

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN E
INGENIERÍA MEDIANTE EL GERENCIAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN
EL CAMPO CASABE, ECOPETROL S.A.**

OLGA CECILIA AGUDELO SALDARRIAGA

MAURO MARTIN AMAYA LLINAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA
2014**

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN E
INGENIERÍA MEDIANTE EL GERENCIAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN
EL CAMPO CASABE, ECOPETROL S.A.**

OLGA CECILIA AGUDELO SALDARRIAGA

MAURO MARTIN AMAYA LLINAS

**Proyecto presentado como requisito para optar por
el Título de Especialista en Gerencia de Hidrocarburos**

Director

ING. FERNANDO E. CALVETE GONZALEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA
2014**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	16
1. DIAGNOSTICO DE LA PROBLEMÁTICA DEL MANEJO DE LA INFORMACION .	17
1.1 HISTORIA DEL CAMPO CASABE.....	17
1.2 DIAGNOSTICO DE LA PROBLEMÁTICA.....	19
1.2.1 TIEMPOS ANTERIORES DE BÚSQUEDA Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	20
1.2.2 MAPAS DE PROCESOS ANTERIORES.....	21
1.2.3 MATRIZ RACI ANTERIOR.....	23
1.3 ORGANIZACIÓN ANTERIOR DE LA INFORMACION.....	24
2. ESTRATEGIA, ANÁLISIS DE LA INFORMACION Y DISEÑO DE LA SOLUCION .	30
2.1 ESTRATEGIA PARA EL MANEJO DE LA INFORMACION.....	30
2.2 MAPAS DE PROCESOS PROPUESTOS.....	31
2.3 MATRIZ RACI OPTIMIZADA.....	32
2.4 DISEÑO DE LA SOLUCION.....	33
3. IMPLEMENTACION DE LA SOLUCION.....	36
3.1 FUNCIONAMIENTO DE LA SOLUCION.....	36
3.2 EJEMPLOS DE UTILIZACION.....	41
3.2.1 PROCESO DE PRODUCCION.....	41
3.2.2 PROCESO DE INYECCION DE AGUA.....	45
3.2.3 PROCESO DE INGENIERIA DE SUBSUELO.....	47
3.3 MANEJO DEL CAMBIO.....	48
4. EVALUACION DE LA SOLUCION.....	50
4.1 REVISION DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS PROCESOS OPTIMIZADOS.....	50
4.1.1 TIEMPOS DE BÚSQUEDA Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	50
4.1.2 VALORACION DEL GRADO DE SINERGIA ENTRE LAS DIFERENTES AREAS	53
4.1.3 VALORACION DEL NIVEL DE UTILIZACION DE LA SOLUCION.....	55
4.1.4 RECOMENDACIONES PARA FUTUROS DESARROLLOS ADICIONALES.....	56
4.2 BENEFICIOS ECONOMICOS Y EVALUACION FINANCIERA.....	57
CONCLUSIONES.....	61

RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	64

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. EJEMPLO DE TIPO DE INFORMACIÓN INVOLUCRADA EN LOS PROCESOS DE INYECCIÓN-PRODUCCIÓN DEL CAMPO CASABE.....	24
TABLA 2. ALGUNAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL PROCESO PROPUESTO: “MONITOREO DE PARÁMETROS OPERACIONALES PARA POZOS PRODUCTORES”.....	32
TABLA 3. EJEMPLO DE PLANTILLA PARA CARGA DE PERFILES DE INYECCIÓN, SARTAS SELECTIVAS DE INYECCIÓN DE AGUA.	36
TABLA 4. ENTREGABLE DEL ANÁLISIS REALIZADO	44
TABLA 5. TIEMPOS DE DURACIÓN DE ALGUNAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE MONITOREO DE POZOS.....	51
TABLA 6. TIEMPOS DE DURACIÓN DE ALGUNAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE CARGA DE DATOS DE INYECCIÓN.....	52
TABLA 7. TIEMPOS DE DURACIÓN DE ALGUNAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA GENERACIÓN DE REPORTE.	52
TABLA 8. BASES DE CÁLCULOS, REDUCCIÓN DE TIEMPO DE INGENIEROS	57
TABLA 9. BASES DE CÁLCULOS, REDUCCIÓN EN LA PRODUCCIÓN DIFERIDA ..	58
TABLA 10. BASES DE CÁLCULOS, INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN	58
TABLA 11. TOTAL DE INGRESOS Y/O AHORROS	59
TABLA 12. BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN.....	59
TABLA 13. CÁLCULOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA	60
TABLA 14. RESULTADOS.....	60

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN CAMPO CASABE	17
FIGURA 2. METODOLOGÍA DE TRABAJO DEL LEVANTAMIENTO DE LOS PROCESOS.....	22
FIGURA 3. MODELO MATRIZ RACI	23
FIGURA 4. ORGANIZACIÓN ANTERIOR DE DATOS PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS PARÁMETROS DE LOS POZOS RECIENTEMENTE PERFORADOS.....	25
FIGURA 5. ORGANIZACIÓN ANTERIOR DE DATOS PARA EL SEGUIMIENTO DE PATRONES INYECCIÓN-PRODUCCIÓN	25
FIGURA 6. ORGANIZACIÓN ANTERIOR DE LOS PARÁMETROS DEL “INFORME DIARIO DE INYECCIÓN”	26
FIGURA 7. APLICACIÓN ANTERIOR PARA LOS PERFILES DE INYECCIÓN: “TRAZADOR”, EN FOXPRO.	26
FIGURA 8. ESQUEMA DE UNA SARTA SELECTIVA DE INYECCIÓN DE AGUA.....	27
FIGURA 9. ORGANIZACIÓN ANTERIOR DEL HISTÓRICO DE PERFILES DE INYECCIÓN Y CAMBIOS DE LAS VÁLVULAS REGULADORAS DE FLUJO.....	28
FIGURA 10. DIMENSIONES DEL NEGOCIO: PERSONAL-PROCESOS-TECNOLOGÍA (MODIFICADO DE S. MOCHIZUKI, SPE 2006).....	30
FIGURA 11. ELIMINACIÓN Y REPLAZO DE NUMEROSAS BASES DE DATOS.	33
FIGURA 12. COMPONENTES DEL DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	34
FIGURA 13. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	35
FIGURA 14. PANTALLA DE VALIDACIÓN DE PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	37
FIGURA 15. REPORTE PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN.....	38
FIGURA 16. FILTRO LLEVADO A EXCEL	38
FIGURA 17. PANTALLA INICIAL DEL VISUALIZADOR DE MYSIP	39
FIGURA 18. EJEMPLO 1, PANTALLA DE VISUALIZACIÓN MYSIP	40
FIGURA 19. EJEMPLO 2, PANTALLA DE VISUALIZACIÓN MYSIP	40
FIGURA 20. FICHA DE POZO PRODUCTOR	41
FIGURA 21. REPORTE DE DIFERIDA DE PRODUCCIÓN	43
FIGURA 22. EJEMPLO DE PERFIL DE INYECCIÓN EN SARTA SELECTIVA.	46
FIGURA 23. BLOQUES DEL CAMPO	47
FIGURA 24. ANÁLISIS PATRÓN PRODUCTOR-INYECTOR.....	47
FIGURA 25. LA GESTIÓN DEL CAMBIO COMO CRITERIO BÁSICO PARA EL ÉXITO DEL PROYECTO.....	48

FIGURA 26. NUEVO PROCEDIMIENTO PARA RECOMENDACIONES Y SEGUIMIENTO DE EJECUCIONES DE ACCIONES DE LAS DIFERENTES ÁREAS..	54
FIGURA 27. DESARROLLOS FUTUROS DE LA SOLUCIÓN	56

LISTADO DE GRAFICAS

GRÁFICA 1. DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS	21
GRÁFICA 2. ORGANIZACIÓN ANTERIOR DE SEGUIMIENTO DE INDICADORES: PRODUCCIÓN E INYECCIÓN.....	29
GRÁFICA 3. ORGANIZACIÓN ANTERIOR DEL HISTÓRICO DE DIFERIDAS.	29
GRÁFICA 4. GRÁFICA DE NIVELES	42
GRÁFICA 5. GRÁFICAS CROSS PLOT	42
GRÁFICA 6. RESULTADO DE LA EJECUCIÓN DE LAS RECOMENDACIONES GENERADAS	45
GRÁFICA 7. DIFERIDA DE INYECCIÓN.....	46
GRÁFICA 8. PORCENTAJES DE LOS TIEMPOS DE TRABAJO POSTERIORES A LA IMPLEMENTACION.....	50
GRÁFICA 9. ESTADÍSTICAS DE SOLICITUDES CARGADAS Y EJECUTADAS ENTRE LAS DIFERENTES ÁREAS.....	55
GRÁFICA 10. TIEMPO DE PAGO	60

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A. TIEMPOS DE BUSQUEDA Y PROCESAMIENTO DE DATOS	<i>ADJUNDTO EN EL CD</i>
ANEXO B. MAPAS DE PROCESO ANTERIORES Y PROPUESTOS.....	<i>ADJUNDTO EN EL CD</i>
ANEXO C. MATRICES RACI ANTERIORES Y OPTIMIZADAS ...	<i>ADJUNDTO EN EL CD</i>
ANEXO D. EJEMPLO DE DISEÑO DE UN FLUJO DE TRABAJO PARA EL AREA DE INGENIERIA.....	<i>ADJUNDTO EN EL CD</i>
ANEXO E. RESULTADO ENCUESTA PARA MEDIR NIVEL DE ACEPTACION Y UTILIZACION DE LA SOLUCION	<i>ADJUNDTO EN EL CD</i>
ANEXO F. ENCUESTAS DILIGENCIADAS	<i>ADJUNDTO EN EL CD</i>

RESUMEN

TITULO: MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN E INGENIERÍA MEDIANTE EL GERENCIAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN EL CAMPO CASABE, ECOPETROL S.A.¹

AUTORES: OLGA CECILIA AGUDELO SALDARRIAGA
MAURO MARTIN AMAYA LLINAS²

PALABRAS CLAVES: Manejo de la información, flujos de información, aplicación para producción, aplicación para inyección de agua, optimización de procesos.

Este trabajo presentará inicialmente, un diagnóstico de los problemas del pasado en el manejo de la información del Campo Casabe, mediante la documentación de la información utilizada en producción e ingeniería, la revisión de los procesos anteriores, el cálculo de los tiempos de búsqueda de información y generación de reportes necesarios para el posterior análisis de los datos y el análisis de las pérdidas de producción, teniendo en cuenta el incremento en las actividades de los últimos años.

Posteriormente, se mostrará cómo se creó una única plataforma para la organización de la información utilizada en las áreas de Producción, Ingeniería que incluye los flujos de información y la Matriz RACI por cada proceso, ya optimizado. Además, se implementó el uso de esta aplicación en las áreas mencionadas anteriormente, mejorando los procesos y procedimientos, utilizando un adecuado gerenciamiento del cambio.

Finalmente, este trabajo incluye la evaluación de la aplicación mediante el cálculo de los tiempos de búsqueda de información y creación de reportes necesarios para el análisis de los datos posteriores a la implementación de la solución, la generación de rutinas de revisión del funcionamiento de los procesos optimizados, la valoración del grado de sinergia entre las áreas de producción e ingeniería una vez implementada la aplicación, mediante la realización de encuestas a los funcionarios de las áreas involucradas con el fin de detectar el nivel de utilización de la aplicación. Con la implementación de esta herramienta tecnológica se buscó eliminar la multiplicidad de bases de datos, reducir el tiempo de búsqueda y organización de la información requerida para lograr un adecuado análisis y toma de decisiones por parte de los funcionarios involucrados en los diferentes procesos, a través de flujos de información completamente optimizados, permitiendo mejorar la productividad, reducir el costo operativo e incrementar la producción de crudo para cumplir con las metas de la compañía.

¹ Trabajo de grado

² Facultad de Ciencias Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Especialización en Gerencia de Hidrocarburos. Director: Ingeniero Fernando E. Calvete Gonzalez

ABSTRACT

TITLE: IMPROVEMENT OF PRODUCTION AND ENGINEERING ANALYSIS PROCESS THROUGH INFORMATION MANAGEMENT IN CASABE FIELD, ECOPETROL S.A³

AUTHORS: OLGA CECILIA AGUDELO SALDARRIAGA
MAURO MARTIN AMAYA LLINAS⁴

KEYWORDS: Information management, information workflows, application for production, application for water injection, optimization of processes.

The first stage of this work will show a diagnosis of information management problems in the past in Casabe field. This diagnosis will use documented information from production and engineering departments, review of past processes; amount of time spent in searching information and reports preparation for data analysis and lost production analysis. It will take into account the increase in activities of the last years.

Subsequently, it will describe the development of a unique platform to organize the information used in production, injection and engineering departments; including information workflows and RACI chart for each optimized process. The development followed an adequate change management, improving procedures and processes.

In the past a high volume of unstructured neither organized information in the production, injection and engineering departments led to a continuous lost in productivity due to not optimized either standardized processes and procedures.

The implementation of this technological tool brought important advantages like elimination of multiple databases, reduction of searching time and organization of required information; adding value on performing analysis and decision making process through optimized workflows. The results of the implementation led to productivity

Improvement on people, reduction of operative costs and increase oil production looking forward to fulfill the objectives of the company.

³ Grade working

⁴ Physicochemical Sciences Faculty, Institute of Petroleum Engineering, Specialization in Hydrocarbons Management. Director: Engineer, Fernando E. Calvete Gonzalez

GLOSARIO

AS: Avocet Surveillance, software

AVM: Avocet Volume Manager, software

Matriz RACI: matriz que describe los roles que un individuo juega al ejecutar una tarea o llevar a cabo una acción (*Responsible - Accountable - Consulted - Informed*)

MySIP: Aplicación para el “**M**onitoreo y **S**eguimiento de la Inyección y la **P**roducción.”

OPEX: costos de operación

Perfiles de inyección: registros para determinar la distribución de agua por capa en pozos de inyección de agua

PHVA: Ciclo **P**lanear, **H**acer, **V**erificar y **A**ctuar

Sarta Selectiva de Inyección de agua: Sistema de completamiento de pozos inyectoros que utilizan reguladores de flujo de inyección de agua lo cual permite restringir las tasas de inyección de determinadas capas, independientemente de la presión, la permeabilidad, el factor de daño o cualquier otro factor que normalmente afectaría el flujo.

SIS: *Schlumberger Information Solutions*

Válvulas reguladoras de flujo: válvulas que permiten el control de caudal de agua por capa en una instalación de sarta selectiva de inyección de agua.

VRR: Tasa de reemplazo volumétrico (*Voidage Replacement Ratio*)

Workover: Trabajos efectuados en un pozo, posteriores a su terminación, con el fin de mejorar su productividad, integridad o inyectividad, tales como el abandono o aislamiento de zonas, la perforación o re-perforación de nuevas o viejas zonas productivas, estimulaciones, fracturamiento, reparaciones del revestimiento, cementaciones o conversión de la finalidad del pozo, así como la instalación, retiro, cambio o reparación de los equipos o sistemas de levantamiento artificial o cualquier modificación en la terminación del pozo.

INTRODUCCIÓN

En general, el trabajo desarrollado: “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN E INGENIERÍA MEDIANTE EL GERENCIAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN EL CAMPO CASABE, ECOPETROL S.A.”, comprende el desarrollo de varios capítulos con el fin de presentar la problemática del manejo de la información que se generó en el Campo Casabe con el incremento de la actividad debido a la realización de un Proyecto de redesarrollo a gran escala y como se solucionó.

Inicialmente, se trabajó en el Diagnóstico de la problemática del manejo de la información, mostrando como se presentaba la existencia de múltiples fuentes de datos sin depurar y con discrepancia entre estos, procesos y procedimientos no estandarizados, optimizados, documentados, ni validados por personal idóneo; no existencia de fuentes oficiales de información sensible para la operación y de una matriz RACI clara para cada uno de los procesos.

Luego se desarrolló la estrategia, análisis de la información y diseño de la solución MySIP, involucrando buena cantidad de procesos complejos, la integración de equipos multidisciplinarios y la obtención constante de información que exigió un gran análisis con el fin de asegurar una adecuada toma de decisiones para lograr las metas de producción planteadas, obligando a tener un mayor monitoreo y control de la producción de petróleo y la inyección de agua. Aquí se tuvo en cuenta la creación de nuevas Matrices RACI, la eliminación de numerosas bases de datos y la creación de un módulo para el cargue de la información y otro para la visualización de la información.

Posteriormente y por todo lo anterior, se realizó la implementación de una solución integral de gestión de la información que incluye el análisis del flujo de la información en los principales procesos (producción, inyección de agua e ingeniería), la implementación de tecnología basada en dichos procesos y una gestión del cambio para asegurar el éxito del proyecto.

