

# PETROTECNIA

Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas | ISSN 0031-6598 - AÑO LXIV - 2 | 2024

## Cuidado del ambiente en la operación



Media sponsor de:



3° Workshop de Medición en  
Upstream y Downstream  
de Petróleo y Gas



5° Congreso de Integridad  
y Corrosión en la Industria  
del Petróleo y del Gas



JORNADAS REVOLUCIÓN DIGITAL  
PARA PETRÓLEO Y GAS



AOG  
ARGENTINA OIL & GAS  
PATAGONIA



Legando a este nuevo número de Petrotecnia me referiré a algunas de las expectativas del sector en relación a medidas y decisiones de desarrollo puntualmente en Vaca Muerta.

Siempre insistimos en que la implementación de un marco legal específico para la industria del petróleo y gas puede ser fundamental para impulsar aún más el desarrollo de esta región. Considerando los avances tecnológicos y la productividad alcanzada en los pozos de Vaca Muerta, así como el significativo crecimiento en la producción de petróleo y gas en la Argentina, es evidente que existe un potencial enorme en esta área. Sin embargo, para mantener y expandir este crecimiento de manera sostenible, es crucial contar con regulaciones claras y efectivas que fomenten la inversión y la innovación en el sector. Un régimen general bien estructurado y adaptado a las necesidades específicas de Vaca Muerta podría facilitar la atracción de inversiones significativas, promover la competitividad y garantizar un desarrollo equilibrado y sostenible en la industria del petróleo y gas en Argentina.

Países de la región como Brasil, Chile y Colombia han logrado atraer significativas inversiones externas en los últimos años, lo que ha contribuido a su crecimiento económico y bienestar social. Es fundamental que la Argentina genere condiciones favorables para la inversión privada, ya que ésta es un motor clave para impulsar el crecimiento económico, aumentar la base impositiva y generar empleo.

Por ello hemos sostenido que el Régimen de Inversiones para Grandes Inversiones (RIGI) puede ser un paso importante para revertir la tendencia actual y fomentar la llegada de inversiones significativas al país. Al ofrecer un marco legal claro y beneficioso para los inversores, se pueden crear las condiciones necesarias para atraer capital extranjero y estimular el crecimiento económico. La implementación de políticas que promuevan la inversión privada no sólo beneficia a las empresas, sino que también tiene un impacto positivo en la economía en general, al impulsar la competitividad, la innovación y la creación de empleo.

En el caso de Vaca Muerta, es un proyecto orientado a la exportación, lo que resalta la importancia de tener un marco regulatorio que fomente y facilite las inversiones necesarias para su desarrollo y expansión en el mercado internacional. La implementación de políticas que impulsen la industria del gas y petróleo de manera sostenible y competitiva es fundamental para maximizar el potencial de Vaca Muerta y contribuir al crecimiento económico del país.

Es fundamental tener en cuenta la necesidad de ampliar la capacidad de transporte para evacuar la producción en Vaca Muerta y garantizar un desarrollo continuo en la región. La obra del oleoducto VM Sur y la reversión del gasoducto a norte

son pasos significativos en esta dirección, aunque aún queda trabajo por hacer para completar la infraestructura necesaria.

La colaboración entre la inversión privada y el Estado es crucial para lograr este objetivo, especialmente en el contexto actual, si bien a lo largo de la historia, la inversión privada ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de la infraestructura de transporte de energía, como lo demuestran los proyectos exitosos en el pasado.

También se habla en estos tiempos acerca de la rotación de empresas en áreas maduras que se abren a nuevos jugadores: es crucial permitir que capitales más pequeños puedan desempeñar funciones de manera eficiente en el sector. La diversificación de las tareas entre empresas de distintas escalas contribuye a un enfoque más especializado y efectivo en los desarrollos que requieren inversiones de mayor envergadura, mientras que otras empresas pueden centrarse en la recuperación de pozos maduros, optimizando así la eficiencia y la rentabilidad de la industria.

Si miramos la perspectiva de la balanza energética este año, es importante destacar que las exportaciones de crudo continúan siendo un factor clave para el equilibrio comercial, mientras que la apertura de las exportaciones de gas también puede tener un impacto positivo en la balanza. El comportamiento del crudo en el mercado internacional y la evolución de las exportaciones de gas serán determinantes para el balance energético y la necesidad de divisas para la importación de gas. Este invierno, factores como la demanda de gas natural licuado (GNL) y las condiciones climáticas pueden influir en los precios y la disponibilidad de recursos energéticos. Anticipar y planificar adecuadamente la demanda de gas para el invierno es crucial para garantizar un suministro estable y a precios competitivos.

De estos y otros temas conversamos, mientras preparamos la próxima Expo Argentina Oil&Gas Patagonia, en la ciudad de Neuquén, en el mes de octubre.

Allí debatiremos los grandes temas: la seguridad energética, la producción, la construcción de infraestructura y, en definitiva, la inserción en el mercado internacional; y compartiremos conocimientos, metodologías, experiencias y trabajos relacionados con la caracterización, desarrollo, producción y transporte de hidrocarburos.

Los temas de importancia están sobre la mesa, y desde el IAPG generamos todos los medios para construir un tratamiento profundo de cada uno.

¡Hasta el próximo número!

Ernesto A. López Anadón



## Cuidado del ambiente en la operación

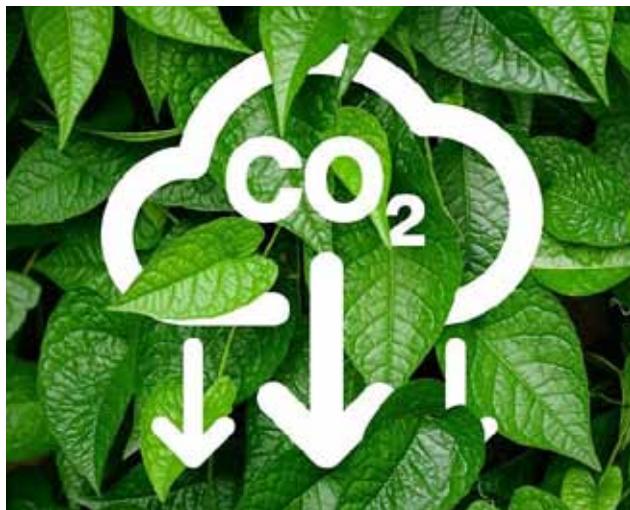
### Estadísticas

- 07** Los números del petróleo y del gas

### Tema de tapa

- 08** El cuidado del medio ambiente en las operaciones  
*Por Redacción Revista Petrotecnica*

- 10** Evaluación del potencial de almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> en territorio argentino  
*Por Gabriel Grasetti, Teresa Piqué, Martín Noya, Gabriela Vila, Ricardo Manoni, Ignacio Brisson, Daniela De Leo, Francisco Dzelalija, Nerina Canale, Manuela Zalazar, Cecilia Cabana, Maisa Tunik, Natalia Fortunatti, Fernando Lebinson, Marcos Bahía y Silvia Grill*



Análisis del potencial de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en una selección de unidades estratigráficas de las cuencas Neuquina y del Golfo San Jorge.

- 18** Viabilizando el procesamiento de gas asociado en plantas de tratamiento de petróleo  
*Por Juan Martin Pandolfi, Patricia Gilligan y Yamila Peñalba*  
Ejemplos prácticos de alternativas para el manejo de condensables en instalaciones de tratamiento de petróleo y de gas.



- 26** Implementación de agua de producción para fracturas hidráulicas en yacimientos de YPF regional sur  
*Por Pablo Junco, Martín Sánchez, Marcela Mucci, Luciana García Eiler, María Clara Pagiaricci, Carlos Touyaa, Luciano Conforti y Daniel Assan*  
Una alternativa viable para realizar fracturas hidráulicas sin requerimiento de agua dulce.

- 42** Metodología de estimación y pronóstico de emisiones de GEI en activos de la industria del petróleo y gas: aplicación en un campo de hidrocarburos no convencionales  
*Por H. Solano, O. Angulo, P.Sarma, F. Gutiérrez, J. Rafiee y Carlos Calad.*

Se presenta una metodología multiparamétrica llevada a cabo para la predicción de las emisiones de GEI de un campo de hidrocarburos no convencionales en etapa temprana de desarrollo.



- 50** **Medidas y estrategias de gestión de la biodiversidad en áreas río Colorado y la calera**  
*Por Patricia López; Bárbara Pessolano, Mauricio Gior-dano y Silvia Truco*



Planes y acciones específicas de mitigación tendientes a evitar y minimizar el impacto de las operaciones sobre ciertas especies de fauna local.

- 60** **Protección del recurso hídrico frente al nuevo paradigma de la industria hidrocarburífera: estrategias preventivas y de remediación de acuíferos someros en la Provincia del Neuquén**  
*Por Ioana Gianoglio; Franco Bono Rapp, Nadia Curetti, José Luis Stempelet, Camila Jauge y Nasib Neme*  
Experiencias y estrategias de adaptación llevadas adelante por la subsecretaría de recursos hídricos de la provincia del Neuquén en lo referente a la protección de la integridad de los acuíferos someros.



- 68** **Contribución al estudio de servicios ecosistémicos: relevamiento de polinizadores en área operada del Norte neuquino.**  
*Por Diego Alfonso Rosa*  
Se detalla el proceso de identificación de los servicios ecosistémicos del ambiente en áreas operativas, realizado con el fin de determinar potenciales impactos y definir acciones preventivas y de mitigación.

- 76** **Gestión de la biodiversidad como parte de la estrategia ambiental**  
*Por María Cruz Gil y Rocío Santos González*  
Iniciativas y metas específicas para la protección de los ecosistemas, análisis de riesgos y medidas preventivas de los impactos que podrían generarse en las operaciones.

## Nota técnica

- 86** **Regulación térmica de ambientes: Un modo simple y de bajo costo para el ahorro energético.**  
*Por Pablo Romero, Ítalo Bove Vanzulli, Jorge Fiora, Cristian Carri y Salvador Gil*  
En este estudio se examinan los potenciales ahorros energéticos en calefacción y refrigeración mediante el uso eficiente del termostato. Se analiza tanto el caso de calefactores convencionales a gas, como así también acondicionadores de aire frío/calor o bombas de calor, evaluando sus rendimientos.

- 94** **Quick wins vs transformación a largo plazo**  
*Por Eduardo Zanardi y Alexis Airala*  
A través de un análisis detallado, en este artículo los autores nos guían en cómo identificar y priorizar iniciativas, gestionar expectativas, y optimizar procesos para lograr una transformación digital efectiva y sostenible.

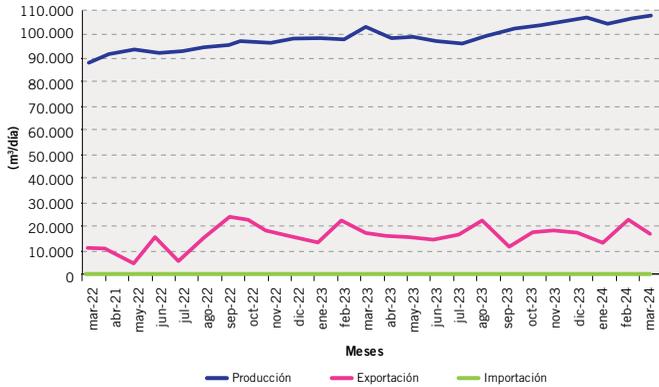
## Breves

- 102** **Congresos y jornadas.**  
Los que fueron. Los que vendrán.
- 104** **Noticias de la Industria**
- 108** **Noticias del IAPG y IAPG Houston**
- 110** **Cursos del IAPG**

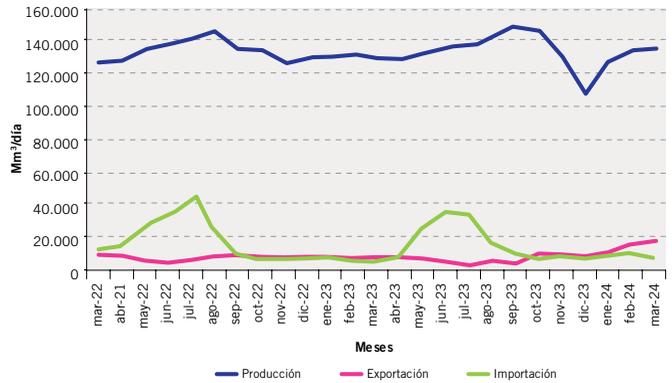


# LOS NÚMEROS DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

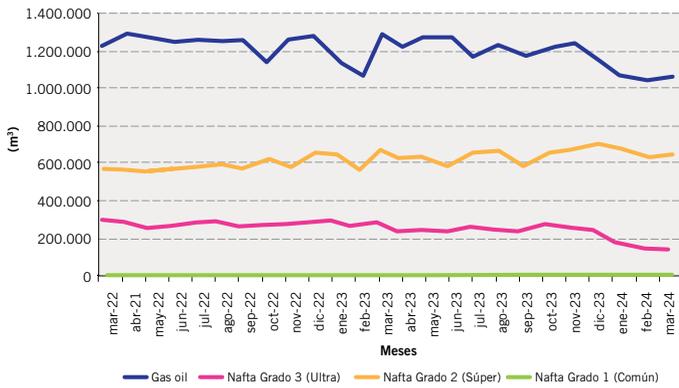
## Producción de petróleo *versus* importación y exportación



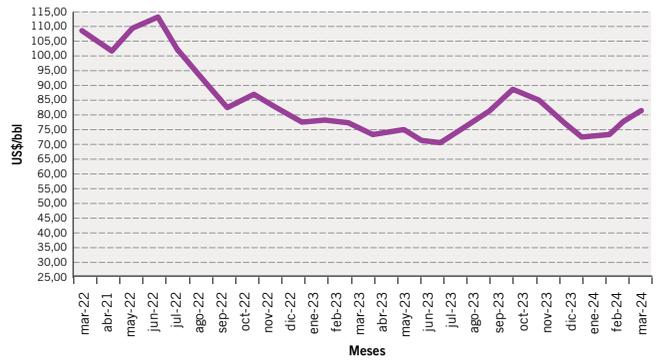
## Producción de gas natural *versus* importación y exportación



## Ventas de los principales productos



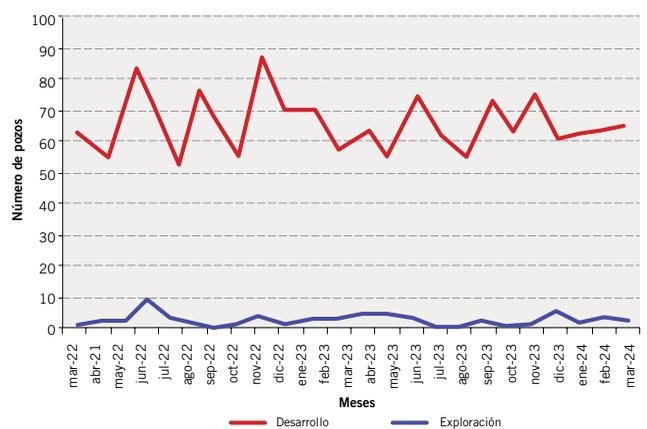
## Precio del petróleo de referencia WTI



## Cantidad de equipos en perforación



## Pozos perforados





# El cuidado del ambiente en las operaciones

Por **Redacción de Petrotecnia**

**Una selección de las mejores prácticas vinculadas al cuidado del ambiente en las operaciones de petróleo y gas en el país.**

**L**a transición energética es clave hoy en un mundo donde la demanda energética no deja de aumentar, al ritmo del crecimiento poblacional. El objetivo es generar responsablemente, y dejar de lado la falsa dicotomía de no producir para no tener emisiones.

En la industria del petróleo y del gas, de manera individual y colectiva, las empresas se han ido adaptando a los nuevos paradigmas referidos a la sustentabilidad y lineamientos para programas de integridad para PyMEs como aporte a mejorar el desarrollo del sector, haciendo hincapié en políticas que permitan que la diversidad, la equidad y la inclusión formen parte en todas las actividades.

La industria viene trabajando sostenidamente sobre Eficiencia Energética, desde el inicio de la definición de los proyectos a ejecutar, con prácticas recomendadas poniendo un mayor énfasis en volver cada vez más limpio cada proceso, para reducir las emisiones de metano.

Como ha dicho en numerosas ocasiones el Presidente del IAPG, Ernesto López Anadón, "hoy la Argentina, como pocos países, cuenta con una industria responsable y sustentable, con una eficiencia y tecnología admi-



rables, que además da empleo a lo largo de su extensa cadena” a unas 150.000 personas directas y 750.000 indirectos e inducidos en las localidades donde se opera, según datos oficiales de 2023.

Cuando en los años 90 comenzó a darse con firmeza la discusión en materia de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), de los más de 150 países apenas unos 15 eran responsables de más del 60% de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y emitían el 65% del total. Hoy, esos porcentajes han cambiado poco. En efecto, los mismos países siguen siendo los responsables de la mayor parte de la contaminación actual pese a haber desplegado energías renovables. Lo que sí ha cambiado es la conciencia ciudadana global por el cuidado del planeta y de la preservación de los recursos.

La Argentina tiene muy bajas emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto al total de emisiones globales y tiene además una imperiosa necesidad de desarrollarse y combatir la pobreza; y, aunque no es responsable de la excesiva acumulación de CO<sub>2</sub>, es importante que en su agenda de transición contribuya a la disminución de emisiones a

través de la incorporación de CCS (captura y almacenamiento de carbono), la incorporación de otras energías como la producción de hidrógeno azul con bajas emisiones a partir del gas natural de los yacimientos locales y a la generación eléctrica; la incorporación del gas natural en el transporte urbano y de cargas y el uso de la tecnología híbrida en los vehículos livianos; la energía eólica y la fotovoltaica, entre otras opciones.

La clave es poder seguir produciendo energía barata, eficiente, que llegue a la máxima cantidad de hogares posibles, pero con cuidado en cada paso del proceso, disminuyendo la intensidad en el uso del carbono, y de esa manera, convertirse en protagonista de la transición energética.

En este número recopilamos los mejores trabajos seleccionados de nuestros eventos más recientes, donde se exponen proyectos exitosos de las empresas de la industria, en sus distintas áreas y disciplinas, que apuntan a generar más energía, con métodos cada vez más limpios, desplegando todo el ingenio de sus profesionales para alcanzar la seguridad energética de la mejor manera posible.

Análisis del potencial de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en una selección de unidades estratigráficas de las cuencas Neuquina y del Golfo San Jorge.

Por *Gabriel Grasetti, Martín Noya* (Y-TEC); *Teresa Piqué, Gabriela Vila* (CONICET, Y-TEC); *Ricardo Manoni, Ignacio Brisson, Daniela De Leo, Francisco Dzelalija* (YPF); *Nerina Canale, Manuela Zalazar, Cecilia Cabana, Maisa Tunik* (Universidad Nacional de Río Negro); *Natalia Fortunatti, Fernando Lebinson, Marcos Bahía, Silvia Grill* (Universidad Nacional del Sur).

*Este trabajo fue seleccionado del Tema de Desarrollo y Sustentabilidad en el marco del 11º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos del IAPG 2022.*

# Evaluación del potencial de almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> en territorio argentino



**E**n un contexto internacional de toma de medidas profundas para contrarrestar el cambio climático, las tecnologías que aportan soluciones a esa problemática cobran un valor significativo. Entre estas se destacan aquellas orientadas a la captación y disposición permanente del CO<sub>2</sub>, uno de los principales gases de efecto invernadero, cuya concentración en la atmósfera está aumentando de forma constante debido a la actividad antropogénica, impulsando el calentamiento global. En ese sentido, en Argentina se ha empezado a recorrer un camino de transición energética proponiéndose contribuir al cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París y fijando sus propias metas de reducción de emisiones netas para 2030 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina 2022). Es indispen-

sable para alcanzar esta meta, sumado a la reducción de emisiones, desarrollar la capacidad de disponer CO<sub>2</sub> en almacenes seguros y perdurables, identificándose a las unidades geológicas del subsuelo como alternativas óptimas para ese fin. Este proceso es denominado como almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> en subsuelo, mayormente conocido por sus siglas en inglés: CCS (*Carbon Capture and Storage*).

El presente trabajo tiene por objetivo realizar una evaluación de alto nivel del potencial de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en una selección de unidades estratigráficas de las cuencas Neuquina y del Golfo San Jorge (figura 1), regiones elegidas por estar ampliamente estudiadas y con sistemas comprobados de contención de fluidos en subsuelo.

Para llevar a cabo este trabajo se trazó un plan de acción que incluyó un estudio general de las cuencas, la realización de una base de datos con las características necesarias para evaluar el potencial del almacenamiento de CO<sub>2</sub> a nivel exploratorio, la adaptación de las metodologías desarrolladas por distintos autores de la temática para este tipo de estudios, y, por último, la evaluación de las unidades estratigráficas seleccionadas en cada cuenca.

Este trabajo fue pensado como un estudio regional que actúe como disparador de posteriores evaluaciones y proyectos a partir de los cuales se repiense a las unidades del subsuelo como potenciales almacenes de CO<sub>2</sub>.



Figura 1. Regiones evaluadas: cuencas Neuquina y del Golfo San Jorge.

## Metodología

Existen en la bibliografía diversos métodos de análisis para valorar el potencial de unidades geológicas en cuencas, regiones, áreas o sitios, según la escala de estudio, como posibles almacenes de CO<sub>2</sub>, a partir de la definición, categorización y ponderación de una selección de criterios (Bachu 2002). Estos criterios en conjunto establecen un marco que permite estandarizar la evaluación de los candidatos seleccionados, asegurando que los resultados obtenidos sean comparables entre sí y, en muchos casos, con los de otras metodologías semejantes. En ese sentido, distintos autores confluyen en técnicas similares de evaluación, pero que presentan variaciones en la categorización, cantidad y peso de los criterios, y en el sistema de normalización y análisis posterior de los datos (Bachu 2002, 2003; Ruíz *et al.* 2006; Bachu *et al.* 2007; Llamas 2009; Llamas & Cienfuegos 2012; Wright *et al.* 2013; Blondes *et al.* 2013; Bentham 2014; Halland 2018; DOE/NETL-2017/1844; Carlotto 2019; Alcalde *et al.* 2021).

En este trabajo se han comparado y homogeneizado los flujos de trabajo citados generando una tabla de criterios (figura 2) especialmente enfocada en características de las unidades geológicas, en particular, de rocas clásicas y carbonáticas convencionales. A esto siguió una categorización, valoración y ponderación de los datos, y un ranqueo de los resultados.

La calificación se estableció de forma independiente para cada criterio. Para algunos de ellos, ciertos valores fueron considerados inaceptables, descartándose los candidatos en los que estuvieran presentes, estableciendo de este modo un conjunto de criterios de corte (figura 2). Por ejemplo, los valores de corte de temperatura y presión están asociados a la necesidad de que el CO<sub>2</sub> sea inyectado en estado supercrítico, condición que se alcanza a los 7,38 MPa y 31,1 °C.

Criterios	Valores de corte
<b>Almacén</b>	
Tipo de almacenamiento	
Capacidad de almacenamiento (Mt CO <sub>2</sub> )	
Porosidad (%)	<10%
Presión (MPa)	<7,38 MPa
Temperatura (°C)	<31,1°C
Ambiente geológico	
Permeabilidad (mD)	<10mD
Salinidad del agua de formación (ppm)	<Valor legal
Profundidad (m)	<800 y >2500
<b>Contención</b>	
Sello: Litología	
Sello: Homogeneidad lateral	
Sello: Espesor (m)	<10m
Ocurrencia de entrapamiento eficiente	Ausente
Densidad de pozos (pozos/km <sup>2</sup> )	
<b>Factores de superficie</b>	
Áreas protegidas	En el área
Presencia de infraestructura en superficie	

Figura 2. Tabla de criterios utilizados en la evaluación.

Existen otros criterios no incluidos en este trabajo que son necesarios para realizar un análisis más refinado del potencial de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en unidades geológicas; estos deberán ser tenidos en cuenta en etapas más avanzadas de estudio.

### Cálculo de la capacidad de almacenamiento

A fines exploratorios, la capacidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub> de una unidad geológica representa la cantidad máxima de CO<sub>2</sub> que esta puede retener, asumiendo que la totalidad de su volumen poroso y permeable estará en contacto con el CO<sub>2</sub>. Esta capacidad no tiene en cuenta restricciones operacionales ni regulatorias ya que pretende únicamente evaluar y cuantificar el potencial de las unidades e identificar aquellas en las que sería más conveniente avanzar con estudios de detalle. Sin embargo, en este trabajo la capacidad no se considera como el volumen bruto del espacio en la roca disponible para almacenar CO<sub>2</sub>, que es conocido como su capacidad teórica, sino que es aminorada por coeficientes de eficiencia (Bachu *et al.*, 2007).

El Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDOE, por su sigla en inglés) propone una metodología de cálculo que incluye coeficientes de eficiencia, los cuales, si bien fueron calculados utilizando información de Norteamérica, pueden ser utilizados para conocer el potencial de almacenamiento de CO<sub>2</sub> a alto nivel de posibles unidades almacenes alrededor del mundo (Goodman *et al.*, 2011).

La capacidad evaluada por la USDOE se estima utilizando el volumen global de una unidad geológica a partir del área y el espesor mapeados, el valor de porosidad y distintos grupos de coeficientes de eficiencia calculados para una selección de ambientes geológicos, lo cual queda resumido en la siguiente expresión:

$$G_{CO_2} = A_t h_g \phi \rho_{CO_2} E^*$$

donde  $G_{CO_2}$  es la capacidad de almacenamiento másica de la unidad en estudio,  $A_t$  es el área total

de la unidad en estudio,  $h_g$  es el espesor total,  $\phi$  es la porosidad total,  $\rho_{CO_2}$  es la densidad del CO<sub>2</sub> en la profundidad de interés y  $E^*$  es el coeficiente de eficiencia que convierte el volumen bruto en volumen físicamente accesible para un ambiente geológico determinado. Para realizar estos cálculos, la USDOE, en Sanguinito *et al.* (2018, 2020), ofrece una herramienta denominada CO<sub>2</sub>-SCREEN (CO<sub>2</sub> storage prospective resource estimation excel analysis), que arroja como resultado los cuantiles P10, P50 y P90 de la distribución de capacidad (Mt CO<sub>2</sub>). En el presente estudio se tomó el P50 como estimador de la capacidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en unidades geológicas del subsuelo.

### Metodología de decisión multi-criterio: TOPSIS

El siguiente paso en la evaluación de los datos recopilados y categorizados consiste en analizar la importancia de cada criterio y ordenar los candidatos de acuerdo con

su aptitud para el almacenamiento de CO<sub>2</sub>, aplicando una metodología de decisión multi-criterio.

Las metodologías de decisión varían en complejidad, pero la mayoría parte de la asignación de pesos numéricos a cada criterio para luego aplicar distintas normalizaciones y técnicas de ponderación, generando finalmente una valoración de cada candidato que permita compararlo con los demás y generar un ranking que sirva como guía inicial en la toma de decisiones.

En este trabajo se aplicó el método de decisión multi-criterio TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*), previamente considerado por Carlotto (2019) y Alcalde et al. (2021) para la evaluación y selección de sitios para almacenamiento subterráneo de CO<sub>2</sub>.

El punto de partida del método es la matriz de criterios. A cada criterio se le asigna un peso y a cada intervalo/categoría se le asigna una calificación. A partir de las calificaciones pesadas y normalizadas, se determinan las características del mejor y el peor candidato posible, en principio ficticios, construidos tomando para cada criterio el valor del mejor y el peor escenario entre los candidatos analizados. Finalmente, para cada candidato se calcula su puntaje TOPSIS  $T \in [0,1]$  considerando la distancia, en sentido matemático, de cada uno al mejor (S+) y peor (S-) sitio posible, tal como es expresado en la siguiente fórmula:

$$T = \frac{S^-}{S^- + S^+}$$

donde el valor máximo  $T = 1$  corresponde a un candidato igual al mejor posible ( $S^+ = 0$ , distancia cero al sitio ideal), mientras que el valor mínimo  $T = 0$  corresponde a un candidato igual al peor posible ( $S^- = 0$ , distancia cero al peor sitio).

### Evaluación de cuencas

Luego de establecida la metodología de trabajo, se procedió a recopilar y analizar la información disponible, en primera instancia, de bases de datos públicas y privadas de libre acceso, y en una segunda etapa, prove-

niente de la Gerencia de Exploración de YPF S.A.

Debido a la complejidad geológica de las cuencas y al alcance del trabajo, fue necesario realizar una selección de unidades del subsuelo para una primera etapa de evaluación. A tal efecto, se analizaron las unidades estratigráficas indicadas en la figura 3.

Una vez definidas las unidades geológicas, y en base a la información recopilada de yacimientos y de mapas exploratorios, y a los criterios de corte establecidos, se delimitó para cada unidad un área con condiciones favorables para su evaluación como potencial almacén de CO<sub>2</sub>. Luego, se realizó un nuevo filtrado para reducir aún más el abanico de opciones a evaluar, por lo cual se decidió enfocar el estudio en áreas en las cuales hubiese antecedentes de sistemas probados de contención en subsuelo que disminuyeran la incertidumbre en ese sentido, identificando a los yacimientos de hidrocarburos como lugares ajustados a esa premisa. El resultado de este filtrado derivó en que la evaluación se llevara a cabo dentro de los límites geográficos de los yacimientos presentes en las áreas definidas para cada unidad estratigráfica mencionada.

En cada yacimiento se analizaron todas las unidades geológicas listadas, descartándose aquellas que no pasaran al menos uno de los criterios de corte propuestos previamente, o simplemente no estuvieran presentes en el sitio.

Las unidades geológicas fueron conceptualizadas teóricamente como acuíferos salinos profundos, sin tener en cuenta para esta etapa de trabajo su historial de producción de hidrocarburos, su estado actual de presiones, saturaciones u otras características relacionadas a la presencia y/o producción de hidrocarburos. Esto permitió homogeneizar la metodología de evaluación para todos los candidatos y realizar un estudio expeditivo y sistemático. Estas y otras características, tanto de subsuelo como de superficie, deberán ser tenidas en cuenta en etapas siguientes de estudio.

Los valores de capacidad de almacenamiento de metanoides (Mt) de CO<sub>2</sub> fueron calculados previamente a la evaluación por TOPSIS. Para esto, se seleccionó de

Cuenca	Unidad del suelo
Neuquina	Grupo Neuquén Inferior (indiferenciado)
	Formación Huitrín (Miembro Troncoso Inferior)
	Formación Agrio (Miembro Avilé)
	Formación Centenario (Miembro Superior)
	Formación Centenario (Miembro Inferior)
	Formación Mulichinco
	Formación Tordillo
	Grupo Cuyo Superior (indiferenciado)
Golfo San Jorge	Formación Yacimiento El Trébol (FN) / Meseta Espinosa (FS) / Bajo Barreal Superior (FO)
	Formación Comodoro Rivadavia (FN) / Cañadón Seco (FS) / Bajo Barreal Inferior (FO)
	Formación Mina del Carmen / Castillo (FO)

Figura 3. Listado por cuenca de las unidades geológicas evaluadas.

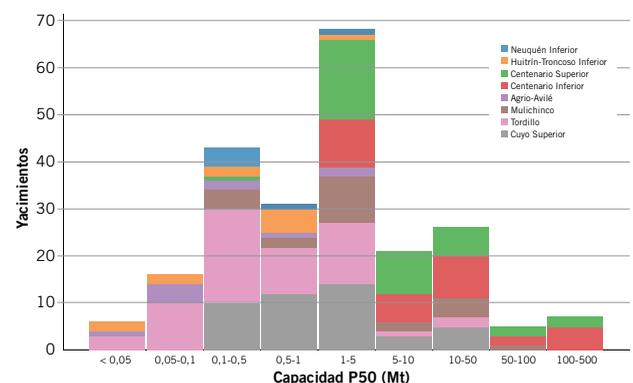


Figura 4. Histograma de valores de capacidad P50 por yacimiento en cuenca Neuquina. Los colores indican la fracción correspondiente a cada unidad estratigráfica en subsuelo.

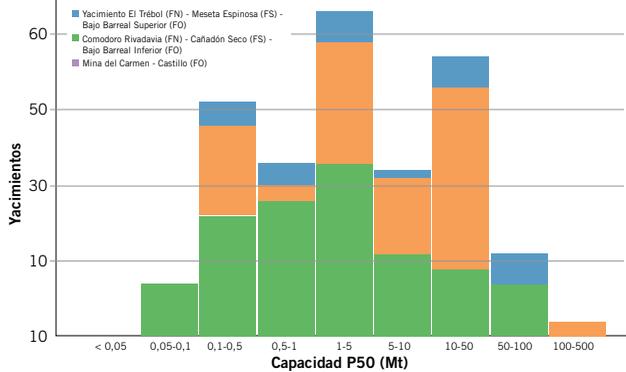


Figura 5. Histograma de valores de capacidad P50 por yacimiento en Cuenca del Golfo San Jorge. Los colores indican la fracción correspondiente a cada unidad estratigráfica en subsuelo.

la base de datos generada la información necesaria para los cálculos, tal como fuera mencionado en la sección anterior.

En las figuras 4 y 5 se presenta la distribución de capacidades calculadas, observándose amplios rangos de valores para las unidades geológicas seleccionadas en cada cuenca, abarcando hasta tres órdenes de magnitud.

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados por cuenca.

### Cuenca Neuquina

En esta cuenca se evaluaron aquellos candidatos que pasaron los filtros previos, siendo estos 226 pares unidad estratigráfica-yacimiento (figura 6). Se identifica una importante variación en la cantidad de yacimientos en los cuales las unidades del subsuelo se presentan en condiciones de estudio, lo cual se debe a la presencia de criterios fuera de los rangos adecuados para su evaluación o a una reducida distribución areal en la cuenca.

Número de yacimientos por unidad estratigráfica

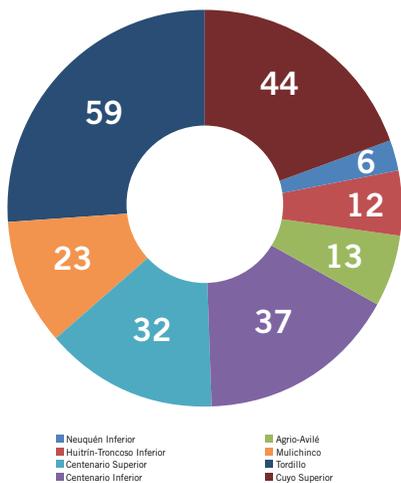


Figura 6. Cuenca Neuquina. Recuento de yacimientos por unidad estratigráfica en condiciones favorables para su evaluación.

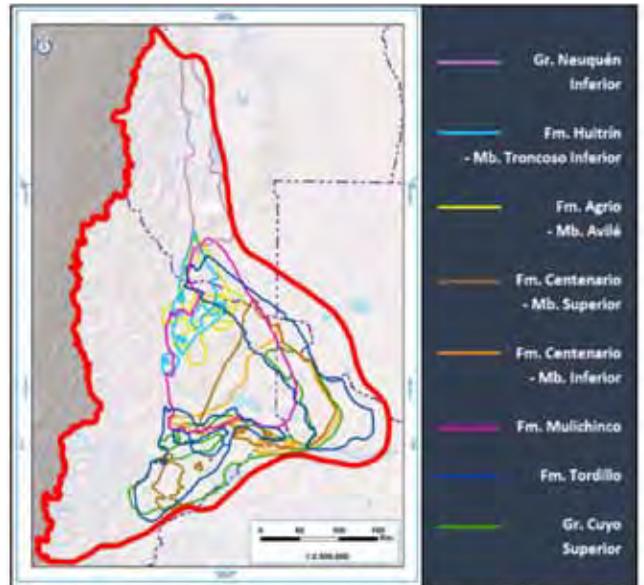


Figura 7. Áreas favorables para la evaluación del potencial de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en las unidades estratigráficas seleccionadas de la Cuenca Neuquina.

Figura 7. Áreas favorables para la evaluación del potencial de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en las unidades estratigráficas seleccionadas de la Cuenca Neuquina.

Paralelamente, tal como fue mencionado, se delimitó para cada unidad un área con condiciones favorables para su evaluación como potencial almacén de CO<sub>2</sub> (figura 7). Luego, se evaluó por la metodología TOPSIS la totalidad de los pares unidad-yacimiento que estuvieran enmarcados en las áreas definidas; esto se resume en el histograma de puntajes TOPSIS de la figura 8.

A cada región se le asignó una calificación general basada en las premisas planteadas en la figura 9. En la figura 10 se vuelcan en mapas los resultados obtenidos para cada unidad estudiada.

De lo expuesto, se observa que la Formación Centenario se encuentra en el grupo con los puntajes TOPSIS máximos más altos (grupo 1: azul), seguida la sección superior del Grupo Cuyo y por la Formación Mulichin-

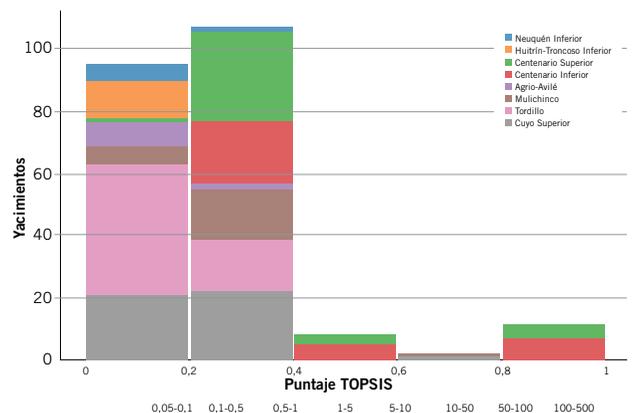


Figura 8. Histograma de puntajes TOPSIS por yacimiento en Cuenca Neuquina. Los colores indican la fracción correspondiente a cada unidad estratigráfica en subsuelo.

co, pertenecientes al grupo 2 (verde). En el grupo 4 de puntajes TOPSIS se encuentran el Miembro Avilé de la Formación Agrio y la Formación Tordillo, y en el segmento más bajo, la sección inferior del Grupo Neuquén y el Miembro Troncoso Inferior de la Formación Huitrín. No se observan candidatos en el grupo 3 (amarillo).

Se reconoce también en este trabajo una clara correlación entre los puntajes alcanzados por la metodología multicriterio para los pares unidad-yacimiento con los valores de capacidad de almacenamiento (P50, Mt CO<sub>2</sub>) de estos, lo cual se debe en gran medida al peso asignado a este criterio en la matriz de análisis y a la variación de los volúmenes de las unidades geológicas entre los yacimientos seleccionados respecto a los demás parámetros estudiados, los cuales presentan mayor uniformidad. Así, la sumatoria de los valores de capacidad P50 de las unidades de los grupos 1 (azul) y 2 (verde) de la figura 10, arroja un valor superior a las 2 gigatoneladas (Gt) de CO<sub>2</sub> almacenable a este nivel de evaluación, mientras que la suma de las capacidades de los demás grupos no superaría las 100 Mt. Estos valores pueden tener variaciones significativas en etapas posteriores de análisis al incorporar mayor detalle a los conceptos evaluados y nuevos parámetros y técnicas de evaluación (Bachu *et al.*, 2007).

Grupo	Características
1	Presencia de valores TOPSIS máximos >0,9
2	Presencia de valores TOPSIS máximos <0,9 y >0,7
3	Presencia de valores TOPSIS máximos <0,7 y >0,3
4	Presencia de $\geq 10$ valores TOPSIS máximos <0,3 y >0,1
5	Presencia de <10 valores TOPSIS máximos <0,3 y >0,1

Figura 9. Tabla resumen de los puntajes TOPSIS utilizados para calificar las unidades geológicas seleccionadas.

### Cuenca del Golfo San Jorge

En esta cuenca, en línea con lo expuesto anteriormente, se evaluaron aquellos candidatos que pasaron los filtros previos (figura 11), quedando definidos 176 pares unidad estratigráfica-yacimiento. La variación en la cantidad de yacimientos en los cuales las unidades del subsuelo se presentaron en condiciones de estudio también es significativa, lo cual respondería a las mismas causas que para la Cuenca Neuquina.

Siguiendo con la metodología planteada, se trazó para cada unidad el área con condiciones favorables para su evaluación como potencial almacén de CO<sub>2</sub> (figura 12).

Número de yacimientos por unidad estratigráfica en Cca. del Golfo San Jorge

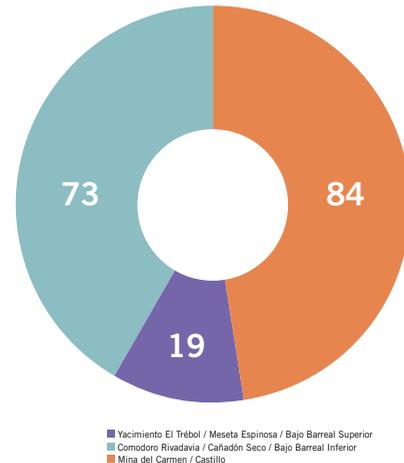


Figura 11. Cuenca del Golfo San Jorge. Recuento de yacimientos por unidad estratigráfica en condiciones favorables para su evaluación.

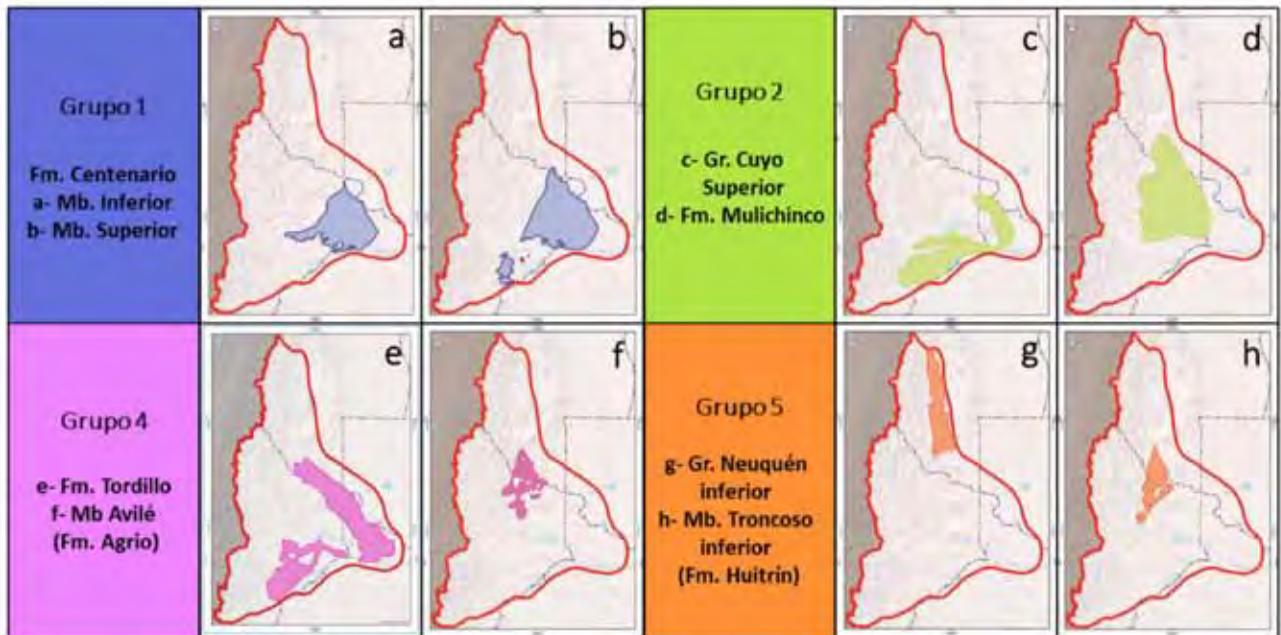


Figura 10. Cuenca Neuquina. Grupos asignados a las áreas delimitadas para cada unidad estratigráfica, basados en los criterios de la Fig. 9. a) Fm. Centenario – Mb. Inferior; b) Fm. Centenario – Mb. Superior; c) Gr. Cuyo Superior; d) Fm. Mulichinco; e) Fm. Tordillo; f) Mb. Avilé (Fm. Agrio); g) Gr. Neuquén Inferior; h) Mb. Troncoso Inferior (Fm. Huitrín).



Figura 12. Áreas favorables para la evaluación del potencial de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en las unidades estratigráficas seleccionadas de la Cuenca del Golfo San Jorge.

Luego, se evaluó por la metodología TOPSIS la totalidad de los pares unidad-yacimiento que estuvieran enmarcados en las áreas delimitadas; esto se resume en el histograma de puntajes TOPSIS de la figura 13.

A cada región definida se le asignó una calificación general basada en las premisas planteadas en la figura 9. En la figura 14 se vuelcan en mapas los resultados obtenidos para cada unidad estudiada.

La Formación Comodoro Rivadavia/Cañadón Seco/Bajo Barreal Inferior se encuentra en el grupo con los puntajes TOPSIS máximos más altos (grupo 1: azul), los cuales estarían mejor representados en los flancos Sur y Norte de la cuenca. En el siguiente grupo (2, verde) se ubica la Formación Yacimiento El Trébol/Meseta Espinosa/Bajo Barreal Superior, que tiene su mejor expresión en el Flanco Norte de la cuenca. Por último, la Formación Mina del Carmen/Castillo se encuentra en el grupo 3 (amarillo), con los mejores candidatos en el Flanco Sur.

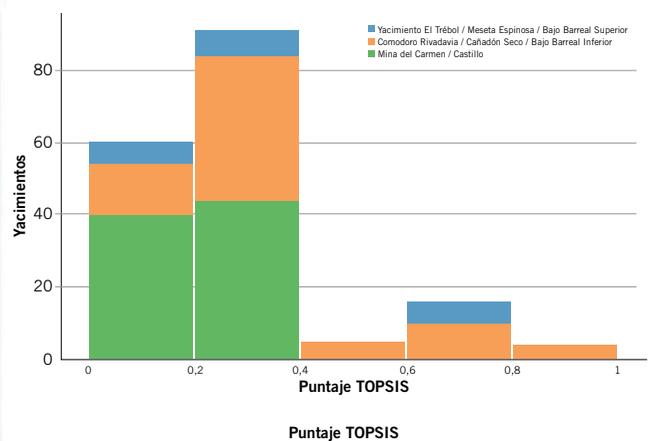


Figura 13. Histograma de puntajes TOPSIS por yacimiento en Cuenca del Golfo San Jorge. Los colores indican la fracción correspondiente a cada unidad estratigráfica en subsuelo.

Respecto a la relación entre los valores alcanzados por la metodología multicriterio con los valores de capacidad de almacenamiento (P50, Mt CO<sub>2</sub>) para los pares unidad-yacimiento, tal como fue evaluado para la cuenca Neuquina, se observa una evidente correlación entre ambos, lo cual se debe en gran medida al peso asignado a este criterio en la matriz de análisis y a la variación de los volúmenes de las unidades geológicas entre los yacimientos seleccionados respecto a los demás parámetros estudiados, los cuales presentan menor heterogeneidad. Así, la sumatoria de los valores de capacidad P50 de las unidades de los grupos 1 (azul) y 2 (verde) de la figura 14, arroja un valor superior a las 2 Gt de CO<sub>2</sub> almacenable a este nivel de evaluación, mientras que la suma de las capacidades de los grupos restantes sumaría unas 300 Mt.

## Conclusiones

- En base a lo expuesto en este trabajo, se concluye:
  - Ambas cuencas pudieron ser estudiadas satisfactoriamente según el alcance propuesto. A partir de in-

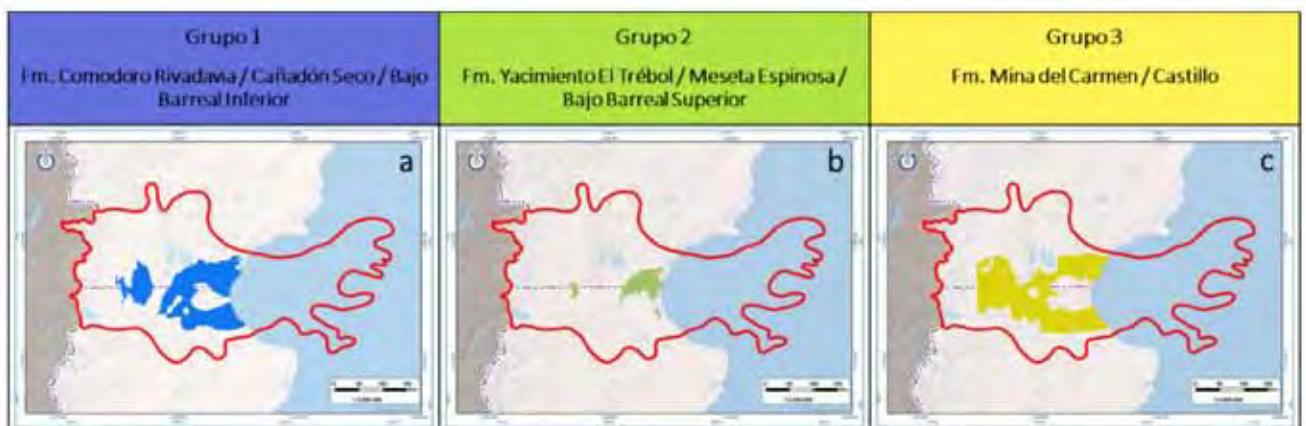


Figura 14. Cuenca del Golfo San Jorge. Grupos asignados a las áreas delimitadas para cada unidad estratigráfica, basados en los criterios de la Fig. 9. a) Formación Comodoro Rivadavia/Cañadón Seco/Bajo Barreal Inferior; b) Formación Yacimiento El Trébol/Meseta Espinosa/Bajo Barreal Superior; c) Formación Mina del Carmen/Castillo.

formación bibliográfica y exploratoria se evaluó una selección de unidades estratigráficas en yacimientos de las cuencas Neuquina (226) y del Golfo San Jorge (176), luego de la delimitación del área favorable de cada unidad por la aplicación de un conjunto de criterios de corte en mapas exploratorios.

- Las metodologías de cálculo de capacidad y análisis multicriterio mostraron resultados representativos de la heterogeneidad de cada cuenca a una escala de evaluación regional.
- La cuenca Neuquina presenta en su región centro-este, para este nivel de evaluación, un potencial de almacenamiento que ameritaría avanzar con estudios de mayor detalle, principalmente en la Formación Centenario.
- En la Cuenca del Golfo San Jorge, la Formación Cañadón Seco y equivalentes presentan el potencial más relevante, especialmente en los flancos Sur y Norte de la cuenca, en tanto que la Formación Yacimiento El Trébol y semejantes también tendrían condiciones favorables, pero con una extensión areal mucho menor y restringida mayormente al Flanco Norte.

Los resultados obtenidos podrían servir como base de posteriores estudios a partir de los cuales se evalúe a las unidades del subsuelo de estas cuencas como potenciales almacenes de CO<sub>2</sub>.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a Y-TEC SA, YPF SA, UNRN, UNS y MinCyT por el apoyo brindado en la elaboración y difusión de este trabajo. También, a Eduardo Vallejo, Martín Sánchez y Juan Spacapan por sus valiosos aportes.

### Referencias citadas

- Alcalde, J., Heinemann, N., James, A., Bond, C. E., Ghanbari, S., Mackay, E. J., Haszeldine, R. S., Faulkner, D. R., Worden, R. H., Allen, M. J., 2021. A criteria-driven approach to the CO<sub>2</sub> storage site selection of East Mey for the acorn project in the North Sea, *Marine and Petroleum Geology*, Volume 133, 105309, ISSN 0264-8172.
- Bachu, S., 2002. Sequestration of CO<sub>2</sub> in geological media in response to climate change: roadmap for site selection using the transform of the geological space into the CO<sub>2</sub>-phase space. *Energy Convers Manage* 43:87-102.
- Bachu, S., 2003. Screening and ranking of sedimentary basins for sequestration of CO<sub>2</sub> in geological media in response to climate change. *Environmental Geology*, 44(3), 277-289.
- Bachu, S., Bonijoly, D., Bradshaw, J., Burruss, R., Holloway, S., Christensen, N., Mathiassen, O., 2007. CO<sub>2</sub> storage capacity estimation: Methodology and gaps, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Volume 1, Issue 4, Pages 430-443.
- Bentham, M., 2014. CO<sub>2</sub> Storage Evaluation Database (CO<sub>2</sub> Stored). The UK's online storage atlas. *Energy Procedia* 63:5103 – 5113.
- Blondes, M.S., Brennan, S.T., Merrill, M.D., Buursink, M.L., Warwick, P.D., Cahan, S.M., Cook, T.A., Corum, M.D., Craddock, W.H., DeVera, C.A, Drake, R.M., II, Drew, L.J., Freeman, P.A., Lohr, C.D., Olea, R.A., Roberts-Ashby, T.L., Slucher, E.R., and Varela, B.A., 2013. National assessment of geologic carbon dioxide storage resources—Methodology implementation: U.S. Geological Survey Open-File Report 2013-1055, 26 p. <http://pubs.usgs.gov/of/2013/1055/>
- Carlotto, V., 2019. Análisis multicriterio para la ubicación de los posibles proyectos de inyección geológica de CO<sub>2</sub> en el Perú. Tesis. Especialidad de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Goodman, A., Sanguinito, S., Levinea, J. S., 2011. Prospective CO<sub>2</sub> Saline Resource Estimation Methodology: Refinement of Existing US-DOE-NETL Methods Based on Data Availability. *International Journal of Greenhouse Gas Control*.
- Halland, E., 2018. Characterization and Classification of CO<sub>2</sub> storage sites on the Norwegian Continental Shelf. 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-14, 21st -25th October 2018, Melbourne, Australia.
- Llamas, B., 2009. Captura y Almacenamiento de CO<sub>2</sub>: criterios y metodología para evaluar la idoneidad de una estructura geológica como almacén de CO<sub>2</sub>. Universidad de Huelva, p. 153-155.
- Llamas, B. y Cienfuegos, P., 2012. Multicriteria decision methodology to select suitable areas for storing CO<sub>2</sub>. *Energy & Environment*, 23 (2-3): 249-264.
- Sitio web de U.S. Department of Energy (DOE), National Energy Technology Laboratory (NETL), <https://netl.doe.gov/node/5829>, Best Practices: Site Screening, Site Selection, and Site Characterization for Geologic Storage Projects DOE/ NETL-2017/1844, Junio 2017. Acceso 02 de junio de 2022.
- Sitio web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, <https://argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/contribucion-nacional>, segunda contribución determinada a nivel nacional actualizada, Argentina, octubre 2021. Acceso 02 de junio de 2022.
- Wright, R., Mouritz, F., Rodríguez, L., Dávila, M., 2013. The First North American Carbon Storage Atlas. *Energy Procedia* 37:5280 – 5289.



# Viabilizando el procesamiento de gas asociado en plantas de tratamiento de petróleo

Por *Juan Martin Pandolfi, Patricia Gilligan*  
y *Yamila Peñalba* (SPARK)

**Ejemplos prácticos de alternativas para el manejo de condensables en instalaciones de tratamiento de petróleo y de gas.**

*Este trabajo fue seleccionado del 1º Concurso de Eficiencia Energética realizado en el marco del 8º Congreso de Producción y Desarrollo de Reservas del IAPG 2023.*

**E**n las instalaciones de tratamiento de petróleo el manejo del gas asociado suele ser un desafío indeseado. Especialmente cuando la producción de gas presenta composiciones con altos contenidos de propano y butano. Si bien el gas puede aprovecharse como fuente de energía en las propias instalaciones o ser considerado para venta, la realidad es que su procesamiento para esos fines puede ser complejo y costoso. Incluso hasta hacerlo inviable. Por esto, la puesta en valor del gas asociado proveniente de desarrollos en la ventana de petróleo en yacimientos no convencionales requiere en algunos casos de soluciones no tradicionales.

Para obtener gas en especificación es necesario, entre otros, remover los hidrocarburos condensables de manera de cumplir con requisitos como punto de rocío, poder calorífico e índice de Wobbe. Estos hidrocarburos condensables no pueden asociarse en forma directa a una corriente de petróleo debido a que lo sacaría de especificación, y en muchos casos, tampoco pueden comercializarse en forma directa tal como son obtenidos.

La viabilidad de la extracción de condensables del gas natural no siempre es posible si el objetivo es lograr únicamente una corriente de gas en especificación y una corriente de gasolina estabilizada. En ciertas condiciones, persiguiendo la viabilidad, se podría hacer una extracción intermedia de condensables, pero debe adaptarse la configuración de la instalación para este propósito considerando las posibilidades reales de implementación. La complejidad de estas soluciones es tal que en algunos casos se opta la quema o venteo de hidrocarburos con todas las implicancias propias de esta opción.

Este trabajo presenta ejemplos prácticos de alternativas para el manejo de condensables en instalaciones de tratamiento de petróleo y de gas en las cuales se ha abordado y resuelto esta problemática con soluciones viables. Para los mismos se describe la estrategia del análisis técnico y sus aspectos económicos considerando el balance entre los costos de instalación, costos de operación, e ingresos sobre los productos.

## Desde el inicio

La producción de hidrocarburos es una actividad compleja. Su aplicación práctica suele presentar desafíos que requieren un abordaje en múltiples dimensiones. El procesamiento de gas asociado en plantas de tratamiento de petróleo es uno de ellos. Especialmente cuando el foco del desarrollo está puesto sobre la producción de petróleo y el impacto del gas asociado es minimizado.

Para identificar dónde está la complejidad en el procesamiento de gas debemos visualizar la problemática desde sus inicios. Los hidrocarburos que se producen desde el subsuelo surgen con la composición que la naturaleza les dio. Es posible tener indicios de la composición de los hidrocarburos antes de producirlos en base a inferencias de los datos de exploración o en base a analogías con áreas cercanas o semejantes. También es posible privilegiar la producción de ciertas capas frente a otras dentro de cada pozo intentando condicionar algo de la composición. Sin embargo estas acciones tienen un impacto relativamente menor respecto de la composición

de la producción resultante de un área. No hay manera de hacer algo que permita producir exclusivamente cierto corte de petróleo o una determinada composición de gas directamente desde el subsuelo. En definitiva aunque uno busque algo de certeza y previsibilidad en las características del fluido a extraer, la realidad es que del subsuelo se obtiene lo que la naturaleza quiere y la técnica nos permite.

Complementariamente a lo indicado, existe un proceso de simplificación al evaluar el desarrollo de un área que consiste en focalizar la producción de hidrocarburos en solo dos productos, petróleo y gas. Es probable que esto suceda por un conjunto de factores, la escasez de información, la incertidumbre de las fases iniciales, o la inercia de desarrollos anteriores, entre otros. Esta reducción del análisis conduce en ocasiones a subestimar aspectos necesarios vinculados a las instalaciones de superficie, el transporte y la comercialización. Puesto que la producción de hidrocarburos debe ser evaluada considerando los requisitos y capacidades vinculadas al destino de los productos.

Cuáles son entonces los aspectos que deben ser tenidos en cuenta para una correcta evaluación. La producción de hidrocarburos debe considerar en última instancia la posibilidad cierta de la comercialización. Un producto que no puede ser vendido no es un producto. En este sentido, cuando nos referimos a productos derivados de hidrocarburos es necesario considerar que cada producto posible (gas, petróleo u otros cortes) tiene en última instancia un conjunto de requisitos atados a su calidad. La calidad requerida de un producto normalmente está asociada al destino y uso del producto.

Por ejemplo, el petróleo debe cumplir con ciertos parámetros mínimos según sea transportado por oleoducto, por camión, por buque, o para alimentar a una refinería. Cada uno de estos destinos podría considerar un conjunto de requisitos de calidad diferente.

Para el ingreso de petróleo a oleoductos comerciales (del sistema de transporte) los requisitos en Argentina no suelen ser muchos. Principalmente se trata del contenido de agua, la salinidad y la presión de vapor (Res 44/91). Si bien es cierto que en ocasiones podría penalizarse comercialmente el no cumplimiento, despachar fuera de especificación no es una solución que normalmente pueda sostenerse en el tiempo.

En el caso del gas el tratamiento suele ser más complejo. Los requisitos de calidad del gas en función de su destino y uso son más extensos y particulares. Para el ingreso de gas a gasoducto comercial (del sistema de transporte) los requisitos en Argentina incluyen características propias de la composición del gas y límites sobre los contaminantes (Res 259/08). En forma complementaria existen otros posibles destinos y usos para el gas que pueden generar restricciones adicionales o por el contrario reducir sus exigencias.

## Una mirada más profunda

La evaluación adecuada para el desarrollo productivo de los hidrocarburos de un área requiere entender el destino de los productos. Es frecuente pensar que cualquier ex-

plotación de hidrocarburos siempre encuentra mercado. Pero esto no siempre es así. A priori el mundo está ávido de fuentes de energía y materias primas para refinación y petroquímica. Pero existen limitaciones y no todo lo que se produce podría ser capaz de encontrar destino o encontrar la vía de transporte para llegar al destino o encontrar el equilibrio comercial que lo haga viable.

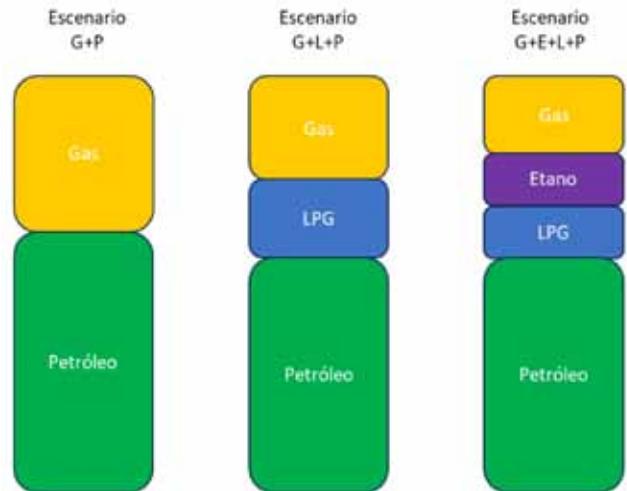
Lo que produce una formación dada en cuanto a composición es casi incontrolable. En el mejor de los casos podría ser parcialmente predecible. Pero a la larga, todo lo que se extrae necesita encontrar un destino. Es necesario explorar técnicamente qué clase de productos pueden comercializarse y cuáles no. Para que un desarrollo sea viable es necesario que el balance comercial converja adecuadamente. Un desarrollo que incluye componentes que no encuentran destino comercial es inviable, aunque estos componentes estén en baja proporción. No importa que tan viables sean los componentes principales.

¿Existen en el mercado argentino productos inviables en el contexto actual? La triste respuesta es que sí. Una gran porción de la zona central del desarrollo de Vaca Muerta produce gas rico en etano y condensables (propano y butano). El mercado argentino no está preparado para las proporciones actuales y las pronosticadas de estos productos. Muchos desarrollos se encuentran con la dificultad de procesar dichos productos ya sea por las características de sus instalaciones de superficie, la capacidad del sistema de transporte, y principalmente la falta de mercado.

La sorpresa de estos componentes “difíciles” de procesar sucede ocasionalmente con los desarrollos en mar-

cha. Dando lugar a impactos en costos y plazo para poder adaptar las instalaciones. Incluso existen casos donde el inicio de la producción se sustenta a base de quemar o ventear los compuestos que no encuentran destino. Por supuesto esto es una solución de corto plazo, no escalable, y que no es posible sostener en el tiempo.

La planificación adecuada desde una mirada global con relación al gas y el petróleo debería contemplar la posibilidad de al menos tres escenarios posibles de productos o cortes de una corriente. Los cuales se ilustran en la siguiente imagen.



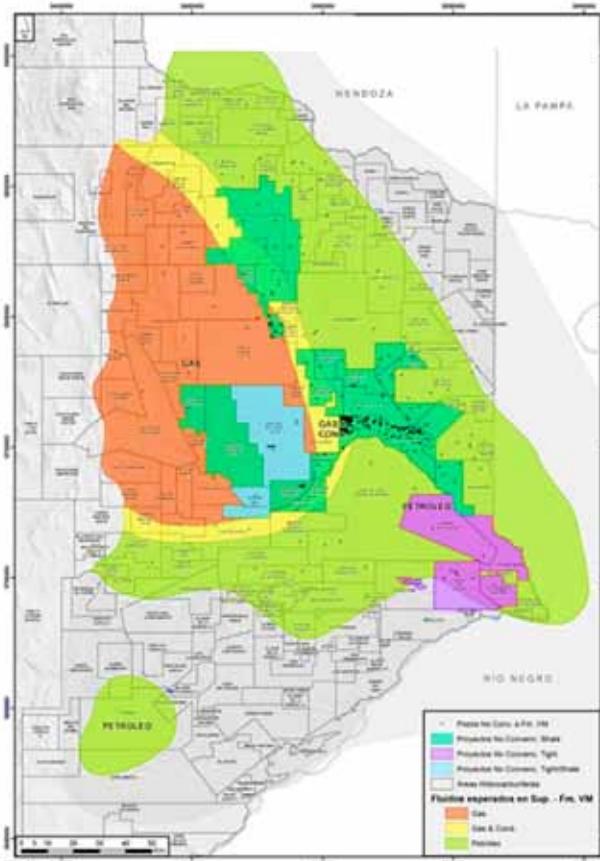
En estos posibles escenarios de segregación es importante destacar que las fracciones de gas y petróleo no tienen en todos los casos la misma cantidad ni calidad. También debe tenerse en cuenta que las corrientes de LPG o etano, según corresponda, presentan cortes de contenido mayoritarios en cada compuesto pero que podrían, según cada caso, no responder a una especificación comercial. Que es posible siempre y cuando esos cortes fuera de especificación tengan un destino independiente y aceptable.

Cada una de estas configuraciones tiene impactos distintos en las instalaciones de superficie, las instalaciones de transporte, y en la comercialización. Segregar una corriente inicial en varios productos implica mayores costos de inversión y operación. Aunque como contrapartida se pueden obtener productos de mayor valor comercial. Si bien existe un balance entre los mayores posibles ingresos y sus costos asociados, la realidad es que la segregación en algunos casos es necesaria para viabilizar el desarrollo porque al no segregar los productos la calidad asociada podría no ser apta para su destino original.

## El huevo y la gallina

¿El producto genera la demanda o la demanda genera el producto? La retórica no es trivial. Existen muchos casos en donde la inercia del mercado se rompe desde un extremo (producto) y muchos otros donde se rompe desde el otro (demanda).

Evaluando el punto de vista del destino existen muchas opciones para el gas en cuanto a su destino y calidad. Cada destino y calidad genera una necesidad de



remover componentes que no pueden ser incorporados a la corriente de gas. Y a su vez las distintas calidades de gas generan necesidades de tratamientos posteriores para el gas. En el siguiente esquema puede verse un resumen de las opciones considerando el transporte de gas por gasoducto.

	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Destino (Estado)	Gasoducto Comercial (Monofásico)	Gasoducto Comercial (Monofásico)	Gasoducto Privado (Multifásico)	Gasoducto Privado (Multifásico)
Calidad	Gas en Especificación Comercial	Gas Flexibilizado	Gas Fuera de Especificación	Gas y Condensables
Composición Residual a Comercializar	Etano, LPG	Etano, LPG	LPG	-
Tratamiento Adicional	Gas SIN Trto Adicional	Gas CON Trto Adicional	Gas CON Trto Adicional	Gas CON Trto Adicional

En este punto es importante destacar que las opciones para el destino del gas no están disponibles para todos los desarrollos o al menos no están disponibles de manera económicamente viable. Teniendo en cuenta el impacto económico que significa la potencia de compresión y las distancias hasta los gasoductos que admitan las diferentes calidades de gas indicadas.

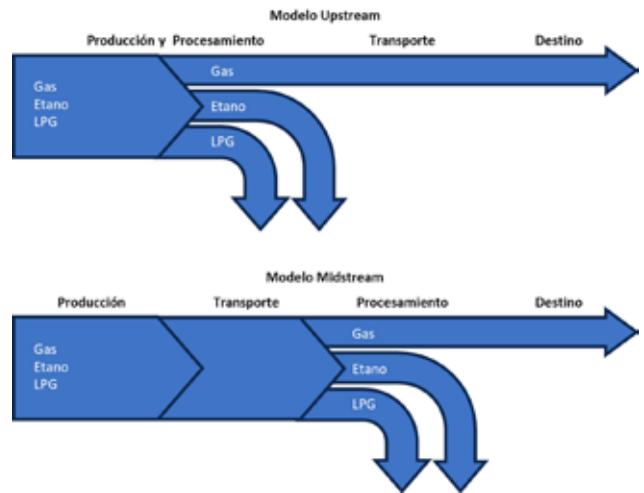
Otro aspecto es que el gas en sus diferentes calidades suele verse penalizado económicamente al alejarse de la especificación comercial. También es importante notar que el gas que no se trata en las instalaciones de origen, tarde o temprano debe ser tratado. Este último punto es de una relevancia singular. Finalmente, alguien debe tratar el gas.

Este concepto nos da lugar a la existencia en los extremos de dos posibles modelos para el desarrollo de instalaciones de superficie con producciones de gas de alto contenido de condensados.

Por una parte puede optarse por instalaciones con capacidad de procesamiento gas en su origen de manera de lograr gas en especificación comercial pero con la contrapartida de obtener corrientes adicionales de hidrocarburos que también necesitarán una veta de comercialización. Este modelo es el modelo de upstream, que ha encontrado implementación en forma bastante extendida en gran parte del desarrollo de áreas productivas de gas convencional en el pasado.

Por otra parte puede optarse por instalaciones sin capacidad de procesamiento de gas en origen pero que deben contar con ductos de transporte aptas para el gas sin tratar que finalmente encontraran procesamiento en una instalación centralizada, propia o de terceros. Este modelo es el modelo del midstream, que ha comenzado a emplearse en la actualidad en varios desarrollos actuales de áreas productivas de gas asociado no convencional.

Los modelos presentan un concepto diferente en cuanto al lugar en donde se segregan los compuestos pero también en cuanto a la filosofía del desarrollo. Las instalaciones de midstream normalmente intentan centralizar el procesamiento de varios productores y/o de varias áreas. Mientras que la filosofía del upstream esta segregación se realiza en forma individual por cada productor.



Además los modelos no solo difieren en lo estructural sino en la locación de las inversiones. En el caso de los modelos de upstream la inversión asociada al procesamiento está completamente centralizada en el productor mientras que en el caso los modelos de midstream la inversión al procesamiento está fuera del productor y la inversión desde el lado del productor se transforma en un costo operativo.

Por supuesto que el modelo de midstream requiere de una mayor sincronización entre quienes participan del ecosistema productivo. Mientras que en el modelo de upstream todo queda puertas adentro de la misma organización lo cual favorece la sincronización entre las inversiones necesarias.

## Un caso práctico

Un caso testigo de las consideraciones presentadas nos enfrenta con el desarrollo de un área de petróleo no convencional de Vaca Muerta en Neuquén, situada en la zona de petróleo volátil.

Como la mayoría de los desarrollos en sus etapas tempranas, se avanza bajo una hipótesis de producción básica de gas y petróleo. Se define que el desarrollo definitivo se hará considerando una Planta de Procesamiento Central (CPF) a donde confluirán los colectores troncales que recolectan la producción de los pozos de los diferentes pads. Se identifican en la cercanía de la locación definida para la CPF ductos para el transporte de petróleo y gas. Ambos ductos pertenecen al sistema de transporte, es decir que para ingresar en ellos se requiere que ambos productos estén en especificación comercial. Para el desarrollo se visualiza que la instalación deberá tener una capacidad de procesamiento de petróleo de 9000 m<sup>3</sup>/d con un GOR de aproximado de 100 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

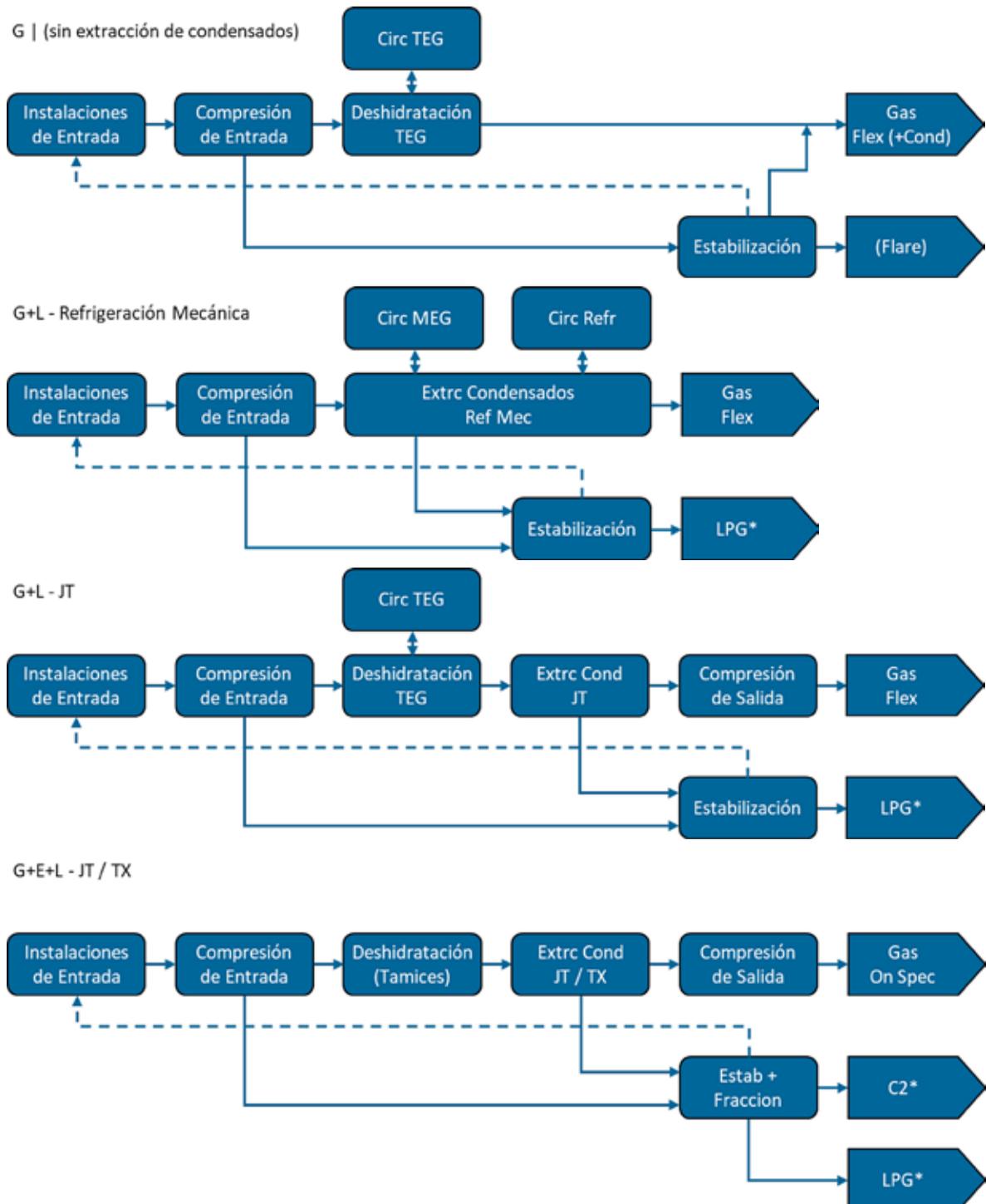
Comp.	%mol.		
C1	64,05	nC5	0,73
C2	17,18	C6+	0,59
C3	10,22	N2	1,70
iC4	1,12	CO2	0,17
nC4	3,10	H2O	0,56
iC5	0,59	<b>MW</b>	<b>24,5</b>

Las condiciones de entrada a las instalaciones de tratamiento son entre 3 a 4 kg/cm<sup>2</sup>g y entre 20 y 40°C. El gas procesado debe ser entregado a Gasoducto entre 60 y 80 kg/cm<sup>2</sup>g mientras que el petróleo debe ser entregado a Oleoducto entre 40 y 60 kg/cm<sup>2</sup>g. Los ensayos realizados presentan la siguiente composición característica para el gas asociado separado en las instalaciones de entrada.

Una primera exploración de la composición nos muestra un gas con muy alto contenido de etano, propano, y butano. La abundancia de estos compuestos genera una alerta en cuanto a lo posibilidad real ingresar a gasoducto del sistema de transporte sin mayores tratamientos.

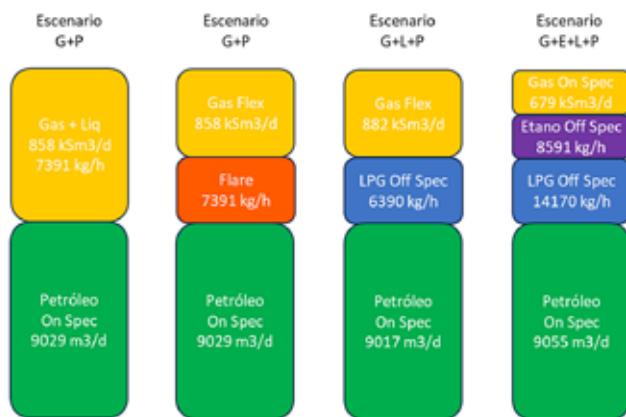
Se procede entonces a elaborar una serie de alternativas posibles en cuanto al procesamiento del gas. Se identifican posibilidades de obtener Gas en Especificación o Gas Flexibilizado considerando ingresar al gasoducto del sistema de transporte. También se visualiza una opción complementaria de obtener gas fuera de Especificación con contenido de Líquidos pero que requerirá alcanzar un ducto mucho más lejano pero con capacidad de recibir una corriente de esas características.

Las configuraciones posibles para el tratamiento de gas incluyen los siguientes esquemas de procesamiento que se ilustran de manera simplificada.



Los esquemas de tratamiento de gas considerados en el caso de estudio responden a tecnologías usuales como procesos de deshidratación, refrigeración mecánica, joule-thompson (JT), turboexpansión (TX), estabilización y fraccionamiento. Cada uno presenta complejidades diferentes en cuanto a su implementación para el tratamiento de gas y a su vez requieren algún grado de adaptación para su adecuada integración con las instalaciones de procesamiento de petróleo. Por cuestiones de simplicidad no se muestran en forma explícita pero existen corrientes de gas recuperadas del procesamiento de petróleo que se integran al procesamiento de gas y a su vez existen corrientes de condensados que se integran al procesamiento de petróleo en instancias intermedias de ambos esquemas de procesamiento. En todos los casos se ha considerado el cumplimiento de la especificación del petróleo.

Según los esquemas de procesamiento de gas se obtienen los siguientes balances de productos para cada alternativa.



Explorando los resultados, se pueden observar algunas particularidades importantes. Para el escenario G+P, en el cual no se extrae condensados, existen dos alternativas posibles, encontrar un gasoducto de destino que admita la presencia de condensados líquidos en la corriente de gas o generar una corriente residual a quema o venteo que agrupe los componentes que no pueden asociarse al petróleo en especificación ni al gas, aun considerando una especificación flexibilizada. La opción que considera derivar líquidos al gasoducto es consistente con la existencia un modelo de midstream pero en este caso es de compleja implementación por la lejanía del ducto que admite esta condición. Mientras que la opción que considera la quema o venteo no es una alternativa sostenible. Por esto la alternativa base de una instalación cuyos productos únicos sean gas y petróleo no parece ser una opción posible. Es decir que con algún grado de complejidad mayor o menor nos encontramos en la necesidad de obtener una “tercera” corriente.

El escenario de G+L+P presenta un par de alternativas tecnológicas en cuanto a la extracción de condensados. En cualquier caso el resultado global es similar respecto de la generación de productos. La corriente de condensados separada es una corriente asimilable al LPG que no necesariamente se encuentra en especificación comercial. Esto último dependerá del destino posible para esta corriente. Se ha visualizado para este caso la posibilidad

de comercial un LPG fuera de especificación para los volúmenes asociados a esta alternativa. Por el lado del gas la ventaja de estos esquemas es que el gas obtenido se encuentra en condiciones de especificación flexibilizada y puede ser incorporado a un gasoducto de gas del sistema de transporte.

Finalmente el escenario de G+E+L+P corresponde al de mayor complejidad. Este escenario tiene la particularidad de lograr gas en especificación comercial. Pero dicho logro no es gratis. Es necesario para ello generar una “cuarta” corriente en la cual se separa una corriente rica en etano. En la actualidad no existe un destino sencillo para esta corriente. El etano es un componente valioso para la industria petroquímica. Pero no está comercialmente desarrollada en la región de la instalación. No existen ductos, mecanismo de transporte, ni demanda externa. Por lo cual, basado en lo antedicho pareciera que se trata de un “no producto”. Sin embargo dentro de las opciones de uso existe la posibilidad de utilizarlo como gas combustible para generación. El desarrollo de la producción de petróleo no convencional genera una demanda importante de energía para la producción asistida en los pozos. Esta demanda de energía bien puede ser cubierta utilizando la corriente de etano como gas combustible. La posibilidad de ingresar al sistema de transporte con gas en especificación es una variable que no debe ser minimizada puesto que poder ingresar gas en condiciones flexibilizadas también tiene limitaciones que podrían complicar dicha opción. Especialmente mientras mayor sea el caudal de gas.

A continuación pueden verse las composiciones de gas de venta para las distintas opciones. Puede identificarse a nivel de composición algunas de las características indicadas en los párrafos anteriores.

%mol	G	G + Ducto	G+L JT	G+L RM	G+E+L JT
C1	62,75	58,14	68,53	67,19	85,51
C2	18,35	18,10	17,83	18,62	10,15
C3	11,31	13,11	8,93	9,59	1,72
C4	4,32	6,24	2,46	2,20	0,14
C5	1,15	2,04	0,38	0,37	0,01
C6+	0,32	0,71	0,04	0,06	0,00
N2	1,63	1,50	1,84	1,77	2,3
CO2	0,17	0,16	0,18	0,18	0,17
H2O	65 mg	0,01	65mg	65mg	0,00
MW	24,7	26,8	22,6	22,8	18,3

	G	G + Ducto	G+L JT	G+L RM	G+E+L JT
Costo de Inversión [MMUSD] (c/ compresión rental)	10,7	20,2	13,6	17,3	25,8
Heat Duty [kW]	496	1241	797	858	3327
Compress Power [kW]	5108	5767	6349	6469	5759
Costo Energía [MMUSD/y]	1,53	1,81	1,92	1,96	2,06
Gas [kSm <sup>3</sup> /d]	858	858	882	882	679
LPG [kg/h]	0	7391	6390	6390	14170
Flare [kg/h]	7391	0	0	0	0
VA Costo, 5y, 10% [MMUSD]	21,7	32,5	27,3	31,1	38,5
TIR, 5y [%]	150	120	166	139	119

Cada una de las opciones descritas presenta costos de inversión y operación distintos que se presentan a modo ilustrativo.

Descartando la alternativa que considera quema o venteo continuo. Se puede observar cuantitativamente que la opción de G+L+P presenta ventajas frente al resto de alternativas posibles. Para el caso de análisis se opta por la alternativa G+L+P con procesamiento de gas basado en JT con la posibilidad de poder a futuro convertir la instalación en G+E+L+P con atención a posibles limitaciones para ingresar con gas en régimen flexibilizado.

## Eficiencia Energética y Emisiones

Un aspecto relevante para destacar es que las alternativas en donde no existe recuperación y aprovechamiento de condensados implican la quema o venteo continuo de hidrocarburos.

Al aplicar las opciones alternativas de procesamiento se evita la emisión de gases de efecto invernadero y a la vez se recupera una corriente energéticamente valiosa. Para los ejemplos expuestos se puede visualizar que cualquiera de los escenarios recupera 7391 kg/h de hidrocarburos que se distribuyen entre las distintas corrientes de productos según sea el caso.

La reducción de gases de efecto invernadero puede cuantificarse para el caudal y composición particular de este ejemplo. En el caso de las instalaciones en donde el gas no recuperado se hubiera venteadado en forma directa sin quema la reducción de emisiones hubieran sido equivalentes a 52,2 tn/h de CO<sub>2</sub> mientras que en el caso en que el gas no recuperado se hubiera quemado la reducción de emisiones hubieran sido equivalentes a 22,4 tn/h de CO<sub>2</sub>.

La energía recuperada de la corriente no emitida es equivalente a 94.563 kW o a una corriente de 209 kSm<sup>3</sup>/d de gas en especificación. Dependiendo de la configuración de la instalación la recuperación de hidrocarburos permitiría generar y eventualmente vender energía eléctrica y/o incrementar el caudal de las corrientes asociadas a productos de venta

## Mensajes en una botella

Existen al menos tres puntos de vista que requieren confluir de manera orgánica para que un desarrollo sea viable. El técnico, el económico, y el comercial (mercado).

El punto de vista técnico. La existencia tecnología de procesamiento de gas y condensados que pueden responder a las diferentes capacidades de separación y calidades de producto. Desde esquemas muy básicos hasta muy complejos dependiendo de las necesidades. Cada esquema tiene sus particularidades.

El punto de vista económico. La solución tecnológica que cada instalación requiere viene de la mano con costos de instalación y costos operativos. Mantener ambos aspectos al mínimo es la expectativa de cualquier

desarrollo. Sin embargo los costos de instalación y los de operación suelen competir entre si. Existen diversas estrategias de desarrollo de proyectos que permiten optimizar los aspectos económicos como por ejemplo considerar el desarrollo por etapas que permiten escalar costos de inversión, las opciones de servicios de procesamiento que permiten convertir costos de inversión en costos operativos. También pueden caer dentro de esta categoría las diversas modalidades de contratación para el desarrollo de un área. Habitualmente las soluciones de menor riesgo para quien desarrolla un área son a su vez las de mayor inversión, una adecuada evaluación y distribución del riesgo permite optimizar costos. Adicionalmente un aspecto en ocasiones poco valorado es la necesidad aplicar estándares altamente exigentes que no son realmente necesarios.

El punto de vista comercial. El más nebuloso de los desafíos pero el principal promotor del desarrollo. Si no existe, nada sucede. La existencia de la demanda y la existencia de la oferta es vital. Entender la diferencia entre productos posibles y productos necesarios de ser obtenidos y comercializados es importante.

El alto contenido de etano y condensables vinculado al procesamiento de gas asociado en las zonas centrales de Vaca Muerta necesita un conjunto de soluciones nuevas. O al menos soluciones viejas pero aplicadas de forma diferente. La composición presentada en el caso de estudio se asemeja a muchas otras de la zona. La composición del gas "nos habla". Pide que la miremos y hagamos algo adecuado. Las soluciones necesitan ser aplicadas en toda la cadena productiva incluyendo instalaciones de superficie, sistemas de transporte y posibles instalaciones de midstream.

Cada desarrollo es único y suele encontrar un óptimo distinto. Es decir no hay una solución única que logre ser la aplicable para todos los casos. La sensibilidad del resultado frente a otras condiciones de contorno puede cambiar el resultado óptimo hacia otras posibles configuraciones como por ejemplo si un ducto de midstream capaz de recibir gas y líquidos estuviera más próximo. O si existiera un mercado en las cercanías para el etano. El alto contenido de etano que típicamente se encuentra en estas zonas necesita encontrar un destino comercial singular que aún no existe.

De forma similar sucede con los condensables. El mercado para la toma de esta corriente existe pero es reducido. La dispersión geográfica de las instalaciones necesita que existan posibilidades más cercanas de transportar estos compuestos a instalaciones intermedias o más cantidad de ductos que permitan incorporar estos fluidos.

En locaciones de bajos caudales de gas y/o en locaciones remotas se ven más favorecidas las soluciones autocontenidas. Aquellas que logran el menor grado de interacción o dependencia de otras instalaciones circundantes. Lo cual podría ser contraproducente puesto que esto apunta a instalaciones de mayor complejidad y de mayor inversión. Sin embargo son una de las pocas opciones que logran viabilizar la producción.

iAPG



## PATAGONIA

**23 - 25 Octubre, 2024**  
**Espacio DUAM, Neuquén**  
[www.aogpatagonia.com.ar](http://www.aogpatagonia.com.ar)

**Organiza:**



**Realiza:**



Una alternativa viable para realizar fracturas hidráulicas sin requerimiento de agua dulce.

# Implementación de agua de producción para fracturas hidráulicas en yacimientos de YPF Regional Sur

Por **Pablo Junco Martín O. Sánchez, Carlos Touyaa, Luciano Conforti, Daniel Assan** (YPF); **Marcela Mucchi, Luciana García Eiler, María Clara Pagliaricci** (YPF Tecnología).

*Este trabajo fue seleccionado del 1º Concurso de Eficiencia Energética realizado en el marco del 8º Congreso de Producción y Desarrollo de Reservas del IAPG 2023.*

**E**l presente proyecto presenta una alternativa para realizar fracturas hidráulicas sin requerimiento de agua dulce. El objetivo del proyecto es determinar la factibilidad técnica y económica del uso de geles de fractura utilizando agua de proceso tratada para inyección. El proyecto se llevó a cabo en la región de Cañadón Seco - León y Las Heras, en la provincia de Santa Cruz, Argentina.

El documento comienza con una introducción que describe la situación medioambiental actual en la región, donde la escasez de agua dulce es un problema crítico. La Secretaría de Estado de Ambiente promueve el uso racional y sostenible del agua, así como su conservación, priorizando su usufructo en el abastecimiento de las poblaciones, en miras de contribuir al cumplimiento de la Meta 6.4 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.



El proyecto se divide en tres etapas. En la primera etapa, se realizó una evaluación de la calidad del agua de proceso tratada para inyección y se seleccionaron los aditivos necesarios para la formulación del gel de fractura. En la segunda etapa, se realizaron pruebas de laboratorio para determinar la compatibilidad del gel de fractura con el agua de proceso tratada para inyección. En la tercera etapa, se llevaron a cabo pruebas de campo en pozos seleccionados para evaluar la eficacia del gel de fractura.

Los resultados del proyecto indican que el uso de geles de fractura utilizando agua de proceso tratada para inyección es una alternativa viable y sostenible para reducir el consumo de agua dulce en la actividad de fractura. Los geles de fractura formulados con agua de proceso tratada para inyección y aditivos seleccionados mostraron una buena compatibilidad y eficacia en las pruebas de laboratorio y de campo.

El documento también menciona otras tecnologías alternativas que se están enfocando en la reducción del consumo de agua dulce en la actividad de fractura, como el uso de agua salada, el reciclaje de agua de producción.

## Introducción del proyecto

### Alcance

Se busca desarrollar una alternativa para realizar fracturas hidráulicas sin requerimiento de agua dulce. Para ellos se determinará la factibilidad técnica y económica del uso de geles de fractura utilizando como base agua de proceso tratada para inyección, proveniente de diferentes plantas de tratamiento de agua de Chubut y Santa Cruz.

En primera instancia se realizó un piloto de prueba en las zonas de Cañadón Seco – León y Las Heras para luego extrapolar los resultados y analizar la viabilidad de masificar la tecnología en el resto de la Cuenca del Golfo San Jorge. Se seleccionó la región de Cañadón Seco – León para incluir los primeros pozos del protocolo, debido al impulso que tomó el proyecto en esta zona por un estudio de tecnologías alternativas enfocadas en la reducción del consumo de agua dulce en la actividad de fracturamiento hidráulico para el proyecto de pozos horizontales de Cañadón León.

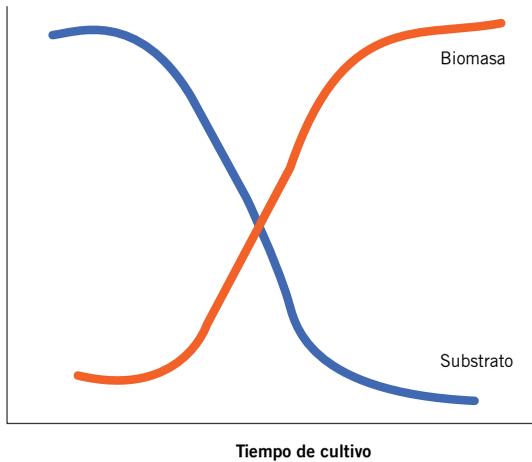


Figura 1. Tendencia de consumo de sustrato de un crecimiento bacteriano.

### Objetivos

- Disminuir el consumo de agua dulce para operaciones de fracturamiento hidráulico.
- Optimizar el recurso logístico disminuyendo las distancias de transporte de agua y aumentando el factor de utilización de los camiones destinados a tal fin.
- Validar las conclusiones obtenidas en el primer protocolo realizado en el año 2017.

### Antecedentes

Entre los años 2016 y 2018 se realizó un trabajo en conjunto entre YPF, Y-TEC y GTM Oil&Gas (actual WellKnows) con el objetivo de diseñar un sistema de fluidos de fractura que permitiera la utilización de agua de proceso tratada para inyección, en reemplazo del agua dulce que se utiliza en todas las operaciones de fracturamiento hidráulico en la cuenca. En principio los resultados obtenidos habían sido exitosos. En la tercera etapa de fractura de un pozo, después de dos etapas realizadas con éxito con el sistema de fluido con agua de proceso, no se logró acondicionar el fluido para fracturar debido a una caída en la viscosidad en las piletas de fractura, por lo que se tuvo que continuar la intervención del pozo con el sistema de fluido convencional con agua dulce.

Se realizaron ensayos sobre la muestra de las etapas 1 y 2 (Muestra A) y sobre la muestra de la etapa 3 (Muestra B) para identificar el problema. En laboratorio la muestra A gelificó correctamente mientras que la muestra B se degradó rápidamente. Se repitió el intento con la muestra B dosificando 100 veces la concentración original de

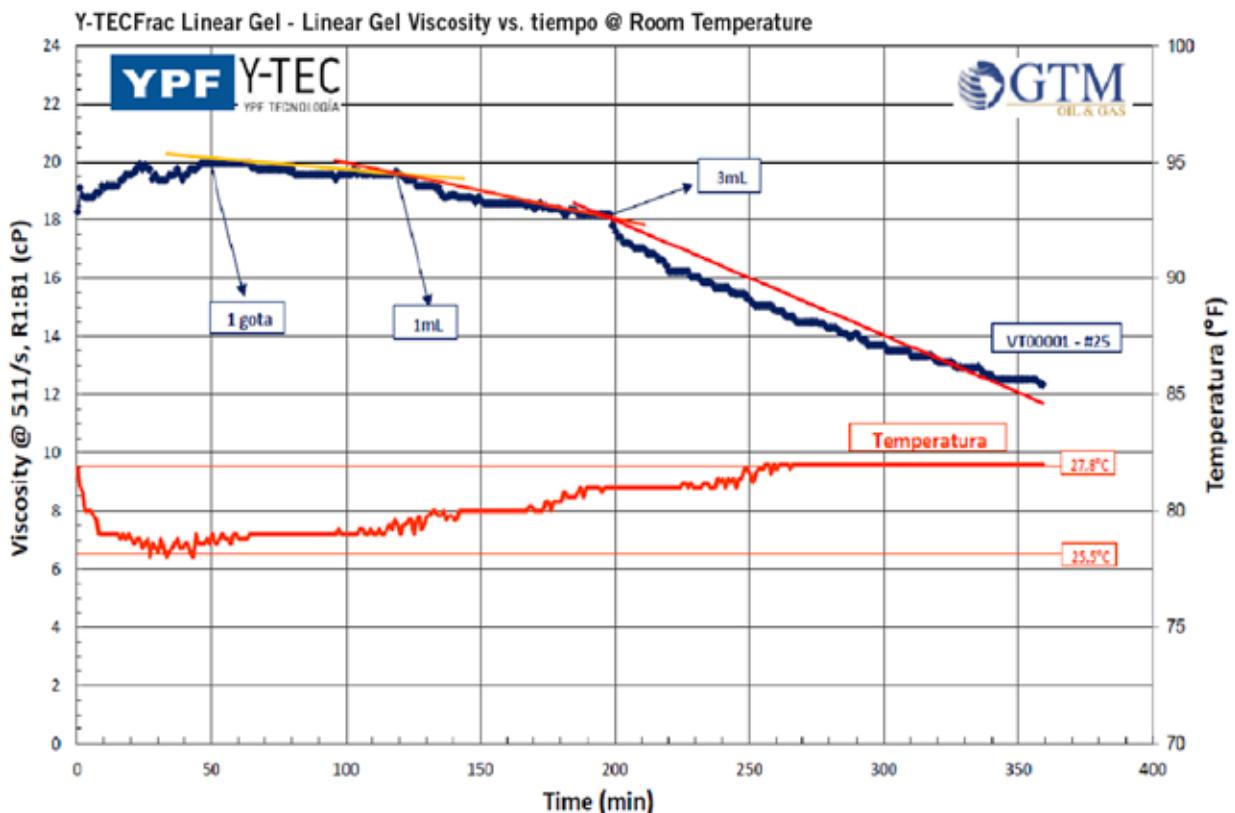


Figura 2. Tendencia de consumo de sustrato en la muestra.

bactericida sin resultados positivos. Se realizaron otros ensayos a la muestra que llevaron a concluir que la caída de viscosidad se debía a una actividad enzimática y no a un crecimiento bacteriano como se creía inicialmente, debido a la velocidad de caída de la viscosidad. Un crecimiento bacteriano supondría que el consumo del sustrato (goma guar) sea exponencial como se muestra en la figura 1.

Mientras que la caída de la viscosidad seguía una tendencia lineal que aumentaba con el agregado de más agua contaminada, tal como se muestra en la figura 2.

Para mitigar esta situación se diseñó un producto denominado “controlador de agua” que, entre otras cosas, actúa sobre la desnaturalización de las enzimas. No se pudo determinar con precisión cuál o cuáles enzimas eran las que estaban degradando la goma guar. Uno de los objetivos que persigue este proyecto es validar estas conclusiones obtenidas e identificar las enzimas y bacterias presentes en las diferentes plantas de tratamiento de agua para inyección.

### Situación medioambiental actual

Según un comunicado de la Secretaría de Estado de Ambiente (en adelante SEA), las localidades ubicadas al norte de la provincia de Santa Cruz enfrentan una situación crítica debido a la escasez del recurso hídrico. La Secretaría se manifestó promoviendo el uso racional y sostenible del agua, así como su conservación, priorizando su usufructo en el abastecimiento de las poblaciones, en miras de contribuir al cumplimiento de la Meta 6.4 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Meta 6.4) “Aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir el número de personas que sufren falta de agua.”

### Situación logística actual

#### Situación Agua dulce

En Santa Cruz hay escasez del recurso hídrico, se requiere mucho tiempo para cargar el agua y se tiene pocos cargaderos de agua dulce para fractura: CAM (Las Heras), Mansilla (Las Heras) y Pico Truncado.

Logística dispone de 5 camiones exclusivos para transporte de agua dulce que no se usan para agua de inyección. Dado que la demanda es intermitente hay tiempos en que los camiones no se usan, pero igualmente se pagan, generando un bajo factor de utilización. Debido a que los cargaderos de agua dulce están en Las Heras y Pico truncado, las distancias recorridas para abastecer las fracturas realizadas en yacimientos tales como Los Perales, El Guadal, Estancia Cholita, entre otros, son muy grandes generando sobrecostos y grandes demoras en los equipos ante eventualidades que requieran reabastecimiento de agua.

#### Situación Agua de Inyección

Hay cinco cargaderos seleccionados para la provisión

de agua para fractura, pero podrían sumarse otros puntos de carga (satélites o nuevos cargaderos) una vez que se avance con el proyecto.

Existe una problemática en la región debido a un exceso de producción de agua lo cual requiere que los activos inviertan dinero en pozos marginales para inyectar ese exceso. El desarrollo de este proyecto tendrá un impacto positivo en esta situación generando un ahorro indirecto por el uso de dichos excesos.

Logística dispone de 10 camiones para utilizar con agua de inyección que no se utilizan para agua dulce. Si bien la producción de agua en las plantas de tratamiento de agua (en adelante PTA) es alta el caudal para carga en camiones es bajo (similar al de agua dulce). Esta situación puede revertirse en fracturas de gran envergadura utilizando flexipipe conectando un satélite directo a los tanques de fractura. La distancia de los cargaderos de agua de inyección a los pozos es inferior respecto a los cargaderos de agua dulce, lo que lleva a una disminución de los costos de transporte y un mejor tiempo de respuesta ante posibles eventualidades que requieran reabastecimiento de agua.

### Beneficios asociados al uso de agua de proceso en las estimulaciones

El uso de agua dulce en las estimulaciones hidráulicas presenta varias desventajas en los yacimientos de Santa Cruz y Chubut. A continuación, se detallan las limitaciones y desafíos asociados al uso de este recurso:

- **Recurso limitado:** El agua dulce es escasa en la región, lo que implica una disponibilidad limitada. Esta restricción puede afectar las operaciones de estimulación hidráulica al depender en gran medida de este recurso.
- **Menor disponibilidad de cargaderos:** En comparación con el agua de proceso, la disponibilidad de cargaderos para el suministro de agua dulce es reducida. Esta escasez puede generar retrasos y dificultades logísticas en las estimulaciones de pozos, aumentando los tiempos de espera y afectando la eficiencia de las operaciones.
- **Habilitación limitada de las compañías:** Solo algunas compañías cuentan con autorización para la carga y transporte de agua dulce hacia los pozos. Esta restricción limita las opciones operativas y puede generar demoras en el proceso.
- **Tiempos de espera en cargaderos:** Debido al caudal limitado de los cargaderos de agua dulce, los tiempos de espera para cargar los camiones son mayores.
- **Mayores distancias de transporte en camiones:** La limitada disponibilidad de cargaderos de agua dulce implica que los camiones deben recorrer distancias más largas desde los puntos de carga hasta los pozos. Esto aumenta los tiempos de transporte y puede generar demoras adicionales.

El uso de agua de inyección en las estimulaciones hidráulicas presenta varias ventajas. A continuación, se detallan algunas de ellas:

- **Mayor disponibilidad del recurso:** El agua de proceso, se presenta como una alternativa más accesible y disponible en la zona en comparación con el agua

dulce. Esto asegura un suministro más estable para las operaciones de estimulación hidráulica.

- Mayor número de cargaderos: En la zona se cuenta con un mayor número de cargaderos habilitados para la carga y descarga de agua de proceso, lo cual agiliza el abastecimiento de agua a los pozos.
- Accesibilidad para todas las compañías: A diferencia del agua dulce, todas las compañías están habilitadas para la carga y descarga de agua de inyección, lo que brinda mayor flexibilidad y opciones a las compañías que operan en la región, evitando restricciones en el suministro.
- Mayor velocidad de abastecimiento: En el caso de operaciones que requieran un gran volumen de agua, la instalación de flexipipe aceleraría en gran medida la carga de agua de inyección en los tanques de fractura, comparado con el sistema de transporte por camiones que se dispone con el agua dulce.
- Distancias cortas de transporte en camiones: La mayor cantidad de cargaderos de agua de inyección en los yacimientos de Santa Cruz permite distancias más cortas de transporte desde los puntos de carga hasta los pozos. Esto no solo reduce los costos asociados al servicio de cargas líquidas, sino que también minimiza los tiempos de espera y aumenta la agilidad en la logística de abastecimiento.

### Problemas en la variabilidad de los parámetros químicos del agua

La variabilidad de los parámetros físico-químicos y biológicos del agua utilizada en los fluidos de fractura formulados con agua de proceso presentó diferentes problemas que fueron objeto de análisis en este proyecto. Los principales problemas de este tipo fueron:

#### Microorganismos

La presencia de microorganismos es un problema relevante que ha sido investigado en este trabajo. Los microorganismos pueden degradar la goma guar, lo cual afecta directamente las propiedades reológicas de los fluidos de fractura. Durante operaciones anteriores en campo, se han observado casos de degradación del gel lineal que se relacionaron con la actividad biológica. En consecuencia, se ha llevado a cabo una exhaustiva investigación para comprender las causas de este fenómeno y encontrar soluciones adecuadas.

#### Enzimas

Durante una de las pruebas de campo realizadas en años anteriores, se detectaron problemas de degradación del gel lineal que no se habían presentado en etapas anteriores. Esto generó la necesidad de investigar las causas asociadas a este problema. Para abordar esta situación, se diseñaron pruebas que tuvieron como objetivo evaluar la proliferación de microorganismos en un medio óptimo para su crecimiento. Los resultados revelaron que el ataque al polímero era inmediato, incluso en ausencia de agentes oxidantes. Además, se observó que la adición de un biocida en concentraciones 100 veces superiores a las habituales no tenía ningún efecto. Estos hallazgos sugieren la posibilidad de que el problema esté relacio-

nado con un paquete enzimático residual más que con la proliferación bacteriana. Las enzimas son proteínas que pueden catalizar y provocar la hidrólisis / degradación de cadenas carbonadas, lo que permite obtener hidratos de carbono de menor peso molecular y metabolizables para que la célula bacteriana pueda utilizarla como nutrientes. En este caso, el monómero de la goma guar es la galactosa y en presencia de la enzima galactosidasa puede degradar la goma guar en las unidades del monómero mencionado, cambiando así la reología. Como solución, se rediseñó el aditivo para eliminar la actividad de las enzimas que degradan los geles, brindando así una mayor estabilidad al fluido de fractura.

#### Bicarbonatos

La variabilidad en los niveles de bicarbonato en el agua de proceso también representó un desafío muy significativo en este trabajo. El incremento en este parámetro tiende a neutralizar el efecto del buffer, lo que altera el pH óptimo para la activación del gel y conduce a la inestabilidad reológica del fluido de fractura. Aunque se puede compensar este efecto mediante la adición de una mayor concentración de buffer, niveles elevados de bicarbonatos dificultan el logro de la estabilidad deseada en el fluido y las soluciones que se pueden realizar a nivel laboratorio son de difícil aplicación en operaciones de campo.

#### Equipo de Trabajo

Debido a las complejidades técnicas observadas, para llevar a cabo el proyecto se conformó un equipo de trabajo con diferentes actores claves para desempeñar roles específicos y contribuciones en las distintas etapas del proceso:

- YTEC y Wellknows: Para realizar el diseño de los sistemas y ensayos de laboratorio de respaldo. Se encargaron de desarrollar y optimizar los sistemas de fluidos utilizados en las estimulaciones hidráulicas, así como todas las pruebas y análisis microbiológico, enzimáticos y ensayos de estabilidad de gel lineal y activado para respaldar las decisiones técnicas
- Especialidades: en la definición y confección técnica del protocolo. Como nexo entre los sectores operativos, Y-TEC, el sector de compras y contrataciones y las compañías de servicio, además de realizar un seguimiento de las pruebas y los resultados obtenidos en las operaciones.
- Estimulación: en el diseño la selección de los pozos candidatos y diseño de los bombeos, planificar y ejecutar los bombeos necesarios para llevar a cabo las estimulaciones hidráulicas, además de realizar un seguimiento detallado de los ensayos realizados en los pozos y los resultados de las estimulaciones.
- Ingeniería de Planificación: en el análisis de los costos logísticos y la estimación de los costos de operación. Este la evaluación y planificación de los aspectos logísticos de las operaciones, teniendo en cuenta los recursos necesarios, los tiempos y los costos asociados. También son responsables de la selección de los candidatos adecuados para las estimulaciones hidráulicas.

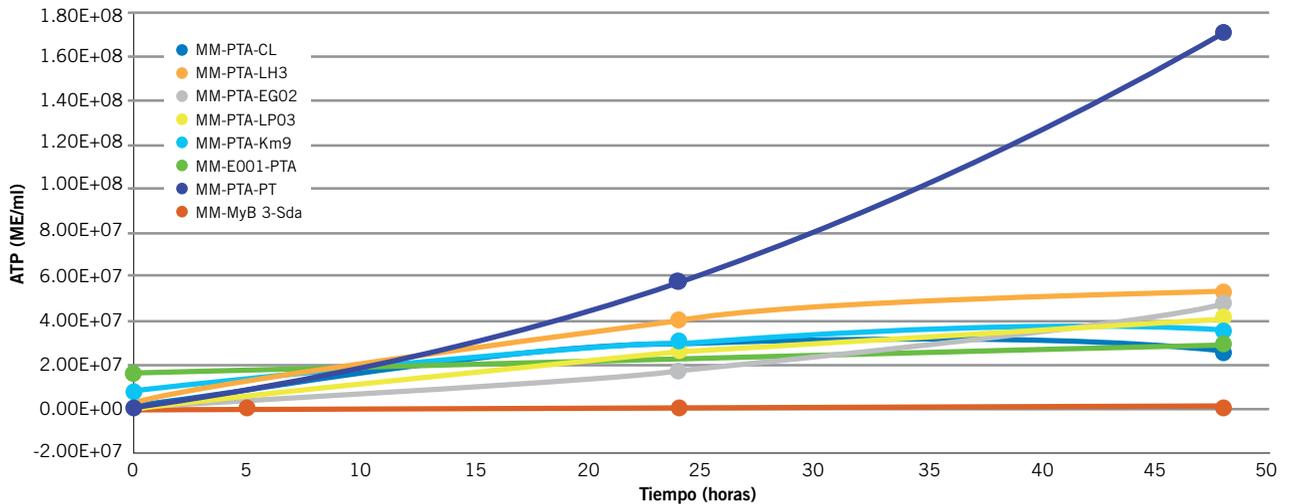


Figura 3. ATP vs. tiempo.

- **Compañía de Servicio:** Encargada de realizar los ensayos reológicos y llevar a cabo la ejecución de las operaciones. Proveer la experiencia y el conocimiento técnico necesarios para realizar los ensayos y pruebas reológicas, así como para llevar a cabo las operaciones de estimulación hidráulica de manera eficiente y segura.

### Ensayos microbiológicos, metagenómicos y enzimáticos Influencia de los microorganismos y enzimas en la reología de los fluidos de fractura

El objetivo de este apartado es analizar el microbioma presente en las diferentes fuentes de agua de producción y el impacto que puedan generar estos microorganismos en las propiedades de los fluidos de fractura formulados a partir de ellas.

La caracterización microbiológica se realiza mediante técnicas de: Adenosin Trifosfato (en adelante "ATP") in situ, recuentos por Reacción en Cadena Polimerasa Cuantitativa (en adelante "qPCR") y análisis metagenómico del gen 16 S característico de Bacterias y Arqueas. Estas evaluaciones se realizan sobre las fuentes de agua de cargadero muestreadas Km 9, Cañadón León, El Trébol, Pico Truncado, Las Heras, El Guadal, Los Perales y MYB03. (1)

A partir de cada una de las fuentes de agua se formulan los geles lineales base goma guar sin la incorporación de biocidas. Se evalúa la reología y la microbiología de estos fluidos durante un periodo de 48 horas.

Para determinar la actividad microbiana, se realizan las determinaciones de ATP conforme a la norma ASTM D6787-11 con el kit de reacción Quench-Gone Organic Modified (QGO-M) de Luminutra, los puntos medidos corresponden a los tiempos 0, 5, 24 y 48 horas.

Los resultados de ATP se representan en la Fig. 3. Los cargaderos se encuentran ordenados de mayor a menor contenido de ATP en las referencias.

La reología se evalúa en un viscosímetro OFITE 1100, el ensayo se realiza a temperatura ambiente. Se toma una medición de la viscosidad aparente a 300 rpm las dos primeras horas cada 10 minutos, hasta las 5 horas cada 30

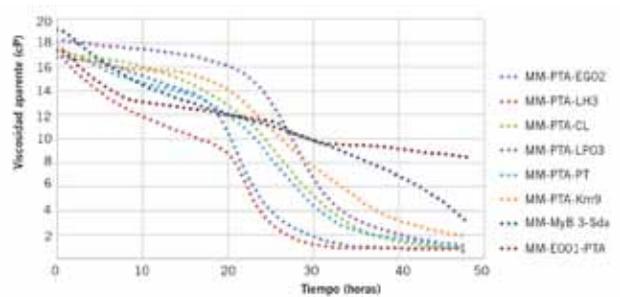


Figura 4. Viscosidad aparente vs. tiempo.

minutos y cada hora hasta completar un periodo de 48 horas.

En la figura 4 se muestran los gráficos de viscosidad respecto al tiempo de cada uno de los cargaderos. En las referencias del gráfico los cargaderos se encuentran ordenados de mayor a menor caída de viscosidad porcentual.

Al relacionar la reología de los fluidos y el recuento de microorganismos se puede observar que en todos los casos el crecimiento del recuento de ATP se corresponde con la disminución de la viscosidad aparente.

En simultáneo se realizó el recuento de bacterias y arqueas totales por qPCR. Ver figura 5.

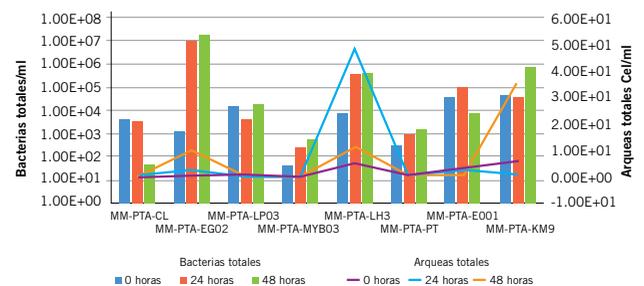


Figura 5. Bacterias y Arqueas totales.

Existe una diferencia entre los recuentos de qPCR y ATP, que es normal ya que las metodologías son distintas. En la determinación de ATP se observan células vivas totales mientras que los recuentos de qPCR se evidencian células vivas y muertas y dependen de la eficiencia de ex-

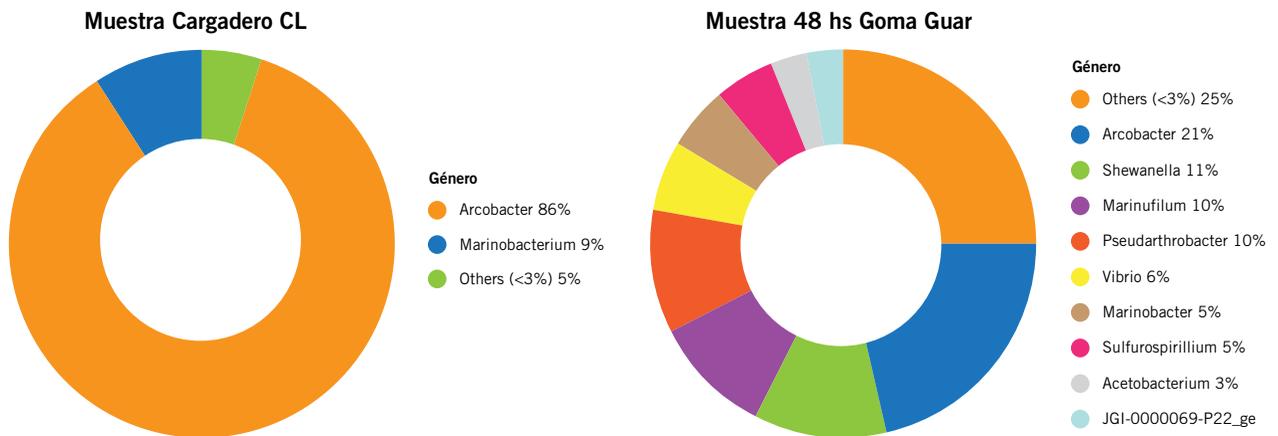


Figura 6. Planta CL.

tracción de ADN en la muestra y las interferencias de la matriz que hace que la correlación no sea tan favorable. No obstante, podemos obtener del ensayo de qPCR que los recuentos de Arqueas no son significativos por lo cual la etapa siguiente de análisis que es la obtención de la diversidad microbiana por estudios metagenómicos que serán orientados sólo a Bacterias.

Finalizados los estudios metagenómicos, para cada uno de los cargaderos se realiza el análisis de los resultados que muestran los cambios en la composición bacteriana en función del tiempo en contacto con Goma Guar.

Se presenta el correspondiente al cargadero Cañadón León a modo de ejemplo (Ver figura 6).

En presencia de Goma Guar, el microbioma rico en Arcobacter/Marinobacterium a las 48 hs baja la proporción de Arcobacter y Marinobacterium y aparecen otros géneros como Shewanella/Marinobacter/Vibrio/Marinifilum que podrían usar la Goma Guar como Fuente de Carbono.

Además del análisis microbiológico se realiza un análisis enzimático partiendo de la base de que los fluidos de fractura son formulados a partir de goma guar. La integridad del gel y en consecuencia su viscosidad puede verse alterada por efectos de oxidación de los extremos reductores o por acción enzimática.

Para determinar si la pérdida de viscosidad se debe a un ataque enzimático se plantea determinar la presencia y cuantificación de:

- Productos de degradación: concentración de azúcares (galactosa)
- Actividad galactosidasa

Las técnicas analíticas utilizadas no permitieron correlacionar la presencia de productos de degradación del gel con la caída de la viscosidad, probablemente debido a que la goma guar podría tener en su composición original remanentes de azúcares, lo que imposibilitó discernir si estos ya estaban presentes en el sistema o habían sido originados como consecuencia de la degradación enzimática.

La determinación de la actividad enzimática hallada en las aguas de los cargaderos analizados resulta ser baja

y similar para todas ellas.

Este estudio, en conjunto con los ensayos microbiológicos, permite deducir que la caída de viscosidad estaría estrechamente relacionada con la presencia de microorganismos.

### Kill Test

Los Kill Test (2) permiten evaluar la eficiencia de diferentes biocidas. La concentración de cada uno de los biocidas comerciales se dosifica según especificación del proveedor, mientras que los principios activos puros, de acuerdo con las concentraciones de uso normal en la industria.

El agua utilizada para los ensayos es la del cargadero Cañadón León. Los resultados obtenidos se pueden ver en la figura 7.

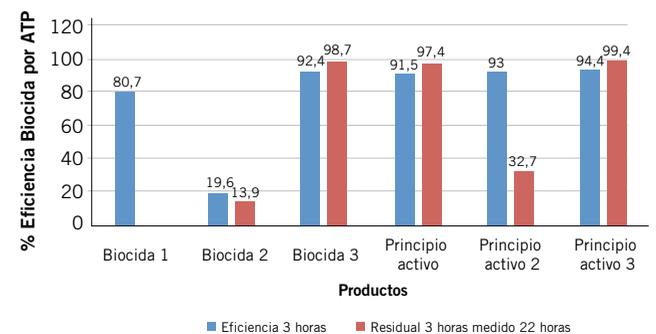


Figura 7. Resultados Kill Test.

Para finalizar con esta etapa se realizan estudios de estabilidad reológica de las formulaciones para verificar si la utilización de los diferentes biocidas afecta el performance del gel.

## Sistema de fluido

### Introducción

Los fluidos de fractura están diseñados para cumplir determinados requerimientos, tales como:

- Generar una fractura con un ancho que permita el ingreso de todo el agente de sostén programado.

- Ser capaz de suspender y transportar al agente de sostén.
- Soportar esfuerzos de corte en la cañería y en los punzados.
- No generar incompatibilidad con los fluidos de la formación o con la propia formación.
- Ser económicos.
- Cumplir con estabilidad incluso en elevadas temperaturas.
- No generar exceso de residuos en la formación.
- Romper fácilmente con determinado quebrador químico o biológico.

Los geles de fractura más utilizados en estimulaciones convencionales en la Cuenca del Golfo San Jorge son base guar. Este agente gelificante se hidrata fácilmente en agua fría generando largas cadenas de polisacáridos.

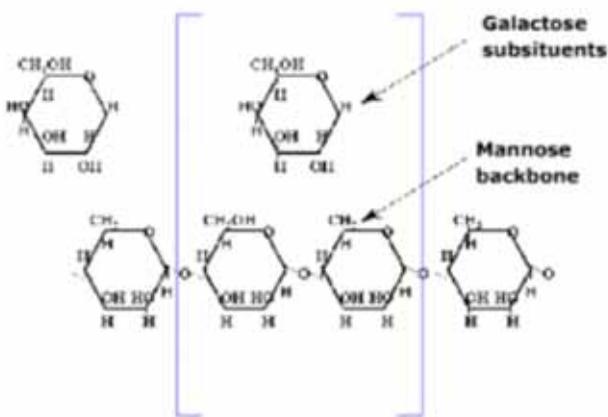


Figura 8. Estructura de la goma guar (3)

Para lograr la suspensión y transporte del agente de sostén, estos geles deben ser crosslinkados y para mantener la estabilidad de este entrecruzamiento, se deben cumplir determinadas condiciones fisicoquímicas en el fluido base.

Para entender el efecto que puede generar el cambio de las condiciones fisicoquímicas del agua en el gel, se debe comprender los fenómenos que están involucrados en el entrecruzamiento. Los agentes crosslinker son iones metálicos que generan uniones entre las cadenas largas de polímero del gel lineal. Los más utilizados son



Figura 9. Reticulado de gel crosslinkado (3)

los boratos por su elevado poder de regeneración.

El borato puede estar presente bajo diferentes formas químicas, pero el ion que cumple la función de activador es el monoborato ( $\text{BOH}_4$ ). La disponibilidad de este ion depende de la concentración del activador y de las propiedades fisicoquímicas del fluido base. Si la concentración del monoborato es baja el gel no tendrá la capacidad de transporte adecuada, y si hay  $\text{BOH}_4$  en exceso, se produce el fenómeno de sobre-crosslinkado aglutinando el polímero y perdiendo nuevamente la capacidad de transporte.

Desde el punto de vista técnico del fluido, el reto de este proyecto es conseguir un gel que cumpla todos los requerimientos mencionados utilizando agua de inyección como base, la cual presenta gran variedad de iones disueltos. Los principales que afectan la estabilidad del fluido son la dureza, la alcalinidad medida en mg/l de  $\text{HCO}_3^-$ , los cloruros, sulfatos y hierro:

- Alcalinidad elevada: elevadas concentraciones de carbonatos y bicarbonatos pueden dificultar la regulación del pH, incrementando el gasto de buffer y pudiendo generar cantidades considerables de  $\text{CO}_2$ . Particularmente la presencia de bicarbonatos retrasa la acción del crosslinker y dificulta la hidratación de la goma guar.
- Elevada concentración de cloruros y sulfatos: afecta a la hidratación y a la estabilidad del gel crosslinkado.
- Elevada dureza: concentraciones elevadas de los iones  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  pueden afectar el entrecruzamiento del polímero. En condiciones alcalinas ( $\text{pH} > 9$ ) o por fuertes cambios de temperatura puede generar precipitados.
- Elevada concentración de hierro: puede provocar un efecto de sobre-crosslinkado del gel por competencia con el ion monoborato. Los enlaces entre el hierro y el polímero son más débiles que los del  $\text{BOH}_4$  por lo que en estas condiciones se genera un crosslinkado que pierde rápidamente sus capacidades de transporte.

Otro problema generado por la mala calidad del agua de inyección es el elevado contenido de materia orgánica, lo que reduce la movilidad de las moléculas del polímero, dificultando su hidratación (mismo fenómeno que ocurre con la concentración elevada de iones) (4).

### Aditivos utilizados

Para amortiguar las variaciones fisicoquímicas y microbiológicas de las diferentes plantas de tratamiento de agua de inyección, YPF, Y-TEC, