

# VOZ

AÑO 04 • EDICIÓN 43  
Julio 2020

## PETROLERA



REVISTA DEL COLEGIO  
DE INGENIEROS  
PETROLEROS DE  
MÉXICO, A.C.

**Análisis del  
comportamiento  
dinámico de  
yacimientos no  
convencionales**

*Analysis of non-  
conventional reservoirs'  
dynamic behaviour*

**Difusión  
anómala en  
yacimientos  
naturalmente  
fracturados  
con naturaleza  
fractal**

*Abnormal  
diffusion in  
naturally  
fractured  
reservoirs with  
a fractal nature*

**Análisis  
multiescala  
de registros  
geofísicos  
de pozos**

*Multiscale analysis of  
geophysical well logs*

**Entrevista a Ing. Blanca  
Estela González,  
Administrador del  
Activo de Producción  
Litoral de Tabasco  
en Pemex**

*Interview with Eng.  
Blanca Estela González,  
Administrator of  
Coastal Production  
Asset of Pemex  
in Tabasco*

**Uso  
eficiente de un  
motocompresor  
a boca de pozo**

*Wellhead motor  
compressor's  
efficient use*



# El futuro de las reservas estratégicas de Estados Unidos

*The future of the American  
strategic petroleum reserve*





**E**

**stimados Colegiados:**

Nos encontramos en un contexto de cambio y adaptación. La actual emergencia sanitaria ocasionará transformaciones permanentes en el sector petrolero. Entre los elementos de nuestra industria que afrontarán más cambios a raíz de la crisis, se encuentran los esquemas de trabajo, modelos de negocios y proyectos de exploración y producción.

Por otro lado, está el dilema de la decreciente capacidad de almacenamiento a nivel mundial. Los recortes de la OPEP y sus aliados no han bastado para resolver esta situación, la cual requería atención desde antes de la crisis. Adicionalmente, pese a que las petroleras se han mantenido en operación, han reportado pérdidas y se han visto obligadas a reajustar sus metas anuales.

Por esto, los directores de dichas empresas han comenzado a replantear los principales ejes de sus operaciones. Ahora, las prioridades giran en torno a la descarbonización, proyectos más rentables y reducción de emisiones. Además, con el propósito de proteger la salud de sus trabajadores, las petroleras han adoptado nuevas tecnologías y realizado ajustes en sus protocolos de seguridad y esquemas de trabajo.

Las expectativas y planes a mediano y largo plazo aún contemplan al petróleo como un recurso importante para múltiples sectores. Por esto, en medio de los desafíos actuales, necesitamos transformar a la industria atendiendo nuevos requerimientos que, sin duda, contemplan la salud, la colaboración y la mitigación del cambio climático.

Hoy comenzamos a ver los resultados de la pandemia con mayor claridad. A partir de ellos, necesitamos reconfigurar nuestras prioridades para el beneficio de la industria petrolera, de la sociedad y del medio ambiente.

**D**

**ear Collegiate:**

We are in a context of change and adaptation. The current health emergency will cause permanent transformations in the oil sector. Work schemes, business models, and exploration and production projects are among the elements of our industry that will face more changes as a result of the crisis.

On the other hand, there is the dilemma of worldwide decreasing storage capacity. Cuts by OPEC and its allies have not been enough to solve this situation, which already required attention before the crisis started. Even though oil companies have remained operational, they have reported losses and have faced the necessity to readjust their annual goals.

Thus, the directors of these companies have started to rethink the principal axes of their operations. Now, priorities revolve around decarbonization, more profitable projects, and emission reduction. Besides, oil companies have adopted new technologies and made adjustments to their safety protocols and work schemes to protect their workers' health.

Expectations and plans for the medium and long term still contemplate oil as an important resource for multiple sectors. Therefore, amid the current challenges, we need to transform the industry by meeting new requirements that, without a doubt, contemplate health, collaboration, and climate change mitigation.

Today we are starting to see the results of the pandemic more clearly. Within this context, we need to reconfigure our priorities for the benefit of the oil industry, society, and the environment.

**M.C. Luis Ferrán Arroyo**

Presidente del Colegio de Ingenieros Petroleros de México A.C.

*President of the College of Petroleum Engineers of Mexico A.C.*

2018-2020



**Colegio de Ingenieros Petroleros de México A.C. /**  
College of Petroleum Engineers of Mexico

**Consejo Directivo Nacional / National Board**  
2018-2020

M.C. Luis H. Ferrán Arroyo  
Presidente / President

Ing. Miguel Ángel Lozada Aguilar  
Vicepresidente / Vice-president

Ing. Francisco Javier Flamenca López  
Ter. Secretario Propietario / 1st Owner Secretary

Ing. Enrique Díaz Rojas  
2do Secretario Propietario / 2nd Owner Secretary

Ing. Ángel Cid Munguía  
Ter. Secretario Suplente / 1st Substitute Secretary

Dr. Fernando Flores Ávila  
2do Secretario Suplente / 2nd Substitute Secretary

M.I. Saúl Bautista Fragoso  
Tesorero / Treasurer

Ing. Roberto Banda Morato  
Subtesorero / Treasurer Assistant

#### Comisiones / Commissions

M.A. José Carlos Pacheco Ledesma  
Eventos / Events

M.I. Jorge Alberto Osorno Manzo  
Certificación Profesional / Professional Certification

Dr. Jorge Arévalo Villagrán  
Peritos y Testigo Social / Experts and Social Witness

M.I. Teófilo Gutiérrez Acosta  
Formación y Desarrollo Profesional / Training and Professional Development

Ing. David E. Blacio Cedillo  
Actualización y Revisión de Documentos Rectores /  
Guideline Documents Update and Review

M.I. Francisco Castellanos Páez  
Editorial

Ing. Rafael Rodríguez Amador  
Integración de Miembros / Membership

M.I. Jorge Alberto Osorno Manzo  
Proyectos / Projects

M.I. Carlos Alberto Avendaño Salazar  
Apoyo Técnico e Informático / Information Technologies Technical Support

#### Realización:

Rubí Alvarado  
Directora General / General Manager

Aldo Santillán  
Director Editorial y Operaciones / Editorial and Operations Manager

Alejandra Priego  
Asistente Dirección General // Assistant General Manager

Ignacio Ortiz  
Director de Arte / Art Director

Gonzalo Rivas  
Diseñador Senior / Senior Designer

Ángel Sánchez Pichardo  
Desarrollador Web / Web master

Efraín Mariano  
Análisis y redacción / Editing and analysis

Miroslava Fuentes Zacarías  
Corrección de estilo y redacción / Style Editing

Renata Pérez de la O  
Corrección de estilo y redacción / Style Editing



### Página 3

Estados Unidos y el futuro de su reserva estratégica de petróleo  
*The United States and the future of its strategic petroleum reserve*

### Página 8

Entrevista especial con Ing. Blanca Estela González,  
Administrador del Activo de Producción Litoral de Tabasco en Pemex  
*Special interview with Eng. Blanca Estela González,  
Administrator of Coastal Production Asset of Pemex in Tabasco*

### Página 12

Aniversario 55 del IMP: reforzando la seguridad energética  
*IMP's 55th Anniversary: strengthening energy security*

### Página 16

Uso eficiente de un motocompresor a boca de pozo  
*Wellhead motor compressor's efficient use*

### Página 20

Difusión anómala en yacimientos naturalmente  
fracturados con naturaleza fractal  
*Abnormal diffusion in naturally fractured reservoirs with a fractal nature*

### Página 23

Análisis multiescala de registros geofísicos de pozos  
en la correlación petrofísica y estratigráfica  
*Multiscale analysis of geophysical well logs in  
petrophysical and stratigraphic correlation*

### Página 27

Metodología para el análisis del comportamiento dinámico de  
yacimientos no convencionales  
*Analysis methodology for the dynamic behaviour  
of non-conventional reservoirs*

♦ Una infraestructura creada hace 45 años.  
/ An infrastructure created 45 years ago.

# Estados Unidos y el futuro de su reserva estratégica de petróleo

## *The United States and the future of its strategic petroleum reserve*

Por / By Efraín Mariano

*El expresidente de Estados Unidos Gerald Ford firmó en diciembre de 1975 una ley para crear la primera reserva de petróleo crudo de emergencia en el mundo. El objetivo era blindar al mayor consumidor de energéticos ante una eventual crisis de suministros.*

---

*Former U.S. President Gerald Ford signed in December 1975 a law to create the first emergency crude oil reserve in the world. The objective was to shield the largest consumer of energy from a future supply crisis.*



In 1973, the United States suffered a severe oil shortage. Saudi Arabia and its eastern allies cut off oil supplies to the West as a sanction to Washington for supporting Israel during the Yom Kippur war that year.

At that time, the world was so dependent on Middle Eastern oil that "black gold's" prices multiplied on the international market. The shortage of liquid hydrocarbons in the American Union was such that some people slept in their cars because they feared that someone would steal their fuel.

The 1973 Arab-Israeli war lasted 19 days of October in that year. It was a dark period for the Americans, with significant consequences in all their industries. The gears of their economy jammed, and a great part of the industrial infrastructure collapsed.

After two years, as a preventive measure, Washington signed an initiative to create the world's largest emergency oil reserve. It consists of a network of 60 underground caverns, carved out of salt rock, known as the Strategic Petroleum Reserve (SPR).

**E**n 1973, Estados Unidos sufrió un severo desabasto de petróleo. Arabia Saudita y sus aliados de Oriente cortaron el suministro de crudo a Occidente como sanción a Washington por su apoyo a Israel durante la guerra del Yom Kippur en ese año.

En aquel entonces, el mundo era tan dependiente del petróleo de Medio Oriente que los precios del oro negro se multiplicaron en el mercado internacional. La escasez de hidrocarburos líquidos en la Unión Americana fue tal, que algunas personas dormían en sus autos por temor a que les robaran su combustible.

La guerra árabe-israelí de 1973 duró 19 días durante octubre de ese año. Fue un periodo negro para los norteamericanos, con secuelas importantes en todas sus industrias. Los engranes de su economía se atascaron y una buena parte de la infraestructura industrial colapsó.

Después de dos años, como medida de prevención, Washington firmó una iniciativa para crear la reserva petrolera de emergencia más grande del mundo. Ésta consiste en una red de 60 cavernas subterráneas, talladas en roca de salina, conocida como la Reserva Estratégica de Petróleo (SPR, por sus siglas en inglés).

### Blindaje energético

La red SPR se extiende por las costas del Golfo de México, desde Baton Rouge, en el estado de Louisiana, hasta Freeport, en Texas. Tiene la capacidad para almacenar hasta 720 millones de barriles de petróleo, cantidad suficiente para cubrir el suministro de petróleo por 140 días a lo largo de la Unión Americana. "El formidable tamaño de la SPR la convierte en un importante factor disuasorio ante los cortes en la importación de petróleo y es una herramienta clave de la política exterior", se lee en el sitio web del gobierno estadounidense.

En esa línea, las reservas han cumplido su objetivo como escudo y blindaje energético en más de una ocasión. La más representativa fue en la Guerra del Golfo en 1991, durante el conflicto entre Irak y una coalición de países liderados por Estados Unidos en respuesta a la invasión iraquí de Kuwait, cuando se interrumpió el suministro de petróleo desde Medio Oriente. Las reservas también fueron activadas por el huracán Katrina en 2005, después de que el fenómeno natural colapsara parte de la infraestructura energética estadounidense en la costa sur del Golfo de México.

Sin embargo, ahora que el petróleo ha dejado de ser prioridad para muchos países y que las principales petroleras del mundo avanzan hacia una transición energética como resultado del impacto de la crisis sanitaria global, aumentan las dudas sobre la necesidad de mantener vigente una gigantesca red de reservas estratégicas, unos stocks que

### Energy shield

The SPR network extends along the Gulf Coast from Baton Rouge, Louisiana, to Freeport, Texas. It can store up to 720 million oil barrels, enough to cover the oil supply throughout the United States for 140 days. "The SPR's formidable size makes it a major deterrent to oil import cuts, a key foreign policy tool," the U.S. government's website states.

In that regard, the reserves have fulfilled more than once their purpose as an energy shield. The most representative case was in the 1991 Gulf War, during the conflict between Iraq and a coalition of countries led by the United States responding to the Iraqi invasion of Kuwait when oil supplies from the Middle East were cut off. The reserves were also activated due to Hurricane Katrina in 2005 after the natural phenomenon collapsed part of the U.S. energy infrastructure on the southern coast of the Gulf of Mexico.

However, now that oil is no longer a priority for many countries and the major oil companies in the world are moving towards an energy transition as a result of the impact of the global health crisis, doubts about the need to maintain



representan un gasto anual de 200 millones de dólares en mantenimiento. El propio presidente Donald Trump, antes de la crisis sanitaria, reconoció que no sería una mala idea vender una parte sustancial.

### Cambio de ruta y estrategia

Expertos del sector energético estadounidense han comenzado a cuestionar el valor estratégico de dichas reservas. Considerando que el mundo está mirando hacia energías más verdes y que las petroleras están postergando y ajustando proyectos de exploración y producción, los especialistas se preguntan qué tan audaz resulta mantener esas existencias almacenadas.