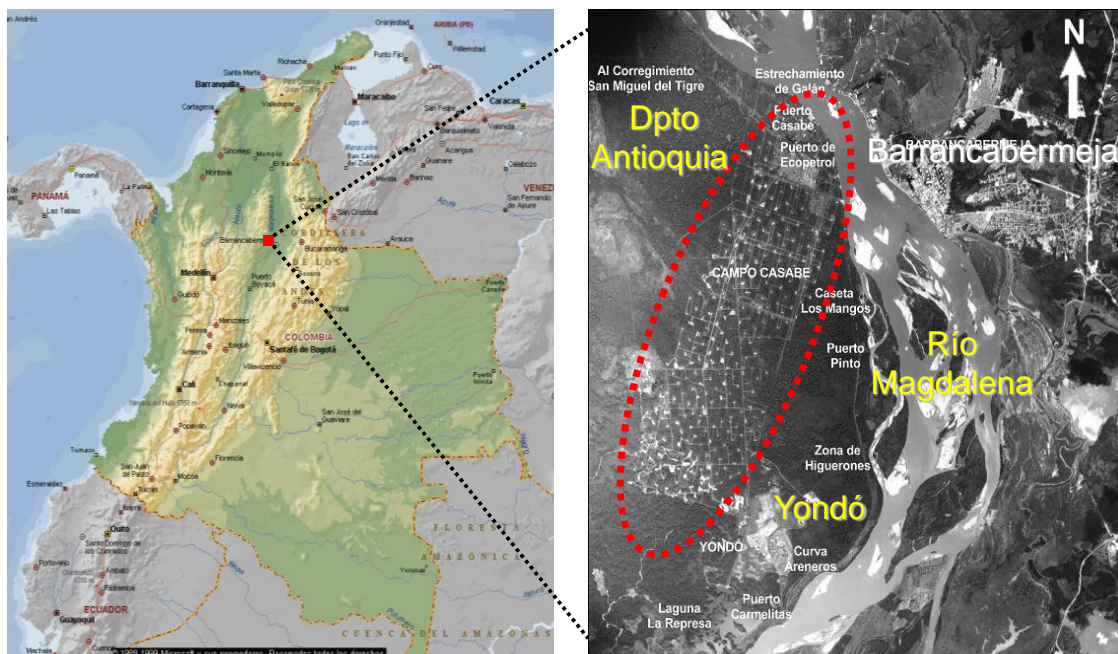
Finalmente y una vez puesta en producción, se evaluó el funcionamiento de la solución, para lo cual se realizaron mediciones de los nuevos tiempos de búsqueda, procesamiento de datos y el tiempo dedicado al análisis. Además, se realizó la valoración del grado de sinergia entre las áreas de producción, inyección e ingeniería.

1. DIAGNOSTICO DE LA PROBLEMÁTICA DEL MANEJO DE LA INFORMACION

1.1 HISTORIA DEL CAMPO CASABE

El Campo Casabe está localizado geográficamente en el Municipio de Yondó (Departamento de Antioquia), sobre la margen occidental del Río Magdalena, frente a la ciudad de Barrancabermeja (Departamento de Santander), en la parte central de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena. Se encuentra limitado al Este por el Río Magdalena, al Oeste por la vereda El Cóndor, al Norte por la vereda San Miguel del Tigre y el Río Magdalena y al Sur por el Municipio de Yondó, donde se encuentran las instalaciones para su manejo operativo (Figura 1).

Figura 1. Ubicación Campo Casabe



Fuente: Autores

El área del Campo Casabe presenta una extensión aproximada de 280 kilómetros cuadrados incluyendo el Campo Casabe Sur y el Campo Peñas Blancas, localizados

al Sur. Operativamente el Campo Casabe está dividido en ocho bloques, encontrando el Bloque I localizado en el extremo sur y el Bloque VIII al extremo norte.⁵

A Marzo del año 2004, después de más de 20 años de recobro secundario, se tenía un acumulado total de producción de petróleo de 285 millones de barriles pero la producción y la inyección habían declinado a 5,400 BOPD y 29,400 BWPD respectivamente, convirtiéndose dentro del portafolio de negocios de ECOPETROL en un campo marginal. Bajo este escenario, ECOPETROL realizó una Alianza Estratégica de Explotación con la compañía SCHLUMBERGER, para revalorizar el campo Casabe, mediante el aumento de producción y reservas, a través de la aplicación de nuevas tecnologías, técnicas de manejo de yacimientos y reducción de costos.⁶

Este redesarrollo del Campo Casabe ha implicado la perforación adicional de 330 pozos inyectores y productores, trabajos de *workover* en 170 pozos inyectores y 150 pozos productores.

Una de las nuevas tecnologías aplicadas en esta etapa del campo es el completamiento selectivo para inyección de agua, el cual es diseñado para controlar el caudal de inyección en cada arena o grupo de arenas abiertas en un pozo inyector y mejorar la eficiencia de barrido y extracción en cada una de las arenas de los diferentes yacimientos coexistentes en el subsuelo de Casabe.⁷

El diseño, implementación y seguimiento de esta tecnología ha traído como consecuencia el manejo de una gran cantidad de datos, variables y nuevos análisis, el cual no ha sido cubierto por ningún software del mercado.

⁵ C. Restrepo, ACIPET, R. Jimenez, A. Azancot, R. Rubiano, W. Gambaretto, A. Suter, Schlumberger, C. Leal, O. Agudelo, M. Amaya, Ecopetrol. Estrategia de completamiento de pozos en un campo maduro con inyección de agua. ACIPET 2011.

⁶ Contrato de servicios y colaboración técnica, Ecopetrol S.A, Schlumberger, 2004

⁷ O. Agudelo (Ecopetrol), M. Amaya (Ecopetrol), G. Núñez (Schlumberger), J. Hernández (Schlumberger), N. Hernández (Ecopetrol). Implementación de completamientos de inyección selectiva en un campo maduro. ACIPET 2011

1.2 DIAGNOSTICO DE LA PROBLEMÁTICA

La era de la tecnología ha traído grandes avances, pero ha generado también, gran cantidad de información en todas las industrias y la petrolera no es la excepción. En la industria de los hidrocarburos se genera información minuto a minuto la cual es muy valiosa siempre y cuando se encuentre organizada y sea precisa, confiable, oportuna, adaptable a las necesidades y que permita integrar los diferentes procesos.

El Campo Casabe de Ecopetrol S.A, se enfrenta a un gran desafío debido al crecimiento de las actividades en los procesos de producción e inyección, los cuales requieren de un permanente monitoreo y control de las diferentes variables, generando un gran volumen de información. Anteriormente se consumía una gran cantidad de tiempo en la búsqueda y organización de la información para la toma de decisiones (el 80 % del tiempo de los Ingenieros se empleaba en la búsqueda de datos y el 20% en su análisis), originando disminución en la productividad y toma de decisiones erróneas. El no tener información y datos estructurados traía como consecuencia que muchos procedimientos y procesos se realizaran de forma subjetiva, en ocasiones sin sustento técnico y de manera no oportuna impactando la producción del campo al ocasionar una alta producción diferida. Debido a la no integración de los procesos operativos y los diferentes grupos de trabajo de las áreas de Ingeniería, Control de Inyección y Control de Producción, a través de un eficiente sistema de información, se presentaba una pérdida continua de curva de aprendizaje y de información sensible que a su vez no permitía una eficiente transferencia de conocimiento hacia el personal nuevo.

Todo lo anterior fue el resultado de una suma de factores como: la existencia de múltiples fuentes de datos sin depurar y con discrepancia entre estos, procesos y procedimientos no estandarizados, optimizados, documentados, ni validados por personal idóneo; no existencia de fuentes oficiales de información sensible para la operación y de una matriz RACI clara para cada uno de los procesos.

En resumen, los principales problemas que se presentaban en cuanto al manejo de datos eran:

Información Histórica:

- No existía un único repositorio estructurado para los datos de producción.

Múltiples bases de datos:

- Duplicidad de datos
- Acceso deficiente a los datos
- Falta de control sobre los datos
- Bases de datos que llegaron al límite de almacenamiento

Integración:

- No existía integración entre las bases de datos y las aplicaciones

Eficiencia:

- 80% del tiempo de los ingenieros se empleaba en la búsqueda de la información y 20% en su análisis para toma de decisiones de producción.

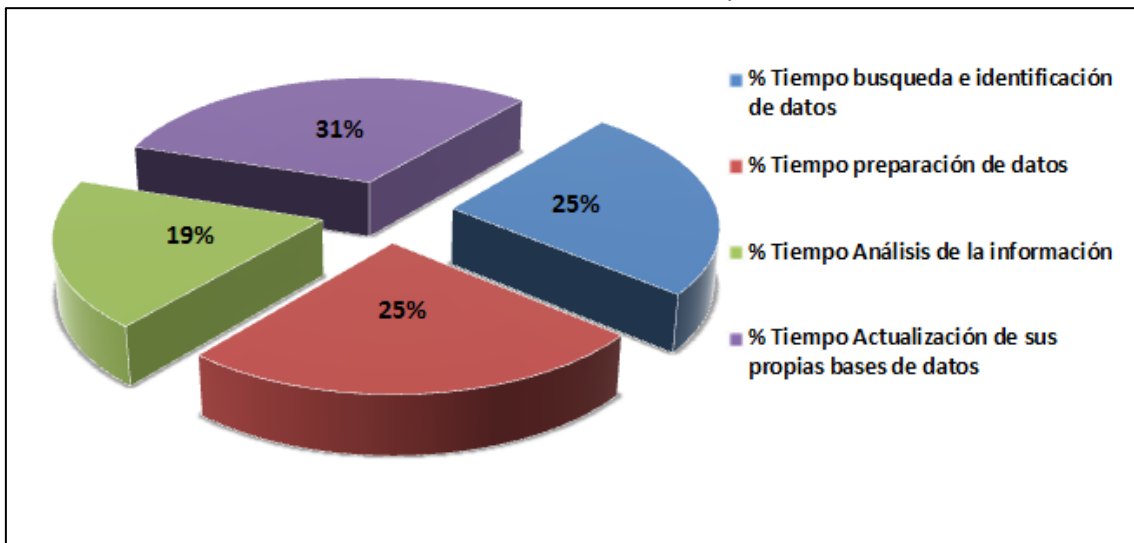
Para la actividad actual y futura del Campo Casabe era esencial la implementación de una solución integral de gestión de información que incluyera flujos de trabajo optimizados para los diferentes procesos y la gestión del cambio requerida para evitar el incumplimiento constante de los indicadores de desempeño, el incremento de la producción diferida, el aumento de los costos de operación, la pérdida progresiva del conocimiento clave, el re-trabajo y desmotivación del personal involucrado en los diferentes procesos.

1.2.1 TIEMPOS ANTERIORES DE BUSQUEDA Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Con el fin de tener parámetros de comparación antes y después de la implementación de la nueva solución, se cuantificó el tiempo que los ingenieros dedicaban a la búsqueda, organización y procesamiento de datos necesarios para el cumplimiento de sus funciones.

En la Gráfica 1 se muestra el porcentaje de tiempo de trabajo que los ingenieros de las diferentes áreas dedicaban a la búsqueda, actualización, preparación y análisis de la información.

Gráfica 1. Distribución de tiempos



Fuente: Autores

En el Anexo 1 se muestra el detalle del estimado de los tiempos anteriores a la implementación de la solución para los diferentes procesos que se realizan en las áreas de Control de inyección, Control de Producción e Ingeniería.

1.2.2 MAPAS DE PROCESOS ANTERIORES

Con el fin de conocer la situación de cada uno de los procesos y aunque las áreas objetivo del proyecto eran producción e inyección, se realizó el levantamiento de 17 mapas de procesos orientados hacia los flujos de datos de información que se llevaban a cabo en todas las áreas: yacimientos, ingeniería, producción e inyección, ya que era esencial conocer todos los flujos de trabajo que se llevan a cabo entre las diferentes áreas.

Como metodología de trabajo, se parte de una documentación inicial existente de los procesos de inyección de agua con sarta selectiva y procesos de producción. A partir de esta información y de un conocimiento preliminar de la organización del proyecto Casabe, se genera un plan de entrevistas y talleres con el fin de mapear los diferentes procesos que se ejecutan en las diferentes áreas. La implementación de este flujo de trabajo tiene como propósito documentar la situación actual de los diferentes procesos y plantear los nuevos flujos propuestos ya optimizados (Figura 2).

Figura 2. Metodología de trabajo del levantamiento de los procesos



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Algunos de los procesos de flujo de datos levantados fueron:

Ingeniería y Yacimientos:

- Seguimiento de volúmenes de producción por pozo y por patrón.
- Seguimiento de volúmenes de inyección por pozo, intervalo y patrones.
- Pruebas de inyección por pozo.
- Determinación del potencial de inyección (determinación de la tasa inicial de inyección)
- Seguimiento de relación de reemplazo volumétrico en el yacimiento (VRR), patrones, bloques.
- Proceso para la selección de pozos candidatos a *workover* y perforación.

Producción e inyección:

- Monitoreo de parámetros operacionales para pozos productores.
- Monitoreo de parámetros operacionales para pozos inyectoros.
- Determinación del potencial de producción.
- Jerarquización de pozos productores candidatos a instalación de controladores.
- Seguimiento al inventario e historial de las válvulas reguladoras de inyección de agua.
- Estadística de fallas en pozos productores e inyectoros.

En el Anexo 2 se presentan los Mapas de procesos levantados en las diferentes áreas y muestran tanto la manera como se venían realizando los procesos anteriormente como los procesos propuestos una vez optimizados. En la página 4 de este Anexo, se presenta por ejemplo, el proceso anterior para el “Monitoreo de parámetros operacionales para pozos productores”

1.2.3 MATRIZ RACI ANTERIOR

La matriz RACI describe los papeles y las responsabilidades de las personas encargadas de entregar un proyecto o de operar un proceso. R A C I son las iniciales que describen los roles que un individuo juega al ejecutar una tarea o llevar a cabo una acción (Figura 3).

Figura 3. Modelo Matriz RACI

R	Responsible: "Hace la tarea" Identifica la función (es) que es asignada para ejecutar una actividad en particular. El grado de responsabilidad es definida por el Accountable. Pueden hacer múltiples R para una actividad.
A	Accountable: "Responsable de que se haga la tarea" Responsable final de la conclusión de la actividad. Es quien tiene la capacidad de decir "sí" o "no". Únicamente debe existir una A por cada actividad. Esta responsabilidad no puede ser delegada
C	Consulted: "En el flujo" Identifica las funciones que deben ser consultadas antes que una actividad sea finalizada. Es una comunicación de ida y regreso.
I	Informed: "FYI" Identifica la función (es) que deben ser informadas sobre la conclusión o resultado de la actividad. Es una comunicación en un solo sentido.

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Durante el levantamiento inicial de cada uno de los procesos, se realizó también la Matriz RACI para cada uno de ellos con el fin de identificar las personas involucradas en la ejecución de cada tarea que conforma cada proceso. Esta Matriz RACI muestra cómo era la distribución de roles antes de la implementación de MySIP.

En el Anexo 3 se muestra dos ejemplos tanto de las Matrices RACI anteriores como de las finales las cuales contienen las modificaciones una vez los procesos fueron optimizados.

1.3 ORGANIZACIÓN ANTERIOR DE LA INFORMACION

En un campo de recuperación secundaria con inyección de agua son numerosos los datos y variables involucradas haciéndose necesario realizar un ordenamiento y procesamiento adecuado de tal manera que permitan ser utilizados para un análisis eficiente y por consiguiente en toma de decisiones acertadas.

En el Campo Casabe, se manejan gran cantidad de información y numerosas variables. En la Tabla 1 se relaciona alguna de esta información.

Tabla 1. Ejemplo de tipo de información involucrada en los procesos de inyección-producción del Campo Casabe.

CONTROL DE PRODUCCION	CONTROL DE INYECCION	YACIMIENTOS	INGENIERIA
Bombeo mecánico	Datos de PIA	PVT	Pruebas de inyectividad
PCP	Paradas de PIA	Registros Petrofísicos	Gradientes
Pruebas de pozo	Datos pozos inyectoros	Desviaciones de pozos	Pruebas de presión
Datos de TWM	Paradas de pozo	Marcadores geológicos	Propuestas de completamiento
Análisis de laboratorio	Manejo de química	Datos de pozos	Estados mecánicos
Potenciales	Recomendaciones	Análisis de crudo	Curva de niveles
Recomendaciones	Potenciales		Registros hueco revestido
Paradas de pozo	Datos pozos captadores		Candidatos fractura
Servicios a pozos	Datos de Perfiles de inyección		
Diferidas de producción	Datos de Sartas Selectivas (mandriles/válvulas)		
	Datos de VRF (solicitudes, revisiones, diseños)		

Fuente: Autores

Anteriormente, la información del Campo para los diferentes procesos de Control de producción, Control de Inyección e Ingeniería se llevaba principalmente en hojas de Excel (Figuras 4, 5, 6). En el caso particular del registro e histórico de los perfiles de inyección se utilizaba una aplicación llamada "Trazador" la cual estaba en lenguaje FoxPro (Figura 7).

