

Creación de valor y optimización de tiempo mediante la automatización de procesos y análisis técnicos en la Región Sur

Giddel Hernández Martínez
Jorge Enrique Paredes Enciso
Humberto Iván Santiago Reyes
Eder Castañeda Correa
Ángel Adrián Ramírez Méndez
PEP, STEP-GPET

Información del artículo recibido en 2022-revisado-evaluado-correcto y aceptado en abril 2023

Resumen

Idealmente, el ingeniero debería dedicar el máximo de su tiempo al entendimiento del comportamiento del yacimiento. Sin embargo, se ha identificado que un porcentaje alto se dedica a la recopilación de información. La reducción de tiempos destinados al manejo de la información es una gran área de oportunidad para la creación de valor y el crecimiento técnico de los profesionistas. Para contribuir con este objetivo, se identificaron los procesos internos principales, bases de datos, gráficos especializados, integrándolos en una herramienta que fue nombrada APPY (Análisis Prácticos y Procesos de Yacimientos). Para fines prácticos se utilizó Microsoft Excel™ como la plataforma para el desarrollo del trabajo. Esta herramienta la diseñaron especialistas con conocimientos de los procesos que contribuyeron a una creación especializada para las necesidades de la Región Sur. A grandes rasgos la herramienta cumple con los objetivos siguientes: estandarización de bases de datos de producción, aforos, petrofísicas, intervalos productores, intervenciones a pozos e información de laboratorio (corte de agua, salinidad, cromatografía, entre otros); diagnóstico de irrupción de agua y/o gas; estimación de las reservas remanentes por pozo y cálculo de su declinación; prorrateo de la producción para pozos que producen diferentes arenas simultáneamente y finalmente, sirve como enlace para las diferentes aplicaciones utilizadas por los ingenieros. La herramienta se ha implementado en seis campos y derivado de su uso, se redujo a la mitad el personal destinado al estudio.

Palabras clave: Administración integral de yacimientos, estandarización de bases de datos, herramienta práctica.

Value creation and time optimization through process automation and technical analysis in the South Region

Abstract

Ideally, engineers should devote most of their time to better understand reservoir behavior. In real life, though, most of this process is dedicated to gathering information. Therefore, to strengthen technical growth, data management time optimization is an important improvement area. With this purpose in mind, important internal processes such as data bases and specialized plots were identified and integrated into a work development platform: APPY (for its Spanish acronym Practical Analyses and Reservoir Processes). The platform was developed on Microsoft Excel. This tool was designed by specialists who knew firsthand the South Production Region needs. APPY meets the following targets: standardize production data bases, well test data bases, petrophysics information, perforations, intervention history, lab

info (water cut, salinity, chromatography result, etc.), water & gas breakthrough diagnosis, remaining reserve volumes per well, production decline analyses, production allocation for wells comprising several simultaneous sands while merging different application used by the specialists. This tool has been implemented in six fields, reducing the needed staff by half.

Keywords: Reservoir Management, Data Base Standardization, useful practical tool.

Introducción

La razón principal de un ingeniero de yacimientos es la estimación de reservas y proponer las estrategias más adecuadas para su recuperación. La reducción del tiempo dedicado al manejo y procesamiento de la información cobra importancia vital, ya que permite invertir tiempo y recursos en el análisis del comportamiento de los yacimientos y en propuestas para optimizar su desarrollo. En este trabajo se presenta una herramienta orientada hacia la Administración Integral de Yacimientos (AIY), la cual se implementó en campos de la Región Sur para mejorar el control de la información, optimizar los procesos internos y facilitar los análisis técnicos de ingeniería básica de yacimientos.

Problemática

Idealmente, el ingeniero debería dedicar el máximo de su tiempo al entendimiento y predicción del comportamiento del yacimiento con toda la cantidad de información con que cuenta. Sin embargo, se ha identificado que un alto porcentaje de tiempo se dedica a la recopilación y organización de información. La reducción de tiempos destinados al manejo de la información es una gran área de oportunidad para la creación de valor y el crecimiento técnico de los profesionistas. Para contribuir con este objetivo, se identificaron los principales procesos internos, bases de datos de producción oficial, mediciones a boca de pozo, información de laboratorios (Agua-Salinidad, Sedimentos, Cromatografías, PVT, entre otros), gráficos especializados e información relevante por los principales proyectos y se integraron en una herramienta que fue nombrada APPY (Análisis Prácticos y Procesos de Yacimientos).

