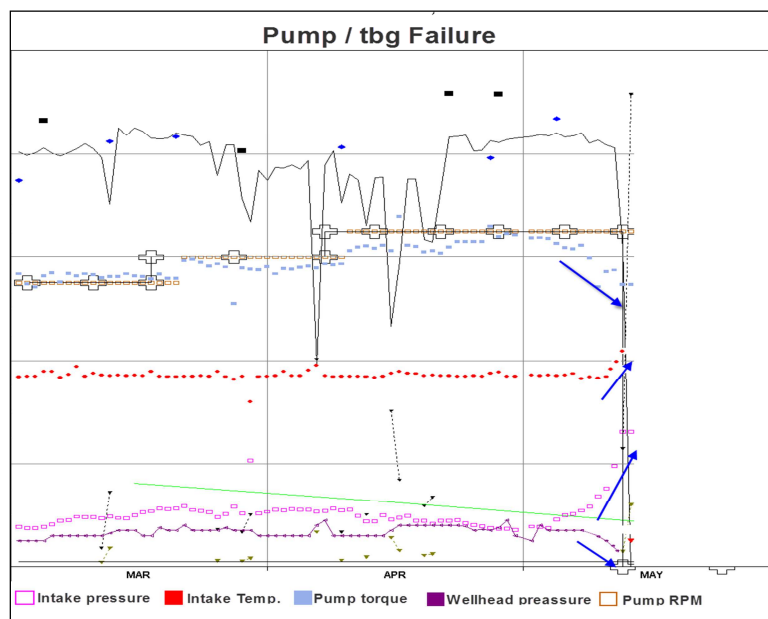


Figura 20

Por último, la cuarta alarma que se desarrolló es la alarma Alto Torque (HT), cuyo objetivo principal es evitar el aprisionamiento de la bomba por arena. También puede ayudar a prevenir otros problemas menos habituales, tales como el espaciado incorrecto del rotor y la formación de emulsión (ambas incrementan el torque en la bomba y/o varillas), las cuales pueden causar fallas en la bomba o el tubing. La lógica de esta alarma se basa en la comparación del torque de la bomba con el torque promedio del pozo de las últimas 24 horas, si los aumentos en términos porcentuales están por encima del prefijado, la alarma se activa. En la figura 21 se observa la lógica detallada.

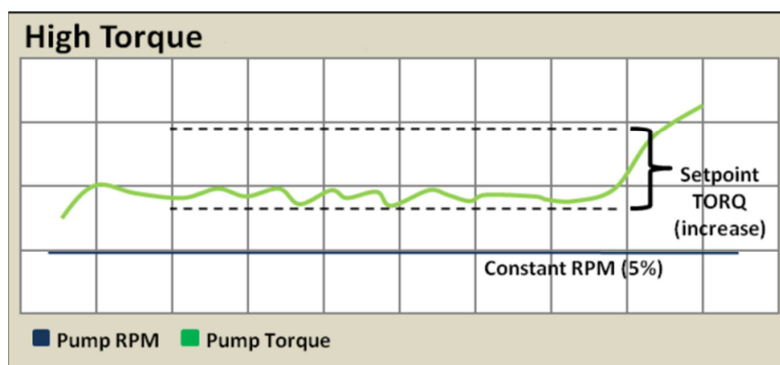


Figura 21

En la figura 22, se plantea cómo se vé esta falla en la realidad.

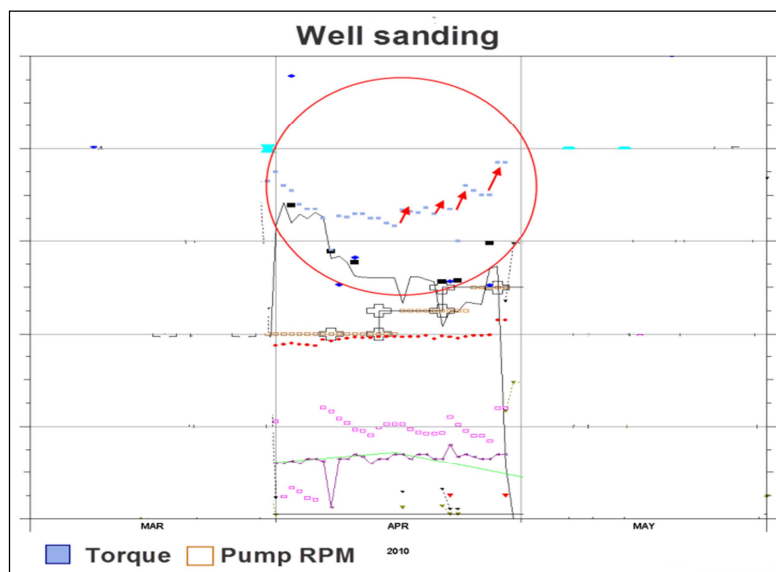


Figura 22

Conclusiones

El Proyecto puede considerarse exitoso desde varios puntos de vista, principalmente, por la confianza que adquirió, siendo una herramienta de ayuda, no de reemplazo de recursos humanos.

Se pueden enumerar los logros de la siguiente manera:

- Reducción de pérdidas de producción: se detectó una reducción de pérdidas de producción de hasta un 70% en las causas en donde aplica directamente; sólo por la rápida detección de las fallas.
- Con el avance del proyecto, se verificó que es satisfactorio, sólo si se aplica en el modo “big bang”, es decir, la mayor cantidad de pozos en el menor tiempo posible; y además, si se monitorea de la forma ABC.
- Requiere de un cambio cultural en las personas, es decir, es necesario hacer “docencia” en cuanto a que es una herramienta muy poderosa para la detección de las causas, no reemplaza personas.
- Se ven las alarmas inteligentes como una ayuda potencial para reducir las pérdidas de producción debido a las caudas que involucran montaje de equipos de torre; debido a que las mismas alertan cuando las condiciones operativas de los pozos se modifican.

Referencias

[1] Este trabajo fue presentado en México (DF) en SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference; siendo originalmente el paper **SPE 152425: Decision – Making Breakthrough Technology**; Autores: Damián Fernández (Pluspetrol S.A.), Matías Vidal & Diego Festini (Weatherford International de Arg).

[2] **EXPLORACIÓN Y DEARROLLO DEL TREN DE PETRÓLEO PESADO DEL RÍO COLORADO, MARGEN NORORIENTAL DE LA CUENCA NEUQUINA, ARGENTINA**; VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos; Autores: Martín Cevallos, Diego Vaamonde, Manuela Rivero, Christian Rojas, Hyung Joo Kim, Tania Galarza, Pablo Legarreta; Petroandina Resources Limited.