Esteban Rojas Hernández, analista independiente del sector energético, valoró que, aunque el petróleo continuará siendo la principal vía de energía para el mundo en las próximas dos décadas, el COVID-19 vino a modificar la esencia de la industria petrolera. La pandemia puso sobre la mesa la interrogante sobre cuánto tiempo más durará el reinado del oro negro. "Al petróleo le costó un siglo desplazar al carbón. Creo que la crisis sanitaria, con el impacto en la demanda de energía, podría generar ajustes en los tiempos, golpeando el consumo del petróleo y poniendo en jaque su reinado", advirtió.

Hace apenas unas semanas, el director general y CEO de Shell, Ben van Beurden, reconoció que actualmente es complicado dirigir a una empresa petrolera, sobre todo cuando el mundo ha comenzado a dejar de necesitarlo. Incluso, reflexionó que ni siquiera él está seguro de querer ser reconocido como alguien que dirige uno de los mayores productores de petróleo.

La percepción de Bernard Looney, presidente ejecutivo de bp, no está muy lejos de la que tiene su homólogo. En este sentido, advirtió que la nueva modalidad de trabajar a distancia y vía remota reducirá los desplazamientos por aire y tierra, en detrimento del consumo de hidrocarburos líquidos y de la necesidad de petróleo.

### Crisis petrolera sin precedentes

La menor demanda de petróleo colapsó los ingresos de las mayores petroleras del mundo en el primer semestre del año. El derrumbe de la facturación provocó el cierre de cientos de empresas, el despido de miles de trabajadores, pérdidas en miles de millones de dólares y la cancelación de cientos de proyectos offshore.

Se esperaba que 45 países lanzaran rondas de exploración en el 2020, de las cuales dos tercios serían en áreas offshore. Si bien algunas todavía siguen adelante, incluyendo Malasia, Trinidad y Tobago, Noruega y Canadá, se espera que decenas de proyectos sean suspendidos, desde aquéllos en Brasil hasta en Tailandia.

La consultora Rystad Energy estima que los recursos petroleros recuperables -el volumen que podría extraerse de la tierra, dadas las limitaciones de la tecnología y la demanda- disminuyeron en 282,000 millones de barriles a 1.9 billones de barriles. Lo anterior, después de que la pandemia empujó a las empresas a abandonar planes de exploración.



a giant network of strategic reserves, stocks that represent an annual expenditure of \$200 million in maintenance are increasing. Before the health crisis, President Donald Trump acknowledged that it might not be a bad idea to sell a substantial part of it.

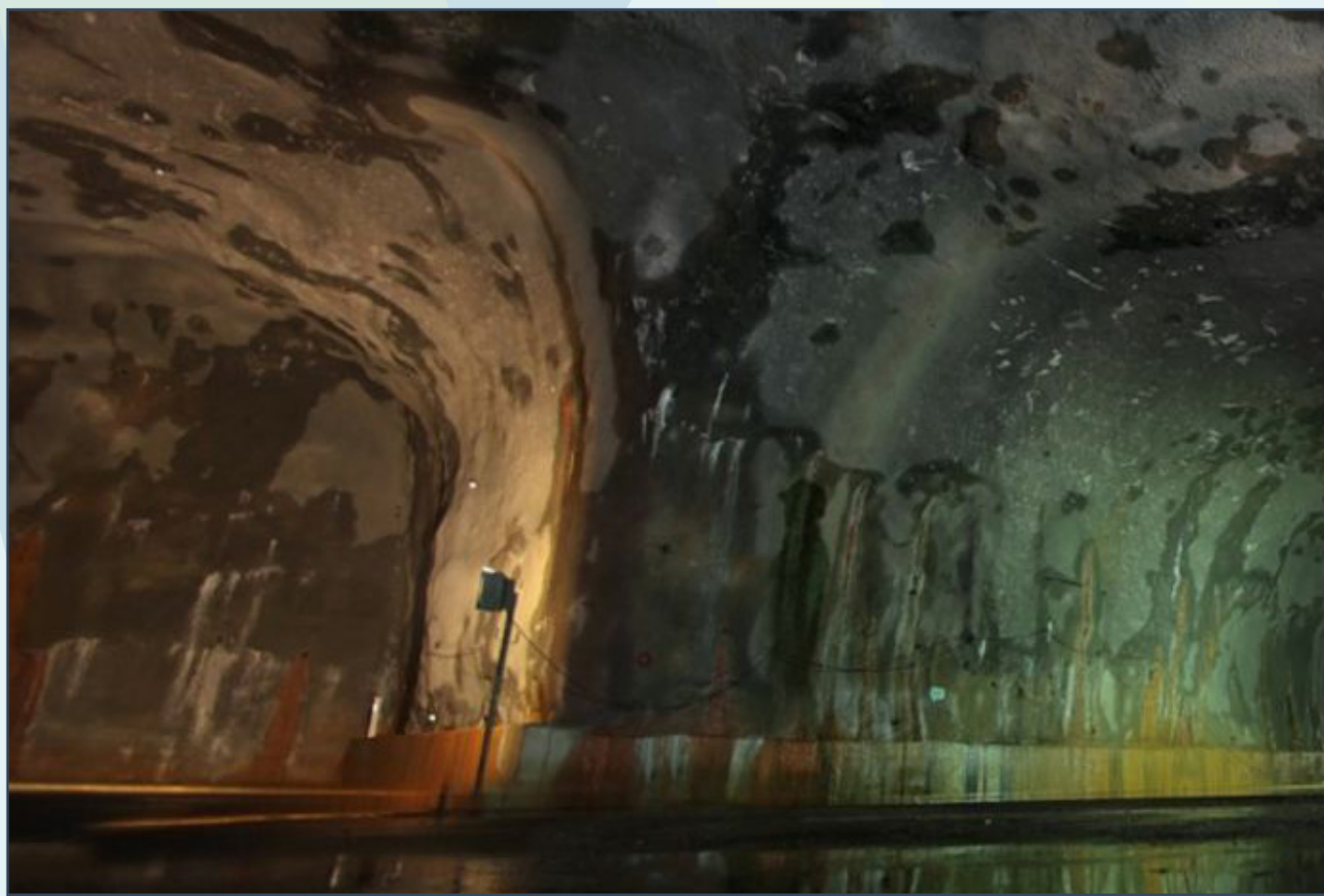
### Change of route and strategy

Experts in the U.S. energy sector have started to challenge the strategic value of these reserves. Considering that the world is looking towards greener energies and that oil companies are postponing and adjusting exploration and production projects, specialists are wondering how bold it is to keep these stocks in storage.

Esteban Rojas Hernández, an independent analyst of the energy sector, said that although oil will still be the leading global energy source in the next two decades, COVID-19 modified the oil industry's essence. The pandemic raised the question of how long the black gold's reign will last. "It took oil a century to displace coal. I think the health crisis, with the impact on energy demand, could generate adjustments in timing, hitting oil consumption and putting its reign in check," he warned.

Just a few weeks ago, Shell's CEO, Ben van Beurden acknowledged that it is challenging to run an oil company these days, especially when the world has stopped needing it. He even said that he is unsure whether he wants to be recognized as someone who runs one of the world's largest oil producers.

The perception of Bernard Looney, bp's CEO, is not far from his counterpart's. He warned that the new way of working remotely will reduce air and land travel, which will affect liquid hydrocarbon consumption and the need for oil.



### Apuestas más verdes

Por si fuera poco, la estrategia Net Zero 2050 se ha convertido en un tema frecuente entre las principales petroleras. Las grandes compañías europeas han sido las primeras en dar pasos hacia proyectos más verdes y en reducir a cero sus emisiones netas para mediados de siglo.

Empresas como bp, Shell, Total, Equinor, Eni y Repsol encabezan los planes, lo cual marca un cambio en el timón. En consecuencia, dejan atrás las estrategias que no incluían el control y la responsabilidad sobre las emisiones que producían sus productos.

No obstante, en Estados Unidos las petroleras aún mantienen intactos la mayoría de sus planes para la industria convencional. Se espera que al menos 90 compañías de combustibles fósiles, incluyendo ExxonMobil, Chevron y Koch Industries, obtengan beneficios del programa de recompra de bonos de coronavirus de la Reserva Federal, junto con más de 150 empresas de servicios públicos, incluidas firmas en carbón como American Electric Power y Duke Energía.

Igualmente, se estima que el esquema de recompra de bonos supere los 750,000 millones de dólares en total y beneficie a miles de empresas para finales de septiembre. El tamaño del pago que podría destinarse a combustibles fósiles y servicios públicos aún se desconoce, pero busca capitalizar a las empresas para que continúen con sus proyectos de exploración y planes de producción.

### ¿Qué pasará con las reservas?

El analista Andrew Latham, del grupo de investigación Wood Mackenzie, cree que todavía serán necesarias algunas exploraciones para satisfacer la demanda de hidrocarburos de los próximos 20 años. Sólo alrededor de la mitad del suministro necesario hasta 2040 está garantizado con los yacimientos en funcionamiento. Los demás requieren de una nueva inversión de capital.

Algunos analistas del sector aceptan que, si bien los recursos

### Unprecedented oil crisis

The reduction in oil demand collapsed the revenues of the world's largest oil companies in the first half of the year. The collapse in turnover led to the closure of hundreds of companies, the dismissal of thousands of workers, losses in the billions of dollars, and the cancellation of hundreds of offshore projects.

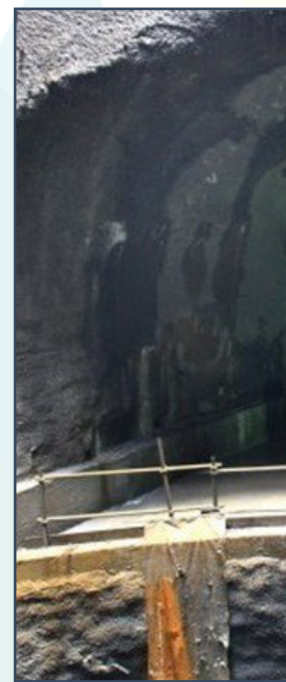
Forty-five countries were expected to launch exploration rounds in 2020, two-thirds of which would have been in offshore areas. While some are still standing, including Malaysia, Trinidad and Tobago, Norway, and Canada, dozens of projects might be suspended, from those in Brazil to those in Thailand.

The consulting firm Rystad Energy estimates that recoverable oil resources - the volume that could be extracted from the ground, given technology and demand limitations - decreased by 282 billion barrels to 1.9 trillion barrels. This was after the pandemic pushed companies to abandon exploration plans.

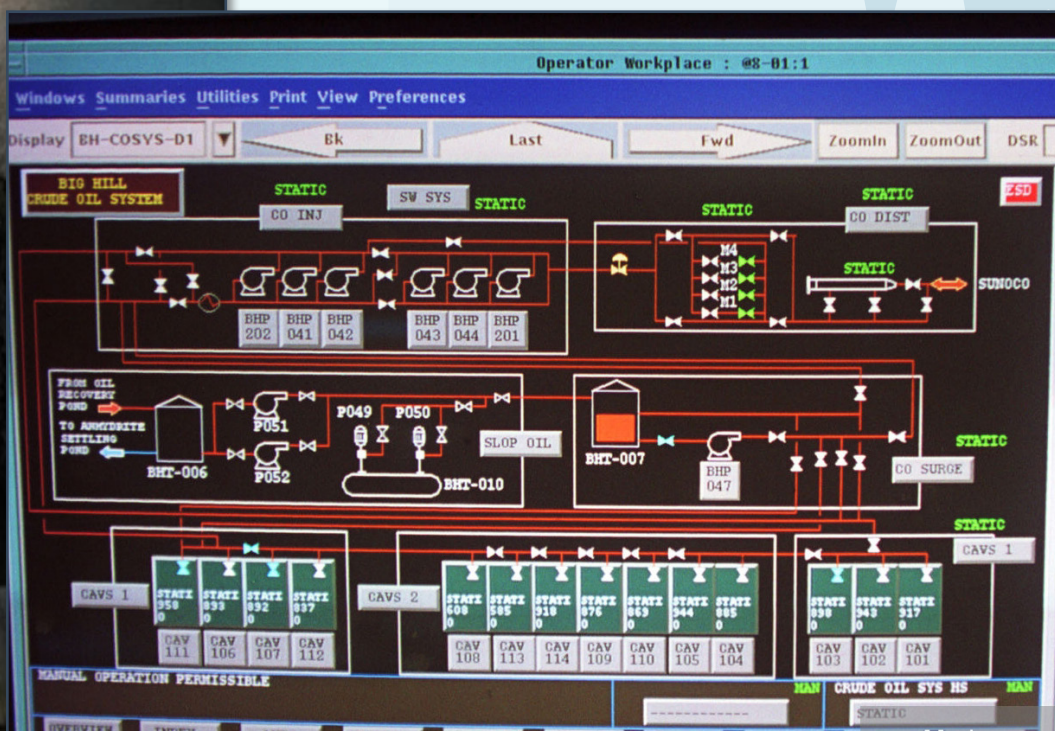
### Greener bets

As if that were not enough, the Net Zero 2050 strategy has become a frequent topic among the leading oil companies. Major European companies have been the first to take steps towards greener projects and reduce their net emissions to zero by mid-century.