Desarrollo

Esta herramienta fue diseñada por especialistas de PEP con conocimientos de los procesos que contribuyeron a la creación de un “traje a la medida” para las necesidades de

la Región Sur. Sin embargo, la herramienta no está limitada a usarse en otras Regiones u otros proyectos petroleros. Para fines prácticos se utilizó Microsoft Excel™ VBA como plataforma para el desarrollo del trabajo y se empleó el apoyo de la literatura para desarrollar la aplicación (Torres, 2016; Walkenbach, 2019).

La herramienta cumple con los siguientes objetivos: estandarización de bases de datos de producción, aforos, petrofísicas, intervalos productores, intervenciones a pozos e información de laboratorio, (corte de agua, salinidad, cromatografía, entre otros) y tenerlos en un solo lugar; diagnóstico de irrupción de agua y/o gas en cada pozo; estimación de las reservas remanentes técnicas por pozo y cálculo de su declinación; detectar cambios en las propiedades de los fluidos producidos (ρ_{API} , Fw, densidad del gas producido) que indican o corroboran el avance del contacto agua-aceite o el momento en que la presión de saturación fue alcanzada; prorrato de la producción para pozos que producen de diferentes arenas simultáneamente y finalmente, sirve como enlace para las diferentes aplicaciones utilizadas por los ingenieros de yacimientos.

La herramienta está dividida en cinco módulos: **Principal**, **Declinación**, **Análisis**, **Campo** y **Prorrato**. Los módulos presentados son flujos de trabajos que los ingenieros de yacimientos aplican de forma rutinaria en la práctica y que hay mucha información en la literatura que lo sustenta, (Essley, 1965; Poston y Poe, 2008; Mukhanov et al. 2018).

En la **Figura 1**, se muestra el módulo Principal, el cual tiene la función de cargar los datos de entrada y visualizar los parámetros principales del pozo, como lo es producción de aceite, gas y agua, datos de laboratorio, mediciones, historial de intervenciones, etc.

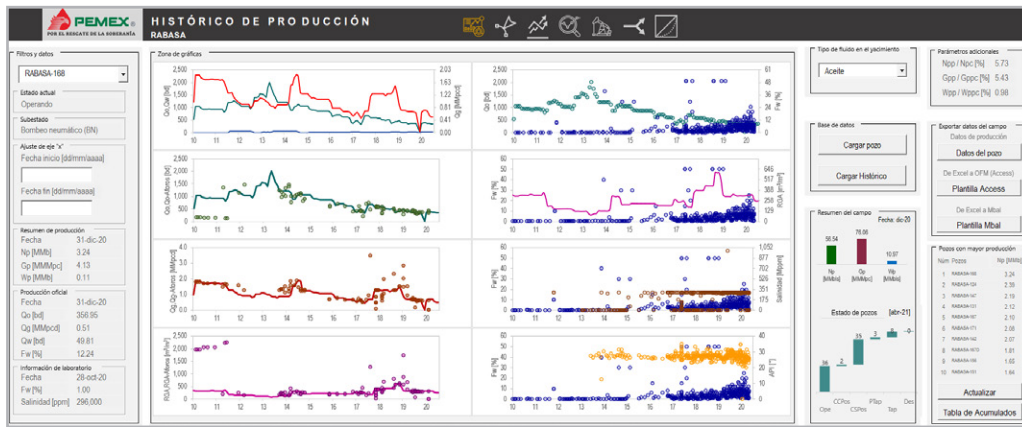


Figura 1. Módulo principal.

En el módulo **Declinación**, se puede realizar un análisis de la declinación de la producción de aceite, estimación de ROA y RRA técnica, a partir de los gráficos Qo versus Np, Qo versus tiempo y Qo/# de pozos versus tiempo,

ver la **Figura 2**. Este módulo también está enfocado para efectuar análisis de la declinación sectorial, con el objetivo de estimar el comportamiento esperado de un pozo nuevo, orientado a ese sector del yacimiento.

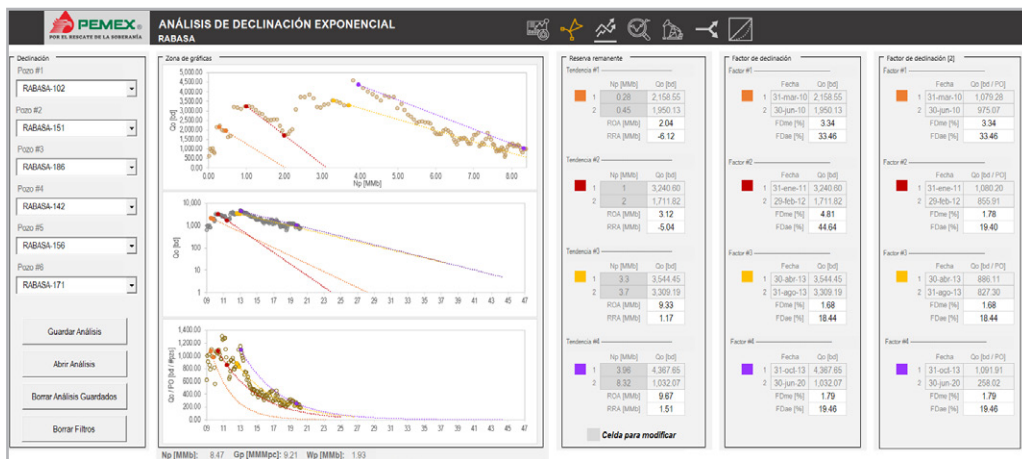


Figura 2. Módulo de la declinación.

En la **Figura 3**, se muestra el módulo **Análisis**, el cual consiste en una serie de gráficos especializados dedicados al diagnóstico de la problemática de los pozos. Se cuentan con gráficos como: Chan, °API-tiempo, RGA-Np, agua/salinidad-tiempo, RAA-tiempo y tiempos de balance de materia. El objetivo de este módulo es detectar cambios en las propiedades de los fluidos producidos (°API, Fw, RGA), que son indicios de cambios en la dinámica de flujo del yacimiento.

El módulo **Campo** permite visualizar la producción a nivel de campo, yacimiento y bloque, diseñado específicamente para la evaluación de la conectividad hidráulica entre yacimientos. Esta sección tiene la flexibilidad de proporcionar los datos históricos de producción (qo, qg, qw, Np, Gp y Wp) a los programas comerciales para realizar balance de materia, ver la **Figura 4**.



Figura 3. Módulo de análisis de yacimientos.

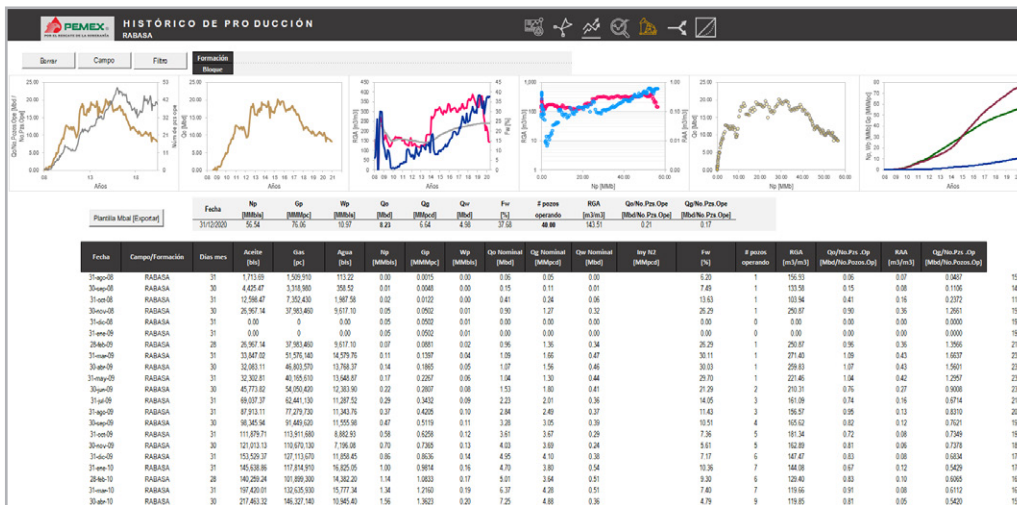


Figura 4. Módulo de campo.

Módulo de **Prorrato**: Utilizado en casos donde un pozo produce simultáneamente de dos o más arenas y no se cuenta con medición de cada intervalo. Esta situación se

observa principalmente en los campos del Activo Cinco Presidentes, como se muestra en la **Figura 5**.

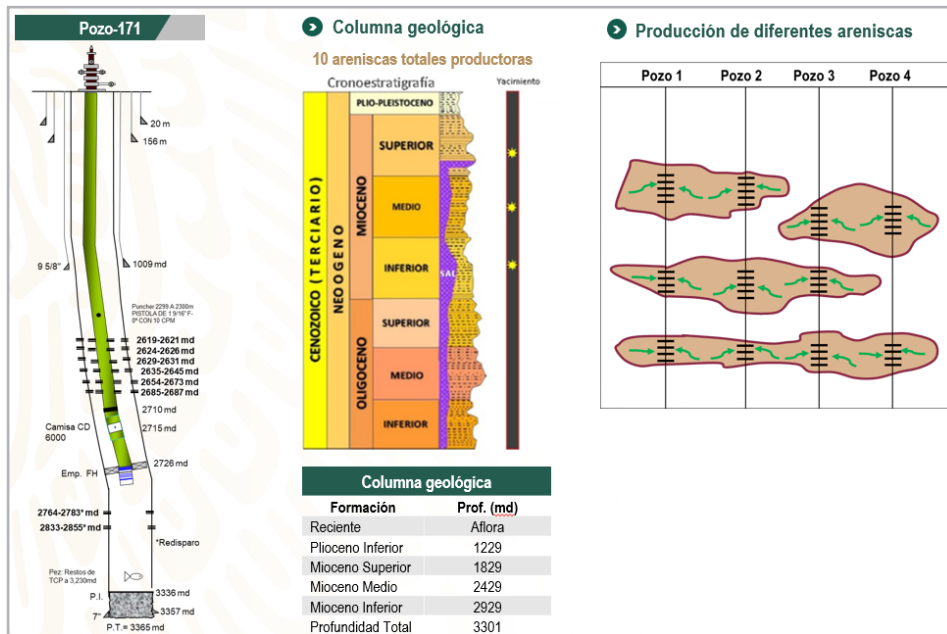


Figura 5. Producción simultánea de arenas.

Para realizar el prorrateo de producción se utiliza la capacidad de flujo de cada arena (kh), dividiendo proporcionalmente la producción del pozo en función de esta variable. En la

Figura 6 se muestra de un flujo de trabajo utilizado para el prorrateo de producción.



Figura 6. Flujo de trabajo y prorrateo de la producción.

De forma general, la herramienta está diseñada para utilizarse con un mínimo de capacitación y conocimientos previos de informática; la idea es tener una herramienta práctica que facilite las tareas del día a día del ingeniero de

yacimientos, sin comprometer la calidad de los análisis. En forma resumida el flujo de trabajo de la herramienta APPY se presenta en la **Figura 7**.



Figura 7. Flujo de trabajo herramienta APPY.

Resultados

La herramienta se ha implementado en seis campos de la Región Sur, y derivado de su uso, se redujo a la mitad el personal destinado al estudio y seguimiento de estos campos.

La herramienta fue usada para estimar la ventana de aceite en un campo de la Región Sur productor en YNF de

la formación JSK y JST, donde se diagnosticaron las causas posibles de irrupción de agua en los pozos a partir de los gráficos especializados, y se identificó una zona libre del CAAA donde es posible perforar 7 pozos y 3 reentradas, como se muestra en la **Figura 8**.