Figura 6. Organización anterior de los parámetros del “Informe diario de inyección”

INFORME DIARIO DE INYECCIÓN									
DICIEMBRE/09/09		Presion de succion:113.				ALTA: 2338. BAJA: 1948. P 1002B, 2C. P 1001B. VV REFUERZO AGUA INDUSTRIAL ABIERTA. HORA: 17:30.			
Pozos de Captación E/S: 8R; 10; 11; 12: 14.					F/S: 9, Disponible: 0				
CONDICIONES ANTES					CONDICIÓN DESPUÉS				
Pozo	Múlt	Área	Presión	Caudal	Observación	Caudal	Presion	Observación	
1235	53	3BA	2250	1500	V.W.T.A.	1500	2250	V.W.T.A. SE TOMO TRAZADOR.	
748	56	3A1	****	****	CERRADO A INYECCION.	****	****	ABIERTO A INY. PENDIENTE REG. @ 188 BWP	
749	56	3A2	****	****	CERRADO A INYECCION.	****	****	ABIERTO A INY. PENDIENTE REG. @ 188 BWP	
1267	44	***	****	****	CERRADO POR FUGA EN BRIDA.	****	****	ABIERTO A INY. PENDIENTE REG. @ 688 BWP	
682	25	8B2	****	****	CERRADO POR FUGA EN BRIDA.	****	****	ABIERTO A INY. PENDIENTE REG. @ 688 BWP	
683	25	8B1	****	****	ABIERTO A INYECCION.	****	****	ABIERTO A INY. PENDIENTE REG. @ 1888 BWP	
859	59	1B2	2300	455	V.W.T.A.	455	2300	V.W.T.A.	
820	55	2B2	****	****	ABIERTO A INYECCION.	****	****	CERRADO POR TOMA DE GRADIANTE.	
880	63	1B2	2250	10	V.W.T.A.	10	2250	V.W.T.A.	
932	68	1A1	1750	200	V.W.T.A.	200	1750	V.W.T.A.	
PC-12		PAF- 86	PDF- 84	Q- 13500 BWP.		N- 46,9 MTS.			
		V- 383,2 V.	J- 72,3 A.	PIP- 170,4 PSI		F- 50 Hz.			
OBSERVACIONES:					OPERADOR: ADRIAN AMAYA REYES.				
SE ABRIO HAND-OVER PARA TOMAR TRAZADOR EN CBE-1238 HS.					REG 01663				
SE ABRIO HAND-OVER PARA TOMAR TRAZADOR EN CBE-674 HS.									
SE CERRO HAND-OVER PARA TOMAR TRAZADOR EN CBE-1238 HS.									
SE CERRO HAND-OVER PARA TOMAR TRAZADOR EN CBE-765 HS.									
SE ABRIO PERMISO DE TRABAJO PARA LA APLICACION DE BIOCIDA EN LOS PC. MALCO.									
SE CERRO PERMISO DE TRABAJO PARA LA APLICACION DE BIOCIDA EN LOS PC. MALCO.									

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Figura 7. Aplicación antigua para los perfiles de inyección: “Trazador”, en FoxPro.

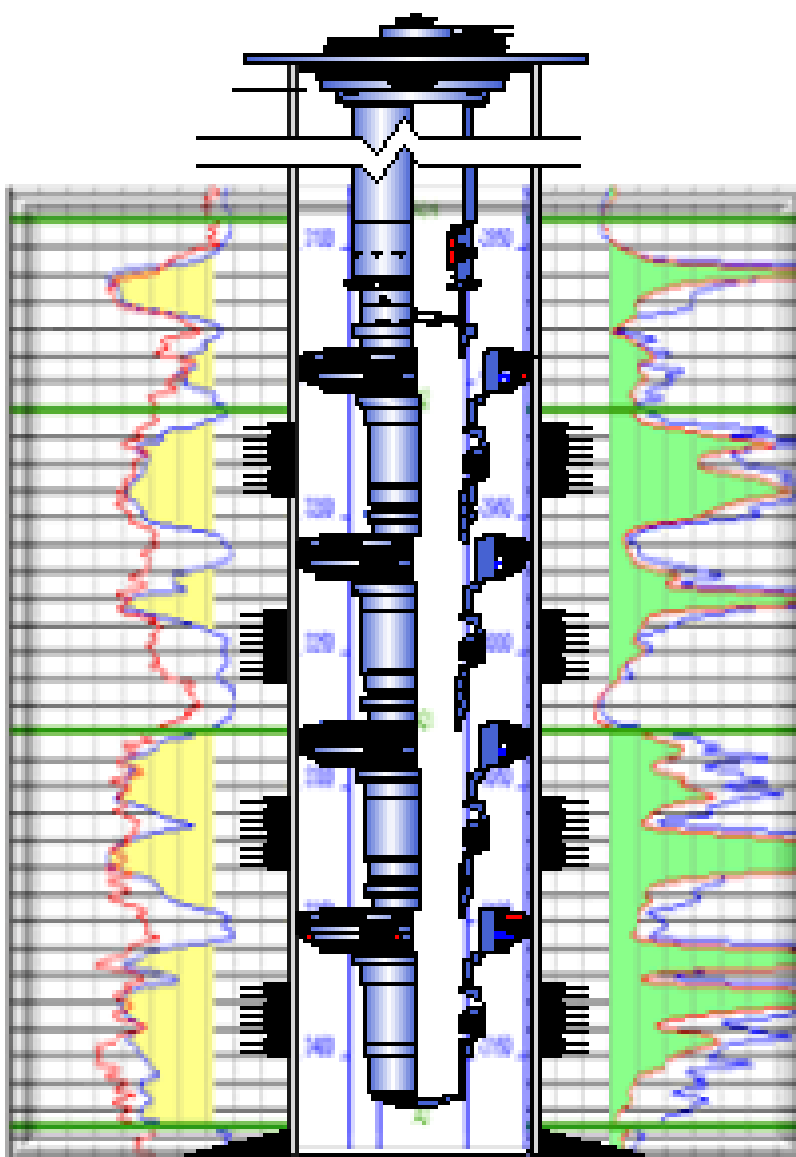
REGISTRO DE PERFILES DE INYECCION RADIATIVO CORRIDO EN EL POZO No: 517 A											
TRAZADOR NÚMERO :	7	8	9								
FECHA :	03/13/06	07/19/08	04/21/09								
BPD EN SUPERF. :	185	235	197								
BPD EN EQUIPO :	171	230	208								
PSI EN SUPERF. :	2240	1800	2060								
FONDO DETECT. :	5088	5085	5088								
EMPAQUE DETEC. :	4312	4312	4312								
***** % ** Inyec *Upd **** % ** Inyec *Upd ***** % ** Inyec *Upd **											
4347-4353	4	0.0	0.00	0.75	0.0	0.00	0.75	0.0	0.00	0.75	
4362-4372	8	0.0	0.00	0.59	0.0	0.00	0.59	0.0	0.00	0.59	
4462-4468	5	0.0	0.00	1.58	0.0	0.00	1.58	0.0	0.00	1.58	
4539-4547	7	23.4	5.70	2.09	26.5	8.70	2.28	16.3	4.90	2.44	
4565-4571	5	0.0	0.00	0.68	0.0	0.00	0.68	4.3	1.80	0.71	
4615-4621	5	0.0	0.00	0.19	17.8	8.20	0.29	0.0	0.00	0.38	
4625-4629	3	0.0	0.00	0.58	10.4	8.00	0.68	0.0	0.00	0.77	
4666-4676	8	77.2	16.50	4.57	23.9	6.90	4.90	25.5	6.60	5.07	
4719-4726	5	0.0	0.00	2.31	21.3	9.80	2.42	53.8	22.40	2.82	
4735-4740	4	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	
4873-4879	5	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	

BPD/PIE NETO :	2.92	3.90	3.53								
BPD/PIE INYECT. :	0.00	8.21	10.40								
% ARENAS INYECT. :	25.42	47.46	33.90								
Use ← → ↑ ↓ ó PgUp PgDn para mover; Home para inicio; End para Final; ESC Quitar											

Fuente: Ecopetrol Campo Casabe

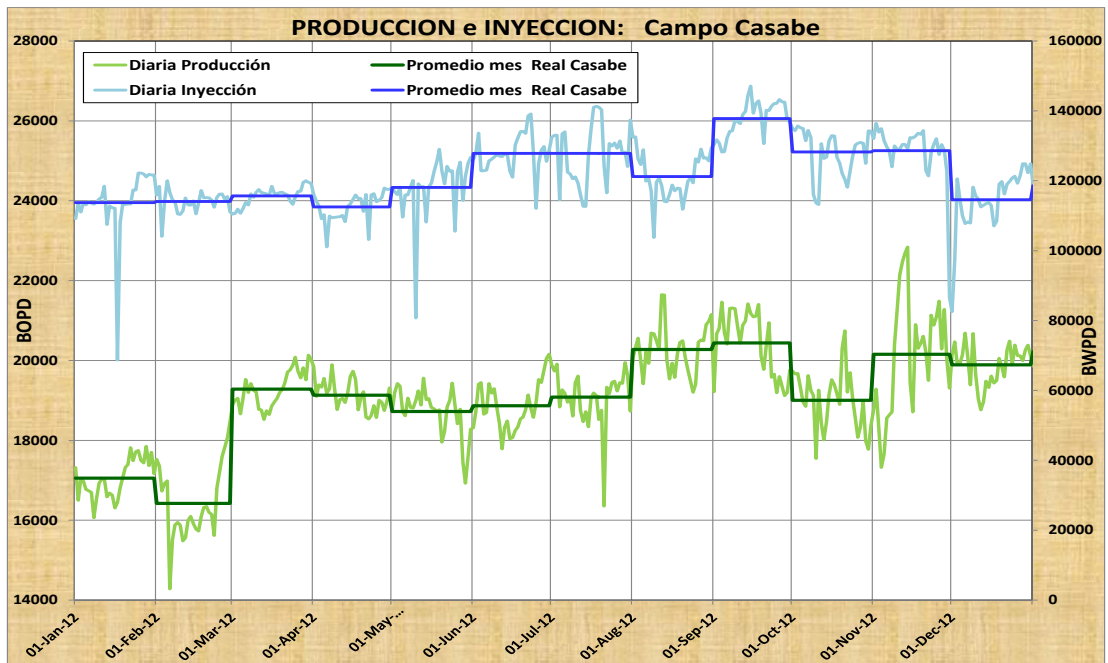
Con la implementación de las sargas selectivas de inyección de agua los datos referentes a los perfiles de inyección se aumentaron considerablemente ya que cada grupo de inyección tiene datos, variables y análisis que se deben realizar como si fuera un pozo particular (Figura 8) y debido a que la aplicación “Trazador” ya no era apta para esta nueva tecnología se vio en la obligación de empezar a cargar el histórico de perfiles de inyección y cambios de válvulas reguladoras de flujo en hojas de Excel (Figura 9) lo que convirtió el análisis del comportamiento de los perfiles de inyección en una tarea casi imposible.

Figura 8. Esquema de una Sarta Selectiva de inyección de agua.



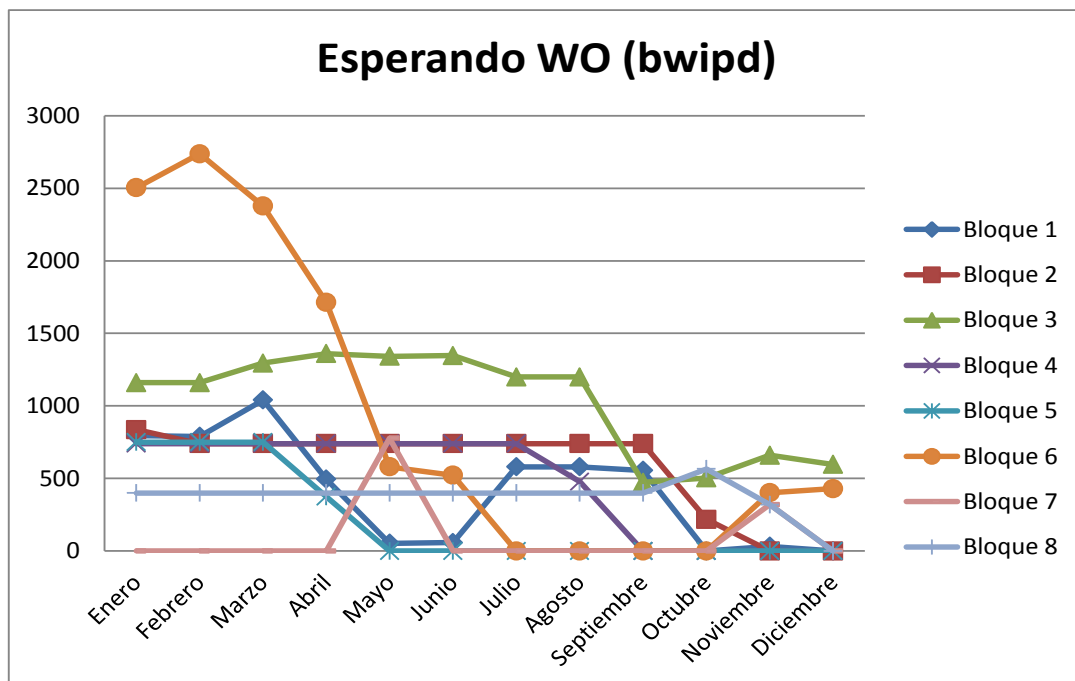
Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Gráfica 2. Organización anterior de seguimiento de indicadores: Producción e Inyección.



Fuente: Autores

Gráfica 3. Organización anterior del histórico de diferidas.



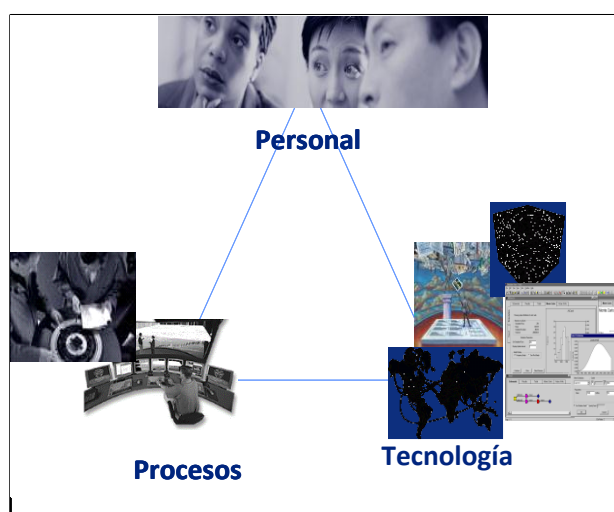
Fuente: Autores

2. ESTRATEGIA, ANALISIS DE LA INFORMACION Y DISEÑO DE LA SOLUCION

2.1 ESTRATEGIA PARA EL MANEJO DE LA INFORMACION

Los pilares fundamentales para el éxito de la adaptación a las nuevas tecnologías lo representan las tres dimensiones más importantes del negocio: Personal, Procesos y Tecnología.⁸ (Figura 10)

Figura 10. Dimensiones del Negocio: Personal-Procesos-Tecnología (Modificado de S. Mochizuki, SPE 2006)



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

De acuerdo con los resultados a nivel mundial de la Industria Petrolera, la implementación de optimización de procesos pueden generar los siguientes beneficios:

- Incremento de volúmenes de producción (2% - 10%)
- Reducción de costos entre un 5% y un 15%
- Incremento del factor de recobro (mediano-largo plazo)
- Mejor reacción ante cambios en la tendencia de producción de los campos
- Disminución de pérdidas de producción
- Reducción de tasa de declinación

⁸ S. Mochizuki, L.A. Saputelli, C.S. Kabir, R. Cramer, M.J. Lochmann, R.D. Reese, L.K. Harms, C.D. Sisk, J.R. Hite, A. Escorcia: Real-Time Optimization: Classification and Assessment, SPE Production & operations, Noviembre 2006, 456-458p.

Don Moore, Gerente del Departamento de Información de Occidental Petroleum, cita lo siguiente: “el manejo del dato es visto como la clave de acceso para la búsqueda de reservas y el seguimiento de la declinación de producción del activo”, adicionalmente comenta que el fortalecimiento del manejo de datos permitió a Occidental demostrar “Posible reducción de los gastos operacionales del 10-25 % reflejado en un incremento de la producción total del 7%”.⁹

Para la realización de este proyecto, se desarrolló una estrategia de trabajo que involucró numerosos y complejos procesos, la integración de equipos multidisciplinarios y la obtención constante de una gran cantidad de información que exigió un buen análisis con el fin de asegurar toma de decisiones adecuadas tanto para lograr las metas de producción planteadas como para hacer frente al crecimiento constante de la actividad del campo lo cual obliga a tener un mayor monitoreo y control tanto de la producción de petróleo así como de la inyección de agua.

Por todo lo anterior, el Campo Casabe requería de la implementación de una solución integral de gestión de información que incluyera el análisis del flujo de la información en los principales procesos, la implementación de tecnología basada en dichos procesos y una excelente gestión del cambio para asegurar el éxito del proyecto.

2.2 MAPAS DE PROCESOS PROPUESTOS

Una vez levantados y documentados los 17 flujos de trabajo que mostraban la situación anterior de los diferentes procesos se plantearon nuevos flujos ya optimizados los cuales están reflejados en la solución desarrollada a la cual se le llamó MySIP (Monitoreo y Seguimiento a la Inyección y la Producción).

En el Anexo 2, página 5, se presenta como ejemplo, el proceso propuesto ya optimizado para el “Monitoreo de parámetros operacionales para pozos productores”. En la Tabla 2 se muestran algunas entradas y salidas para este proceso en particular.

⁹ Webb, Peter. Digital Data Management Needs Holistic Approach To Obtain Quantifiable Results, the American Oil & Gas Reporter, Noviembre 2005.

Tabla 2. Algunas entradas y salidas del proceso propuesto: “Monitoreo de parámetros operacionales para pozos productores”.

