

## Estrategia de excelencia técnica: proceso para la identificación de oportunidades de mejoramiento en el sistema integral de producción

*Yuri de Antuñano Muñoz*

[yuri.deantunano@pemex.com](mailto:yuri.deantunano@pemex.com)

*Jorge A. Arévalo Villagrán*

[jorge.alberto.arevalo@pemex.com](mailto:jorge.alberto.arevalo@pemex.com)

*Justino Martínez Alonso*

[Martinezjustino10@gmail.com](mailto:Martinezjustino10@gmail.com)

*Misael González García*

*Felipe de Jesús Díaz Jiménez*

*Jorge E. Paredes Enciso*

[jorge.enrique.paredes@pemex.com](mailto:jorge.enrique.paredes@pemex.com)

*Daniel García Gavito*

[daniel.garciag@pemex.com](mailto:daniel.garciag@pemex.com)

*Félix Bautista Torres*

*Oscar Márquez Vázquez*

*Amando Vargas del Campo*

*Orlando Peralta Duarte*

*Jorge Pedro Cruz Andrade*

*César T. Vidal Alfaro*

*Pemex*

Información del artículo: recibido: agosto de 2016 - aceptado: octubre de 2016

### Resumen

Al transformarse Petróleos Mexicanos en una **Empresa Productiva Subsidiaria** (EPS), su visión de rentabilidad de negocio se orienta en invertir en las mejores áreas de producción y reducir costos de operación, mediante el desarrollo de oportunidades de mejoramiento de producción económicamente rentables, a fin de incrementar el factor de recuperación de hidrocarburos y con esto mantener las plataformas de producción.

Por otra parte, dadas las condiciones anteriores y los retos que enfrenta actualmente la EPS: disminución de los precios de los hidrocarburos, reducción de recursos presupuestario estatal, declinación natural de la producción en los yacimientos, reforma energética y transformación organizacional, entre otros aspectos, la Dirección General de PEP-EPS, creó la iniciativa de Excelencia en la Creación de Valor en la Producción (ECVP) y desarrolló el proceso de Excelencia Técnica para apoyar a los Activos de producción, con propuestas de oportunidades de mejoramiento de productividad económicamente rentables, así como, reforzar las capacidades críticas requeridas para una empresa productiva y priorizar proyectos con actividades más rentables y así enfrentar los retos de producción que se tienen a nivel nacional y mundial.

La Estrategia y el proceso de Excelencia Técnica desarrollados, están conformados por cinco subprocesos con una secuencia lógica que permiten identificar y jerarquizar pozos candidatos para el mejoramiento de producción a corto, mediano y largo plazo, mediante la aplicación de cinco metodologías desarrolladas: Metodología para la Identificación de Oportunidades de Producción (MIOP), Metodología de Jerarquización de Pozos (MJP), Metodología de Integridad Mecánica de Pozos (MIMP), Metodología de Análisis de Riesgo Cualitativo (MARC) y Metodología de Análisis

Económico (MAE), las cuales se integran en una Base de Datos de Seguimientos (BDS) para su control. En este artículo se describen a detalle cada una de ellas.

Para la aplicación del proceso de excelencia técnica, se conformó un equipo multidisciplinario de trabajo dedicado a tiempo completo de manera mancomunada con especialistas de los Activos de producción Samaria-Luna y Cinco Presidentes, con el objetivo de coadyuvar en la identificación de áreas de oportunidad para el mejoramiento de producción adicional a los programas operativos y posteriormente, realizar el escalamiento a todos los Activos de campos terrestres.

De los resultados obtenidos por los Activos de producción de campos terrestres a la fecha, se han logrado identificar 540 oportunidades de mejoramiento de producción económicamente rentables, que representan 34,443 BOPD, lográndose ejecutar 213 oportunidades (39.4%), con un incremento real de 18,940 BOPD, superando la expectativa programada.

En conclusión, la aplicación del Proceso de Excelencia Técnica y las metodologías desarrolladas permiten visualizar, analizar y seleccionar oportunidades de mejoramiento de producción de manera sistemática, optimizando el tiempo de análisis, además de reducir costos, mejorar rentabilidad y mitigar riesgos en la aplicación de las oportunidades identificadas.

**Acronimos clave:** **ECVP:** Excelencia en la Creación de Valor en la Producción, **MIOP:** Metodología para la Identificación de Oportunidades de Producción, **MJP:** Metodología de Jerarquización de Pozos, **MIMP:** Metodología de Integridad Mecánica de Pozos, **MARC:** Metodología de Análisis de Riesgo Cualitativo, **MAE:** Metodología de Análisis Económico, **BDS:** Base de Datos de Seguimiento.

## Technical excellence strategy: the process for opportunity areas detecting in production improvement on the oil & gas integrated system

### Abstract

Petróleos Mexicanos became a **Subsidiary Productive Enterprise** (EPS). Its focuses is to invest in the best areas of production and reduces operation costs by developing opportunities for improvement an economically profitable rates, to increase the oil recovery factor in order to maintain production.

Nowadays, the EPS is facing many challenges such as: declining oil prices, reduced budget resources, natural production decline in reservoirs, energy reform and organizational transformation among other, the General Direction of PEP-EPS, created Excellence in Creation of Value in the Production (ECVP) and It was developed the process of Technical Excellence to support assets production with proposals to improve economical profitable opportunities, to strength the critical capabilities required at enterprise and to prioritize projects more profitable activities, in this way, to satisfy the oil production challenges.

Strategy and Technical Excellence Process were developed by five processes in a logical sequence for identify and prioritize candidates well to increase production in a short, medium and long times, using five developed Technics: Methodology for Identification Opportunities Production (MIOP) Methodology for the Well Prioritization (MJP), Methodology of Well Mechanical Integrity (MIMP) Methodology of Qualitative Risk Analysis (MARC) and Methodology of Economic Analysis (MAE), all were integrated into a Follow-ups Database (BDS) for control. This article describes each one.

During implementation of Technical Excellence process, was formed a multidisciplinary team for working with experts of Production Assets: Samaria-Luna and Cinco Presidentes on site, to identify areas for production increased, in addition to operational programs. Finally to scale methodology process in Inland Fields Assets at all.

Inland Fields Assets results had identified 540 opportunities for production increased, which represent 34.443 bpd, getting 213 opportunities (39.4%) with a real-time increase of 18,940 bpd, exceeding the expectations.

Definitively, the application of the Technical Excellence Process and the developed methodologies let to visualize, analyze and select opportunities to increased production each time and optimize analysis time for getting: reduced costs, increased profitability and risk mitigation during identified opportunities implementation.

**Keywords:** **ECVP:** Excellence in Creation of Value with Production Metodology, **MIOP:** Opportunities Production Identification Metodology, **MJP:** Well Prioritization Metodology, **MIMP:** Well Mechanical Integrity Metodology, **MARC:** Qualitative Risk Analysis Metodology, **MAE:** Economic Analysis Metodology, **BDS:** Follow-ups Database.

## Introducción

Hoy en día la industria petrolera se enfrenta a grandes desafíos, por ello requiere de personal altamente calificado, dotado de un conocimiento profundo y la comprensión clara de los principios que gobiernan el movimiento de los fluidos, desde la formación hasta la cabeza del pozo<sup>1</sup>.

Para dar respuesta a los desafíos mencionados, el área de productividad de pozos desempeña un papel fundamental para mitigar la declinación de los yacimientos y mantener las plataformas de producción, mediante el análisis, toma de información, diagnóstico y el establecimiento de alternativas de solución para optimizar, mantener y mejorar la productividad de los pozos. La selección oportuna y diseño de las operaciones permite maximizar la producción de hidrocarburos, mediante la optimización eficiente del sistema de producción con una visión integral (yacimiento-pozo-instalaciones superficial)<sup>2</sup>.

Con base en lo anterior, y a fin de fortalecer los objetivos principales de Pemex, la Dirección General consideró

importante la creación de una iniciativa denominada “Excelencia en la Creación de Valor en la Producción (ECVP)”, orientada a mejorar la asignación de recursos presupuestales para actividades de mayor productividad y rentabilidad, mejora de la documentación, gestión y evaluación de proyectos, eficientar la planeación operativa en los activos e impulsar el proyecto de productividad de pozos para la optimización de pozos operando, (fluyentes y con SAP) y reactivación de pozos cerrados, con posibilidades de atenuar la declinación de los campos e incrementar la producción de manera efectiva y rentable.