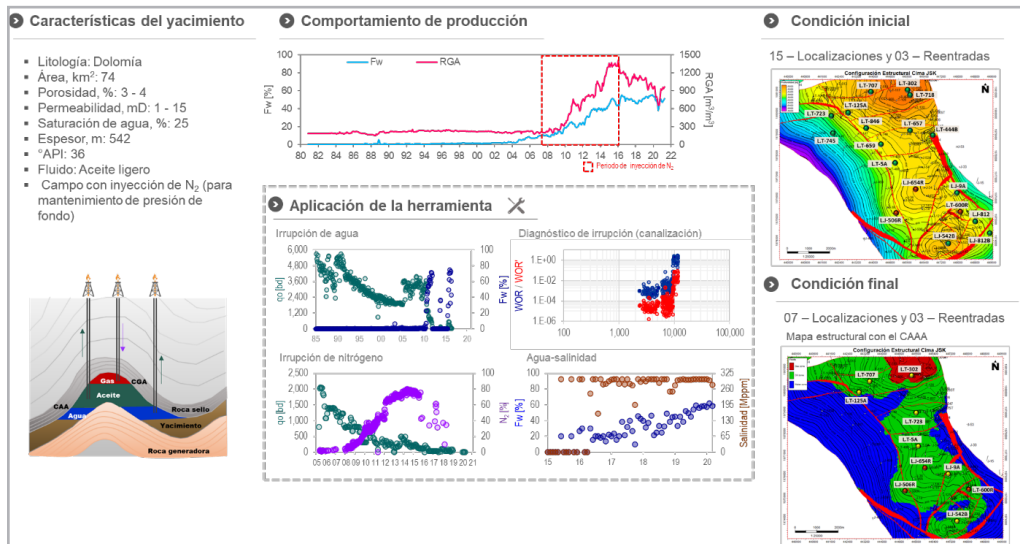


Figura 8. Caso de aplicación de APPY para la caracterización dinámica de un yacimiento naturalmente fracturado con irrupción de agua.

En la **Figura 9**, se presenta un segundo caso donde se aplicó la herramienta APPY para la discretización de la producción de un campo de areniscas, posteriormente, se estimó el volumen original de aceite de la arena con mayor producción; se realizó un análisis de caracterización dinámica y se concluyó que: se identificó que el yacimiento

está compartimentalizado; El yacimiento es volumétrico; Se estimó el volumen original en 118.30 MMB; utilizando el modelo de balance de materia se realizaron sensibilidades a la inyección de agua identificándose oportunidades para incrementar el factor de recuperación de 15% 23%.

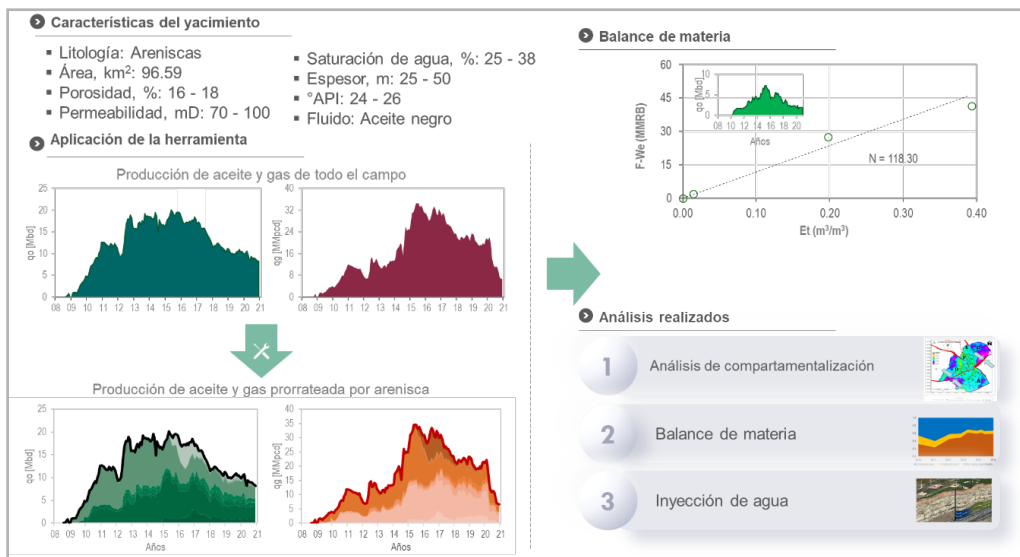


Figura 9. Caso de aplicación de APPY para la caracterización dinámica de un campo con producción de pozos de diferentes yacimientos simultáneamente.

El estandarizar las bases de datos de los campos permite que cualquier ingeniero que le sea cedido un campo sepa dónde y cómo consultar y analizar la información, sin necesidad de invertir tiempo en familiarizarse con una nueva base de datos. Así, su inversión de tiempo se enfocará principalmente en el análisis para la estimación de reservas y proponer las estrategias más adecuadas para su recuperación.

En la **Figura 10**, se muestra el tiempo que se consumió en una computadora con prestaciones estándar en

función al número de pozos que contienen los campos. Los resultados fueron muy similares en tiempo para los módulos. El módulo de **Análisis** está enfocado en yacimientos de aceite, se identificó que el campo con 12 pozos tiene menos información de laboratorio y por ser un yacimiento de gas y condensado consumió más tiempo de máquina. Es un área de oportunidad para mejorar en la siguiente versión. Por otra parte, para el caso del módulo de **Prorrrateo** de la producción, el consumo de tiempo no es considerable en función de incrementar la información de intervalos a discretizar.