ENTRADAS				SALIDAS			
Tipo de Documento	Descripción	Responsable	Formato	Tipo de Documento	Descripción	Responsable	Formato
Programación de toma de datos	Programa de toma de datos para recorredores	Control de Producción	XLS generado por AVM	Potencial de producción	BSW, NETO, porcentaje de Cloruro y Sedimentos, BRUTO	Control de Producción	AVM
Datos de Niveles	Datos de Niveles en cabezal de pozo	Contratista toma de niveles y dinagramas	Correo electrónico	Reporte de visitas a pozo	Reporte de pozos visitados en recorridos de toma de datos	Control de Producción	AVM (Reporte)
Toma de dinagramas	Toma de dinagramas para bombeo mecánico	Contratista toma de niveles y dinagramas	Correo electrónico	Lista/Reporte de toma de datos	Reporte con lista de pozos monitoreados	Control de Producción	XLS generado por AVM, e-mail
Datos de dinagramas	Tensión, SPM, Nivel de Fluido, Columna de Gas Libre, Columna de Gas Total, Profundidad de la válvula fija, THP, CHP	Control de Producción	AVM (sin validar)	Datos de niveles de pozo	Datos de Niveles en cabezal de pozo	Contratista toma de niveles y dinagramas	AVM (datos sin validar)
Datos de niveles de pozo	Datos de Niveles en cabezal de pozo	Control de Producción	AVM (sin validar)	Datos de dinagramas	Datos de dinagramas capturados	Contratista toma de niveles y dinagramas	XLS, TWM
Lista de toma de datos	Listado con datos tomados en pozos PCP	Control de Producción	XLS generado por AVM	Datos de Dinagramas tomados	Tensión, SPM, Nivel de Fluido, Columna de Gas Libre, Columna de Gas Total, Profundidad de la válvula fija, THP, CHP	Contratista toma de niveles y dinagramas	AVM (Cargador) (datos sin validar)
Programación de toma de datos y toma mediciones	Ruta con pozos para toma de datos	Contratistas recorredores PCP	Correo electrónico	Datos tomados y trabajos realizados	Datos tomados y cargados validados	Contratistas recorredores PCP	AVM
Datos tomados y trabajos realizados	Revisión de los datos tomados y cargados	Control de Producción	AVM	Datos de dinagramas	Tensión, SPM, Nivel de Fluido, Columna de Gas Libre, Columna de Gas Total, Profundidad de la válvula fija, THP, CHP	Control de Producción	AVM (Validados)
Formato toma de datos (papel)	Toma de muestra en cabeza de pozo y entrega a laboratorio (API y BSW)	Recorredores ECP	Formato físico	Datos de niveles de pozo	Datos de Niveles en cabezal de pozo (P y Q)	Control de Producción	
Formato de entrega de muestra (papel)	Formato físico de entrega de muestras (API y BSW)	Laboratorio (contratista)	Formato físico	Acta de aprobación de pago	Acta de aprobación de pago para los datos tomados en cabezal de pozo.	Control de Producción	DOC
Reporte con resultados de muestras	Información cargada en AVM disponible para reportar	Control de Producción	AVM	Formato toma de datos (papel)	Formato físico para la toma de datos de pozo	Supervisor de Facilidades	Formato físico

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

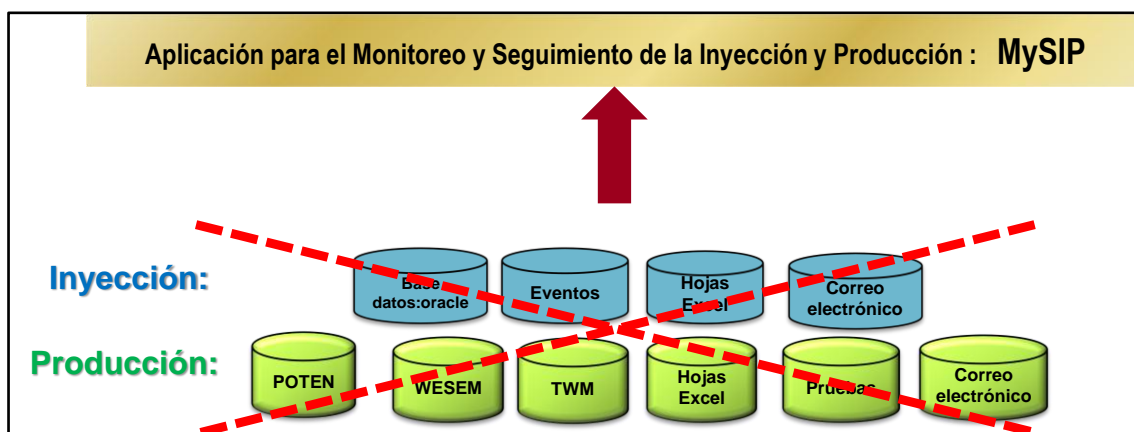
2.3 MATRIZ RACI OPTIMIZADA

Como se explicó en el numeral 1.2.3 “Matriz RACI anterior”, una vez los procesos fueron optimizados, se crearon nuevas Matrices RACI con el fin de describir las nuevas responsabilidades de las personas involucradas en la ejecución de cada tarea que conforma cada proceso (Anexo 3).

2.4 DISEÑO DE LA SOLUCION

Uno de los principales objetivos de la implementación de MySIP era eliminar las numerosas bases de datos las cuales hacían que los análisis de la información fuera poco eficiente y reemplazarlas por una aplicación que las consolidara en de tal manera que existiera un solo repositorio de datos con una estructura lógica y definida (Figura 11).

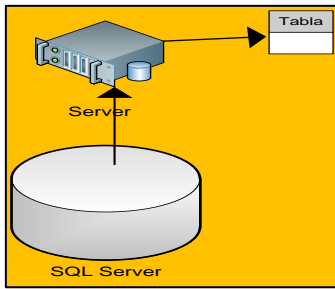
Figura 11. Eliminación y remplazo de numerosas bases de datos.



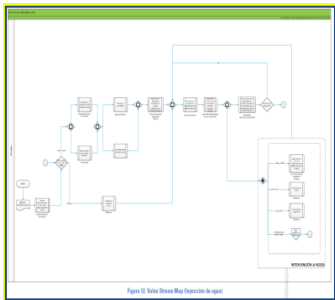
Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

El diseño de la solución se desarrolló en tres fases o componentes (Figura 12):

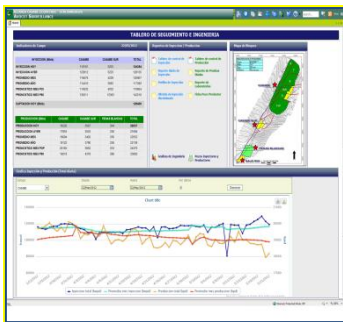
Figura 12. Componentes del diseño de la solución



1. **Manejo del dato:** inició con un análisis completo de todas las variables que conformaban las diferentes bases de datos existentes (más de 10) con el fin de correlacionarlas, ordenarlas y validarlas. Se consolidaron los datos y se creó una única fuente de datos de la información del Campo.



2. **Análisis del flujo de información para los principales procesos de producción e inyección:** Se analizaron y documentaron los procesos de inyección y producción que se realizaban para identificar posibles mejoras relacionadas al manejo del dato.



3. **Manejo de la información de producción e inyección y flujos de trabajo de ingeniería:**

- a. Sistemas integrados: se identificaron flujos de trabajo basados en el seguimiento al yacimiento.
- b. Visualización del dato: de diseñó la plataforma de visualización de los datos.
- c. Enlace de los datos operacionales con el monitoreo y análisis del yacimiento.

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

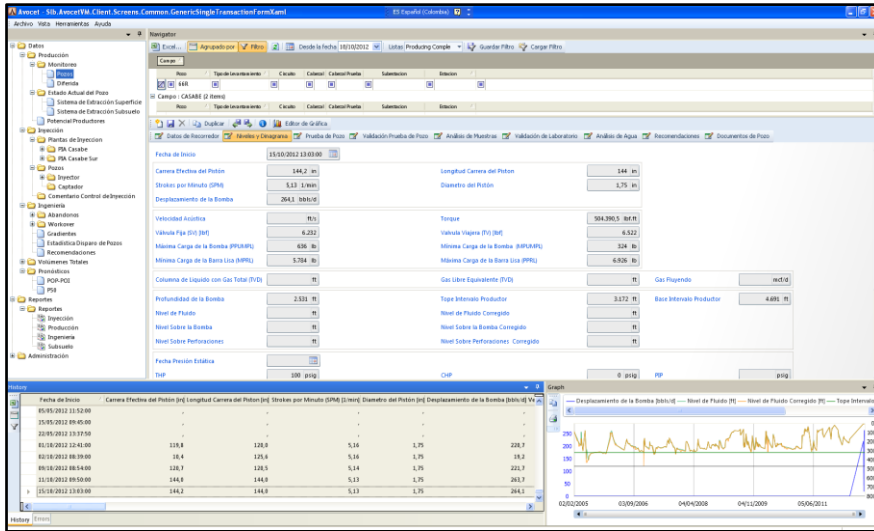
El Anexo 4 muestra un ejemplo del proceso de diseño de uno de los flujos de trabajo para Ingeniería.

Como resultado final quedaron dos componentes que conforman la aplicación MySIP: AVM, donde se capturan los datos y AS (*Avocet Surveillance*) donde se visualizan los reportes, gráficas, tablas, documentos e información en general (Figura 13).

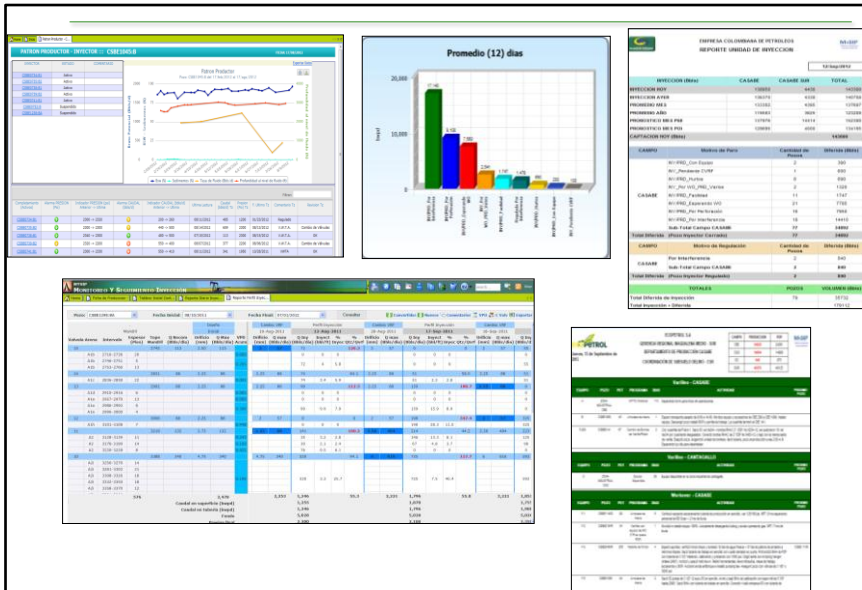
Figura 13. Diseño de la Solución



AVM: Introducción de datos



AS: Visualizador



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

3. IMPLEMENTACION DE LA SOLUCION

3.1 FUNCIONAMIENTO DE LA SOLUCION

Como se mostró en la Figura 15, la solución MySIP funciona a partir de dos componentes:

AVM (*Avocet Volume Manager*): en este componente se introducen todos los datos provenientes de las diferentes áreas operativas, tanto de producción como de inyección. Para este propósito se utilizan plantillas para cargues masivos los cuales son hechos por las fuentes directas de tal manera que los datos no sufren ninguna alteración. Algunas de estas fuentes son personal contratista por lo que ahora los ingenieros no deben hacer las funciones de “digitadores” de datos lo cual les permite contar con más tiempo para la validación y análisis de estos datos (Tabla 3).

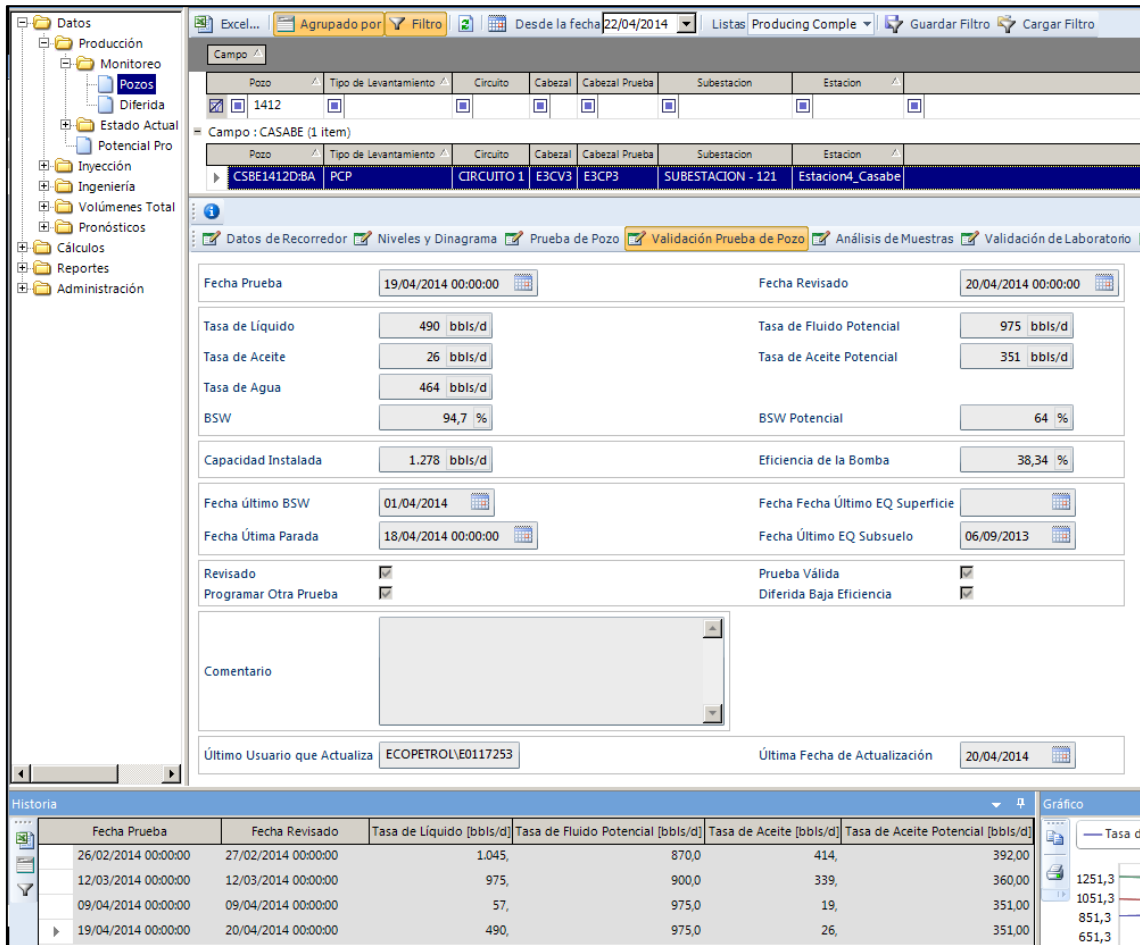
Tabla 3. Ejemplo de plantilla para carga de perfiles de inyección, sartas selectivas de inyección de agua.

DATE (m.m/dd/yyyy)	MANDREL	Profundidad disparo/lectura (ft)	Tiempo inicial (Seg)	Tiempo final (Seg)	Tiempo (seg)	Q CRUCE (BWP)	DeltaQ CRUCE (BWP)	% Q CRUCE	Presion (psi)	Observacion A
02/04/2013	CSBE0873-7	2929	9,9	16,7	6,8	427	59	0,14	1900	MC
02/04/2013	CSBE0873-6	3003	9,9	17,8	7,9	368	65	0,15	1900	MC
02/04/2013	CSBE0873-5	3140	10	21,5	11,5	303	0	0,00	1900	MC
02/04/2013	CSBE0873-4	3300	10	23	13	303	0	0,00	1900	MC
02/04/2013	CSBE0873-3	3440	10	21,3	11,3	303	0	0,00	1900	MC
02/04/2013	CSBE0873-2	3587	9,9	19,5	9,6	303	153	0,36	1900	MC
02/04/2013	CSBE0873-1	3746	9,9	29,3	19,4	150	150	0,35	1900	MC
02/04/2013	CSBE1301-10	2680	9,8	15	5	904	135	0,15	2300	MC
02/04/2013	CSBE1301-9	2780	9,8	16	6	769	368	0,41	2300	MC
02/04/2013	CSBE1301-8	2884	10,1	22	12	401	109	0,12	2300	MC
02/04/2013	CSBE1301-7	2967	9,8	25	16	292	0	0,00	2300	MC
02/04/2013	CSBE1301-6	3040	10	27	17	292	0	0,00	2300	MC
02/04/2013	CSBE1301-5	3196	10	29	19	292	0	0,00	2300	MC
02/04/2013	CSBE1301-4	3354	9,9	26	16	292	226	0,25	2300	MC
02/04/2013	CSBE1301-3	3470	9,9	80	70	66	47	0,05	2300	MC
02/04/2013	CSBE1301-2	3540	10,2	250	239,8	19	19	0,02	2300	MC

Fuente: Autores

Como es normal en todos los campos hay datos que deben ser validados por los ingenieros por lo tanto fueron creadas pantallas para este fin. Estas pantallas se diseñaron con un valor agregado ya que se introdujeron datos y criterios que garantizan una rápida y acertada validación de datos (Figura 14).

Figura 14. Pantalla de validación de pruebas de producción



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Para agilizar el análisis de datos, se diseñaron en AVM, una cantidad considerable de reportes para las áreas de producción, inyección e ingeniería. Estos reportes permiten realizar diversos filtros de forma dinámica y llevarlos a excel de tal manera que los ingenieros pueden organizar sus datos de acuerdo a cada necesidad (Figura 15 y Figura 16).