Para cumplir con los objetivos y alcances establecidos en el proyecto ECVP, se crearon cuatro áreas funcionales con capacidades integradas en procesos y responsabilidades claramente definidas, **Figura 1**. La estructuración de cada una, se realizó considerando especialistas de PEP con base en su perfil profesional y de expertos.

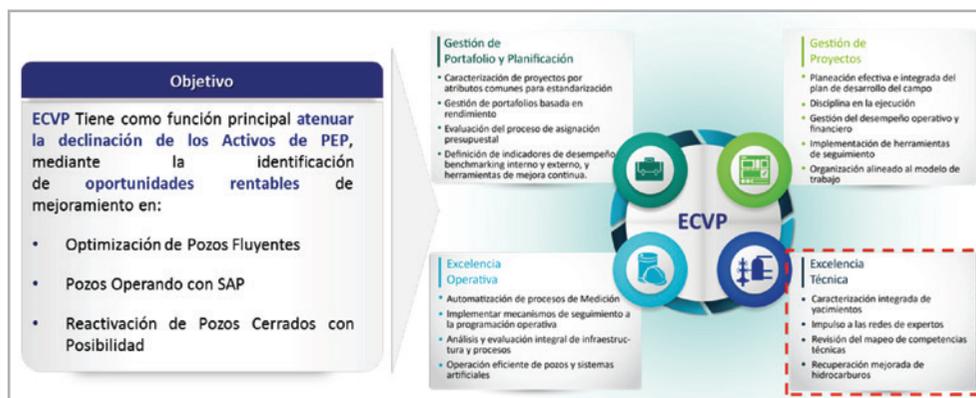


Figura 1. Funciones y responsabilidades de las áreas operativas de ECVP.

Para el caso del área de excelencia técnica, tema de interés de este artículo, se le encomendó como objetivo principal, “apoyar e interactuar con los especialistas de productividad de pozos de los Activos de producción de la Subdirección de Campos Terrestres, para coadyuvar en la identificación de oportunidades económicamente rentables para el mejoramiento de producción de pozos”, con base en el desarrollo de una metodología integral del sistema de producción.

## Proceso de excelencia técnica

Dadas las condiciones actuales en la industria del petróleo y gas: caída de los precios de los hidrocarburos, declinación de las plataformas de producción, reforma energética y transformación organizacional de Pemex, se desarrolló el proceso de Excelencia Técnica para apoyar y sustentar propuestas de oportunidades de mejoramiento de productividad de pozos, a fin de atenuar la declinación de los campos y contribuir con las metas de producción

establecidas por cada uno de los Activos de producción que conforman a la Subdirección de Campos Terrestres.

En la **Figura 2** se muestra el proceso de Excelencia Técnica desarrollado para la visualización, identificación, análisis, definición y jerarquización de oportunidades de mejoramiento de producción, aplicado durante el desarrollo del proyecto ECVP en los Activo de Producción Samaria Luna y Cinco Presidentes.

El proceso consta de cinco subprocesos con una secuencia lógica que permite identificar y jerarquizar pozos candidatos para el mejoramiento de producción a corto, mediano y largo plazos, mediante la aplicación de cinco metodologías desarrolladas: Metodología de Identificación de Oportunidades de Pozos (MIOP), Metodología para la Jerarquización de Pozos (MJP), Metodología de Integridad Mecánica de Pozos (MIMP), Metodología de Análisis de Riesgo Cualitativo (MARC) y Metodología de Análisis Económico (MAE).

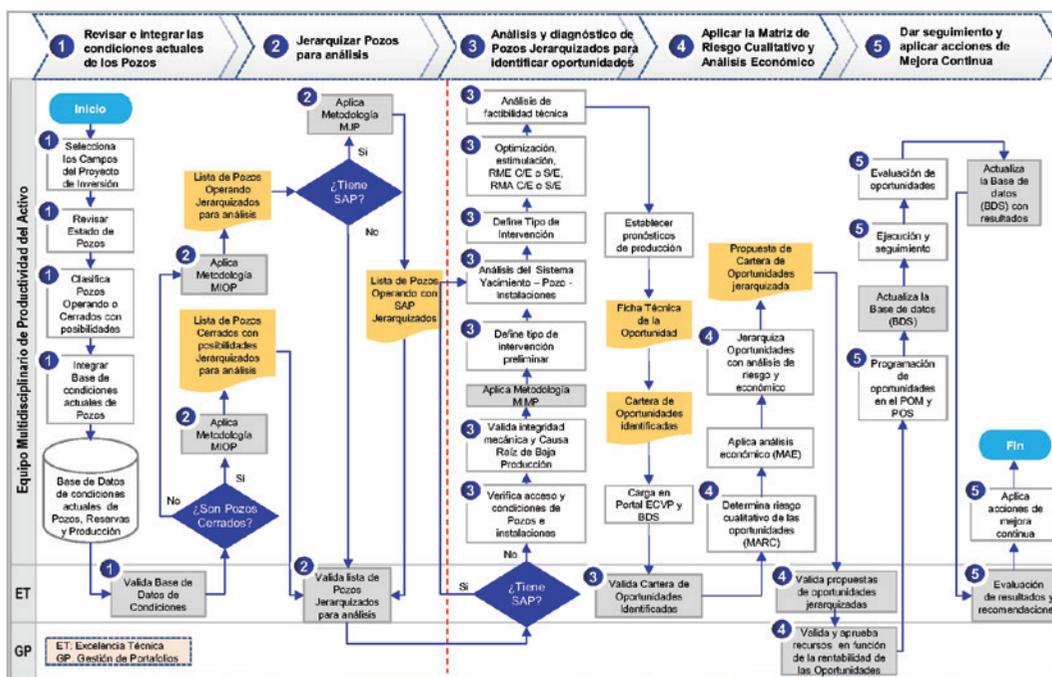


Figura 2. Proceso de excelencia técnica.

El proceso de excelencia técnica está basado en la metodología de la Administración del Sistema Integral de Productividad de Pozos (ASIPP), que ha sido probada exitosamente en proyectos de la Región Sur. Este proceso permite: establecer criterios de jerarquización para el análisis de los pozos, identificar oportunidades en el mejoramiento de su productividad y definir las propuestas de intervención, que garanticen el mejoramiento de la producción.

Para asegurar que el proceso y los procedimientos desarrollados sean aplicados de manera habitual en todos los Activos de producción de PEP, se definieron a detalle cada una de las actividades de los subprocesos que lo integran, así como, la información técnica requerida para su aplicación en forma sistemática y lógica, identificando los responsables de su ejecución durante todo el proceso.

A continuación se describe a detalle cada uno de los cinco subprocesos que conforman al Proceso de Excelencia Técnica:

### 1. Revisión e integración de las condiciones actuales de los pozos

En esta etapa, se revisa e integra la información del **estado de pozos**, proporcionada por personal de Diseño de Proyectos de los Activos. Esto permite identificar los pozos operando y los pozos cerrados con posibilidades de incluirse en este proyecto. Con base en esto, se integra la información técnica siguiente: condiciones actuales de operación, condiciones al cierre de pozo, reservas remanentes probadas produciendo por pozo y tiempo de cierre del pozo.

Con la información anterior, se generan bases de datos para la jerarquización de los pozos operando y pozos cerrados con posibilidades de explotación que permitan el análisis e identificación de oportunidades de producción. Esta base se valida con personal de Ingeniería de Yacimientos y Productividad de Pozos del Activo.

### 2. Jerarquización de los pozos para su análisis

Validadas las bases de datos de los pozos operando y pozos cerrados con posibilidades, se aplican las metodologías desarrolladas por el equipo de Excelencia Técnica, MIOP y MJP (descritas en este artículo), a fin de generar listados de pozos jerarquizados para su análisis: a) Pozos operando, b) Pozos cerrados con posibilidades y c) Pozos operando con sistemas artificiales.

Es importante señalar, que las relaciones de pozos deberán ser validadas en conjunto con personal de Ingeniería de Yacimientos y Productividad de Pozos del Activo, a fin de obtener un portafolio de pozos jerarquizados para su análisis.

### 3. Análisis y diagnóstico de pozos jerarquizados para identificar oportunidades

Con base en la relación de pozos jerarquizados para su análisis, el equipo multidisciplinario de productividad de pozos analiza los pozos candidatos al mejoramiento de producción y define el tipo de intervención por aplicar a los pozos (optimización, RME s/e, RME c/e, RMA s/e y RMA c/e), así como, con el apoyo de la metodología MIMP, se identifica el estado físico y operacional que guardan las instalaciones sub-superficiales, superficiales y el acceso a la localización, a fin de definir si los pozos presentan alguna restricción sub-superficial y/o superficial, que limite la aplicación de las propuestas de mejoramiento de producción, generando así una ponderación en su jerarquización para la ejecución.

Es importante señalar, que la aplicación de las metodologías MIOP, MJP y MIMP hasta este subproceso, permiten concentrar los esfuerzos en el análisis de los pozos mediante una visión integral del sistema yacimiento-pozo-instalación, a fin de tener un diagnóstico de las mejores oportunidades de producción a ejecutarse, **Figura 3**.

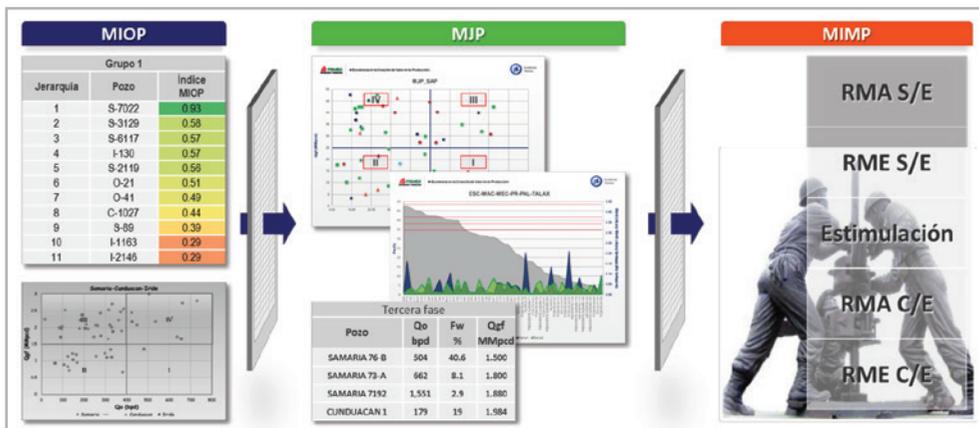


Figura 3. Análisis e identificación de oportunidades de mejoramiento de producción.

Como resultado de este análisis y diagnóstico, se elabora una ficha técnica para cada oportunidad propuesta, la cual se integrará a una cartera preliminar de oportunidades. Esta cartera se validará en conjunto con el equipo multidisciplinario del Activo.

#### 4. Aplicación de la matriz de riesgo cualitativo y análisis económico

Una vez definidos los tipos de intervenciones por aplicar en las oportunidades de mejoramiento de producción de

los pozos candidatos, se aplican las metodologías MARC y MAE a la cartera de oportunidades definida, la primera permitirá evaluar cualitativamente el riesgo asociado a cada intervención, la segunda evaluará económicamente los beneficios esperados permitiendo con ello, obtener una cartera jerarquizada de oportunidades de mejoramiento de producción de pozos con criterios técnicos y de rentabilidad, que se presentará para la consideración programática de ejecución a la Administración del Activo para su programación y ejecución, **Figura 4**.

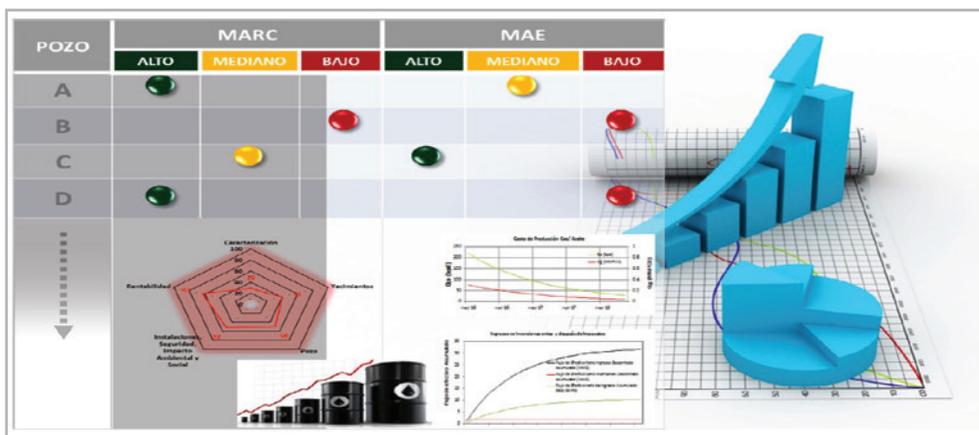


Figura 4. Matriz de riesgo cualitativo y análisis económico de oportunidades.

## 5. Seguimiento y aplicación de acciones para la mejora continua del proceso

Una vez jerarquizada y aprobada la cartera de oportunidades de producción de los pozos candidatos, el subproceso en turno permite dar seguimiento a cada oportunidad propuesta, desde su inclusión en los programas operativos (POM, POS, etc.) del Activo, hasta la ejecución y evaluación de resultados. Este seguimiento se lleva a cabo a través del desarrollo de una Base de Datos de

Seguimiento (BDS), **Figura 5**, la cual permite a los equipos de productividad de cada Activo de Producción: llevar un control de las oportunidades aprobadas, identificar los incrementos de producción (programados vs reales), evaluar la efectividad de las intervenciones propuestas y determinar su rentabilidad, estableciéndose así acciones de mejora. Esta base de datos de seguimiento debe actualizarse por el personal del Activo semanalmente, a fin de detectar con oportunidad desviaciones en el cumplimiento de las intervenciones.

CAMPO	POZO	RESULTADO DE ANÁLISIS	A Qd ESPERADO (BPD)	A Qd (BPS)	INV.	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Escuela	Escuela 1050	Optimización	5	12	\$0.00	CORTO
Escuela	Escuela 118	RME S/E	-	-	\$0.30	MEDIANO
Escuela	Escuela 152	Optimización	23	-	\$0.30	CORTO
Escuela	Escuela 17	Optimización	23	-	-	CORTO
Escuela	Escuela 195	Optimización	65	44	\$0.00	CORTO
Escuela	Escuela 211	Optimización	-	-	-	CORTO
Escuela	ESCULIN 212	Optimización	11	-	-	CORTO
Escuela	ESCULIN 216	Optimización	8	3	\$0.00	CORTO
Escuela	Escuela 228	RME S/E	40	-	\$0.30	MEDIANO
Escuela	ESCULIN 234	Optimización	10	-	-	CORTO
Escuela	ESCULIN 26	Optimización	12	2	\$0.00	CORTO
Escuela	ESCULIN 42	Optimización	17	-	-	CORTO
Escuela	Escuela 89	Optimización	4	-	-	CORTO
Mecatrapez	MECATRAPEZ 104	Optimización	15	-	-	CORTO
Mecatrapez	Mecatrapez 118	Optimización	7	4	\$0.00	CORTO
Mecatrapez	Mecatrapez 78	Optimización	16	2	\$0.00	CORTO
Mecatrapez	Mecatrapez 99	Optimización	20	25	\$0.00	CORTO
Papantla	Papantla 37	Optimización	-	-	-	CORTO
Papantla	Papantla 41	Optimización	10	8	\$0.00	CORTO
Papantla	Papantla 48	RME S/E	21	-	\$0.30	MEDIANO
Poza Rica	Mecatrapez 19	RME S/E	80	-	-	CORTO

**Figura 5.** Base de datos de seguimiento de oportunidades de mejoramiento de producción.

Las acciones de mejora identificadas en el proceso de excelencia técnica, se documentan en el Portal de Colaboración de Productividad de Pozos por cada Activo. Este portal cuenta con un sitio de acceso a todos los profesionistas involucrados en productividad de pozos, donde se pueden documentar experiencias, mejores prácticas y resultados principales de cada una de las oportunidades de mejoramiento de producción, ejecutadas por cada uno de los proyectos que desarrollan los Activos.

## Metodología integral del sistema de producción

Pemex EPS, para cumplir con sus objetivos estratégicos, ha decidido realizar un esfuerzo para fortalecer sus sistemas operativos de producción, a través de la identificación de oportunidades y retos técnicos que se presentan diariamente. Uno de estos retos es la mejora y optimización

de la productividad de pozos de aceite y de gas, en los ámbitos de operación marina y terrestre.

Como todo reto técnico, requiere de ciertos factores que deben considerarse de manera ordenada y sistematizada; el primero de ellos es la información específica disponible y confiable, que debe considerarse para encontrar soluciones o esquemas de optimización y mecanismos para su ejecución y evaluación de resultados.

Otro factor es que el personal técnico asignado debe tener la competencia necesaria en las especialidades involucradas y el entendimiento general de las variables y componentes que intervienen en el proceso integral de productividad de pozos.

El nuevo enfoque de productividad está orientado a reducir la incertidumbre en la explotación de los yacimientos, mediante la caracterización y administración del sistema

integral de productividad de pozos (ASIPP), que permita identificar áreas de oportunidad para el mejoramiento de la producción de los pozos, con una visión integral a corto, mediano y largo plazos, para dar cumplimiento a los compromisos de producción en PEP.

Por otra parte, derivado de la madurez de los campos de aceite y gas, el cierre de ventanas de operación y la declinación de las plataformas de producción de los

yacimientos, se generan grandes retos a los equipos de productividad para mantener y/o incrementar la producción, siendo necesario contar con una Metodología Integral del Sistema de Producción (MISP), que involucre procesos sistematizados, procedimientos y metodologías que permitan seleccionar, analizar, diagnosticar, diseñar y proponer intervenciones económicamente rentables, **Figura 6**.



**Figura 6.** Metodología del Sistema Integral de Producción, (MISP).

La MISP está conformada por cinco metodologías que permiten realizar el análisis de pozos de manera integral y establecer escenarios jerarquizados de solución, de pozos candidatos al mejoramiento de la producción, soportados en un análisis técnico, de riesgo y económico que incrementen la certidumbre de éxito en las intervenciones propuestas.

A continuación se describe cada una de las metodologías desarrolladas durante el proceso de excelencia técnica, para la identificación de pozos potenciales del mejoramiento de producción a corto, mediano y largo plazos.

### Metodología de Identificación de Oportunidades de Producción, (MIOP)

Tiene como objetivo principal identificar oportunidades en pozos operando y pozos cerrados con posibilidades, mediante un análisis práctico de los parámetros dinámicos de los pozos, previa pre-selección y jerarquización de acuerdo al riesgo y las reservas remanentes de hidrocarburos.

La metodología está enfocada a dos tipos de análisis:

- Pozos operando.- Para identificar oportunidades de optimización en la producción de los pozos.
- Pozos cerrados.- Permite jerarquizar oportunidades para reactivar pozos cerrados con posibilidades, a partir de la identificación de la problemática de cierre.

Para su aplicación es necesario contar con información técnica de los pozos de bases de datos institucionales y oficiales, tales como SISRED, SNIP, reportes diarios de producción, etc., reservas remanentes al 1 de enero del año en curso (oficiales) y el estado de pozos al cierre del mes inmediato (para el caso de pozos cerrados). Puede aplicarse a cualquier tipo de yacimiento, ya que cuenta con la flexibilidad de incorporar o desincorporar gráficos para adecuarse a las necesidades de cada yacimiento.

La aplicación de esta metodología no implica descartar los pozos cerrados sin posibilidades; sin embargo, el alcance de esta metodología se basa en identificar oportunidades a

corto y mediano plazos. A continuación se describe a detalle el desarrollo de la metodología:

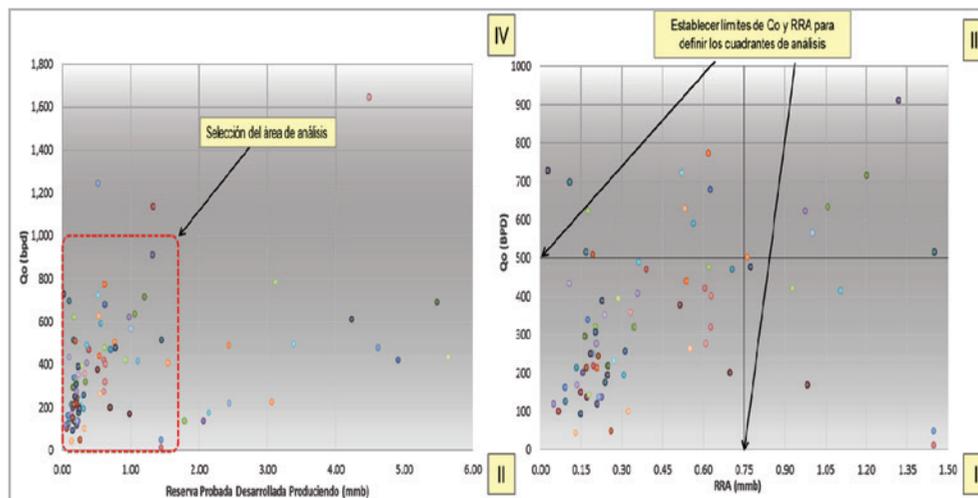
### Pozos operando, (fluyentes y SAP)

La primera etapa de la metodología consiste en realizar una base de datos de todos los pozos por analizar, con la información siguiente: gasto de aceite ( $q_o$ ) en bpd, Relación gas-aceite (RGA) en  $m^3/m^3$ , Corte de agua ( $F_w$ ) en porcentaje y Reserva remanente RRA (PDP) en millones de barriles.

Se realizan gráficas de las variables que impactan en la producción de los pozos, tales como,  $q_o$  vs RRA (PDP), esta gráfica tiene la finalidad de identificar los pozos con un bajo gasto de producción y que presentan valores altos

de reserva probada desarrollada produciendo, es decir, la reserva asociada a su comportamiento de declinación, para ello, se seleccionan de la muestra de pozos los límites de reserva y de gasto de producción para su análisis (cuadro rojo), **Figura 7**. De la misma manera se realiza la gráfica RGA vs  $F_w$ , con la finalidad de identificar a través de cuadrantes la problemática posible de los pozos, (alta producción de agua o de gas).

Posteriormente se establecen rangos o criterios para generar los cuadrantes de análisis, con los que se podrán identificar pozos de bajo gasto y alta reserva (cuadrante I), **Figura 7**. En este punto es indispensable la participación de los ingenieros de yacimientos y productividad de pozos del campo que se analiza, ya que son los que conocen el comportamiento del mismo.



**Figura 7.** Gráficas de comportamiento de  $Q_o$  vs RRA, (PDP).

Los pozos descartados (fuera del cuadro rojo) serán analizados después, se busca delimitar los valores de los parámetros de producción representativos del campo. Lo anterior, reduce los esfuerzos por analizar un universo de pozos y priorizarlos en un conjunto con potencial posible. El resultado de este primer análisis

permite seleccionar un número de pozos como posibles candidatos de mejorar su producción; sin embargo, es necesario jerarquizarlos de acuerdo a los parámetros que se están analizando, **Figura 8**, a partir del cálculo del índice MIOP determinado con la expresión siguiente:

$$MIOPop = \frac{RRA}{Q_o} \quad (1)$$

Grupo 1				
Jerarquización	Pozo	Índice MIOP	Cuadrante Diagnóstico	Posible Problemática
1	Iri-146-D	0.1193	II	Gas
2	Iri-146	0.0287	II	Gas
3	Oxi-42	0.0058	II	Gas
4	Sam-7121	0.0027	I	Flujo
5	Sam-105-A	0.0022	III	Agua
6	Sam-62-A	0.0016	III	Agua

Grupo 2				
Jerarquización	Pozo	Índice MIOP	Cuadrante Diagnóstico	Posible Problemática
1	Sam-162-B	0.0052	II	Gas
2	Sam-71	0.0035	IV	Ambas
3	Iri-6138	0.0032	II	Gas
4	Oxi-22	0.0030	II	Gas
5	Iri-1141	0.0022	I	Flujo
6	Sam-5104	0.0021	III	Agua
7	Sam-102-A	0.0020	IV	Ambas

Grupo 3				
Jerarquización	Pozo	Índice MIOP	Cuadrante Diagnóstico	Posible Problemática
1	Sam-76-B	0.0028	III	Agua
2	Sam-1199	0.0018	III	Agua
3	Sam-1187	0.0017	I	Flujo
4	Iri-1148	0.0017	I	Flujo
5	Iri-156-A	0.0016	I	Flujo
6	Sam-6092-H	0.0015	I	Flujo
7	Iri-1158	0.0014	II	Gas

Grupo 4				
Jerarquización	Pozo	Índice MIOP	Cuadrante Diagnóstico	Posible Problemática
1	Sam-6091	0.0010	III	Agua
2	Sam-7011	0.0009	I	Flujo
3	Sam-7128	0.0009	III	Agua
4	Sam-1087	0.0008	II	Gas
5	Iri-2156	0.0008	II	Gas
6	Iri-6126	0.0007	II	Gas
7	Sam-7084	0.0004	III	Agua
8	Cun-1023	0.0003	II	Gas
9	Iri-154	0.0003	II	Gas
10	Sam-91-A	0.0000	I	Flujo

Figura 8. Jerarquización de pozos operando para su análisis.

Con esta jerarquización de pozos, se prioriza su estudio para realizar un análisis integral multidisciplinario, a fin de definir el tipo de intervención por ejecutar.

### Pozos cerrados con posibilidades

El alcance de esta metodología para este tipo de pozos es identificar aquéllos con mayor potencial para reincorporarse a producción al corto plazo, con el menor riesgo asociado a través de la jerarquización de las variables de producción y su reserva remanente.

La metodología parte del estado de pozos por seleccionar que están clasificados como cerrados con posibilidades. De

forma similar que con pozos operando, se genera una base de datos considerando la información siguiente: Producción acumulada de aceite ( $N_p$ ) y gas ( $G_p$ ) en MMb y MMMpc respectivamente, relación gas-aceite (RGA) en  $m^3/m^3$  al cierre del pozo, corte de agua (Fw) en porcentaje al cierre del pozo, reserva remanente PDNP (Probada desarrollada no produciendo), o PND (Probada no desarrollada), en millones de barriles y días transcurridos desde su cierre.

La Figura 9, (cuadro rojo), muestra el proceso con el cual se delimitan los valores de  $N_p$  y RRA, con el objetivo de identificar la media de estos parámetros en el campo. Posteriormente se trazan gráficas en los cuadrantes de las variables  $N_p$  vs RRA, con la finalidad de identificar los pozos con menor producción acumulada y alta reserva remanente.

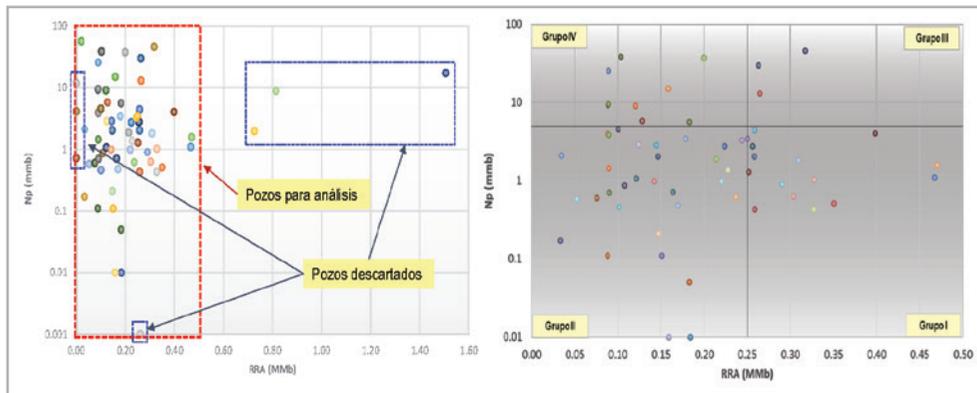


Figura 9. Gráficas de comportamiento de  $N_p$  vs RRA.

De la misma manera se construye la gráfica de RGA vs  $F_w$  (%), con la finalidad de identificar en los cuadrantes la posible problemática de los pozos (alta producción de agua o de gas).

Una vez realizada la clasificación en función de su reserva y sus parámetros de producción, es necesario identificar los pozos que se encuentran cerrados por corto tiempo y con alta reserva remanente, a fin de identificar oportunidades de producción. Los pozos cerrados por largo tiempo y gran reserva deben estudiarse para corroborar la misma, **Figura 10**.

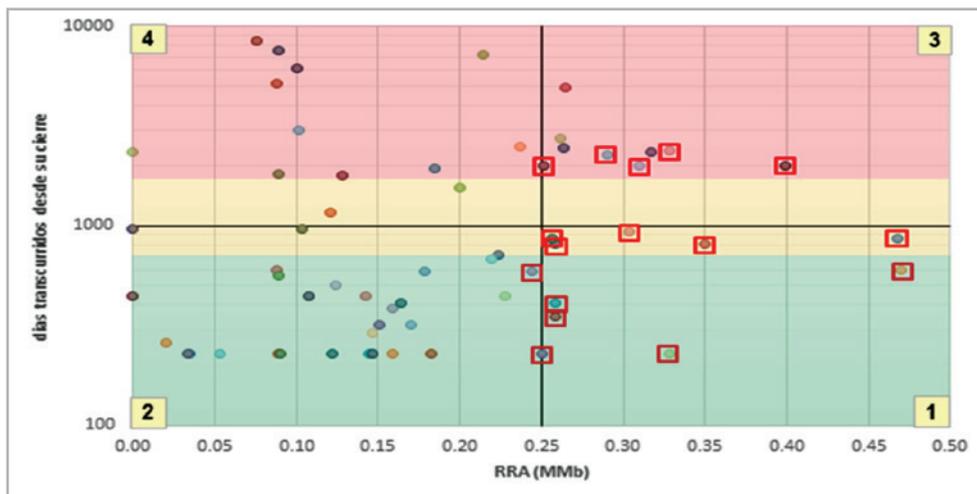


Figura 10. Gráfica de tiempo de cierre vs RRA.

Este proceso de jerarquización de pozos, utiliza los índices siguientes para su clasificación:

$$IRP = \frac{RRA}{Np} \quad \dots(2)$$

$$ICC = \text{Valor del cuadrante} \quad \dots(3)$$

$$IRT = \left( \frac{RRA}{t_{cierre}} \right) \times 1000 \quad \dots(4)$$

Una vez obtenidos los índices referentes a la reserva remanente, causa y tiempo de cierre, se obtiene el índice MIOP, que es la suma de los tres parámetros con diferentes ponderaciones, dándole mayor valor a las condiciones del

yacimiento (reserva remanente), ecuación 5 (cuyos factores de ponderación se sustentan en criterio de expertos del campo por analizar).

$$\text{Índice MIOP} = IRP (0.40) + ICC (0.30) + IRT (0.30) \quad \dots(5)$$

## Metodología de jerarquización de pozos, (MJP)

Tiene como objetivo jerarquizar pozos que producen de manera fluyente y/o con Sistemas Artificiales de Producción (SAP), en un Activo. La metodología se aplica de manera puntual en un tiempo determinado y es necesario continuar aplicándola de forma periódica. Se basa en analizar en primer lugar, los pozos que proporcionan el 80% de la producción del Activo y dejar al último, los pozos que producen el 20% empleando para su análisis datos de aforos recientes.

Los pozos con mayor producción neta de aceite se clasifican en cuadrantes con dos criterios: productores con agua y productores con gas. Se realizan gráficas de  $Q_o$  vs %  $F_w$  y  $Q_o$  vs  $Q_{gf}$ , **Figura 11** y se clasifican los cuadrantes en: I.- pozos con alta producción y poca agua o gas, II.- pozos con mediana producción. Se clasifican los pozos con base a sus cuadrantes, buscando una jerarquización de pozos con problemas de producción de agua y/o gas con alta producción de aceite, cuadrantes I y III. Esto no es restrictivo a estudiar únicamente estos pozos.

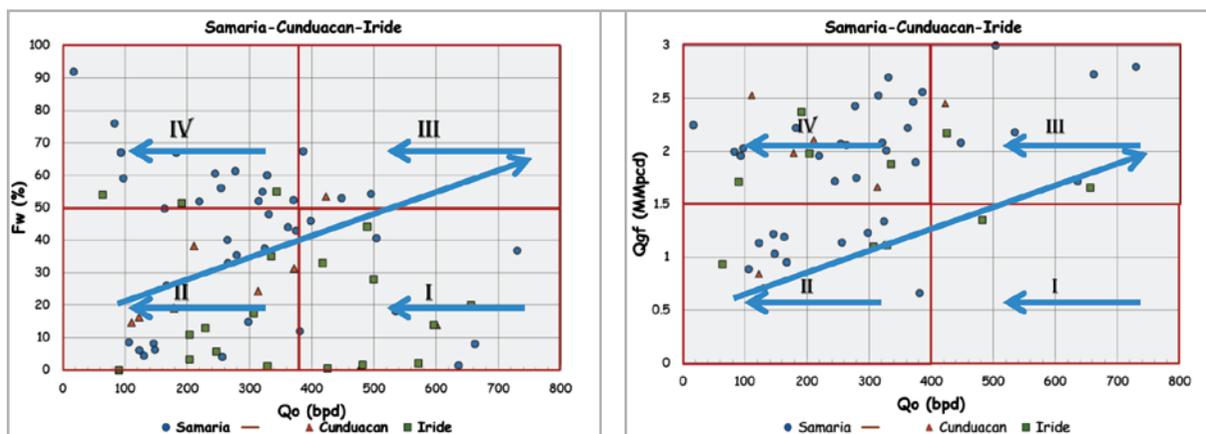
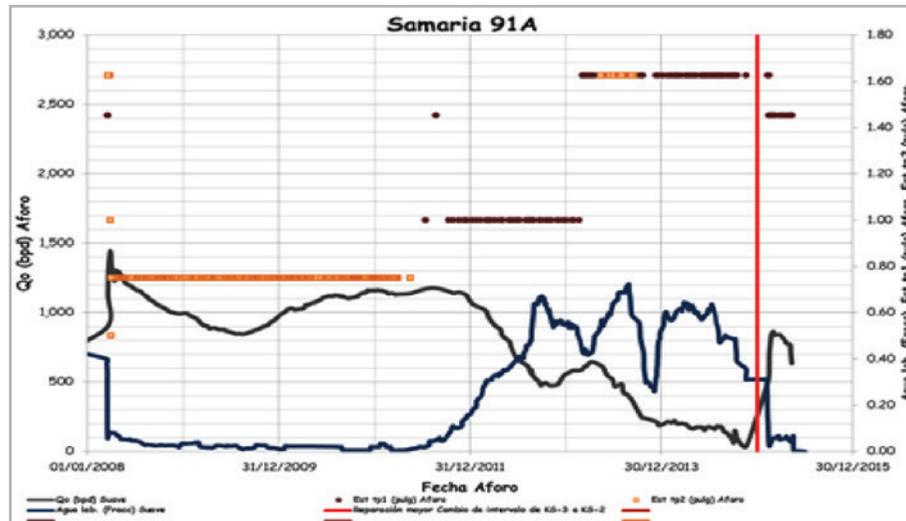


Figura 11. Gráficas de  $q_o$  vs  $F_w$  (%) y  $Q_{gf}$ .

Obtenida la clasificación de los pozos, se realiza la gráfica del registro histórico de producción de los fluidos (aceite, agua y gas), para cada uno de los pozos clasificados, a fin

de diagnosticar la problemática, **Figura 12** y generar un modelo de pozo (análisis nodal), sensibilizando variables que impactan su productividad.



**Figura 12.** Registro histórico de producción de los fluidos producidos.

## Metodología de Integridad Mecánica del Pozo, (MIMP)

Clasificados y jerarquizados los pozos para mejora de producción con las metodologías MIOP y MJP, se aplica la metodología de integridad mecánica del pozo, con el objeto de revisar: parámetros sub-superficiales (estado mecánico), superficiales (válvulas, estranguladores, líneas de descarga, etc.), condiciones operacionales que guardan las instalaciones y el acceso a la localización, que permitan establecer la factibilidad de las intervenciones a pozos. El proceso referido, incluye el tipo de intervención preliminar (RMA, RME, C/E y S/E), con el fin de proponer en un primer alcance las mejores oportunidades a corto plazo y de menor costo.

La aplicación se efectúa mediante la conexión a la base de datos de ECVP, con la finalidad de calcular la factibilidad de la intervención con base en la integridad del pozo y el análisis de riesgo por variables: Motivo de cierre (para pozos cerrados), acceso a la localización, condiciones sub-superficiales, condiciones superficiales, instrumentación y condiciones mecánicas. Como resultado del análisis, la metodología genera un informe de resultados del índice de factibilidad de la intervención propuesta, e identifica problemas mecánicos posibles para su ejecución, **Figura 13**. Se seleccionan pozos que presenten índices de factibilidad mayores al 50%.

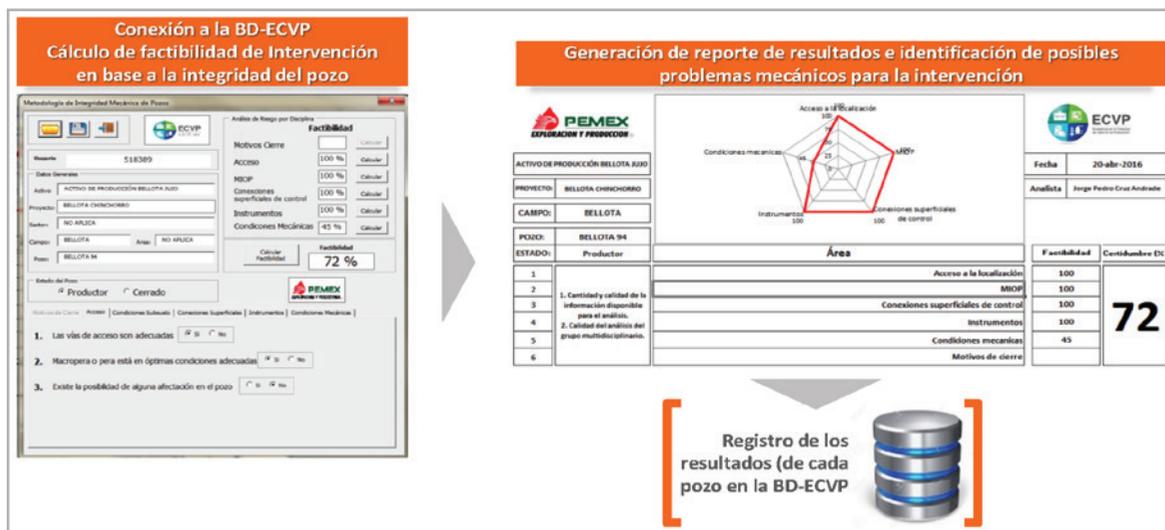


Figura 13. Reporte de factibilidad de la intervención.

## Metodología de Análisis de Riesgo Cualitativo, (MARC)

A los pozos seleccionados con índices de factibilidad de intervención, mayores al 50%, obtenidos con la metodología MIMP para mejoramiento de producción, se les aplica la metodología de análisis de riesgo cualitativo, con el objetivo de calificar su riesgo a partir de la opinión multidisciplinaria de expertos y para cada propuesta de intervención a pozos que garanticen la promesa de producción, en función de su rentabilidad y permitir su jerarquización para comprometer los casos de mayor certidumbre operativa y definir aquéllos, que por falta de tecnología, experiencia y rentabilidad, no sean convenientes para su intervención en el corto y mediano plazos.

Su aplicación requiere al menos de cinco expertos, uno por cada disciplina (caracterización, yacimientos, pozos,

instalaciones superficiales y evaluación económica); así como, un líder que facilite la comunicación y la toma de decisiones.