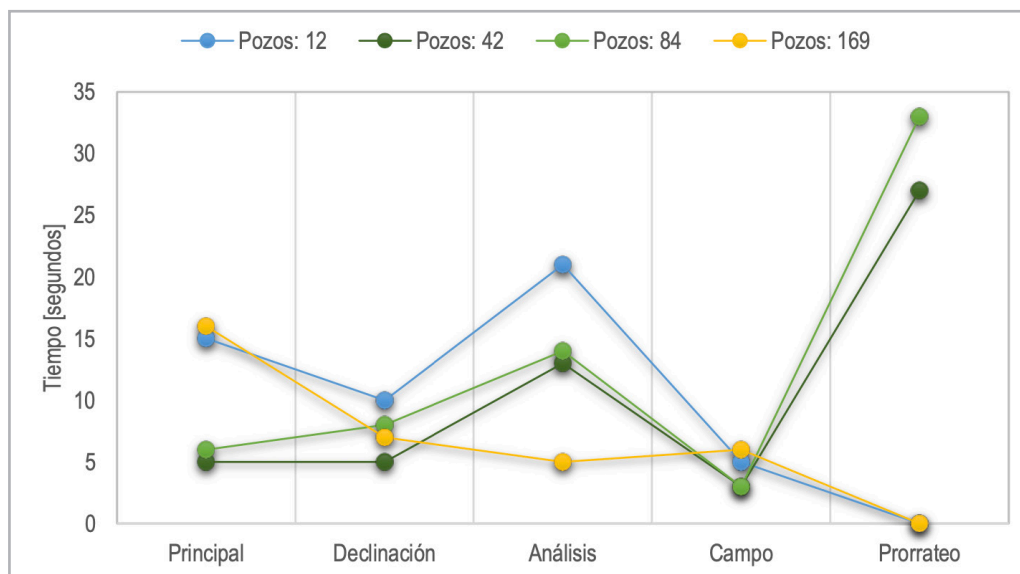


Figura 10. Evaluación del rendimiento de la herramienta en función del incremento de la información de entrada para el análisis.

Conclusiones

El trabajo presente se desarrolló con el objetivo de tener la mayor cantidad de información disponible de los campos petroleros en un solo lugar, para su análisis de manera práctica y disminuir las horas hombre de trabajo.

La macro propuesta no sustituye ningún software comercial; es una herramienta que complementa los procesos internos de una empresa de E y P y el análisis de la ingeniería de yacimientos.

La herramienta no requiere de una licencia, por lo que es muy práctica para usarse cuando se trabaja desde casa.

La herramienta cuenta con certificado de derechos de autor como manual para el usuario y como programa de cómputo con el No. 03-2021-100114262600-01 y No. 03-2021-100114270500-01, respectivamente.

Se evaluó el rendimiento de la herramienta en una computadora con prestaciones estándar y los resultados fueron que, al aumentar la cantidad de información para el análisis no incrementa considerablemente el tiempo de la máquina para realizar sus funciones.

La herramienta APPY es de gran ayuda para realizar estudios de caracterización dinámica de yacimientos, se pueden realizar análisis prácticos y básicos de ingeniería. Por

ejemplo, determinar el CAAA de los campos y su posible diagnóstico de irrupción de agua; discretizar la información de yacimientos productores en múltiples formaciones para mejorar el entendimiento de los campos o para estimar el volumen original en el caso de no contar con la información.

Nomenclatura

API =	American Petroleum Institute
APPY=	Análisis Prácticos y Procesos de Yacimientos
Fw =	Flujo fraccional de agua
Gp =	Volumen de gas acumulado
JSK =	Jurásico Superior Kimmeridgiano
Np =	Volumen de aceite acumulado
PVT =	Presión, Volumen y Temperatura
qo =	Gasto de aceite
qg =	Gasto de gas
qw =	Gasto de agua
RAA =	Relación Agua Aceite
RGA =	Relación Gas Aceite
ROA =	Reserva Original de Aceite
RRA =	Reserva Remanente de Aceite
Wp =	Volumen de agua acumulado
YNF =	Yacimientos Naturalmente Fracturados

Referencias

- Essley, P. L. Jr. 1965. What is Reservoir Engineering? *J Pet Technol* **17** (01): 19-25. SPE-920-PA. <https://doi.org/10.2118/920-PA>.
- Mukhanov, A., García, C. A. y Torres, H. 2018. Water Control Diagnostic Plot Pattern Recognition Using Support Vector Machine. Artículo presentado en SPE Russian Petroleum Technology Conference, Moscú, Rusia, octubre 15-17. SPE-191600-18RPTC-MS. <https://doi.org/10.2118/191600-18RPTC-MS>.
- Poston, S. W. y Poe, B. D. Jr. 2008. *Analysis of Production Decline Curves*. Richardson, Texas, EUA: Society of Petroleum Engineering.
- Torres, M. 2016. *Aplicaciones VBA con Excel*. Lima, Perú: Empresa Editora Macro.
- Walkenbach, J. A. M. 2019. *Excel VBA Programming*, fifth edition. Hoboken, New Jersey, EUA: John Wiley & Sons, Inc.

Semblanza de los autores

Giddel Hernández Martínez

Ingeniero Petrolero egresado de la Universidad del Istmo Campus Tehuantepec. Trabajó en Iberoamericana de Hidrocarburos S.A. de S.V., como Ingeniero de Yacimientos-Productividad en dos periodos 2013-2015 y 2017-2019.

Ingresó al Programa de Inducción para Recién Egresados en Ingeniería Petrolera y Geociencias 2015 impartido en el Instituto Mexicano del Petróleo, (IMP). Trabajó en Pemex como Ingeniero de Yacimientos de 2015-2017 en el Proyecto Delta del Grijalva del Activo de Producción Samaria Luna.

Actualmente, trabaja en Petróleos Mexicanos como Ingeniero de Yacimientos en la Gerencia de Planes de Explotación de la Subdirección Técnica de Exploración y Producción.

Miembro activo de la SPE (Society of petroleum Engineer). Ha participado en las Jornadas Técnicas y el Congreso Mexicano del Petróleo.

Jorge Enrique Paredes Enciso

Ingeniero Petrolero graduado del Instituto Politécnico Nacional. Trabajó en el Instituto Mexicano del Petróleo de 2008-2009. Actualmente trabaja en Pemex como Gerente de Planes de Explotación de la Subdirección Técnica de Exploración y Producción.

Ha participado en el desarrollo de 67 publicaciones técnicas en congresos nacionales e internacionales acerca de Caracterización de Fluidos, Ingeniería de Yacimientos y Simulación Numérica. Desarrolló la herramienta PVTVAL (Software para la validación de estudios PVT), con Certificado de derechos de autor No. 03-2014-060310231500-01 y PVTTools (03-2021-070712084800-01). Miembro activo de la SPE (Society of petroleum Engineer) y CIPM (Colegio de Ingenieros Petroleros de México). Actualmente funge como Presidente del Colegio de Ingenieros Petroleros de México, Sección Villahermosa.

Humberto Iván Santiago Reyes

Ingeniero Petrolero egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, obteniendo Mención Honorífica. Durante su carrera en la industria privada se ha desempeñado como Field Engineer trainee en el segmento ALS de la compañía Schlumberger y analista de productividad de pozos de la compañía COPISA en el AIPRA. Dentro de PEP se ha desempeñado como Ingeniero de Diseño de Perforación y reparación de pozos del Activo Integral Macuspana-Muspac, Ingeniero de yacimientos del Proyecto Ku-Maloob-Zaap y actualmente como Ingeniero de yacimientos del grupo núcleo de la Gerencia de Planes de Explotación.

Eder Castañeda Correa

Ingeniero Petrolero egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesionalmente durante dos años y medio se desarrolló como Ingeniero de yacimientos en Petróleos Mexicanos, en el área de diseño de explotación, formando parte del “Proyecto de Explotación Delta del Grijalva” en el Activo Producción Samaria Luna.

Posteriormente pasó a ser parte de la Gerencia de Planes de Explotación de la Subdirección Técnica de Exploración y Producción en donde su función es la caracterización dinámica de campos de la Región Sur.

Ángel Adrián Ramírez Méndez

Ingeniero Petrolero egresado de la Universidad Politécnica del Golfo de México. Ingresó al Programa de Inducción para Recién Egresados en Ingeniería Petrolera y Geociencias en 2015.

Es miembro activo de la Society of Petroleum Engineer, SPE y del Colegio de Ingenieros Petroleros de México, CIPM.

Se ha desempeñado como ingeniero de yacimientos en el Activo de Producción-Bellota Jujo de 2015-2019 y actualmente en la Gerencia de Planes de Explotación.