Figura 15. Reportes para el proceso de inyección

Reporte	Descripción
PIAS_Bombas de Inyección	Condiciones operativas de las Bombas de inyección_ Para un rango de fecha
Diferida_Pozos inyectoros con diferida diaria	Pozos con Paros en el día del Reporte_ Día del reporte
Recorridor_Generación Ruta Recorridor	Reporte para generación de la ruta del recorridor para lecturas de pozos inyectoros_ Día del reporte
Captación_Control de aplicación de químicos	Ultima aplicación de químicos en Captadores_ Para un rango de fecha
Recorridor_Reporte Recorridor de Inyección	Reporte Diario de las lecturas de los Recorridores_ Día del reporte
Recomendaciones_A Pozos Inyectoros	Recomendaciones de Ingeniería para Pozos Inyectoros_ Para un rango de fecha
VRF_Solicitud por Ingeniería de Cambio de Válvulas	Solicitud de Cambios de Válvulas_ Para un rango de fecha
Trazadores_Trazadores Tomados	Trazadores Tomados_ Para un rango de fecha
Trazadores_Ultimo Trazador	Ultimo Trazador_ Día del reporte
Recorridor_Comentarios de Campo	Comentarios de Campo a nivel general hechos por los recorridores_ Para un rango de fecha
VRF_Estadísticas Cambio de Válvulas	Porcentajes de Motivos de Cambio de Válvulas_ Para un rango de fecha
PIAS_Condiciones Operativas Sistema de Inyección Casabe	Condiciones Operativas del Sistema de Inyección_ Para un rango de fecha
Estado Actual Pozos Activos_Liquidación Diaria de inyección	Último Estado de los Pozos Inyectoros y Liquidación diaria de la inyección_ Día del reporte
PIAS_Condiciones Operativas Sistema de Inyección Casabe Sur	Condiciones Operativas del Sistema de Inyección Casabe Sur_ Para un rango de fecha
Potencial de Pozos (Maestra)	Potencial de pozos productores
Diferida_Estadística Diferida Pozos Inyectoros Causas Oficiales	Estadística Diferida Pozos Inyectoros, Causas Oficiales Reportadas_ Para un rango de fecha
VRF_Cambios de Válvulas	Histórico de cambio de Válvulas_ Día del reporte
Diferida_Diferida Diaria Discriminada por causa	Diferida Diaria Discriminada por Causa_ Para un rango de fecha
Diferida_Estadística Diferida Pozos Inyectoros Todas las Causas	Estadística Diferida Pozos Inyectoros, incluye todas las causas_ Para un rango de fecha
Captación_Lectura Pozos Captadores	Ultima lectura de Pozos Captadores_ Día del reporte
Reporte LEAN	Reporte de Priorización para Toma de Trazadores_ Día del reporte
Estadística General Diaria de Inyección	Estadística de datos generales Inyección, Captación_ Para un rango de fecha
Pozos convertidos	Listado de Pozos Convertidos_ Día del reporte
Modelos_Pozo Productor con sus Pozos inyectoros	Modelos de Pozo Productor con sus Pozos inyectoros_ Día del reporte
Modelos_Pozo Inyector con sus Pozos productores	Modelos de Pozo Inyector con sus Pozos productores_ Día del reporte

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Figura 16. Filtro llevado a Excel

Pozo	Activo	Sistema de Levantamiento	Fecha de la Ultima Prueba	Días sin Prueba	Neto Prueba (bopd)	Neto Potencial (bopd)	Tipo de paro	Diferida de Control de Producción	Estado del Pozo	Estación
CSBE0021.A	SI	ROD	26/03/2014	26	3	2			Operando	Estacion4_Casabe
CSBE0590.BA	SI	6	Activo	Abierto	21/04/2014	550	720	550	550	VWTA
CSBE0592.CBA	SI	6	Activo	Abierto	21/04/2014	410	510	410	410	VWTA
CSBE1245.CBA	SI	7	Suspendido	Cerrado	03/02/2014	0	770	0	640	Cerrada
CSBE1246.CBA	SI	7	Activo	Abierto	21/04/2014	290	350	290	290	VWTA
CSBE0023.A	No	ROD							Operando	Estacion3_Casabe
CSBE0029.A	No	ROD							Operando	Estacion4_Casabe
CSBE0030.A	No	ROD							Operando	Estacion4_Casabe
CSBE0058R.A	SI	PCP	21/01/2014	90	23	30			Operando	Estacion5_Casabe
CSBE0526.A1	SI	6	Activo	Abierto	12/03/2014	50	100	50	50	VWTA
CSBE1292.BA	SI	6	Activo	Abierto	16/04/2014	480	1050	480	480	VWTA
CSBE1296D.A	SI	6	Activo	Abierto	19/03/2014	580	660	580	580	VWTA
CSBE1304D.BA	SI	6	Activo	Abierto	16/04/2014	680	1080	680	680	VWTA
CSBE1202.A	SI	6	Activo	Abierto	17/03/2014	400	440	400	400	VWTA
CSBE1285.BA	SI	6	Suspendido	Cerrado	22/10/2013	0	0	0	430	Cerrada
CSBE0064.A	No	ROD							Operando	Estacion4_Casabe
CSBE0066R.BA	SI	ROD	02/02/2013	443	1	40			Operando	Estacion4_Casabe
CSBE0736.B1	NO	3	Activo	Cerrado	23/03/2013	0	450	0	200	Cerrada
CSBE0736.BA	SI	3	Activo	Abierto	09/01/2014	560	550	560	560	VWTA
CSBE0740.A2	SI	3	Suspendido	Cerrado	21/10/2013	0	270	0	200	Cerrada
CSBE1238.BA	SI	3	Activo	Abierto	16/03/2014	580	670	580	580	VWTA
CSBE0756.BA	SI	3	Suspendido	Cerrado	24/03/2014	0	270	0	1250	Cerrada
CSBE0741.B1	SI	3	Activo	Abierto	20/04/2014	150	50	150	150	VWTA
CSBE0743.A	SI	3	Suspendido	Cerrado	20/11/2013	0	960	0	500	Cerrada
CSBE0744.B1	SI	3	Activo	Abierto	16/03/2014	640	490	640	640	VWTA
CSBE0745.B2	SI	3	Activo	Abierto	13/03/2014	180	180	180	180	VWTA
CSBE0754.A	NO	3	Sin Placa	Cerrado	06/02/2013	0	350	0	200	Cerrada
CSBE0755.B1	NO	3	Cerrado	Cerrado	04/09/2013	0	220	0	200	Cerrada
CSBE0080R.A	SI	PCP	07/01/2014	104	50	15			Operando	Estacion5_Casabe
CSBE1285.BA	SI	6	Suspendido	Cerrado	22/10/2013	0	0	0	430	Cerrada
CSBE1208.A	SI	6	Suspendido	Cerrado	08/05/2013	0	0	0	500	Cerrada

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

El otro componente de MySIP es AS (*Avocet Surveillance*), el cual se diseñó como visualizador para la solución (Figura 17). AS integra de forma dinámica y lógica los diferentes procesos que se realizan en las áreas de producción, inyección e ingeniería.

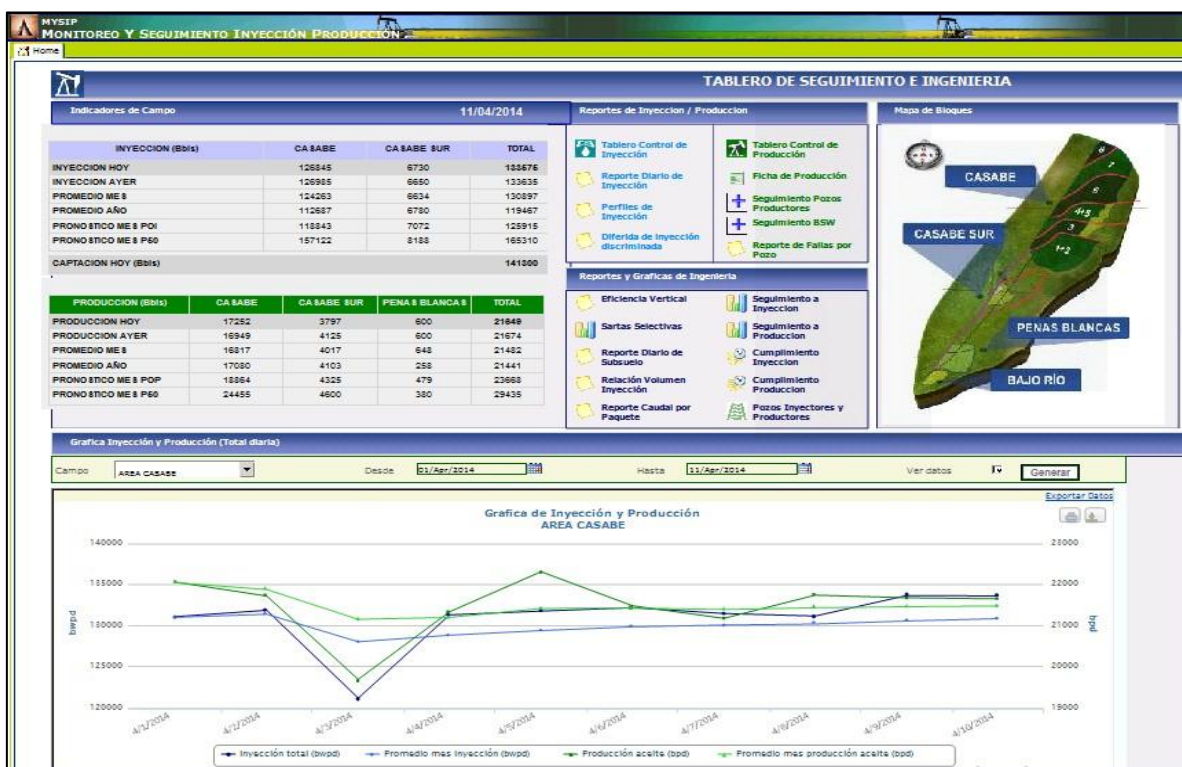
Para su diseño se tuvieron en cuenta todos los mapas de procesos optimizados (Numeral 2.2) de tal manera que al realizar un análisis determinado se tenga una secuencia lógica en la visualización de cada pantalla (Figura 18 y Figura 19).

Figura 17. Pantalla inicial del visualizador de MySIP



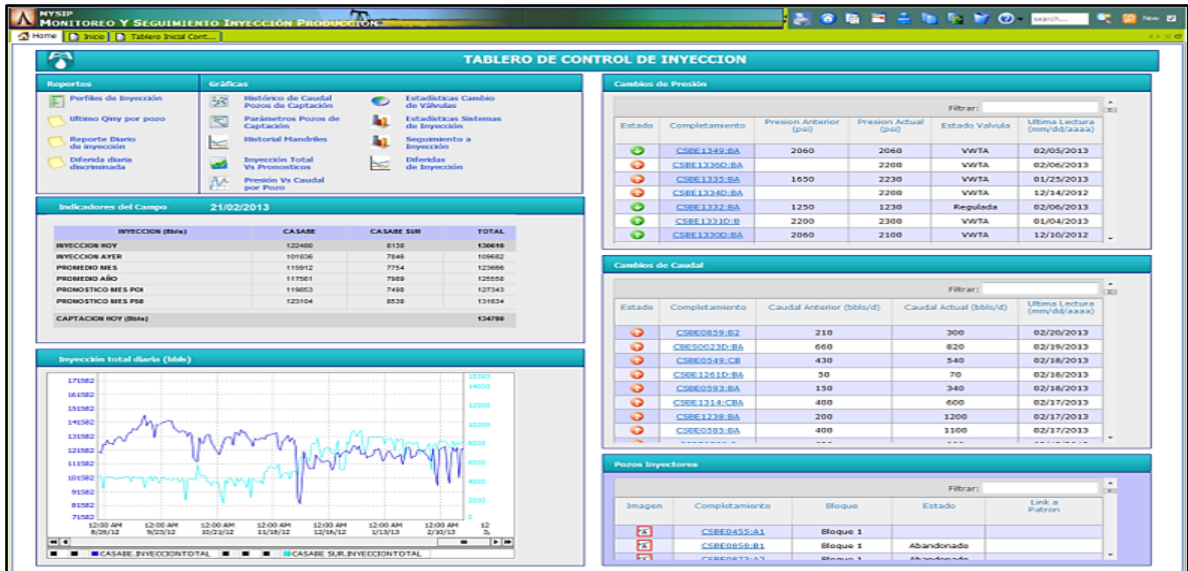
Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Figura 18. Ejemplo 1, pantalla de visualización MySIP



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Figura 19. Ejemplo 2, pantalla de visualización MySIP



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

3.2 EJEMPLOS DE UTILIZACION

3.2.1 PROCESO DE PRODUCCION

A continuación se mostrará un ejemplo de utilización de la solución MySIP para el proceso de producción:

En Julio 11/12 se detectó un aumento considerable en el VRR del campo, por lo tanto era prioridad aumentar el drenaje en la mayor parte del yacimiento. Se inició una revisión detallada de todos los pozos productores activos del campo (230). Esta revisión se hizo en 30 días utilizando MySIP y se generaron y se ejecutaron recomendaciones para cada uno de los pozos.

Antes de MySIP, esta revisión hubiera demorado 60 días aproximadamente, lo cual indica una reducción en tiempo, para esta clase de análisis del 50%

Para este análisis se utilizaron entre otras gráficas, tablas y reportes:

- Ficha de pozo productor (Figura 20)

Figura 20. Ficha de pozo productor

MYSIP MONITOREO Y SEGUIMIENTO INYECCIÓN PRODUCCIÓN

Home | Ficha de Producción -

Completamiento Desde: 22/Oct/2013 Hasta: 22/Apr/2014 Validas: Ver datos

Ficha | Laboratorio | Potenciales | Pruebas | Presion Cabeza | Niveles | TWM Datos | TWM Cargas | Recorrido PCP | PruebaEspejo

POZO: CSBE0173R:BA CAMPO: CASABE ESTADO: Activo FECHA DE COMPLETAMIENTO: 26/11/2004 ID OFM: CSBE0173R:BA SIST BOMBEO: PCP

DATOS GENERALES:

UWI: CSBE0173R INTERVALOS

FONDO (ft): 5305 REVESTIMIENTO (in): 7

TOPE PERFOR (ft): 2392 GRADO REVESTIMI: 6

BLOQUE: 6 LIBRAJE REVESTIMI: ARENA: A2B12 LINER: ESTACION: Estacion5_Casabe SECTOR: NORTE

SUBESTACION: SUBESTACION - 213 COORD. ESTE: 1018766

CIRCUITO: CIRCUITO 2 COORD. NORTE: 1272397

MEDIDAS DE LABORATORIO (Ultima Válida):

HISTORICO

FECHA	BSW	PPM	SED	OBSERVACIONES
14-04-2014	81.50	6000	0.0	

PRUEBAS DE PRODUCCION (Ultima Válida):

HISTORICO

FECHA	BRUTO	OBSERVACIONES	NETO CALC.
19-04-2014	405		75

EQUIPO DE SUBSUELO: HISTORICO FECHA: 17/10/2012

BOMBA: 710-4100 PVF (ft): 2946

PROVEEDOR: WFT FABRICANTE: WFT

CAP DESPLAZAMIENTO (BFPD/RPM): 7.10 LEVAIL NOMINAL (ft): 4100.00

ELASTOMERO: GEOMETRIA: NUM. DE SERIE ROTOR: NUM. DE SERIE ESTATOR:

COMENTARIOS: TAG BAR RAIURADO

TUBERIA:

# Tubo	Grado	Diam	Ancla	Profundidad	Sep Gas	Fecha
94	J55	3 1/2"	TX7-2	2949.00	N	17-10-12

VARILLAS:

# Var	Grado	Diam	Tipo	Fecha	CAPACIDAD INSTALADA:
					2130

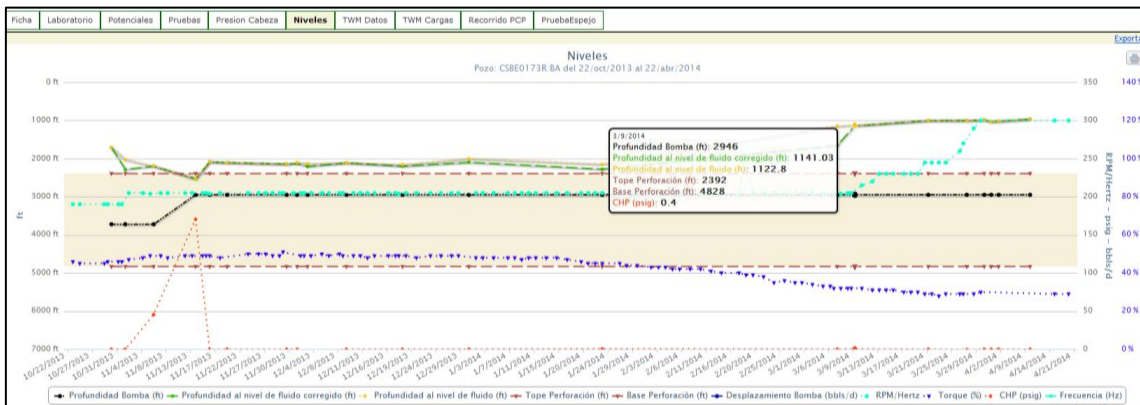
EQUIPO DE SUPERFICIE: HISTORICO FECHA: 24/05/2012

REF. CABEZAL: MG 1.5 MARCA: S/N: POLEA: REDUCCION: MOTOR: MARCA: US MOTOR S/N: POLEA: HP: 100.00 VARIADOR: UNICO FABRICANTE: S/N: POTENCIAL: FECHA: 01/04/2014 POTENCIAL BRUTO: 1100 GRAVEDAD API:

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

- Gráficas de pruebas, niveles, laboratorio, etc (Gráfica 4).