Companies such as bp, Shell, Total, Equinor, Eni and Repsol are leading the way, marking a shift at the helm.

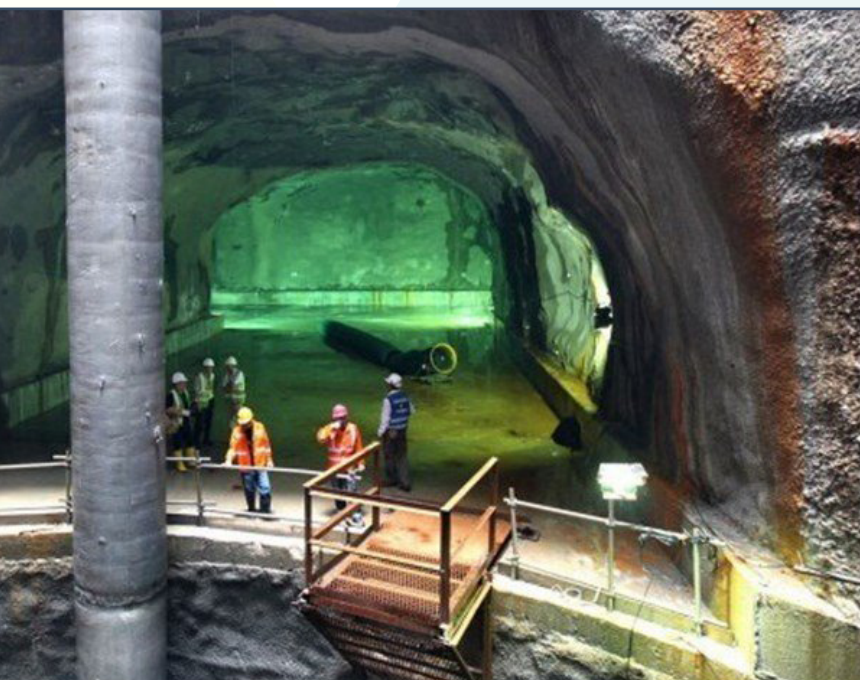






conocidos son más que suficientes para satisfacer la demanda estimada, muchos de esos barriles están entre los más caros y sucios de extraer, porque las empresas se muestran reacias a desarrollarlos. Lo que falta son los barriles más baratos y limpios.

Otros expertos consideran que, si no se realizan nuevas inversiones en estos recursos conocidos, la producción caerá cada año un 8% para el petróleo. Y en caso de una tensión geopolítica, podría haber una inesperada escasez de suministros. En este contexto, las reservas de petróleo guardadas en las formaciones salinas de Luisiana desde hace 45 años, retomarían su etiqueta de blindaje y reservas estratégicas.



Consequently, they are leaving behind strategies that did not include control and responsibility for the emissions their products produced.

However, in the United States, the oil companies still keep the majority of their plans for the conventional industry. At least 90 fossil fuel companies, including ExxonMobil, Chevron and Koch Industries, are expected to benefit from the Federal Reserve's coronavirus bond repurchase program and more than 150 utilities, including coal firms such as American Electric Power and Duke Energy.

The bond repurchase scheme is estimated to exceed \$750 billion and benefit thousands of companies by the end of September. The size of the payment that could go to fossil fuels and utilities remains unknown. Still, it seeks to capitalize on companies to continue with their exploration projects and production plans.

### What will happen to the reserves?

Analyst Andrew Latham, of the Wood Mackenzie research group, believes that it is still necessary to make explorations to meet the hydrocarbon demand over the next 20 years. The fields in operation only guarantee about half of the supply needed up to 2040. The others require further capital investment.

Some industry analysts accept that while known resources are more than sufficient to meet estimated demand, many of these barrels are among the most expensive and dirty to extract because companies are reluctant to develop them. The cheapest and cleanest barrels are still missing.

Other experts believe that oil production will fall by 8% each year if these known resources do not get new investments. And in case of geopolitical tension, there could be an unexpected supply shortage. In this context, the oil reserves kept in the salt formations of Louisiana for 45 years, would regain their label of shield and strategic reserves.



▸ Ing. Blanca Estela González,

*Administrador del Activo  
de Producción Litoral de  
Tabasco en Pemex  
/ Administrator of Coastal  
Production Asset of  
Pemex in Tabasco*

# Perspectivas de la industria en tierra y mar

*Industry perspectives on land and sea*

*En el sector petrolero, la viabilidad económica es esencial para continuar con la eficiencia de la industria frente a los nuevos desafíos. Para ello, será necesaria la colaboración de los profesionistas en un campo cada vez más abierto a la participación femenina, de acuerdo con la Ing. Blanca Estela, Administrador del Activo de Producción Litoral de Tabasco en Petróleos Mexicanos.*

Por / By: Miroslava Fuentes

**E**l sector de petróleo y gas se caracteriza por su constante transformación para encontrar soluciones técnicas, tecnológicas y científicas que impulsen a la industria, sin embargo, actualmente atraviesa una coyuntura sin precedentes. Para fortalecerlo, sus integrantes continúan investigando soluciones que aumenten la productividad bajo las nuevas circunstancias.

En este sentido, la rentabilidad de los proyectos adquiere mayor relevancia, pues el coronavirus ha provocado un escenario complejo para seguir con las actividades en campo y generar ingresos con una menor demanda. Por lo tanto, los ingenieros petroleros deben prepararse para hacer más eficientes las operaciones, de acuerdo con la Ing. Blanca Estela González Valtierra.

"Estamos enfrentando el reto de incorporar nuevas reservas y buscando tecnologías que nos hagan más eficientes. También observamos que la parte de la rentabilidad, si bien era un tema que teníamos presente, ahora se vuelve más crítico por el hecho de que se cuenta con menos recursos", señaló González Valtierra.

Desde la perspectiva de la especialista, los efectos globales del COVID-19 han resultado en una situación económica complicada. No obstante, estimó que aumentará la demanda de la energía que se genera en este sector conforme la economía se recupere. "Como ingenieros petroleros tenemos que ponernos al día para mejorar los resultados en la industria", destacó.

#### **Trayectoria en tierra y mar**

A lo largo de su carrera, la Ing. Blanca Estela González ha realizado contribuciones en la parte terrestre como en la marina, y también fue parte

*In the oil sector, economic viability is crucial for the industry's continued efficiency in the context of new challenges. For this purpose, the collaboration of professionals in a field increasingly open to female participation will be necessary, according to Engineer Blanca Estela, Administrator of Tabasco's Coastal Production Assets in Petróleos Mexicanos.*

**T**he oil and gas sector is characterized by constant transformation to find technical, technological, and scientific innovations that boost the industry. However, it is currently experiencing an unprecedented situation. Its members are still researching to find solutions to increase productivity under the new circumstances to strengthen it.

In this sense, the projects' profitability acquires greater relevance, since the new coronavirus has generated a complex scenario to continue with field activities and generate income with lower demand. Therefore, oil engineers must be prepared to make the operations more efficient, according to Engineer Blanca Estela González Valtierra.

"We are facing the challenge of incorporating new reserves and looking for technologies that will make us more efficient. We also observe that the profitability, although it was an issue we had in mind, now becomes more critical because we have fewer resources," said González Valtierra.

From the specialist's perspective, the COVID-19's overall effects have caused a complicated economic situation. However, she estimated that energy demand in this sector will increase as the economy recovers. "As oil engineers, we have to catch up to improve industry results," she pointed out.

#### **Career on land and sea**

Engineer Blanca Estela González has made contributions to the terrestrial and maritime sector throughout her career. She was also part of a group that built a new

de un grupo que construyó una nueva gerencia en Petróleos Mexicanos. "En su momento la organización decidió crear un área específica denominada Desarrollo de Campos; era una subdirección, y a ésta la conformaron tres gerencias. Una de ellas era la del proyecto donde yo estaba participando como parte del Activo de Producción Litoral de Tabasco", comentó.

El reto para su equipo implicó delimitar las funciones de la nueva gerencia, al mismo tiempo que continuaban con las tareas que habían iniciado previamente. "El hecho de empezar desde cero ofrece otra visión, pero no podíamos tardar mucho porque había que continuar con el proyecto. Éste ya había iniciado y teníamos un compromiso de metas físicas y de producción que debíamos cumplir. Éramos muy pocos profesionistas, lo que nos obligó a trabajar con comunicación y orden, y a establecer el ámbito de competencia de cada uno de nosotros", explicó González Valtierra. Gracias a ello, lograron sacar el proyecto adelante y cumplir eficientemente con las metas.

El ejercicio profesional de la Ing. Blanca Estela comenzó en la región sur, en tierra; luego de un breve periodo, se trasladó a la parte marina. "Es otra logística y dinámica. Los plazos se cuidan mucho, porque cualquier estrategia que se efectúe costa fuera tiene un costo significativo. Son grandes inversiones y obviamente hay que cuidar mucho los tiempos", expuso.

Posteriormente, en el 2017, regresó al área terrestre. La especialista relató que, con dicho cambio, fue necesario conocer los flujos de trabajo, ya que eran distintos a los de la marina. No obstante, las características de los yacimientos eran similares. De acuerdo con la ingeniera, estos aprendizajes ampliaron su panorama. "La experiencia terrestre me dejó un buen sabor de boca y espero haber tomado muchas de esas enseñanzas y traerlas nuevamente a la marina, ahora que estoy en el Activo Litoral de Tabasco", mencionó.

management unit in Petróleos Mexicanos. "At that time, the organization decided to generate a specific area called Field Development; it was a sub-direction conformed by three managerial units. One of them was the project where I had been participating as part of the Tabasco Coastal Production Asset," she commented.

The challenge for her team was to define the new management unit's functions while continuing with the tasks they had previously begun. "Starting from scratch offers another vision, but we couldn't take long because we had to continue with the project. It had already started, and we had to meet physical sales and production goals. We were very few professionals, which forced us to work with communication and order and establish the competence area of each of us," explained González Valtierra. Thanks to that, they were able to move forward with the project and meet the goals efficiently.

The professional practice of Engineer Blanca Estela began in the southern region, on land. After a brief period, she moved to the marine scope. "It has other logistics and dynamics. Deadlines are prioritized because any strategy that is carried out offshore has high costs. There are big investments, and obviously, it is essential to be careful with time," she said.

Later, in 2017, she returned to the land scope. The specialist related that, with this change, she needed to know about workflows since they were different from those in the marine area. However, the characteristics of the reservoirs were similar. For the engineer, the new learnings broadened her panorama. "The land experience left me with a good feeling, and I hope I have taken many of those lessons and brought them back to the marine area, now that I am in the Tabasco Coastal Asset," she mentioned.

“ El consejo que daría a las mujeres es que, si están convencidas de que esto es lo que quieren hacer, que no titubeen”.

*"The advice I would give to women is that, if they are convinced that this is what they want to do, they should not hesitate."*

Blanca Estela González



“ Como ingenieros petroleros tenemos que ponernos al día para mejorar la rentabilidad y los resultados en la industria”.

"As oil engineers, we must keep updated to improve profitability and results in the industry."

Ing. Blanca Estela González



### Empoderamiento femenino

La Ing. Blanca Estela González es una de las mujeres de su generación que logró escalar en el sector cuando la brecha de género estaba más acentuada. Al respecto, mencionó: "cuando terminé mi carrera fui a buscar trabajo en Ciudad del Carmen. Ahí me entrevisté con algunos ingenieros, y recuerdo el comentario de una persona en específico. Lo primero que me dijo fue que no quería mujeres en su equipo de trabajo".

A pesar de ese obstáculo, González Valtierra continuó buscando un lugar en el cual crecer profesionalmente. "En ese tiempo estaba más marcada la brecha de género, porque había gente que no estaba dispuesta a trabajar con mujeres. Al final encontré una buena área en la que empecé a desarrollarme y gracias a eso estoy en este lugar", relató.

Actualmente, hay más presencia de las profesionistas en la industria petrolera, quienes se han abierto camino para ocupar diferentes cargos y funciones en las empresas. De acuerdo con la Ing. Blanca Estela, en Petróleos Mexicanos se ha incentivado la inclusión y la no discriminación, aspectos necesarios para la equidad de género. También destacó que un factor importante para tal fin es que hombres y mujeres sean capacitados de la misma manera.

Igualmente, precisó: "Habría que seguir promoviendo la igualdad de género, pero tendría que hacerse desde los más altos niveles, desde directores y subdirectores. Asimismo, habría que enfatizar que las mujeres podemos acceder a los puestos de más alto nivel, y que en las reuniones donde nos toca participar, que no haya esa distinción de que un hombre pudiera tener más conocimiento que una ingeniera".

En las juntas de trabajo, González Valtierra ha llegado a ser la única mujer; sin embargo, reconoce un cambio de perspectiva y que su opinión es considerada con la misma importancia que la de sus compañeros. "Afortunadamente la mentalidad ha estado cambiando en todos, no sólo en hombres, incluso en las mujeres. Estamos haciendo consciencia de que tenemos la capacidad para desarrollar un trabajo de ingeniería como lo harían nuestros colegas hombres".