Cada especialista califica su área de interés, sin perder el objetivo de la intervención propuesta, a fin de dar mayor relevancia al área de mayor impacto y calificar correctamente su riesgo. Todos los especialistas deben participar de manera efectiva, a fin de establecer los casos con la mayor incertidumbre y ofrecer un plan de mitigación de riesgos.

La metodología genera un reporte del riesgo cualitativo por disciplinas, permitiendo a los ingenieros seleccionar aquéllas que tengan un índice de riesgo mayor al 50% para su intervención, **Figura 14**.

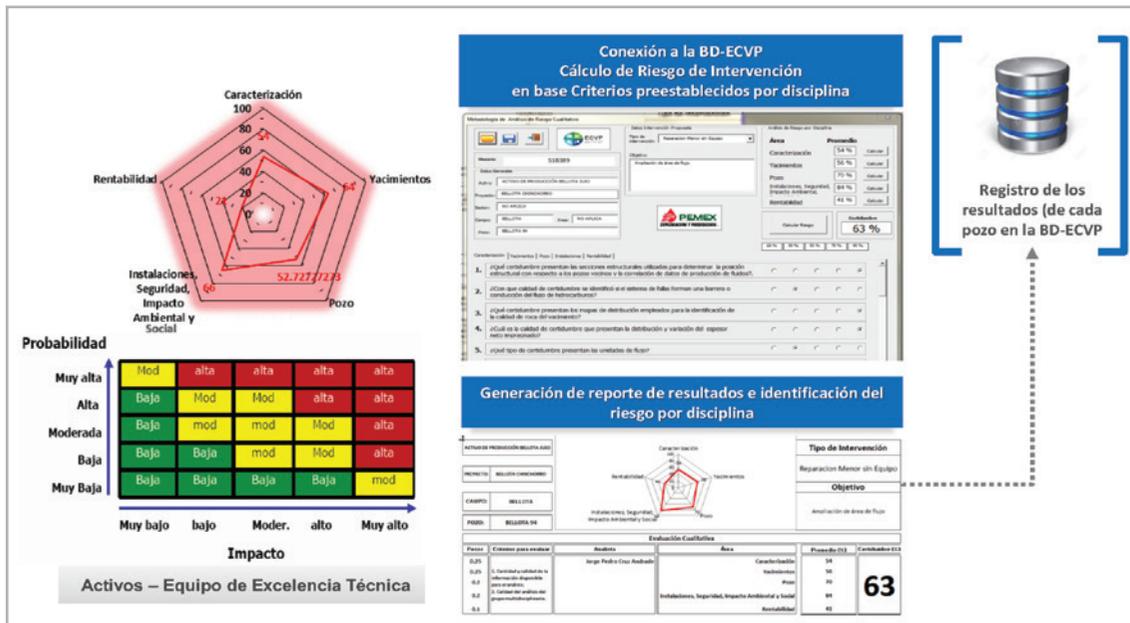


Figura 14. Reporte de riesgo cualitativo por disciplinas.

### Metodología de Análisis Económico, (MAE)

Se aplica a las propuestas de pozos que hayan sido aprobadas, tanto técnicamente como por riesgo cualitativo, para mejorar su producción a través de una intervención y determinar los indicadores económicos y beneficios por obtener antes y después de impuestos.

Genera un informe de resultados con indicadores económicos, gráficas de pronósticos de producción, flujo de efectivo neto y rentabilidad de las oportunidades de producción propuestas, así como su tiempo de recuperación, **Figura 15**. Permitiendo con ello, definir y jerarquizar las oportunidades con base en sus indicadores económicos, así como, eliminar intervenciones que económicamente no sean rentables.

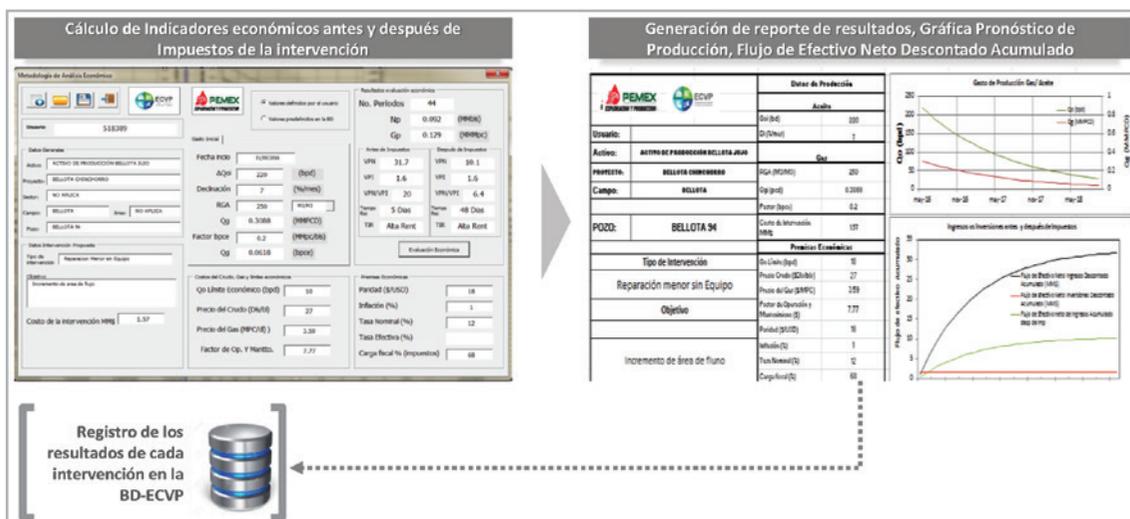


Figura 15. Informe de resultados con indicadores económicos por intervención.

## Base de Datos de Seguimiento, (BDS)

Para dar seguimiento a las oportunidades de mejoramiento de producción de los pozos identificados, en cada proyecto de productividad de los Activos de producción de campos terrestres, se desarrolló la Base de Datos de Seguimiento (BDS), la cual permite a los equipos de productividad: monitorear, controlar y supervisar el avance de oportunidades desde su etapa de visualización, documentación y ejecución tanto en pozos operando como cerrados con posibilidades a corto, mediano y largo plazos, estimándose los incrementos de producción, asociados al tipo de intervención propuesta.

La BDS contiene información de registro de propuestas de intervención a pozos con oportunidades, estado de las oportunidades propuestas (visualizada, documentada, cancelada y ejecutada), resumen ejecutivo de las intervenciones, tablero de seguimiento de oportunidades, tablero de seguimiento de análisis económico, que permiten generar gráficas, reportes y filtros dinámicos para su rápida identificación, así como , registrar históricamente las intervenciones y los incrementos de producción reales obtenidos, para establecer acciones de mejora continua, que permitan reducir el grado de incertidumbre e incrementar el éxito de las propuestas de mejora de producción, **Figura 16**.



Figura 16. Registro de propuestas de intervención a pozos con oportunidades (BD).

## Portal de publicación y colaboración

Con la finalidad de registrar, almacenar y difundir los análisis técnicos desarrollados por los equipos de productividad de los Activos de campos terrestres, se consideró importante desarrollar un portal de publicación y colaboración, que proporcione un mecanismo de interacción entre especialistas, datos, aplicaciones y procesos de manera sistemática, integrando las bases de datos institucionales para obtener una visión integral en los niveles operacional, táctico y estratégico.

El desarrollo de este portal se diseñó y se puso en marcha con apoyo de personal de Tecnologías de Información. Se consideraron dos fases en su diseño: la primera es la creación de un portal de publicación y colaboración para el proyecto y la segunda consistente en el diseño y construcción de módulos de acceso a datos técnicos, herramientas de análisis y tableros de control, **Figura 17**.



Figura 17. Estructura del portal de publicación y colaboración de productividad de pozos.

## Escalamiento del proyecto ECVP a campos terrestres

Para el escalamiento del proyecto ECVP hacia los Activos que conforman la Subdirección de Campos Terrestres, se estableció una estrategia considerando la participación de personal de los Activos de producción, el equipo

de excelencia técnica y la asistencia técnica externa, definiéndose en cada caso las responsabilidades y funciones a realizar para establecer un trabajo efectivo de equipo, con un objetivo: coadyuvar en la identificación de oportunidades de mejora, para apoyar las plataformas de producción base de cada Activo de Producción, **Figura 18**.



Figura 18. Esquema de la estrategia de escalamiento del proyecto ECVP.

## Resultados de producción obtenidos por los Activos de Producción de Campos Terrestres, (APCT)

Con el escalamiento del proyecto de ECVP, la aplicación del proceso de excelencia técnica y la implementación de las metodologías desarrolladas, los Activos de

producción de Campos Terrestres han logrado identificar 540 oportunidades de mejoramiento de producción, económicamente rentables, que representan potencialmente 34,443 BOPD, lográndose a la fecha ejecutar 213 oportunidades (39.4%) con un incremento de producción real de 18,940 BOPD, superando la expectativa programada, **Figura 19**.

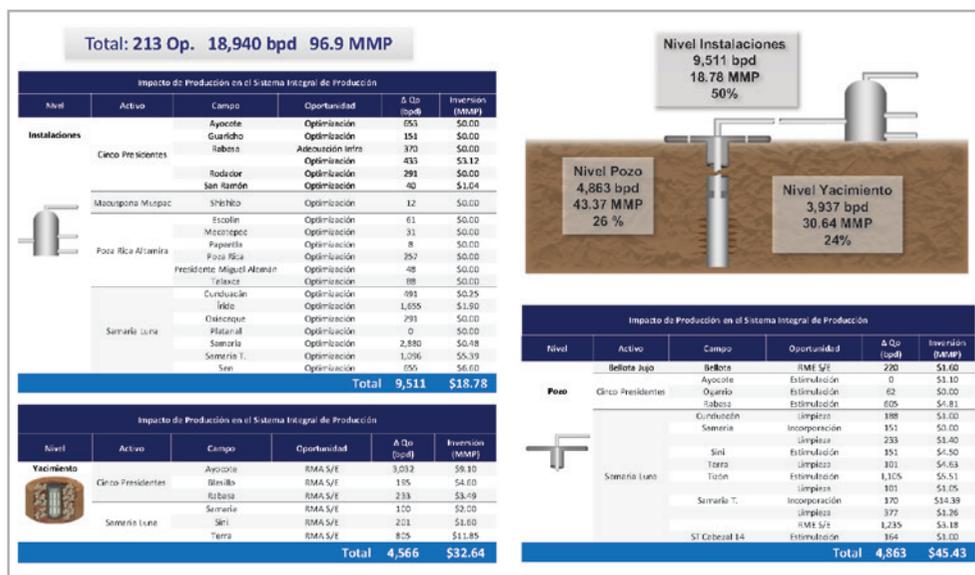


Figura 19. Registros de incrementos de producción obtenidos por los APCT.

## Conclusiones

1. Se desarrolló un proceso sistematizado que permite identificar oportunidades de mejoramiento de producción en proyectos de productividad de pozos, con base en la implementación de la Metodología Integral del Sistema de Producción.
2. Se han ejecutado 213 oportunidades que produjeron incrementos de producción de 18,940 bpd, con una inversión de 96.9 MMP y una rentabilidad mayor al 34%.
3. Se alcanzó la implementación de procesos para seleccionar, jerarquizar, diagnosticar y definir oportunidades económicamente rentables.
4. La Creación de una Base de Datos de Seguimiento permite monitorear y controlar oportunidades identificadas de mejoramiento de producción, estimar incrementos de producción, programar en POS y evaluar resultados de producción reales.

5. El Portal de Colaboración de Productividad, es una herramienta tecnológica para almacenar, administrar y compartir información técnica de los análisis de las oportunidades identificadas de producción.

## Recomendación

Difundir, transmitir e implementar el proceso de excelencia y las metodologías desarrolladas a todos los Activos de PEP, para homologar criterios de análisis en materia de Productividad de Pozos.

## Agradecimientos

A la Dirección General de Pemex, Subdirección de Campos Terrestres, Administradores y especialistas de los Activos de producción, por su participación proactiva en la implementación y escalamiento del proyecto ECVP, factor clave para la identificación y ejecución de oportunidades de mejoramiento de producción de pozos.

## Referencias

- 1.- Antuñano, Y. de y Arévalo, J. 2008. Estrategia Nacional de Productividad de Pozos. Pemex Exploración y Producción, Gerencia de Estrategias y Planes, México.
- 2.- Ramírez Sabag, J. 2015. *Fundamentos de la Tecnología de Productividad de Pozos Petroleros*. Barcelona: Editorial Reverté.

## Nomenclatura

EPS:	Empresa Productiva Subsidiaria
PEP:	Pemex Exploración y Producción
ECVP:	Excelencia en la Creación de Valor en la Producción
APCT:	Activos de Producción de Campos Terrestres
MIOP:	Metodología para la Identificación de Oportunidades de Producción
MJP:	Metodología de Jerarquización de Pozos
MIMP:	Metodología de Integridad Mecánica de Pozos
MARC:	Metodología de Análisis de Riesgo Cualitativo
RRA:	Reserva Remanente de Aceite (mmb)

IRP:	Indicador Reserva-Producción
ICC:	Indicador Causa de Cierre
IRT:	Indicador Reserva Tiempo de Cierre
$t_{\text{cierre}}$ :	Tiempo de cierre
MAE:	Metodología de Análisis Económico
BDS:	Base de Datos de Seguimiento
BOPD:	Barriles de aceite producido por día
SAP:	Sistema Artificial de Producción
ASIPP:	Administración del Sistema Integral de Productividad de Pozos
POM:	Programa Operativo Mensual
POS:	Programa Operativo Semanal
MISP:	Metodología Integral del Sistema de Producción
Qo:	Gasto de aceite (BOPD)
Fw:	Fracción de agua (%)
RGA:	Relación Gas Aceite ( $m^3/m^3$ )

## Semblanza de los autores

### Yuri de Antuñano Muñoz

Ingeniero Petrolero, egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México con Mención Honorífica. Cuenta con 31 años de experiencia en productividad de pozos. Autor de más de 60 artículos técnicos presentados en congresos nacionales e internacionales de la SPE, INGEPET, COLARPER, IMIQ, CPM, AIPM, entre otros. Ha recibido diferentes reconocimientos por su sobresaliente actuación para la contribución al desarrollo y prestigio de la industria Petrolera Mexicana. Cuenta con dos diplomados en Administración de Negocios y Servicio. Actualmente es Líder del equipo de Excelencia Técnica en el proyecto de Excelencia en la Creación de Valor en la Producción y Líder de la Red de Especialistas de Productividad de Pozos en Pemex Exploración y Producción. Es miembro activo de la SPE (Society of Petroleum Engineer) y del CIPM (Colegio de Ingenieros Petroleros de México).

### **Justino Martínez Alonso**

Ingeniero Petrolero egresado de la ESIA del Instituto Politécnico Nacional. Ingresó a Pemex el 14 de mayo 1985. Cuenta con 30 años de experiencia en Caracterización Estática de Yacimientos y Productividad de pozos. Durante su trayectoria profesional ha desempeñado varios cargos, entre los cuales destaca: Coordinador Especialista A, Subgerente de Normatividad, Jefe de área y como especialista del Grupo G50. Ha colaborado en los Proyectos de Excelencia en la Creación de Valor en la Producción, Estrategia Nacional de Productividad de pozos, Programa de Administración Integral de Pozos e Implantación del Programa Estratégico de Productividad en la Región Sur. Ha recibido diferentes reconocimientos, tales como, Premio Nacional de Innovación de la calidad y ha participado en estudios integrales de campos. Es miembro del CIPM y de la red de Caracterización de yacimientos naturalmente fracturados.

### **Jorge A. Arévalo Villagrán**

Doctor en Ingeniería Petrolera por la Texas A&M University. En 2004 obtuvo con Mención Honorífica la Maestría en Ingeniería Petrolera por la Facultad de Ingeniería de la UNAM. De 1986 a 1989 estudió la Maestría en Ingeniería Ambiental por la Universidad Veracruzana y en 1984 obtuvo la Licenciatura en Ingeniería Petrolera por la ESIA del IPN. Ha presentado diversos trabajos en congresos nacionales e internacionales y recibidos diferentes reconocimientos y premios. Es profesor de asignatura de la licenciatura y posgrado de la UNAM. Es miembro de número de la Academia de Ingeniería, miembro de la SPE y del CIPM.