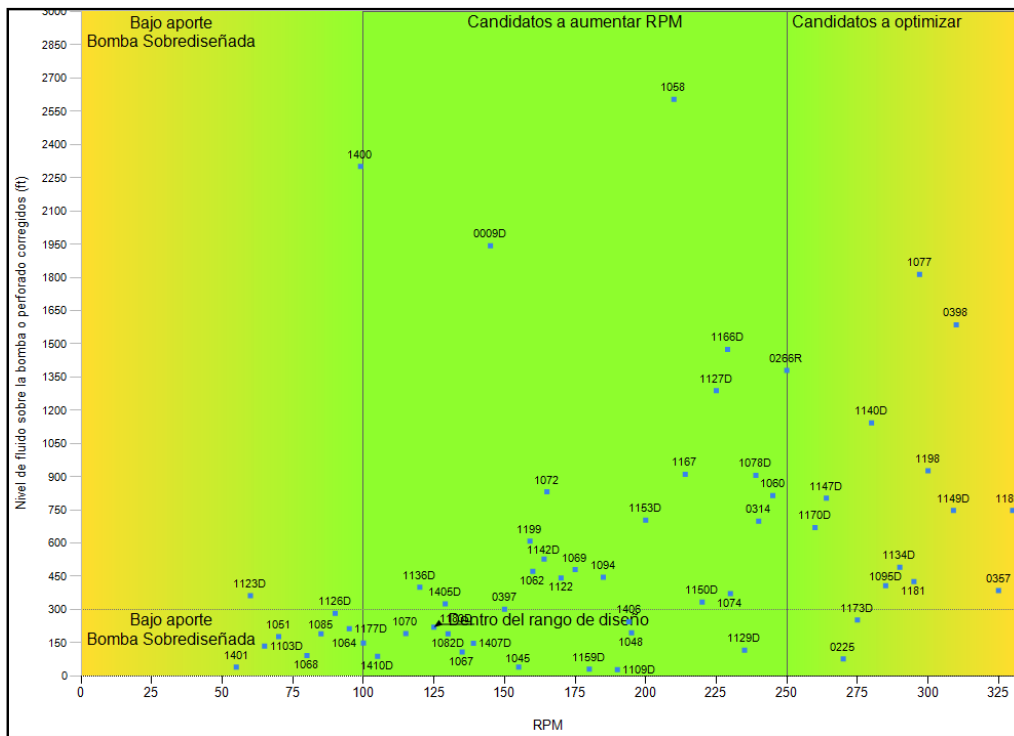
Gráfica 4. Gráfica de niveles



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

- Gráficas cross plot (Gráfica 5)

Gráfica 5. Gráficas cross plot



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

- Diversos reportes (Figura 21)

Figura 21. Reporte de diferida de producción

Día	Campo	Es	Sub-Estación	Cebacer	Bloque	Pozo	Motro de la Parada	Motro Diferida de Control de Producción	Potencial	N.B	B.E	Inicia Hoy	Inicio de la Parada	Fin de la Parada	Tiempo Parado Día del Reporte (h)
21abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B1	CBES0002 B	DVS		48	23.50		SI	21abr/2014 00:0	2014-04-21 11:45	11:45:00
21abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B2	CBES0003 BA		ESTABILIZACIÓN DE PRODUCCI	314		20	NO	21abr/2014 00:0		00:00:24
22abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B2	CBES0003 BA		ESTABILIZACIÓN DE PRODUCCI	314		20	NO	21abr/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B4	CBES0004 CBA	DPM		43	5.97		SI	21abr/2014 11:0	2014-04-21 14:20	03:20:00
21abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B2	CBES0006D CB	OiWS		105	41.20		SI	21abr/2014 14:3	2014-04-22 00:00	09:25:00
22abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B2	CBES0006D CB	OiWS		105	105.0		SI	22abr/2014 00:0		00:00:00
21abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B2	CBES0008D BA	FEE		230	83.06		SI	21abr/2014 00:0	2014-04-21 08:40	08:40:00
21abr/2014	CASABE SU	E	SUBESTACION -	CV_CBES	CBES-B2	CBES0009D CBA		ESTABILIZACIÓN DE PRODUCCI	309		20	NO	21abr/2014 00:0		00:00:24
22abr/2014	CASABE SU	E	SUBESTACION -	CV_CBES	CBES-B2	CBES0009D CBA		ESTABILIZACIÓN DE PRODUCCI	309		20	NO	21abr/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B1	CBES0014D BA		ALTO BSW	273		113	NO	17abr/2014 00:0		00:00:24
22abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B1	CBES0014D BA		ALTO BSW	273		113	NO	17abr/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B1	CBES0016D BA	FEE		350	116.6		SI	21abr/2014 00:0	2014-04-21 08:00	08:00:00
21abr/2014	CASABE SU	E	SUBESTACION -	CV_CBES	CBES-B3	CBES0017D CBA		ESTABILIZACIÓN DE BSW	130		50	NO	20abr/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE SU	E	SUBESTACION -	CV_CBES	CBES-B3	CBES0017D CBA	DPF	ESTABILIZACIÓN DE BSW	130	0.00	50	SI	21abr/2014 00:0	2014-04-21 15:40	15:40:00
21abr/2014	CASABE SU	E	SUBESTACION -	CV_CBES	CBES-B3	CBES0017D CBA	DPF	ESTABILIZACIÓN DE BSW	130	0.00	50	SI	21abr/2014 15:4	2014-04-21 17:30	01:50:00
22abr/2014	CASABE SU	E	SUBESTACION -	CV_CBES	CBES-B3	CBES0017D CBA		ESTABILIZACIÓN DE BSW	130		50	NO	20abr/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B3	CBES0020D CBA	DPF		196	57.17		SI	21abr/2014 04:0	2014-04-21 11:00	07:00:00
21abr/2014	CASABE SU	E	SUBESTACION -	CV_CBES	CBES-B3	CBES0031D BA	DPF		285	66.50		SI	21abr/2014 04:0	2014-04-21 09:36	05:36:00
21abr/2014	CASABE SU	E		CV_CBES	CBES-B1	CBES0032D BA	DPF		170	40.85		SI	21abr/2014 04:0	2014-04-21 09:46	05:46:00
22abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E4CV3	6	CSBE0058R-A		NO BOMBEA EN RUTA DE VARIL	30	30.00		NO	23feb/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E4CV3	6	CSBE0058R-A		NO BOMBEA EN RUTA DE VARIL	30	30.00		NO	23feb/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E3CV3	3	CSBE0066R BA		NO BOMBEA EN RUTA DE VARIL	40	40.00		NO	02ene/2014 00:0		00:00:24
22abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E3CV3	3	CSBE0066R BA		NO BOMBEA EN RUTA DE VARIL	40	40.00		NO	02ene/2014 00:0		00:00:24
22abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E5CV1	6	CSBE0080R-A		NO BOMBEA EN RUTA DE VARIL	15	15.00		NO	21mar/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E5CV1	6	CSBE0080R-A		NO BOMBEA EN RUTA DE VARIL	15	15.00		NO	02ene/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E1CV4	1	CSBE0152 A		ESPERANDO LIMPIEZA DE ARE	16	16.00		NO	02ene/2014 00:0		00:00:24
22abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E1CV4	1	CSBE0152 A		ESPERANDO LIMPIEZA DE ARE	16	16.00		NO	02ene/2014 00:0		00:00:24
22abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E4CV1	6	CSBE0164R-A		NO BOMBEA EN RUTA DE VARIL	21	21.00		NO	02ene/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E4CV1	6	CSBE0164R-A		NO BOMBEA EN RUTA DE VARIL	21	21.00		NO	02ene/2014 00:0		00:00:24
21abr/2014	CASABE	E	SUBESTACION -	E6CV4	8	CSBE0168 A		ALTO BSW	36		24	NO	30mar/2014 00:0		00:00:24

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

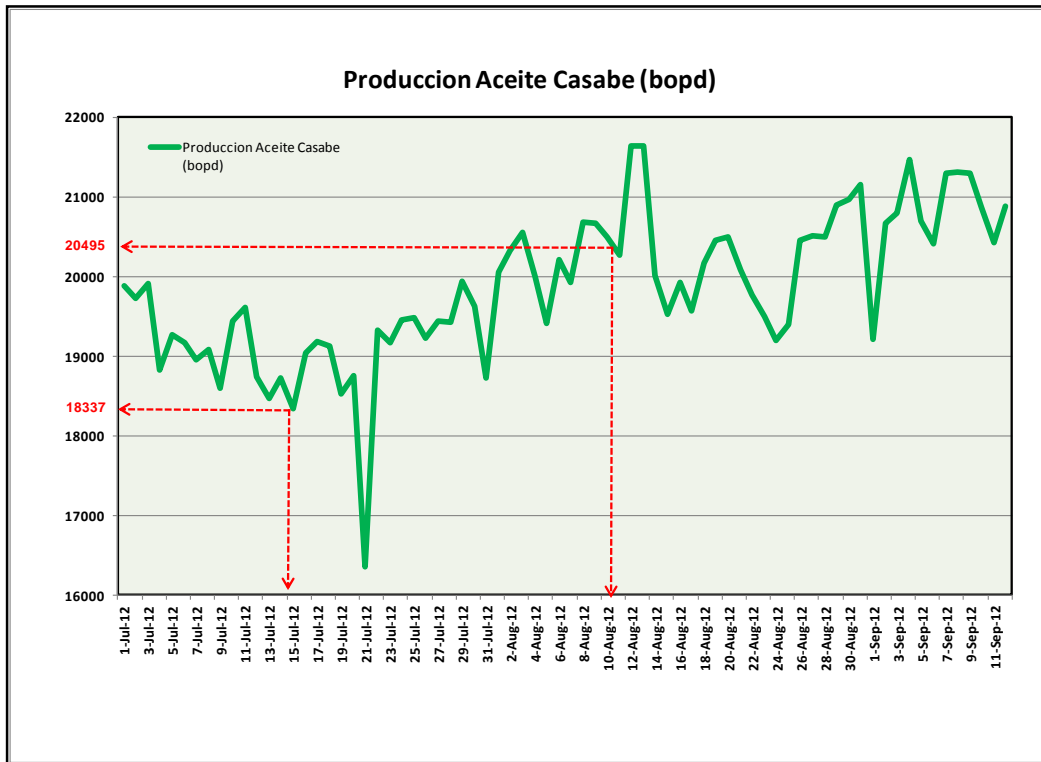
La Tabla 4 muestra el entregable de este análisis y la Gráfica 6 muestra el resultado de la ejecución de las recomendaciones generadas.

Tabla 4. Entregable del análisis realizado

ALIANZA CASABE				
Fecha:		10- Agosto- 2012		
Pozos Activos	236			
Pozos Revisados	228			
% Revisión	97%			
ACCIONES	Fecha	Solicitadas de Ingeniería	Ejecutadas	% Cumplimiento
BSW	10-Aug-12	142	84	59%
Prueba	10-Aug-12	23	9	39%
Niveles	10-Aug-12	135	79	59%
Venteos	10-Aug-12	54	19	35%
Aumentar Extraccion	10-Aug-12	7	0	0%
Aumentar RPM	10-Aug-12	57	49	86%
Disminuir Extraccion	10-Aug-12	0	0	
Disminuir RPM	10-Aug-12	24	24	100%
TOTAL OPTIMIZACIONES DEL CAMPO				
OPTIMIZACIONES	Fecha	Para Revisión	Entregadas	% Cumplimiento
Pozos en Revisión de Ingeniería Sesión 1	16-Jul-12	22	22	100%
Pozos en Revisión de Ingeniería Sesión 2	9-Aug-12	11	3	27%
OPTIMIZACIONES	Fecha	Entregas de Ingeniería	Ejecutadas	% Cumplimiento
Pozos en Revisión de Producción	10-Aug-12	25	3	12%
<p>Pozos entregados por Ingeniería para optimización Sesión 1: CBE 1013R, CBE 401, CBE 402, CBE 405, CBE 1185D, CBE 338, CBE 398, CBE1121D, CBE 598, CBE 986, CBE 1042, CBE 317, CBE 443, CBE 444, CBE 982, CBE 1146D, CBE 1147D, CBE1149D, CBE 1170D, CBE1171D, CBE 1115D Y CBE 1164D.</p> <p>Pozos entregados por Ingeniería para optimización Sesión 2: CBE1077, CBE 1188 Y CBE 1049D</p> <p>Pozos en optimización por Control de Producción:CBE 1164D, CBE 1170D y CBE 1171D.</p>				

Fuente: Autores

Gráfica 6. Resultado de la ejecución de las recomendaciones generadas



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

3.2.2 PROCESO DE INYECCION DE AGUA

Uno de los procesos más comunes en inyección de agua es el análisis de los perfiles de inyección con los cuales se puede conocer la distribución del caudal de agua inyectada por cada uno de los grupos que conforma la sarta selectiva (Figura 22).

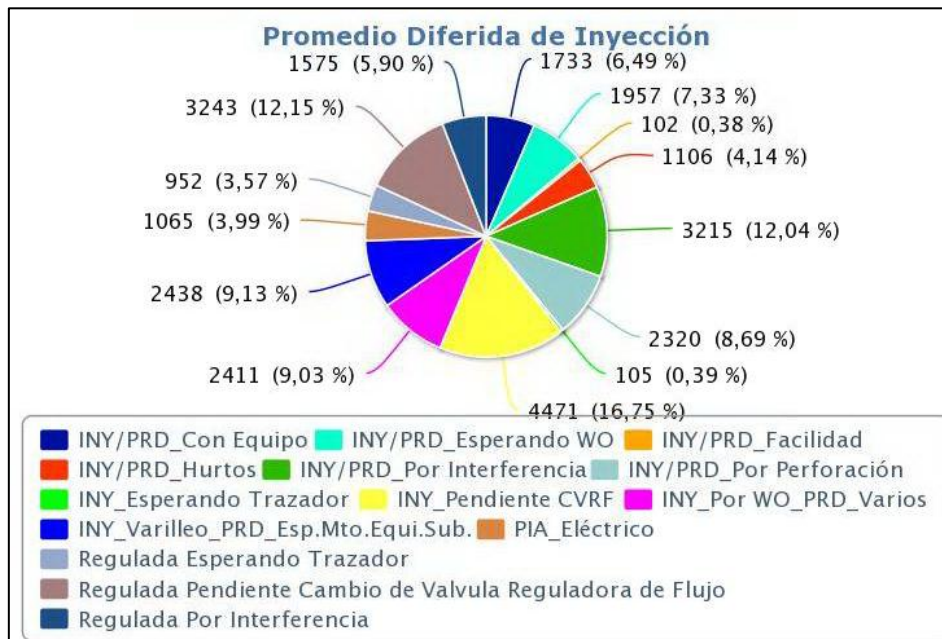
Figura 22. Ejemplo de perfil de inyección en sarta selectiva.

Pozo:		Fecha Inicial:		Fecha Final:		Con									
Valvula	Arena	Intervalo	Espesor (Pies)	Tope Mandril	Diseño Inicial			Cambio VRF 20-Jul-2010			Perfil Inyección 29-Jul-2010				
					Q Recom (Bbbls/dia)	Orificio (mm)	Q Max (Bbbls/dia)	VPD Acum	Orificio [mm]	Q max (Bbbls/dia)	Q Iny (Bbbls/dia)	Inyect (bbl/ft)	% Inyec	% Qtz/Qvrf	
09				2654	60	2.00	57		Dummy	0	204				
	A1a	2752-2758	6					1.344			204	34	21.1		0
08				2802	250	4.00	245		3	151	402				266.2
	A1a	2821-2846	25					1.403			402	16.1	41.5		
07				2882	160	3.00	151		2.50	113	121				107.1
	A1b	2890-2906	16					1.151			121	7.6	12.5		
06				2962	100	2.50	113		2	57	242				424.6
	A1b	2982-2992	10					1.271			242	24.2	25.0		
05				3066	100	2.50	113		2.25	88	0				0
	A1c	3072-3080	8					0.464			0	0	0		
	A1c	3098-3106	8					0.000			0	0	0		
04				3168	140	3.00	151		2.50	113	0				0
	A1d	3178-3192	14					0.000			0	0	0		
03				3295	200	3.75	214		2.50	113	0				0
	A1f	3366-3378	12												
	A1f	3382-3390	8												
	A1g	3394-3404	10								0	0	0		
	A1g	3408-3418	10					0.279							
02				3489	250	4.00	245		3.75	214	0				0
	A2	3514-3530	16					0.020			0	0	0		
	A2	3534-3554	20					0.000			0	0	0		
	A2	3576-3600	24					0.000			0	0	0		
01				3647	200	3.75	214		3.75	214	0				0
	A2i	3654-3680	26					0.119			0	0	0		
	A2i	3700-3716	16					0.000			0	0	0		
	A2i	3724-3738	14								0	0	0		
				243				1,503				1,063	969		91.2
				Caudal en superficie (bwpd)								970			
				Caudal en tubería (bwpd)								969			
				Fondo								3,479			
				Presion final								2,200			

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

MySIP también permite analizar el comportamiento de la diferida de inyección por cada uno de los motivos que la generan (Gráfica 7).

Gráfica 7. Diferida de inyección



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

3.2.3 PROCESO DE INGENIERIA DE SUBSUELO

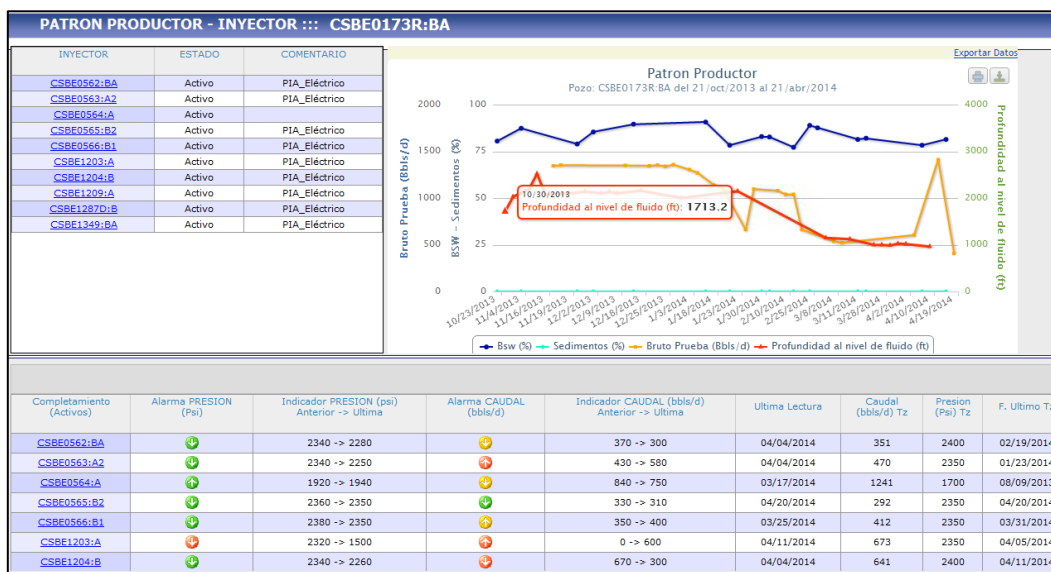
MySIP permite trabajar por bloques del yacimiento (Figura 23) y analizar cada uno de los patrones de producción-inyección de tal manera que se pueden observar los diferentes parámetros en una misma pantalla facilitando la toma de decisiones (Figura 24).

Figura 23. Bloques del campo



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Figura 24. Análisis patrón productor-inyector



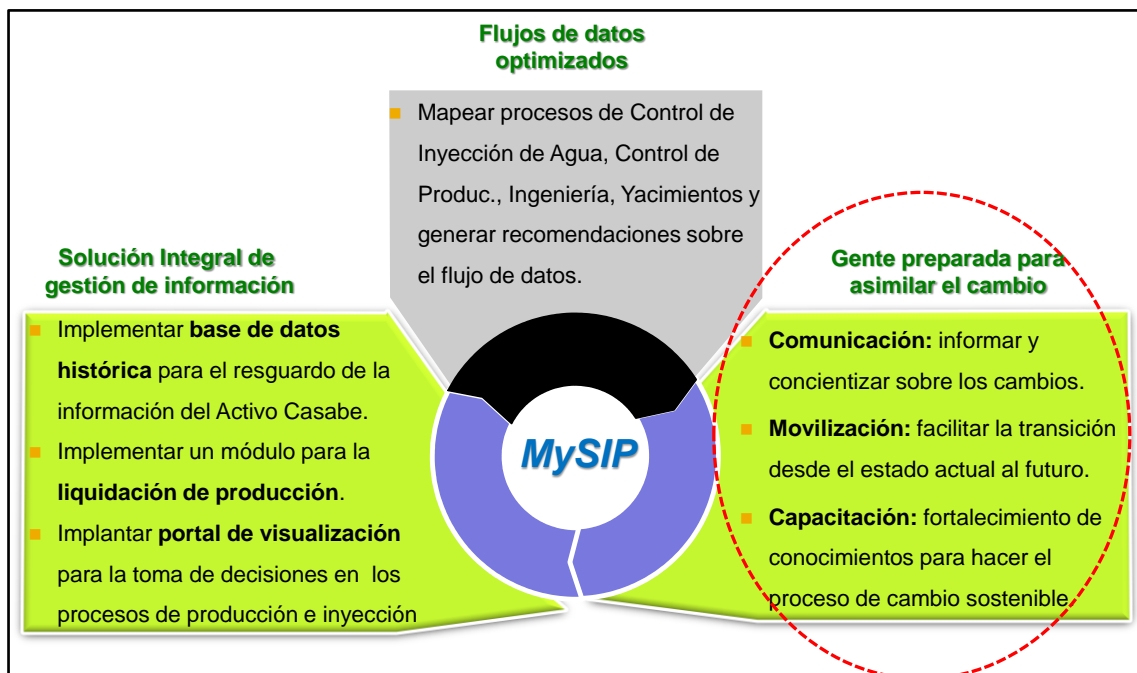
Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

3.3 MANEJO DEL CAMBIO

Uno de los criterios básicos para el éxito de este proyecto fue la gestión del cambio (Figura 25), la cual se concentró en:

- Preparar al personal para el cambio organizacional que traería la nueva solución. Para esto se llevaron a cabo capacitaciones y talleres de motivación para el uso de la solución.
- Lograr el compromiso de gestión y fomentar la participación de las distintas partes interesadas en el proyecto. Se definieron líderes y responsables de la información de las diferentes áreas de producción, inyección e ingeniería.
- Facilitar la adopción de nuevos procesos y el uso de herramientas tecnológicas con el fin de lograr todos los beneficios que ofrecería la solución. Fue muy importante involucrar a las personas de campo en todas las etapas del proyecto en especial en el levantamiento de los procesos ya que una vez iniciada la etapa de implementación verían su trabajo reflejado en estos, lo cual ha generado claridad y compromiso.

Figura 25. La Gestión del Cambio como criterio básico para el éxito del proyecto.



Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Durante el proceso del manejo del cambio se socializaron los diversos beneficios que se obtendrían con la implementación de la solución con el fin de motivar su uso por parte de todo el personal de las áreas de producción, inyección e ingeniería. Algunos de estos beneficios son:

- Optimización del acceso a la información.
- Centralización de la información.
- Estandarización de la información
- Al definir una gobernabilidad de la información se facilita la gestión de las actividades y metas del campo.
- Al haberse diseñado la solución a partir de los diferentes procesos, se facilitarán todos los análisis que los ingenieros requieran realizar.
- Ahorro de tiempo en la búsqueda de la información lo que permite que los ingenieros dispongan de más tiempo para el análisis de ésta.
- Mayor interacción de las áreas de producción, inyección e ingeniería.
- Personalización para cada rol identificado en la caracterización de los procesos de producción, inyección e ingeniería.

4. EVALUACION DE LA SOLUCION

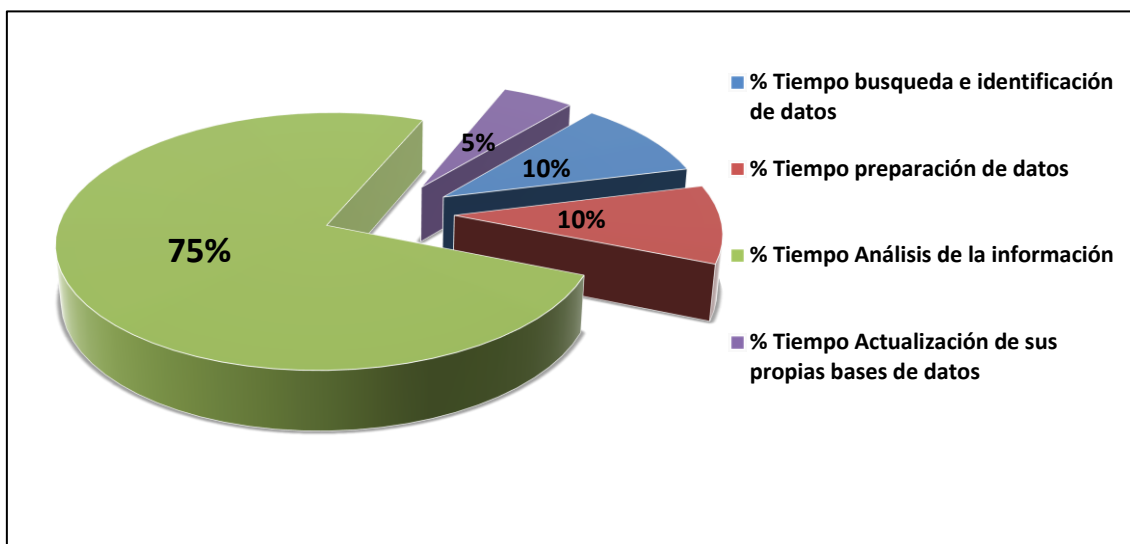
4.1 REVISION DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS PROCESOS OPTIMIZADOS

Con el fin de evaluar el funcionamiento de la solución una vez puesta en producción, se realizaron mediciones de los tiempos de búsqueda, procesamiento de datos y el tiempo dedicado al análisis. También se realizó la valoración del grado de sinergia entre las áreas de producción, inyección e ingeniería.

4.1.1 TIEMPOS DE BUSQUEDA Y PROCESAMIENTO DE DATOS

En la Gráfica 8, se muestra el porcentaje de los tiempos de trabajo que los ingenieros de las diferentes áreas actualmente dedican a la búsqueda, actualización, preparación y análisis de la información. Si se comparan con los valores anteriores a la implementación de la solución se podría decir que ahora los porcentajes se invirtieron: aproximadamente el 20% del tiempo de los ingenieros se emplea en organización de los datos y casi el 80% en su análisis lo cual ha redundado en un aumento drástico en la eficiencia de los tiempos para la toma de decisiones.

Gráfica 8. Porcentajes de los tiempos de trabajo posteriores a la implementación



Fuente: Autores

Para evaluar el impacto de la implementación de la solución, también se calcularon los tiempos de duración de cada una de las actividades de procesos claves para la operación como el monitoreo de pozos, cargue de datos de inyección y generación de reportes. (Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7)

Tabla 5. Tiempos de duración de algunas actividades del proceso de Monitoreo de pozos.

MONITOREO DE POZOS			
ACTIVIDAD	ANTES	DESPUES	IMPACTO
Validación de Perfiles de Inyección	60 min	< 10 min	83%
Consolidación de perfiles de Inyección & Reemplazo de Válvulas	> 60 min	< 5 min	92%
VPD (Volumenes Porosos Desplazados) Datos históricos y seguimiento	> 60 min	< 5 min	92%
Reemplazo de Válvulas de Inyección (Datos Históricos)	> 30 min	< 5 min	86%
Estadística de Producción e Inyección (Consolidación).	> 10 min	< 5 min	50%
Comportamiento de la Producción e Inyección por bloque.	> 60 min	< 5 min	92%
Análisis & Estadística de patrones de 5 puntos.	> 60 min	< 10 min	83%
Seguimiento de patrones de 5 puntos (gráficas & reportes)	No Existía	> 5 min	Nuevo
Base de Datos para productores & inyectoros	> 60 min	< 10 min	83%

Fuente: Autores

Tabla 6. Tiempos de duración de algunas actividades del proceso de Carga de datos de Inyección.

CARGA DE DATOS DE INYECCION			
ACTIVIDAD	ANTES	DESPUES	IMPACTO
Carga de datos de cabeza de pozo (Inyectores)	60 min	< 20 min	67%
Carga de datos de pozos por el operador	30 min	< 20 min	33%
Carga de datos de perfiles de Inyección	120 min	< 30 min	75%
Eventos de reemplazo de válvulas de Inyección	30 min	< 10 min	67%
Sistema de Inyección – Tiempo perdido.	> 30 min	< 5 min	86%

Fuente: Autores

Tabla 7. Tiempos de duración de algunas actividades relacionadas con la generación de reportes.

REPORTES DE SEGUIMIENTO			
ACTIVIDAD	ANTES	DESPUES	IMPACTO
Reportes Oficiales	> 60 min	< 1 min (listo para utilizar)	98%
Reporte de recomendaciones de workover	N.A	< 1 min	NUEVO
Eficiencia vertical y balances de inyección	> 60 min	< 5 min	92%
Reporte de diferida diaria de producción (por causa)	> 60 min	< 5 min	92%
Reporte de estado de los pozos	N.A	< 10 min	NUEVO
Reporte de patrones de Inyección-Producción.	N.A	< 5 min	NUEVO

Fuente: Autores

4.1.2 VALORACION DEL GRADO DE SINERGIA ENTRE LAS DIFERENTES AREAS

Anteriormente las recomendaciones y seguimiento de ejecuciones de diferentes acciones que involucraban las áreas de Producción, Inyección e Ingeniería se hacían por medio de correos electrónicos lo cual no permitía tener un eficiente control y seguimiento de estas acciones.

MySIP ha cambiado sustancialmente este proceso ya que los ingenieros cuentan con pantallas para introducir sus recomendaciones y con reportes para generar las estadísticas de las acciones ya ejecutadas permitiendo así un mayor control del proceso producción – inyección (Figura 26).

Este nuevo procedimiento ha permitido realizar estadísticas de las solicitudes hechas entre las diferentes áreas y calcular el porcentaje de avance de realización de estas, posibilitando tomar medidas a tiempo cuando algunas de estas acciones no son realizadas a tiempo. En la Gráfica 9 se presentan las estadísticas del año 2013.

Figura 26. Nuevo procedimiento para recomendaciones y seguimiento de ejecuciones de acciones de las diferentes áreas.

De: Jorge Luis Serrano Acevedo Enviado el: miércoles 13/04/2011 03:05 p.m.
 Para: Javier Dario Anaya Barrera; Diego Mauricio Martínez Bravo; Edgar Eduardo Martínez Hernández; Gisela Mora
 CC: Olga C. Agudelo; María Angélica Valencia; Roberto Nariz; jlopez18@oqotsa.oilfield.slb.com;
 Martha Liliana Pabón Dulcey; Jorge Hernández Mora

Asunto: Revisión Pozo CSBE 1127

Buenas tardes,

Después de la revisión del pozo CSBE 1127 se tienen las siguientes observaciones:

- 1) El comportamiento histórico del nivel de fluido muestra que después que el nivel baja de 1600-1700 pies se aumenta la presencia de gas en el anular y por lo tanto el nivel libre de gas disminuye notablemente.
- 2) Realizar servicio de válvulas al pozo CSBE1271 de acuerdo al último trazador tomado el 24 de marzo de 2011 así:
 - **VRF#11**, en este último trazador no está tomando esta VRF (intervalos de arenas A2i), la cual venía inyektando entre 100 y 200 bwpd según los anteriores trazadores. Se recomienda cambiar VRF de 4.50 por igual.
 - **VRF#4**, se encontró tomando 362 / 214 BWPd, un 69,16% por encima de su caudal de diseño. Esta válvula viene de cambio del 17-feb-2011. Se recomienda verificar asentamiento o realizar cambio de válvula de 3,75 por igual.
- 3) Tomar registro trazador al pozo CSBE 681 para evaluar el cambio de la VRF#1 realizada el día 8 de abril de 2011.

Gisela / Javier por favor su apoyo para realizar el cambio de válvulas en el pozo CSBE 1271 y el trazador del 681.

Cordial saludo,

JLSA.

Panel de recomendaciones de pozos. Fecha: 04/06/2013. Recomendado por: Reunión de pozo.

Diagnóstico: Realizar modelo de inyección dado que se acaba de optimizar con una bomba de mayor capacidad y no se ha bajado el nivel (incluso con buena eficiencia de bombas).

Responsable: Ingeniería a Ingeniería

Recomendación: Evaluar modelo de inyección y descartar fallas en inyector. Realizado:

Causa: Revisión Periódica. Prioridad Recomendación: Alta

Fecha Realizado: 16/07/2014. Realizado por: PGB

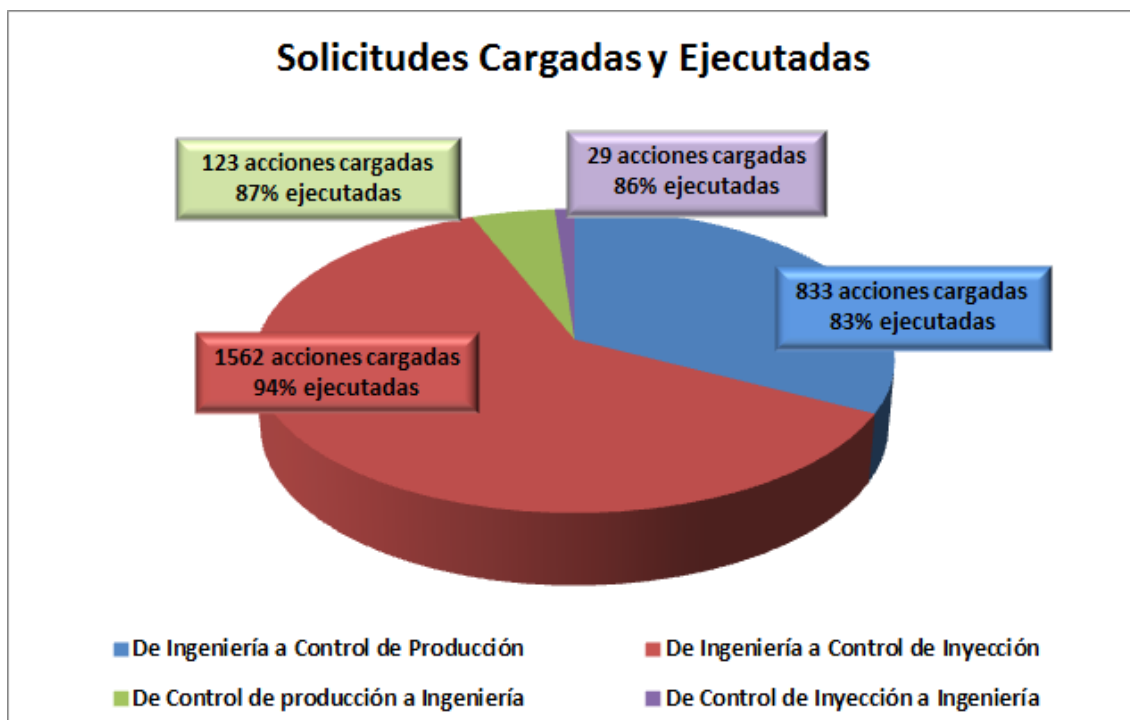
Comentario Control: Tendencia normal. Ha bajado BDV en la medida que se ha bajado el nivel. Se estudia reemplazamiento.

Último Usuario que Actualizó: Patricia González. Última Fecha de Actualización: 13/11/2013.

ID	Fecha	Recomendado por	Diagnóstico
1	04/06/2013	Reunión de pozo	Realizar modelo de inyección dado que se acaba de optimizar con una bomba de mayor capacidad y no se ha bajado el nivel (incluso con buena eficiencia de bombas).

Fuente: Alianza Casabe Ecopetrol-Schlumberger (SIS)

Gráfica 9. Estadísticas de solicitudes cargadas y ejecutadas entre las diferentes áreas.



Fuente: Autores

4.1.3 VALORACION DEL NIVEL DE UTILIZACION DE LA SOLUCION

Para valorar el nivel de utilización y aceptación de la solución se realizó una encuesta a 16 ingenieros de las diferentes áreas, así: 5 ingenieros de producción, 6 ingenieros de inyección y 5 ingenieros de ingeniería.

La encuesta constó de 10 preguntas: una pregunta con respuesta si/no, 8 preguntas con respuestas del 1 al 5 que correspondían a una escala desde bajo/poco a alto/mucho y una pregunta de respuesta libre.

En el Anexo 5 se presenta el formato de la encuesta y los resultados. En el Anexo 6 se muestra cada una de las encuestas diligenciadas por los ingenieros de las diferentes áreas.

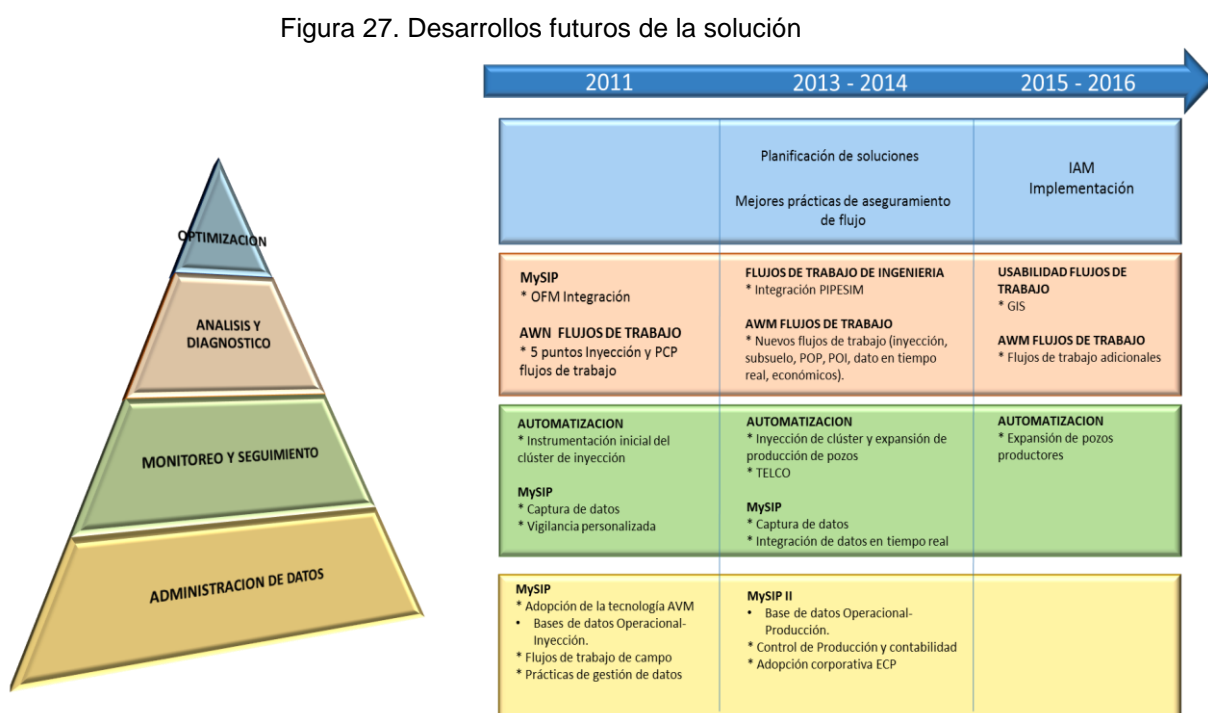
Como se puede apreciar en el resultado de las encuestas el nivel de utilización y aceptación de la solución es alto, sin embargo aún hay varios aspectos que se pueden mejorar.

4.1.4 RECOMENDACIONES PARA FUTUROS DESARROLLOS ADICIONALES

Con respecto a los desarrollos adicionales de la solución MySIP, se consideran diferentes aspectos, así:

- Administración de datos: el mejoramiento de la base de datos actual y la adopción de la solución a nivel de ECOPETROL.
- Monitoreo y Seguimiento: la captura y el manejo de la información en tiempo real. Además, lograr la capacidad de automatización, es decir, de control remoto de las operaciones.
- Análisis y Diagnóstico: nuevos flujos de trabajo en las áreas de inyección, producción, ingeniería de superficie y evaluaciones económicas. Además, integración con la aplicación PIPESIM y OFM para manejar todos los análisis bajo la misma plataforma.
- Optimización: realizar mejoras en la estructura de desarrollo y funcionamiento de la aplicación MySIP y establecer las mejores prácticas en el proceso de aseguramiento de flujo.

La Figura 27 muestra la planificación de desarrollos futuros de la solución.



Fuente: Autores

4.2 BENEFICIOS ECONOMICOS Y EVALUACION FINANCIERA

Dentro de los beneficios económicos que se derivan de la implementación de la aplicación MySIP están:

- a. Optimización OPEX
 - Reducción del tiempo invertido en la entrada y recuperación de datos.
 - Agilidad en los reportes y monitoreo del proceso de inyección de agua
 - Agilidad en los reportes y monitoreo del proceso de producción
 - Reducción de riesgos y problemas causados por el almacenamiento individual de los datos.

- b. Optimización de la Producción
 - Detección temprana de problemas en los pozos inyectoros y productores con el fin de reducir la producción diferida.
 - Agilidad en la determinación de los potenciales operativos de los pozos productores e inyectoros.
 - Reducción del tiempo en la identificación de oportunidades de optimización de pozos productores e inyectoros.

Se realizó la Evaluación Financiera al proyecto, para ello se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Ingresos y/o ahorros:

1. Reducción en el tiempo de recolección de información y análisis por parte de los Ingenieros de las áreas de Producción e Ingeniería (Tabla 8).

Tabla 8. Bases de cálculos, reducción de tiempo de ingenieros

Tasa (\$/dólar)	2000
Petroleo (U\$/bbl)	60
Número de Ingenieros	20
Salario Base (\$/Ingeniero)	10.000.000
Valor año (\$/Ingeniero)	120.000.000
Valor año total ingenieros (\$)	2.400.000.000
% Optimizacion de tiempo	30%
Valor Total optimizado año (Reducción tiempo ingenieros)	\$ 720.000.000

Fuente: Autores

2. Reducción en la producción diferida del campo lo cual genera una mejora en la producción del campo.

Tomando como base una producción diferida base de 5.000 bopd y generando una reducción del orden del 2%, tenemos un valor estimado al año de \$4'380.000.000 de pesos (Tabla 9).

Tabla 9. Bases de cálculos, reducción en la producción diferida

Tasa (\$/dólar)	2000
Petroleo (U\$/bbl)	60
Producción diferida base (bopd)	5000
% estimado de reducción	2%
Dias año	365
Valor año estimado (Reducción diferida)	\$ 4.380.000.000

Fuente: Autores

3. Incremento de la Producción del Campo (Producto de la mayor capacidad de análisis).

Con respecto a la producción, tenemos como base 20.0000 bopd y se consideró un incremento del 1%, es decir 200 bopd, para un valor estimado de ingresos de \$8'760.000.000 de pesos (Tabla 10).

Tabla 10. Bases de cálculos, incremento de la producción

Tasa (\$/dólar)	2000
Petroleo (U\$/bbl)	60
Produccion base (bopd)	20000
% Incremento de la Produccion	1%
Dias año	365
Valor año estimado (Incremento Producción)	\$ 8.760.000.000

Fuente: Autores

En la Tabla 11 se muestra el Total de Ingresos y/o ahorros:

Tabla 11. Total de ingresos y/o ahorros

Valor Total optimizado año (Reducción tiempo ingenieros)	\$	720.000.000
Valor año estimado (Reducción diferida)	\$	4.380.000.000
Valor año estimado (Incremento Producción)	\$	8.760.000.000
Total Ingresos y/o ahorros	\$	13.860.000.000

Fuente: Autores

La Tabla 12 muestra las bases de cálculo para la evaluación.

Tabla 12. Bases de cálculo para la evaluación

Tasa (\$/dólar)	\$	2.000
Petróleo (U\$/bbl)		60
Tiempo de Evaluación (años)		3
Inversión Inicial (\$)	\$	6.000.000.000
Costos de mantenimiento año (pesos)	\$	300.000.000
Tasa de Interes anual o inflación		5%

Fuente: Autores

La inversión inicial de \$6.000.000.000 estuvo distribuida así:

- Personal: \$ 1.820.000.000
- Licencias: \$ 1.100.000.000
- Hardware: \$ 1.040.000.000
- Software: \$ 630.000.000
- Infraestructura física: \$ 630.000.000
- Gastos de logística: \$ 560.000.000
- Capacitación: \$ 220.000.000

Los cálculos para la evaluación económica se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Cálculos para la evaluación económica

EVALUACION ECONOMICA MySIP a 3 años						
Años	Inversión Inicial	Ingresos o Ahorros	Costos de Mantenimiento	Flujo de Caja	Valor Presente	Valor Presente Neto
0	6.000.000.000			(6.000.000.000)	(6.000.000.000)	(6.000.000.000)
1		13.860.000.000	300.000.000	13.560.000.000	12.914.285.714	6.914.285.714
2		13.860.000.000	300.000.000	13.560.000.000	12.299.319.728	19.213.605.442
3		13.860.000.000	300.000.000	13.560.000.000	11.713.637.836	30.927.243.278
					\$ 36.927.243.278	\$ 30.927.243.278

Fuente: Autores

Los resultados de la Evaluación financiera se muestran en la Tabla 14.

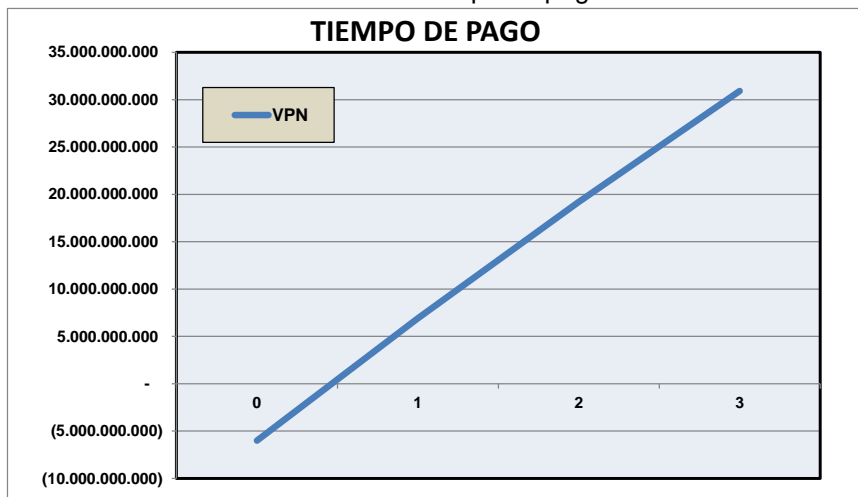
Tabla 14. Resultados

VPN	\$ 30.927.243.278
TIR	204%
EFI	0,84
TIEMPO DE PAGO	<1 año

Fuente: Autores

Con respecto al tiempo de pago, es de menos de 1 año (Gráfica 10).

Gráfica 10. Tiempo de pago



Fuente: Autores

CONCLUSIONES

1. MySIP es una solución integral de gestión de la información, la cual elimina la multiplicidad de bases de datos, reduce el tiempo de búsqueda y organización de información requerida, lográndola tener en el momento oportuno para un adecuado análisis y toma de decisiones en el proceso de inyección y producción, a través de flujos de información completamente optimizados, lo que permite mejorar la productividad.
2. MySIP es un desarrollo que integra los procesos operativos de las áreas de: Ingeniería, Control de inyección y Control de Producción e incluye una plataforma para la organización de la información, el análisis y el monitoreo de la tecnología de Sartas selectivas de inyección de agua la cual exige un seguimiento detallado y complejo con el fin de lograr el objetivo principal de la recuperación secundaria por inyección de agua: un eficiente barrido del aceite para incrementar su recuperación.
3. MySIP integra información técnica dentro de un ambiente amigable de visualización que contiene: reportes, cálculos, gráficas con diseños dinámicos, alarmas, y documentos para el seguimiento y análisis del campo.
4. MySIP permite reducir el OPEX e incrementar la producción mediante:
 - El resguardo de los datos históricos de producción en una única base de datos del Activo Casabe.
 - La accesibilidad, trazabilidad, completitud y oportunidad del dato.
 - Seguimiento centralizado de pozos productores e inyectores.
 - Mejora en la toma de decisiones y gestión del conocimiento.
 - Control efectivo de la Inyección de agua.
 - Decisiones rápidas basadas en la información más reciente y confiable.
 - Transferencia de la información hacia o desde otras aplicaciones (OFM, Sahara, Openwell, etc.)
 - Mejora del factor de recobro del yacimiento.
5. MySIP ha permitido disminuir considerablemente el tiempo de organización y búsqueda de datos, mejorar la calidad del análisis de la información y ejecutar con mayor rapidez todas las recomendaciones generadas permitiendo el aumento de la producción.
6. Con el nuevo sistema creado, toda la información se encuentra ahora en un único repositorio, se filtra y organiza con una serie de decisiones lógicas. Debido a esta nueva solución los ingenieros ahora pueden realizar análisis más rápidos que en

última instancia conduce a recomendaciones de éxito para restablecer la producción e inyección con el fin de alcanzar un mayor recobro final del yacimiento.

7. Otro criterio importante para el éxito de este proyecto es la gestión del cambio la cual se concentró en:
- Preparar al personal para el cambio organizacional que traería la nueva solución.
 - Lograr el compromiso de gestión y fomentar la participación de las distintas partes interesadas en el proyecto.
 - Facilitar la adopción de nuevos procesos y el uso de herramientas tecnológicas con el fin de lograr todos los beneficios que ofrecería la solución.

RECOMENDACIONES

1. Por la dinámica actual del Campo Casabe, MySIP debe estar en constante actualización en cuanto a la incorporación de nuevos procesos que pudieran surgir como la implementación de nuevos sistemas de levantamiento, perforación de pozos productores o inyectores y adición de nuevas tecnologías.
2. Todo nuevo proceso que se implemente debe seguir el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) con el fin de asegurar un resultado confiable que permita alcanzar las metas propuestas por la organización.
3. Para este tipo de proyectos es esencial la participación en todas sus etapas, de las personas que finalmente van a utilizar la solución ya que esto permite un adecuado manejo del cambio haciendo sentir a los involucrados parte del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

O. AGUDELO (Ecopetrol), M. AMAYA (Ecopetrol), G. Núñez (Schlumberger), J. Hernández (Schlumberger), N. Hernández (Ecopetrol). Implementación de completamientos de inyección selectiva en un campo maduro. ACIPET 2011.

O. AGUDELO, M. AMAYA, G. Núñez, M. Volante, C. Escalona. Production and Injection Monitoring and Surveillance. SPE-164519-MS. 2013.

C. RESTREPO, ACIPET, R. Jiménez, A. Azancot, R. Rubiano, W. Gambaretto, A. Suter, Schlumberger, C. Leal, O. Agudelo, M. Amaya, Ecopetrol. Estrategia de completamiento de pozos en un campo maduro con inyección de agua. ACIPET 2011.

ECOPETROL S.A, SCHLUMBERGER, Contrato de servicios y colaboración técnica, 2004.

S. MOCHIZUKI, L.A. Saputelli, C.S. Kabir, R. Cramer, M.J. Lochmann, R.D. Reese, L.K. Harms, C.D. Sisk, J.R. Hite, A. Escorcía: Real-Time Optimization: Classification and Assessment, SPE Production & operations, Noviembre 2006, 456-458p.

WEBB, PETER. Digital Data Management Needs Holistic Approach To Obtain Quantifiable Results, the American Oil & Gas Reporter, Noviembre 2005.