La confianza, la adaptación al cambio y la firmeza son características que la especialista aconsejó a las mujeres para el campo laboral, ya que demuestran la capacidad para desempeñar cualquier trabajo y responsabilidades que se propongan. "Hay una frase que me acompaña y creo firmemente en ella: siempre se puede. Y la verdad es que lo he comprobado. Las metas y posiciones a las que he tenido acceso han sido con base en el esfuerzo y trabajo que he desempeñado en esta empresa, y veo que sí hay un reconocimiento a esa labor", expresó.

### Female empowerment

Engineer Blanca Estela González is among the women of her generation who succeeded as leaders in the sector when the gender gap was more profound. In this regard, she mentioned: "When I finished my career, I looked for a job in Ciudad del Carmen. There I met with some engineers, and I remember what one of them told me. The first thing he said was that he didn't want women on his team."

Despite that obstacle, González Valtierra continued looking for a place to grow professionally. "At that time, the gender gap was deeper because people were unwilling to work with women. In the end, I found a good area in which I started growing, and thanks to that, I am in this place," she said.

Currently, there are more professional women in the oil industry, who have paved their way to occupy different positions and functions in the companies. According to Blanca Estela, Petróleos Mexicanos has encouraged inclusion and non-discrimination, which are necessary for gender equity. She also pointed out that an essential factor for this purpose is that men and women are trained in the same way.

Likewise, she stated: "We should keep promoting gender equality, but that should be done from the highest levels, from directors and sub-directors. Furthermore, we should emphasize that women can access the highest positions and that in the meetings in which we participate, there should not be the distinction that a man can have more knowledge than a woman."

González Valtierra has been the only woman on work meeting; however, she recognizes that perspective has changed, and her opinion is regarded with the same importance as her companions. "Fortunately, everyone's mentality has been changing, not only in men, even in women. We are becoming increasingly aware that we can do engineering as our male colleagues would."

Confidence, adaptability to change, and firmness are characteristics that the specialist advised women in the work field since they show the capacity to carry out any job and responsibilities they propose. "There is a phrase that always leads me, and I firmly believe in: it is always possible. And the truth is that I have proven it."

The goals and positions I achieved have been based on the effort and work I've done in this company, and I see that there is recognition for that work," she said.

# 55 años del IMP rumbo a la autosuficiencia energética

## *55 years of IMP, towards energy self-sufficiency*

*El Instituto Mexicano del Petróleo cumple 55 años el próximo 23 de agosto. A lo largo de este tiempo, ha sentado las bases para la investigación y el desarrollo tecnológico de la industria petrolera nacional. Actualmente, colabora con la Sener en la ingeniería de la Refinería de Dos Bocas. El Ing. Marco Osorio Bonilla, Director General, nos platica sobre los avances y aportaciones del IMP al sector durante cinco décadas y media.*

Por / By: Renata Pérez de la O

**D**e acuerdo con el Ing. Marco Osorio, los cambios en el mercado de hidrocarburos han conducido a una política de competencia y cierre. En su perspectiva, esto impulsará a los países a buscar la autosuficiencia y seguridad energética. Proceso en el cual, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) jugará un papel preponderante.

Rumbo a este objetivo, el directivo resalta cuatro vertientes de contribución para el IMP: colaboración con entidades gubernamentales, creación de tecnología, masificación de la misma y aportación de recursos humanos.

Respecto al primer ámbito, explica, el instituto es consultor del Gobierno Federal con una perspectiva técnica, objetiva y científica. Mediante su información y recomendaciones, basadas en décadas de desarrollo, innovación y experiencia, ayuda a las entidades gubernamentales a tomar decisiones relacionadas con el rumbo de la industria. El IMP, resaltó el directivo, está agradecido con la Secretaría de Energía por brindarle dicha oportunidad.

En relación con el desarrollo tecnológico, dijo, los esfuerzos de la institución están enfocados en aumentar las reservas, mejorar la caracterización de cuencas y yacimientos y mantener la integridad del sistema de almacenamiento y transporte. Además, el Instituto Mexicano del Petróleo busca mantener la producción para incrementar la plataforma petrolera acorde con las metas del Gobierno Federal.

*The Mexican Petroleum Institute will celebrate its 55th anniversary on August 23rd. Throughout this time, it has set the basis for research and technological development in the national oil industry. Currently, it collaborates with Sener in the engineering of the Dos Bocas Refinery. Engineer Marco Osorio Bonilla, General Manager, talks about the advances and contributions of IMP to the sector for five and a half decades.*

**A**ccording to Engineer Marco Osorio, changes in the hydrocarbon market have led to a competition and closure policy. In his perspective, this will drive countries to seek self-sufficiency and energy security. In this process, the Mexican Petroleum Institute (IMP by its acronym in Spanish) will play a predominant role.

In pursuit of this objective, the executive highlights four contribution areas for the IMP: collaboration with governmental entities, technology creation, technology massification, and contribution through human resources.

Regarding the first area, he explains, the institute is a consultant to the Federal Government with a technical, objective, and scientific perspective. Its information and recommendations, based on decades of development, innovation, and experience, help government entities make decisions related to the industry's course. The IMP, said the executive, is grateful to the Ministry of Energy for giving it this opportunity.

In the field of technological development, he said, the institution's efforts are focused on increasing reserves, improving basin and deposit characterization, and maintaining the integrity of the storage and transportation system. Besides, the Mexican Petroleum Institute seeks to maintain production to increase the oil platform in line with the Federal Government's goals.

Hand in hand with these contributions comes the third objective: massifying the technology created. This means that the IMP's advances must have national application and contribute to problem resolution in the Mexican industry. Therefore, says Eng. Marco, the efforts of the institution aim at identifying and meeting the national needs.

About the approach linked to strengthening human resources in the industry, he comments: "We must aim towards generational personnel



“Sin duda nuestro papel es buscar la independencia tecnológica. Dentro de ese tema hay aspectos muy críticos, por ejemplo los crudos que tiene México”.

“Without a doubt, our role is to seek technological independence. There are very critical aspects of this issue, for example, the Mexican crude oil”.



**“Nos sentimos muy orgullosos y agradecidos de la participación y la confianza que el Gobierno Federal ha depositado en el Instituto Mexicano del Petróleo”.**

**“We feel very proud and grateful for the participation and trust that the Federal Government has given to the Mexican Petroleum Institute.”**

De la mano con dichas aportaciones viene el tercer objetivo: masificar la tecnología creada. Lo anterior implica que los avances del IMP tengan aplicación nacional y contribuyan a la resolución de problemas de la industria mexicana. Por ello, comenta el Ing. Marco, los esfuerzos están orientados a identificar y atender las necesidades del país.

Respecto al enfoque vinculado a fortalecer los recursos humanos en la industria, comenta: “Debemos apuntar hacia la renovación generacional de los cuadros tanto de ingenieros, técnicos que diseñan, operan y mantienen las instalaciones petroleras de México. Esta es nuestra aportación: reforzar la generación de capacidades en el país”.

### **Avances científicos y tecnológicos para México**

“Creo que la principal aportación es haber creado las bases de un sistema de investigación y desarrollo tecnológico en México en materia de hidrocarburos. Por supuesto, el otro gran logro es la aportación al desarrollo de la infraestructura petrolera nacional”, comenta el Director del IMP.

De igual forma, explica, el Instituto Mexicano del Petróleo ha sido pionero en la ingeniería de proyectos en el país. La cual, dijo, en los años sesenta era necesario importar. Sin embargo, en la actualidad se realiza aquí y ha contribuido a fortalecer la industria. “Hoy, México tiene capacidades tecnológicas suficientes para crear cualquier instalación petrolera, y tiene las capacidades suficientes para gestionar el desarrollo de esos proyectos”.

En su opinión, dicha capacidad se ha alcanzado desarrollando proyectos de manera inteligente, implementado prácticas de mejora de valor y esquemas de ejecución acelerada y tecnología aplicada. Además, señala, el instituto cuenta con la mayor infraestructura de México y América Latina para realizar experimentos en materia de hidrocarburos.

De acuerdo con el Ing. Marco Osorio, ningún otro centro de investigación cubre toda la cadena de valor de los hidrocarburos. Prueba de los avances científicos y tecnológicos en el país, comenta, es que entre Petróleos Mexicanos y el IMP están desarrollando la refinería de Dos Bocas con el auspicio de la Sener.

Tras 55 años de aportaciones al sector petrolero mexicano, comenta el Director del instituto, la celebración buscará destacar dichos logros. Por ello, dará especial difusión a las investigaciones, proyectos

renewal, both engineers and technicians, who design, operate and maintain national oil facilities. This is our contribution: strengthening capacity-building in the country”.

### **Scientific and technological advances for Mexico**

“I think the main contribution is that is has created the basis for a research and technological development system in Mexico in the field of hydrocarbons. Of course, the other great

achievement is its contribution to the development of the national oil infrastructure,” says the

Likewise, he explains, the Mexican Petroleum Institute has been a pioneer in national project engineering. Which, he said, in the 1960s had to be imported. However, it is now done here and has strengthened the industry. “Today, Mexico has sufficient technological capabilities to create any oil facility, and it has sufficient capabilities to manage the development of those projects.”

In his opinion, such capacity has been achieved by intelligently developing projects, implementing value enhancement practices, and accelerated execution and applied technology schemes. Furthermore, he points out; the institute has the largest infrastructure in Mexico and Latin America to carry out hydrocarbon experiments.

According to Marco Osorio, no other research center covers the entire hydrocarbon value chain. Proof of the scientific and technological advances in the country, he says, is that Petróleos Mexicanos and IMP are developing the Dos Bocas refinery with Sener’s sponsorship.

After 55 years of contributions to the Mexican oil sector, says the Director of the institute, the celebration will seek to highlight these achievements. For this reason, it will give particular diffusion to research, projects, and outstanding personnel. Also, he comments, various institutions, universities, companies, and experts from the sector will be invited to make a prospective analysis of the IMP.

### **Planning and execution of Dos Bocas**

The Mexican Petroleum Institute collaborates in the conceptualization, construction, and start-up of the Dos Bocas refinery. In addition to contributing to planning and execution, it works as manager and administrator of the project with the Ministry of Energy and Pemex Transformación Industrial.



y personal destacado. Además, comenta, habrá diversas instituciones, universidades, empresas y expertos del sector invitados para hacer un análisis prospectivo del IMP.

### **Planeación y ejecución de Dos Bocas**

El Instituto Mexicano del Petróleo colabora en la conceptualización, construcción y puesta en marcha de la refinería de Dos Bocas. Además de contribuir a la planeación y ejecución, coadyuva como gestor y administrador del proyecto junto con la Secretaría de Energía y Pemex Transformación Industrial.

De acuerdo con el Ing. Marco Osorio, el IMP aportó la estrategia de ejecución acelerada para el proyecto de Dos Bocas. "Me enorgullece mucho decir que, desde el periodo de transición, el IMP estuvo trabajando en la conceptualización de un proyecto factible de desarrollar en tiempo récord y con recursos limitados", comenta. El directivo agradeció la confianza que el Gobierno Federal ha depositado en el IMP para realizar la estrategia pues, señala, suele ser una actividad propia de empresas privadas.

Para gestionar el proyecto, la institución ha aportado con estudios ambientales, hidrológicos y sociales. A partir de dicha estrategia, ha sido posible avanzar en tiempo y forma. En el caso de la planta coquizadora, su ejecución se adelantó 5 meses.

Por otro lado, explica, el Instituto Mexicano del Petróleo desarrolló la ingeniería de acondicionamiento del sitio y gran parte de la ingeniería de diferentes instalaciones industriales y administrativas. Adicionalmente, varios procesos de la nueva refinería utilizarán tecnología del IMP.

"Hemos visitado refinerías en otras partes del mundo, en Estados Unidos, particularmente. También la refinería más grande del mundo y una de las más modernas, que es la de Reliance en la India". Desde el punto de vista del Director del IMP, esta experiencia ha servido para traer soluciones óptimas a la nueva refinería.

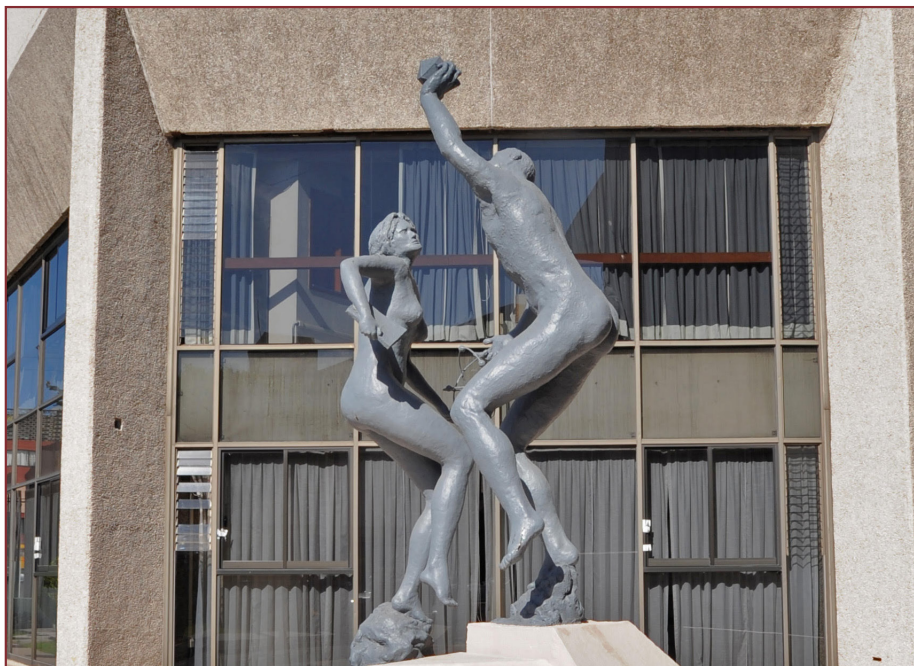
### **Cambios en el sector petrolero**

En la perspectiva del Director General del IMP, los cambios en la demanda y precios del petróleo tienen un horizonte de recuperación a mediano plazo y han brindado la oportunidad de mejorar las operaciones de la industria. Lo anterior se traduce en mayor eficiencia operativa, reducción de costos de producción y ciclos de desarrollo e implementación de nuevas tecnologías.

"Ahora los mercados imponen que los ciclos de generación de las innovaciones sean prácticamente inmediatos. Ya no son los ciclos de 10 años, 20 años o 30 años que podían utilizarse para capitalizar una nueva idea", señala. Como consecuencia, explica, la investigación y desarrollo tecnológico deben ser más ágiles.

Además, resalta, es necesario reducir los impactos ambientales del uso de combustibles para competir con las energías renovables. Con el objetivo de contribuir en esta búsqueda y a la soberanía energética, el IMP ha trabajado en tecnología para producir combustibles limpios de ultra bajo contenido de azufre.

"Está también ahora con un proyecto que, voy a hacer el primer anuncio, aún tenemos en planeación, construir una planta de catalizadores nacionales. La Secretaría de Energía está también interesada". A través de dicha iniciativa, explica Marco Osorio, el país tendrá mayor independencia en la transformación industrial, pues los catalizadores estarán enfocados en las necesidades del país.



According to Marco Osorio, the IMP contributed to the accelerated execution strategy for the Dos Bocas project. "I am very proud to say that, since the transition period, IMP has been working on the conceptualization of a project feasible to develop in record time and with limited resources." The executive thanked the Federal Government for trusting the IMP to carry out the strategy because, he says, it is usually an activity in charge of private companies.

To manage the project, the institution has contributed to environmental, hydrological, and social studies. Based on this strategy, it has been possible to advance appropriately and on time. In the case of the coking plant, its execution was finished five months ahead.

On the other hand, he explains, the Mexican Petroleum Institute developed the site conditioning engineering and a significant part of the engineering of different industrial and administrative facilities. Additionally, several processes in the new refinery will use IMP technology.

"We have visited refineries in other parts of the world, particularly in the United States. We have also visited the largest and one of the most modern refineries in the world, the Reliance refinery in India". For the IMP's Director, this experience has been useful to bring optimal solutions for the new refinery.

### **Changes in the oil sector**

From the perspective of the IMP's General Director, changes in oil demand and price have a medium-term recovery horizon and have provided an opportunity to improve the industry's operations. This translates into greater operational efficiency, production cost reduction, and new technology development and implementation cycles.

"Now, the markets demand practically immediate innovation cycles. The 10 to 20 or 30 years cycles to capitalize a new idea no longer exist," he says. As a result, he explains, research and technological development must become more agile.

Besides, he points out, the environmental impacts of fuel use must be reduced to compete with renewable energies. Intending to contribute to this quest and energy sovereignty, IMP has worked on technology to produce clean, ultra-low-sulfur fuels.

"It is also now working on a project that I will make the first announcement, is still on the planning stage, to build a national catalyst plant. The Ministry of Energy is also interested." Through this initiative, explains Marco Osorio, the country will have greater independence in industrial transformation, since the catalysts will be focused on national needs.



# Uso eficiente de un motocompresor a boca de pozo

Autor / Author:  
Iván Velázquez Ramírez

*Inyección de gas caliente incrementando la temperatura de descarga en motocompresores y su aplicabilidad en pozos con problemas de parafinas.*

**E**l trabajo comienza con una revisión técnica del uso tradicional de un motocompresor (MTC) a boca de pozo. Dicha revisión se enfoca en el incremento de la presión de inyección disponible y en la profundidad de los puntos de inyección.

Además, el proyecto muestra la metodología para alcanzar condiciones óptimas de inyección a alta temperatura. Lo anterior se consigue creando un mapa de regiones de operabilidad del MTC. En un caso, explica la relación de presión de succión entre la presión de descarga del MTC. En el otro, grafica los valores adimensionales del resultado de la relación de temperatura de succión entre la temperatura de descarga.

Por otro lado, el trabajo describe el

## Wellhead motor compressor's efficient use

*Injection of hot gas increasing the discharge temperature in motor compressors and their applicability in wells with paraffin problems.*

**T**he work begins with a technical review of a wellhead motor compressor's (MTC by its acronym in Spanish) traditional use. This review focuses on the increase of the available injection pressure and the depth of the injection points.

Also, the project shows the methodology to achieve optimal conditions for high-temperature injection. This is accomplished by creating a map of the MTC's operability regions. In one case, it explains the suction

pressure relationship between the MTC's discharge pressure. The other also graphs the dimensionless values of the suction temperature relationship's outcome between the discharge temperature.

efecto del estrangulamiento de la succión del MTC en la temperatura de descarga (Ciclo de Carnot) y su impacto en la producción de los pozos. Para ello, toma como base los resultados obtenidos en los pozos de la región sur, enfatizando su aplicación en pozos con problemas de denostación de orgánicos.

Es importante mencionar que existen aplicaciones actualmente en evaluación. Como ocurre en pozos con problemas de alta viscosidad y en pozos en etapa de post-inyección alternada de vapor de aceite extrapesado y con aparejos isotérmicos (preservación de temperatura).

### **Bombeo Neumático Continuo (BNC)**

El BNC es uno de los sistemas de levantamiento artificial empleados para continuar explotando yacimientos. En casos particulares, implica instalar un motocompresor a boca de pozo. Entre sus funciones se encuentran:

- Realizar la inyección de gas en el punto más profundo.
- Mantener la presión de inyección en una macro-pera.
- Aplicar inyección controlable y constante.
- Telemetría para monitorear las condiciones de operación.

### **Análisis de pozos**

A través de la telemetría con la que cuentan los MTC, fue posible obtener y consolidar una base de datos para obtener parámetros de tendencia y operación de los equipos instalados en los pozos.

### **Incremento de la temperatura de descarga de los MTC**

Para realizar el análisis de una forma visual y representativa, se generó un gráfico especializado con valores adimensionales denominado Mapa de Regiones de Operabilidad. Dicho gráfico se construye con la información de las condiciones de operación del MTC.

Furthermore, the work describes the effect of MTC's suction throttling on the discharge temperature (Carnot Cycle) and its impact on well production. To do so, it bases on the results obtained in the southern region wells, emphasizing its application in wells with organic denostation problems.

It is essential to mention that there are applications currently under evaluation. As it happens in wells with high viscosity problems and an alternate post-injection stage of extra-heavy oil vapor and with isothermal equipment (temperature preservation).

### **Continuous Pneumatic Pumping (BNC by its acronym in Spanish)**

The BNC is one of the artificial lifting systems employed for continuing the exploitation of deposits. In particular cases, it requires the installation of a wellhead motor compressor. Some of its functions are:

- To perform gas injection at the deepest point.
- To maintain the injection pressure in a macro-pump.
- o apply constant and controllable injection.
- Telemetry to monitor operating conditions.

### **Wells analysis**

Through the MTC's available telemetry, it was possible to gather and consolidate a database to obtain trending and operating parameters of the wells' installed equipment.

### **Increase in MTC'S discharge temperature**

A specialized graph with non-dimensional values called Map of Operability Regions was generated to analyze in a visual and representative way. This graph is created with information from the MTC's operating conditions.



### Aplicación de la metodología

Cada caso de implementación fue abordado y documentado durante su aplicación de manera específica. Como consecuencia, el trabajo muestra conceptualmente los resultados obtenidos aplicando la metodología.

Los casos presentados mostraron los resultados de implementar gas caliente en los pozos del campo de estudio para reducir la incidencia de los problemas con la parafina en los aparejos de producción. Otro caso estuvo enfocado al mejoramiento de la viscosidad del aceite, por el efecto de la inyección de gas caliente.

Por último, se mostraron los resultados obtenidos tras implementar gas caliente en pozos de aceite extrapesado. Dichos pozos estuvieron equipados con aparejos isotérmicos (aislados térmicamente) con bajos coeficientes de transferencia de calor para mantener las condiciones de altas temperaturas en el pozo después de realizar la inyección alternada de vapor.

### Lecciones y próximos pasos

Los resultados sobresalientes se resumen en la disminución de la incidencia de limpiezas de aparejo de producción ocasionadas por la problemática de parafinas. Las conclusiones obtenidas fueron:

- Incrementar la temperatura a nivel de pozo permite mitigar los problemas de denostación de orgánicos en los pozos con problemas recurrentes.
- Monitoreando la temperatura en superficie fue posible observar un incremento en la temperatura en la línea de descarga, lo cual mostró el efecto de la inyección de gas a alta temperatura.

Se recomienda realizar un screening de los pozos que operan con MTC a fin de llevarlos a las condiciones de operación óptimas y temperatura de descarga adecuada.

### Methodology application

Each application case was specifically addressed and documented during its implementation. As a consequence, the work shows conceptually the results obtained by applying the methodology.

The presented cases showed the results of implementing hot gas in the field of study's wells to reduce the incidence of paraffin problems in the production rigs. Another trial focused on oil viscosity improvement due to the hot gas injection's effect.

Finally, the results obtained after implementing hot gas in extra-heavy oil wells were shown. These wells were equipped with isothermal rigs (thermally insulated) with low heat transfer coefficients to maintain the high-temperature conditions in the well after performing the alternate steam injection.

### Lessons and next steps


The outstanding results are summarized in the decreased incidence of production rig cleaning caused by the paraffin problem. The conclusions obtained were:

- Increasing well level temperature allows mitigating organic denostation problems in wells with recurrent issues.
- By monitoring the surface temperature, it was possible to observe an increase in the discharge line temperature, which showed the high-temperature gas injection's effect.
- It is recommended to perform a screening of the wells that operate with MTC to bring them to optimal operating conditions and adequate discharge temperature.
- Certain wells have a gas demand higher than 1.5 mmpcd. Therefore suction throttling to increase the suction/discharge pressure ratio is not possible. Thus, it will be necessary to evaluate the possibility of injecting hot gas or applying solvent injection.



- Existen pozos donde la demanda de gas es mayor a 1.5 mmpcd, por lo que no es posible el estrangulamiento de la succión para incrementar la relación de presión de succión/descarga. Por ello, será necesario evaluar la posibilidad de inyectar gas caliente o aplicar la inyección de solventes.
- Para modificar las relaciones de temperatura y presión de los motocompresores, es necesario tener sustento técnico de los gastos de inyección requeridos, debido a que una baja en el gasto de inyección de gas podría generar una inestabilidad en cabeza del pozo.
- Analizar la eficiencia y efectos de inyección como sistema artificial de producción ayuda a determinar el esquema óptimo de producción en los campos con MTC instalados.
- Realizar análisis de perfiles de viscosidad vs temperatura para predecir la profundidad de formación de parafinas y mitigar el problema.
- Evaluar los resultados de la prueba de inyección de gas caliente en los pozos de la SPBS y masificar su uso a fin de mitigar los problemas de denostación de orgánicos.
- Llevar a cabo la inyección de gas caliente en los pozos con problemas de alta viscosidad, como en el proyecto Samaria-Somero.
- En los pozos con inyección alternada de vapor, considerando las condiciones de preservación de temperatura de la tubería isotérmica, se propone realizar la inyección de gas bajo condiciones que permitan realizar la descarga del motocompresor a boca de pozo con una temperatura de 100 °C. Esto con la finalidad de mitigar el efecto de enfriamiento del perfil del pozo (Efecto Joule-Thomson) por efecto de la inyección de gas BN frío, el cual merma el rendimiento hidrodinámico del pozo.

- To modify the motor compressors' temperature and pressure ratios, it is necessary to have technically required injection expenses because a decrease in the gas injection cost could generate an instability at the wellhead.
- Analyzing the injection's efficiency and effects as an artificial production system helps determine the optimal production scheme in fields with MTC installed.
- Perform viscosity vs. temperature profile analysis to predict paraffin formation depth and mitigate the problem.
- Evaluate the hot gas injection test results in the SPBS wells and massify its use to mitigate organic denostation problems.
- Perform the hot gas injection in wells with high viscosity problems, like in the Samaria-Somero project.
- In wells with alternate steam injection, considering the temperature preservation of the isothermal pipe's conditions, it is proposed to perform the gas injection under conditions that allow the MTC's discharge with a 100 °C temperature to mitigate the cooling effect of the well's profile (Joule-Thomson effect) as a result of the cold BN gas injection, which reduces the hydrodynamic performance of the well.



• En reservorios fracturados con comportamiento fractal  
/ In fractured reservoirs with fractal behavior.

# Difusión anómala en yacimientos naturalmente fracturados con naturaleza fractal

*Se presentó la solución en el espacio de Laplace para la ecuación de difusión generalizada para un yacimiento con naturaleza fractal. Para tal efecto, el estudio incluyó la derivada fraccional en el tiempo.*

---

**Autores / Authors:**  
Fernando Ascencio y Ricardo Posadas.

**D**urante el estudio se establecieron las soluciones en el espacio de Laplace y se realizó la inversión numérica, obteniendo gráficas comparativas del comportamiento y atendiendo a la difusión anómala (derivada fraccional en el tiempo). Una vez validado lo anterior, se introdujo un término fuente representando la transferencia matriz-fractura en estado transitorio, a través de la integral de convolución para considerar el caso de un yacimiento naturalmente fracturado.

Para ello, se tomaron en cuenta diferentes geometrías de los bloques de matriz, desde el modelo de cubos Warren and Root (1963) para flujo pseudoestacionario matriz-fractura, hasta geometrías de esferas y eslabones para flujo transitorio matriz-fractura. Después de establecer lo anterior, se resolvió la ecuación de difusión resultante.

La operación tuvo las siguientes características: generalizada (fractal), anómala (derivada fraccional respecto al tiempo), yacimiento naturalmente fracturado con transferencia matriz-fractura transitoria y diferentes bloques de matriz (Integral de Convolución). Asimismo, se presentaron los resultados gráficos validando las geometrías de flujo convencionales radial, lineal, bilineal y esférico.

Al ser una solución con naturaleza fractal, se estableció un modelo analítico generalizado. Además, se consideró la difusión anómala para evaluar la memoria del yacimiento. Adicionalmente, se establecieron soluciones analíticas en el espacio de tiempo para el caso particular del yacimiento naturalmente fracturado con transferencia matriz-fractura en estado pseudoestacionario, pero atendiendo a los aspectos fractal y de difusión anómala.

# Abnormal diffusion in naturally fractured reservoirs with a fractal nature

*The solution was presented in the Laplace space for the generalized diffusion equation for a fractal nature site. For this purpose, the study included the fractional derivative in time.*

Within the study, the solutions were established in the Laplace space, and a numerical inversion was performed, obtaining comparative graphs of the behavior and considering the anomalous diffusion (fractional derivation in time). When the above was validated, a source term representing the matrix-fracture transfer in a transitory state was introduced through the integral convolution to consider the case of a naturally fractured reservoir (YNF, by its acronym in Spanish).

For this purpose, several matrix block geometries were considered, from the Warren and Root cube model (1963) for pseudo stationary matrix-fracture flow to sphere and link geometries for transient matrix-fracture flow. After determining the above, the resulting diffusion equation was solved.

The operation had the following characteristics: generalized (fractal), abnormal (fractional derivative concerning time), a naturally fractured reservoir with a transitory matrix-fracture transfer, and different matrix blocks (Integral Convolution). Likewise, the results of several graphics validating conventional radial, linear, bilinear, and spherical flow geometries were presented.

As the solution has a fractal nature, a generalized analytical model was established. Also, anomalous diffusion was used for the evaluation of the reservoir's memory. Additionally, analytical solutions were established in the period for the particular case of the naturally fractured reservoir with a matrix-fracture transfer in a pseudo stationary state. However, it attended to fractal and anomalous diffusion aspects.

## **Anomalous diffusion in naturally fractured reservoirs with fractal behavior**

In this work, the generalized diffusion equation solution was obtained for the fractal reservoir in the Laplace domain, including the fractional time derivative. Numerical inversion was applied to obtain comparative plots for anomalous diffusion (fractional time derivative). Likewise, a source was introduced to model transient matrix fracture transfer through integral convolution, to consider a naturally fractured reservoir.

The study also considered different matrix block geometries, including the Warren and Root cube model for spherical and pseudo-state slab geometries. The final solution of this article has the following characteristics: generalized (fractal), anomalous (fractional time derivative), naturally occurring fracture reservoir



## Difusión anómala en reservorios fracturados naturalmente con comportamiento fractal

En este trabajo se obtuvo la solución de ecuación de difusión generalizada para el depósito fractal en el dominio de Laplace, que incluyó la derivada fraccional en el tiempo. La inversión numérica se aplicó para adquirir gráficos comparativos para difusión anómala (derivada fraccional en el tiempo). Igualmente, se introdujo una fuente para modelar la transferencia transitoria de fractura de matriz a través de integral de convolución, para considerar un reservorio fracturado naturalmente.

El estudio también consideró diferentes geometrías de bloque de matriz que incluyen el modelo de cubos Warren y Root para geometrías esféricas y de losas de estado pseudoestacionario. La solución final de este artículo tiene las siguientes características: generalizado (fractal), anómalo (derivado fraccional en el tiempo), depósito naturalmente de fractura con transferencia transitoria de fractura matricial para diferentes bloques matriciales (convolución).

Igualmente, se presentaron varios resultados de gráficos para validar las geometrías de flujo convencionales radial, lineal, bilineal y esférico. El trabajo también obtuvo un modelo analítico generalizado considerando aspectos fractales y difusión anómala para evaluar el reservorio de memoria y el reservorio naturalmente fracturado.

### Conclusiones

En el artículo se discutió una propuesta de solución en el Espacio de Laplace para la ecuación de difusión generalizada para un yacimiento naturalmente fracturado con naturaleza fractal. Se consideró un flujo transitorio matriz-fractura, incluyendo la derivada fraccional en el tiempo como difusión anómala, además del daño y almacenamiento en el pozo.

A partir de la solución generalizada se obtuvieron soluciones previamente publicadas por diferentes autores. Con la finalidad de obtener soluciones en el lapso de tiempo, se realizó una aproximación de la solución anterior para tiempos largos, para el caso de un YNF con flujo pseudoestacionario matriz-fractura, con naturaleza fractal y difusión anómala, validando la solución obtenida para cualquier tipo de geometría de flujo lineal, bilineal, radial y esférica.

with a transient transfer of matrix fracture for different matrix blocks (convolution).

Likewise, several graphical results were presented to validate conventional radial, linear, bilinear, and spherical flow geometries. The work also obtained a generalized analytical model considering fractal aspects and anomalous diffusion to evaluate the memory reservoir and the naturally fractured reservoir.

### Conclusions

The article discussed the proposal of a solution in the Laplace Space for the generalized diffusion equation for a naturally fractured reservoir with fractal nature. A transitional matrix-fracture flow was considered, including the fractional derivative in time as anomalous diffusion and well damage and storage.

Solutions previously published by different authors were obtained from the generalized solution. An approximation of the previous solution was made for a long time to get solutions in the time-lapse. That was made for a YNF with the pseudo stationary matrix-fracture flow, with fractal nature and anomalous diffusion, validating the solution obtained for any type of linear, bilinear, radial, and spherical flow geometry.





♦ Enfocado en la fase de arenas y evaporitas / Focused on the sand and evaporite phase

# Análisis multiescala de registros geofísicos de pozos en la correlación petrofísica y estratigráfica

*En el presente estudio se aplicó un análisis multiescala a un conjunto de registros geofísicos (rayos gamma, resistividad y potencial espontáneo) en un pozo del Golfo de México.*

## *Multiscale analysis of geophysical well logs in petrophysical and stratigraphic correlation*

*In the present study, a multiscale analysis was applied to a set of geophysical records (gamma-ray, resistivity, and spontaneous potential) in a well in the Gulf of Mexico.*

*Autores / Authors:*

Enrique Coconi Morales, Gerardo Ronquillo Jarillo y Fernando Castrejón Vacío

**E**l análisis multiescala utilizó como apoyo la Transformada de Ondícula (WT), la cual implicó obtener coeficientes ondulares, escalograma y espectrogramas. Se estimó una pseudo longitud de onda para cada escala de representación, la cual fue asociable a posibles periodicidades de deposición (ciclos climáticos de Milankovitch) o facies.

Es importante señalar que el análisis multiescala se usa como una herramienta para caracterizar los bordes individuales de los cambios de propiedades petrofísicas y características estratigráficas (periodicidades o ciclos).

**T**he multiscale analysis was supported by the Wavelet Transformer (WT), which involved obtaining wavelet coefficients, scalograms, and spectrograms. A pseudo wavelength was estimated for each scale of representation, associated with possible deposition periodicities (Milankovitch climate cycles) or facies.

It is important to note that multiscale analysis is a tool to characterize the individual boundaries of changes in petrophysical properties and stratigraphic features (periodicities or cycles).

Generalmente, las propiedades petrofísicas del medio en un yacimiento de hidrocarburos se relacionan con los cambios transversales de las interfaces, las cuales deben estar bien separadas. Además, están relacionadas por el comportamiento de los límites de sus bordes o transiciones de singulares. Éstos son consecuencia de los cambios de las discontinuidades del medio.

Los cambios anteriormente mencionados son de gran importancia en el estudio de la caracterización de yacimientos arenosos arcillosos complejos y de ambiente carbonatado. Su relevancia proviene de que presentan alta heterogeneidad en parte horizontal y vertical del yacimiento.

### Análisis multiescala de la transformada de ondícula continua (CWT)

El análisis CWT es fundamental en la caracterización de las series de tiempo. Es posible emplearlo para señales no estacionarias correspondientes al comportamiento de los registros geofísicos de pozo.

Las investigaciones relacionadas con el análisis de señales geofísicas muestran fehacientemente que la transformada ondicular conforma una herramienta adecuada para pre acondicionar, analizar e interpretar señales e imágenes a diversas escalas de representación.

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$$

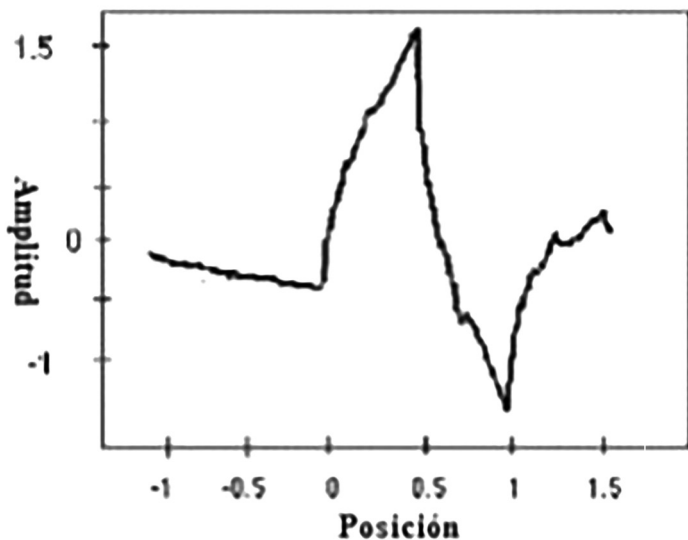


Figura 1. Ondícula Daubechies

Figure 1. Daubechies Wavelet

En la industria petrolera, la transformada ondicular se ha aplicado para acondicionar, filtrar e identificar anomalías en pruebas de presión de pozos. También se utiliza para determinar propiedades de escalamiento local a partir de medidas de pozos y para obtener correlación y rescalar las propiedades petrofísicas y secciones sísmicas. Finalmente, también es útil para procesar datos sísmicos.

### Análisis de registros geofísicos de pozos (RGP) con la transformada en ondícula (WT)

Los RGP registran distintos tipos de eventos (ciclicidades, tendencias, cambios abruptos entre otros). En ellos están incorporados los eventos sedimentológicos y características estratigráficas.

Para estudiar los RGP usualmente se emplea el análisis y síntesis espectral de Fourier. Su limitación principal, es la pérdida de la localización en el tiempo (espacio). Sin embargo, la introducción de la transformada

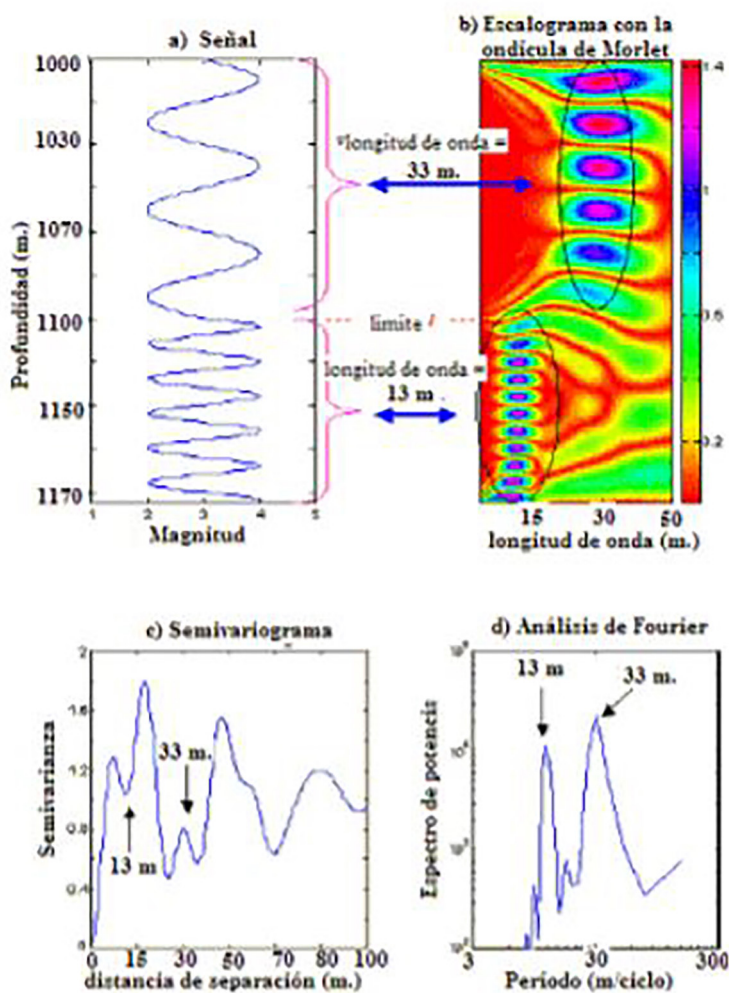


Figura 2. Análisis de la señal para un cambio de frecuencia.

Figure 2. Signal analysis for a change of frequency

Generally, the medium's petrophysical properties in a hydrocarbon reservoir are related to the transverse changes of the interfaces, which must be well separated. Also, they are linked by the behavior of the boundaries of their edges or singular transitions. These are a consequence of changes in the discontinuities of the medium.

The changes mentioned above are particularly relevant when studying the characterization of complex clayey sandy deposits and carbonate environments. Their relevance comes from the fact that they present high heterogeneity in the horizontal and vertical part of the deposit.

### Multiscale analysis of the continuous wavelet transform (CWT)

CWT analysis is fundamental in the characterization of time series. It can be used for non-stationary signals corresponding to the behavior of geophysical well logs.

The investigations related to the analysis of geophysical signals clearly show that the wavelet transform is a suitable tool for pre-conditioning, analyzing, and interpreting signals and images at various scales of representation.

In the oil industry, the wavelet transform has been applied to condition, filter, and identify anomalies in well pressure tests. It is also used to determine local scaling properties from well measurements and to obtain correlation and scaling of petrophysical features and seismic sections. Finally, it is also useful for processing seismic data.

### Well logging analysis (RGP) with the Wavelet Transform (WT)

RGPs record different types of events (cyclicity, trends, and abrupt changes, among others). They incorporate sedimentological events

de ondícula (WT) en la década de los años ochenta permitió superar dicho obstáculo.

Como consecuencia, la WT contribuye significativamente en el procesamiento y análisis de datos geofísicos en general y particularmente con diversas aplicaciones potenciales en los RGP. La WT representa una señal o imagen en diferentes resoluciones (multiescala).

Por otro lado, una función ondicular se define con una función localizada y oscilante del tiempo y para efectos ilustrativos (Figura 1). El análisis ondicular representa una señal no estacionaria en términos de funciones bases (tiempo - (a,b) se generan las ondículas de la familia frecuencia).

### Cicloestratigrafía

La cicloestratigrafía (o de secuencias) analiza los ciclos o periodicidades para reconstruir y definir los aspectos estratigráficos característicos. Los ciclos son comunes en los ambientes sedimentarios y están representados por secuencias estratigráficas y depositacionales repetitivas. Los movimientos tectónicos y los cambios climáticos son dos de las causas principales de los ciclos sedimentarios.

Se han definido cinco ciclos (órdenes) característicos (ver Tabla 1), en un rango de cientos de millones a decenas de miles de años. De estos cinco órdenes, el cuarto y el quinto tienen duraciones de menos de un millón de años, por lo que son considerados regulares.

Los cambios en el nivel del agua a causa de los efectos climáticos se identifican como ciclos de Milankovitch. Éstos son causados por tres factores: la precesión del eje de rotación (periodo de  $21 \times 10^3$  años), variaciones en la oblicuidad del eje de rotación respecto a la eclíptica ( $41 \times 10^3$  años) y variaciones de la excentricidad de la órbita terrestre ( $100$  y  $400 \times 10^3$  años).

### Análisis de comparación de WT Versus Fourier y semi variograma (SV) en estimación de ciclicidad

Se muestra en las figuras 2 y 3 la ventaja de la WT con respecto a la transformada de Fourier y la SV para la interpretación cicloestratigráfica. Se presenta una señal donde su frecuencia cambia con respecto al tiempo, lo cual podría representar un límite de secuencias de alta energía. En la figura 2 se presentan los resultados con los tres

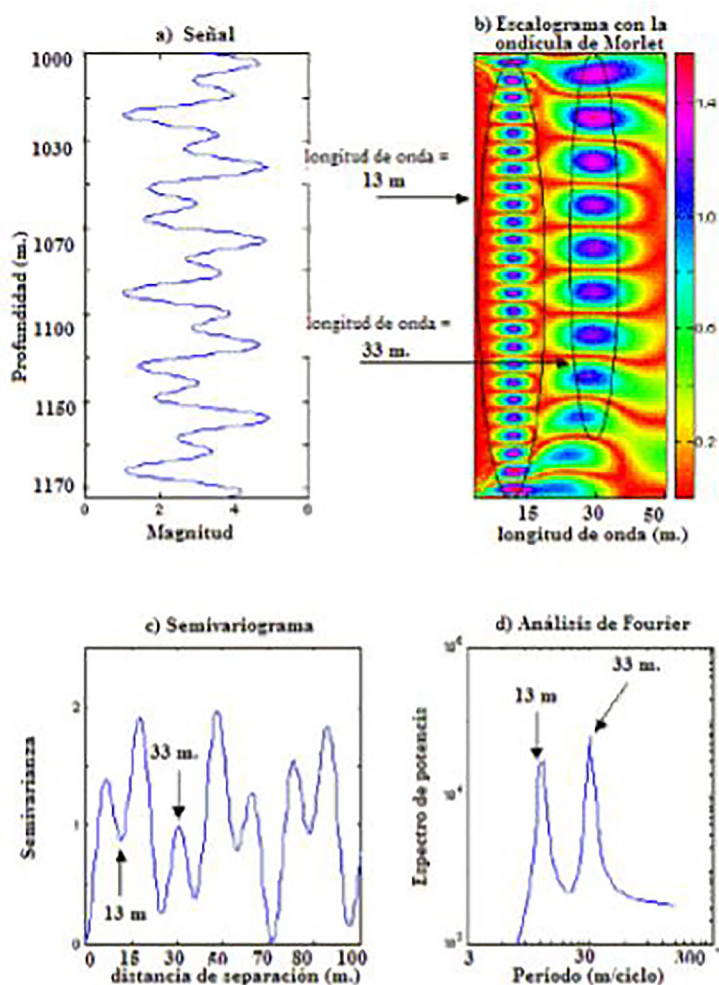


Figura 3. Señal analizada para dos ciclos sedimentarios superpuestos.

Figure 3. Signal analyzed for two overlapped sedimentary cycles

and stratigraphic characteristics.

Fourier spectral analysis and synthesis is usually used to study GSRs. Its main limitation is the loss of location in time (space). However, the introduction of the wavelet transform (WT) in the 1980s helped overcome this obstacle.

Consequently, the WT contributes significantly to the processing and analysis of geophysical data in general, particularly with several potential applications in the RGPs. The WT represents a signal or image in different resolutions (multiscale).

On the other hand, a wavelet function is defined with a localized and oscillating time function and for illustrative purposes (Figure 1). Waveform analysis represents a non-stationary signal in terms of base functions (time - (a,b) the wavelets of the frequency family are generated).

### Cyclostratigraphy

Cyclostratigraphy (or sequence) analyses cycles or periodicities to reconstruct and define particular stratigraphic aspects. Cycles are typical in sedimentary environments and are represented by repetitive stratigraphic and depositional sequences. Tectonic movements and climatic changes are two of the leading causes of sedimentary cycles.

Five characteristic cycles (orders) have been defined (see Table 1), ranging from hundreds of millions to tens of thousands of years. Of these five orders, the fourth and fifth have durations of less than one million years, so they are considered regular.

Changes in water level due to climatic effects are identified as Milankovitch cycles. Three factors cause these: rotation axis' precession (period of  $21 \times 10^3$  years), variations in axis' obliquity of rotation concerning the ecliptic ( $41 \times 10^3$  years), and variations in the eccentricity of the Earth's orbit ( $100$  and  $400 \times 10^3$  years).

### Comparison analysis of WT Versus Fourier and semivariogram (SV) in cyclicity estimation

The advantage of the WT over the Fourier transform, and the SV for cyclo-stratigraphic interpretation is shown in Figures 2 and 3. A signal is presented where its frequency changes compared to time, representing a limit of high energy sequences. Figure 2 presents the results with the three different methods. The signal has two components, one in the range of 1,000 to 1,100 meters with a wavelength of 33 meters and the second of 1,100 1,170 meters and a wavelength of 13 meters, respectively.

The SV indicates two components, and the Fourier analysis more clearly shows the presence of the two frequencies. However, neither methodology can show the location of the two components and frequency changes. On the contrary, the scalogram (WT) identifies both frequencies very well and indicates their position (of the transition).

Figure 3 shows a signal with two overlapping frequencies. As in the previous example, their wavelengths are 13 and 133 meters, respectively. Both the SV and

diferentes métodos. La señal tiene dos componentes, una en el rango de 1,000 a 1,100 metros con una longitud de onda de 33 metros y la segunda de 1,100 1,170 metros y una longitud de onda de 13 metros respectivamente.

El SV indica dos componentes y el análisis de Fourier muestra con mayor claridad la presencia de las dos frecuencias. Sin embargo, ninguna de estas dos metodologías puede mostrar la localización de los dos componentes y dónde cambia la frecuencia. Por lo contrario, el escalograma (WT) identifica muy bien ambas frecuencias e indica su localización (de la transición).

La figura 3 presenta una señal con dos frecuencias superpuestas. Al igual que el ejemplo anterior, sus longitudes de onda son de 13 y 133 metros respectivamente. Tanto el SV como el análisis de Fourier, identifican la presencia de ambos componentes. Sin embargo, no definen su ubicación en profundidad. En este caso, el escalograma identificó la presencia de ambas frecuencias, cuantificó la longitud de onda y dio como salida la identificación de los dos ciclos superpuestos.

### Conclusiones

- El análisis de ondícula permitió obtener información complementaria en la interpretación y evaluación de los registros geofísicos de pozos. La cual, integrada a los aspectos estratigráficos, demuestra que es una herramienta adecuada en ciclos de estratigrafía.
- El análisis espectral confirma la presencia de las tres principales zonas geológicamente caracterizadas en las que se subdividió el registro del pozo estudiado.
- El análisis de la distribución de los coeficientes de ondícula en el plano tiempo-frecuencia permiten establecer los órdenes de ciclicidad presentes en los datos, ligados con aspectos deposicionales y estratigráficos, que pueden correlacionarse con los ciclos de Milankovitch.

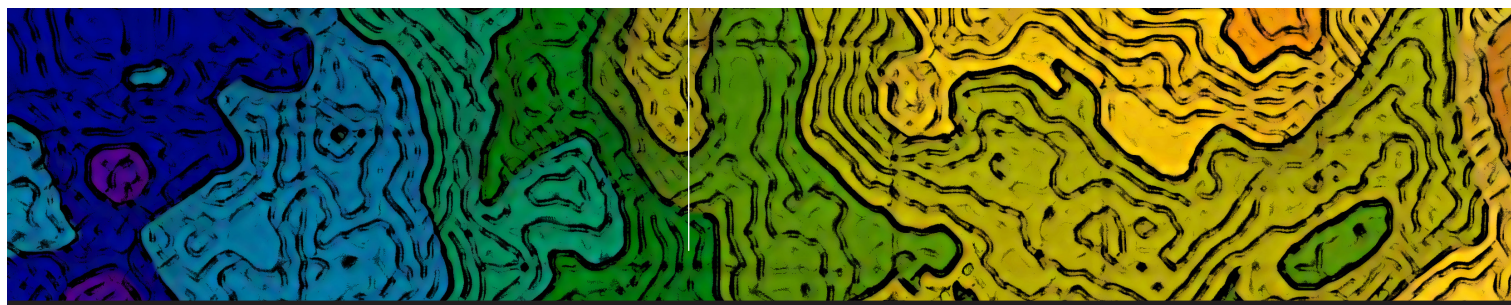
the Fourier analysis identify the presence of both components. However, they do not define their location in depth. In this case, the scalogram identified both frequencies, quantified the wavelength, and gave as output the identification of the two overlapping cycles.

### Conclusions

- The wavelet analysis enabled the obtention of complementary information in the interpretation and evaluation of geophysical well logs. This, along with the stratigraphic aspects, shows that it is an adequate tool in stratigraphy cycles.
- The spectral analysis confirms the presence of the three main geologically characterized zones into which the well log was subdivided.
- The analysis of the wavelet coefficients' distribution in the time-frequency plane helps establish cyclicity orders present among the data, linked to depositional and stratigraphic aspects, which can correlate with the Milankovitch cycles.

Ciclos (ordenes)	Secuencia estratigráfica	Duración (millones de años)	Nivel del mar (m)	Relación de subida/bajada del nivel del mar (cm/1000 años)
Primero		> 100		<1
Segundo	Super secuencia	10-100	50-100	1-3
Tercero	Secuencia deposicional	1-10	50-100	1-10
Cuarto	Secuencia de alta frecuencia, parasecuencia	0.1-1	1-150	40-500
Quinto	Ciclo de alta frecuencia, para secuencia	0.01-0.1	1-50	60-700

Tabla 1. Órdenes de ciclicidades. Table 1. Cyclicity order



# Metodología para el análisis del comportamiento dinámico de yacimientos no convencionales

## *Analysis methodology for the dynamic behavior of unconventional reservoirs*

Autores / Authors: Francisco Castellanos Páez y Jorge Arévalo Villagrán.

*Una de las principales características de los yacimientos no convencionales en lutitas, arenas de baja permeabilidad y de gas metano en vetas de carbón, es la complejidad para caracterizarlos dinámicamente. Los yacimientos no convencionales presentan flujos transitorios de larga duración y variaciones en su compresibilidad.*

Para la caracterización de dicho tipo de yacimientos, se han desarrollado modelos analíticos con la finalidad de estimar parámetros importantes de la formación y determinar su producción futura. Este trabajo presentó varios modelos para la caracterización dinámica de yacimientos no convencionales, a través del análisis de datos de producción de pozos verticales fracturados y horizontales multifracturados con gas adsorbido.

Los resultados se obtuvieron del análisis de datos de presión y producción considerando la geometría de pozo, tipo de yacimiento, gas adsorbido y diferentes rangos de permeabilidad. Estos elementos sirvieron para identificar geometrías de flujo, tales como lineal temprano en el sistema de la fractura, bilineal en el sistema fractura-matriz, lineal en la matriz, elíptico y, finalmente, flujo dominado por la frontera. Además, se establecieron los pasos para estimar propiedades del yacimiento y volumen original de gas en sitio.

Adicionalmente, el estudio consideró casos con poca información, los cuales incluyen, para los pronósticos de producción, modelos de

*One of the main characteristics of unconventional reservoirs in shales, low permeability sands, and methane gas in coal veins, is the complexity to characterize them dynamically. Unconventional reservoirs have long-lasting transient flows and variations in their compressibility.*

For the characterization of such reservoirs, analytical models to estimate important formation parameters and determine their future production have been developed. This work presented several dynamic characterization models for non-conventional reservoirs analyzing the production data of vertical fractured and horizontal multi fracture wells with adsorbed gas.

The results were obtained from the pressure and production data analysis considering well geometry, reservoir type, adsorbed gas, and different permeability ranges. These elements were used to identify flow geometries such as early linear in the fracture system, bilinear in the fracture-matrix system, linear in the matrix, elliptical, and finally boundary-dominated flow. Also, it established the steps for estimating reservoir properties and the original gas volume in place.

Furthermore, the study considered cases with few data, including production forecasts, conventional decline curve models, and long duration transient flow that do not have border-dominated flow. Finally, the research presented the results, including the advantages and disadvantages of each model, and the criteria to use them according to the reservoir information and its production pressure history.

### **Non-conventional gas field transient analysis**

The development and exploitation plan requires a solid knowledge of the field and its characteristics, and more information than the one obtained from conventional formations. This stage is where dynamic characterization

curvas de declinación convencionales y flujo transitorio de larga duración que no presentan flujo dominado por la frontera. Por último, la investigación presentó los resultados con las ventajas y desventajas de cada modelo, así como los criterios para utilizarlos de acuerdo con la información del yacimiento y su historia de presión producción.

### **Análisis transitorio en los yacimientos no convencionales de gas**

La definición del plan de desarrollo y de explotación requiere un buen conocimiento del yacimiento y sus características, así como mayor información a la obtenida en formaciones convencionales. Es ahí donde la caracterización dinámica resulta clave, ya que esta herramienta brinda información valiosa para desarrollar y explotar de forma óptima el yacimiento.

En los yacimientos de gas de lutitas se presenta la adsorción y desorción del gas durante su explotación, fenómeno que los hace diferentes de los recursos convencionales, pues modifica los mecanismos de almacenamiento, transporte y producción. Éstos son de suma importancia para la conceptualización apropiada del modelo del yacimiento y el desarrollo de actividades, tales como la estimación de reservas y la determinación de los gastos de producción.

Como resultado del análisis de pozos en diferentes tipos de formaciones, tales como lutitas, arenas de baja permeabilidad y de gas metano en vetas de carbón, se observó que la producción declina rápidamente. Este fenómeno ocurre debido a que, en la mayoría de las ocasiones, el gas libre en la formación es limitado, a lo cual hay que sumar sus propiedades de flujo limitadas. No obstante, pueden obtenerse producciones económicamente rentables, ya que en la formación también existe gas absorbido en la materia orgánica de la roca, el cual, al desprenderse, incrementa la recuperación final.

Por otra parte, dentro de las principales características de los yacimientos no convencionales de gas está la baja permeabilidad de la formación, que en ocasiones varía para arenas de baja permeabilidad entre 0.1 a 0.0001 mD y menos de 0.0001 mD para lutitas. Lo anterior ocasiona periodos de flujo transitorio de muy larga duración que pueden ser de varios años.

Para el análisis de este tipo de yacimientos han sido desarrollados nuevos modelos de declinación, los cuales consideran el análisis de los datos de producción y el comportamiento de pozos verticales fracturados y horizontales con multifracturas. Igualmente, contemplan periodos de flujo transitorio lineal y bilineal de larga duración.

is critical, as this tool provides valuable information for optimal reservoir development and exploitation.

In shale gas reservoirs, the gas is adsorbed and desorbed during exploitation. This phenomenon makes them different from conventional resources since it modifies storage, transportation, and production mechanisms. These are extremely important for the appropriate conceptualization of the reservoir model and to carry out activities, such as the reserve estimation and the production cost determination.

The analysis of wells in different types of formations, such as shales, low permeability sands, and coal vein methane gas, showed that production is declining rapidly. This phenomenon occurs because, in most cases, the free gas in the formation is limited, which adds to its limited flow properties. Nevertheless, economically profitable productions can be obtained, since, in the formation, there is also gas absorbed in the organic matter of the rock, which, when detached, increases the final recovery.

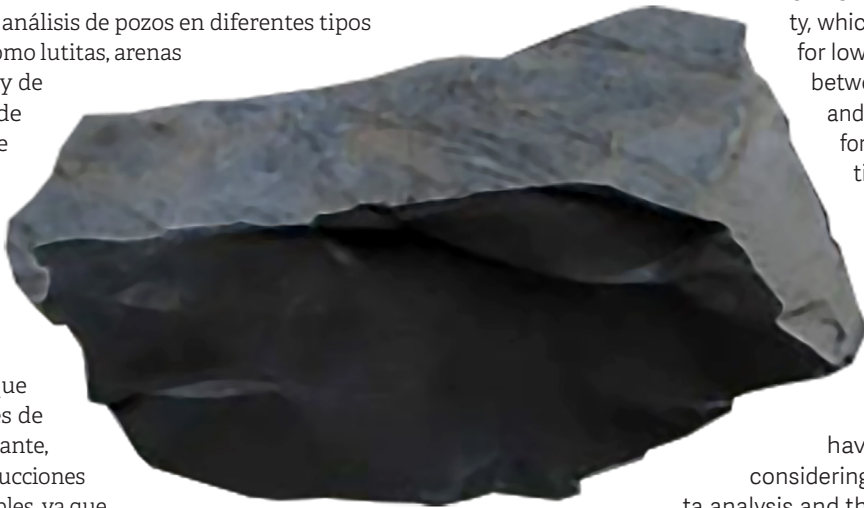
On the other hand, within the main characteristics of non-conventional gas fields is the low formation permeability, which sometimes varies for low permeability sands between 0.1 to 0.0001 MD and less than 0.0001 MD for shales. These conditions cause very long periods of transient flow that can last for several years.

For the analysis of this kind of reservoir, new decline models have been developed, considering the production data analysis and the vertical fractured and horizontal multi fracture well behavior. Likewise, they contemplate periods of long-lasting linear and transitory bilinear flow.

### **Empirical models for the decline analysis of unconventional deposits**

Empirical models of the expenditure decline complement the analytical models of an unconventional well decline producing constant flow bottom pressure. In these models, only a declining equation of erosion is considered without counting the reservoir's information and its fluids' behavior.

For cases where there is no reservoir information, empirical models of the flow rate decline are a handy tool, since they allow reservoir engineers to obtain



## Modelos empíricos para el análisis de la declinación de yacimientos no convencionales

Existen los modelos empíricos de la declinación del gasto como complemento de los modelos analíticos de la declinación de pozos no convencionales que producen a presión de fondo con flujo constante. En ellos sólo se considera una ecuación de decaimiento del gasto, sin tomar en cuenta la información del yacimiento y del comportamiento de sus fluidos.

Para casos en los que no hay información del yacimiento, los modelos empíricos de la declinación del gasto resultan ser una herramienta muy efectiva, ya que permite a los ingenieros de yacimientos obtener pronósticos de producción y estimar la recuperación final de un campo. Además, estos prototipos han sido adecuados para su utilización en los yacimientos no convencionales, y se han desarrollado nuevos modelos que consideran la baja permeabilidad de las formaciones y diferentes geometrías de flujo.

Los modelos empíricos de la declinación del gasto más conocidos son los de Arps y Fetkovich; sin embargo, presentan algunas limitaciones en su aplicación a los yacimientos no convencionales. Por ello, se han desarrollado diferentes prototipos para dichos yacimientos, como son los modelos de Valkó, Ilk, Doung, YMD y Crecimiento Logístico.

Éstos mejoran el ajuste de la declinación del gasto y pueden utilizarse como complemento de los analíticos para periodos de flujo transitorio al pasar a periodos de flujo pseudoestacionario. Para estimar el gasto en los yacimientos donde se presentan dichos periodos de flujo, pueden combinarse los modelos analíticos y empíricos para obtener un pronóstico de producción híbrido.

### Conclusiones

- 1.- La metodología facilita el análisis dinámico de los yacimientos no convencionales, mejorando la estimación de sus propiedades. Lo anterior resulta en pronósticos de producción más realistas que permiten la mejor toma de decisiones para la generación de valor de los proyectos de explotación.
- 2.- Los resultados comprobaron que los modelos híbridos para la estimación de pronósticos de producción de yacimientos no convencionales de gas proporcionan muy buenos valores. En consecuencia, los prototipos apoyan de forma significativa a los ingenieros de diseño en la definición de los planes de desarrollo y extracción de los yacimientos.
- 3.- La variación crítica de los datos de producción causada por problemas operacionales y continuos cierres del pozo tienden a generar mucha dispersión en los datos de presión producción. Esto ocasiona una complicación del análisis.
- 4.- La metodología permite obtener de forma sencilla parámetros importantes del yacimiento de acuerdo con su comportamiento de flujo. Además, facilita estimar con mayor certeza los volúmenes de hidrocarburos a recuperar del yacimiento.
- 5.- Con el análisis de pozos a través de la metodología descrita en el trabajo, se pudieron identificar las geometrías de flujo transitorio de larga duración. También fue posible verificar las longitudes de fracturas calculadas en los pozos, que sugieren la necesidad de desarrollar los yacimientos de gas no convencionales con espaciamientos cortos entre pozos.

production forecasts and estimate the final recovery of a field. These prototypes have been suitable for non-conventional reservoirs, and new ones that consider the low formation permeability and different flow geometries have been developed.

The best-known empirical models of expenditure decline are those of Arps and Fetkovich. However, they have some limitations in their application to unconventional reservoirs. Therefore, different prototypes have been developed for such reservoirs, such as the Valkó, Ilk, Doung, YMD, and logistical growth models.

These improve the decline adjustment of the expenditure and can be used as a complement to the analytics for periods of transitory flow when switching to pseudo stationary flow periods. To estimate the erosion in the reservoirs where such flow periods occur, analytical and empirical models can be combined to obtain a hybrid production forecast.

### Conclusions

- 1.- The methodology facilitates the dynamic analysis of unconventional reservoirs, improving the estimation of their properties. This results in more realistic production forecasts that allow the best decision making to generate value on exploitation projects.
- 2.- The results proved that the hybrid models for production forecast estimation of unconventional gas reservoirs provide excellent values. Consequently, the prototypes significantly support the design engineers in the development and extraction plans of the reservoirs.
- 3.- Critical variation in production data due to operational problems and continuous well closures tend to generate a lot of dispersion in production pressure data. This fact causes a complication in the analysis.
- 4.- The methodology enables the easy obtention of important reservoir parameters according to its flow behavior. Moreover, it facilitates accurate estimation of the hydrocarbon volumes that may be recovered from the reservoir.
- 5.- With the well analysis through the methodology described in this article, it was possible to identify the long-lasting transient flow geometries. It also helped verify the fracture lengths calculated in the wells, suggesting the need to develop unconventional gas reservoirs with short spacings between wells.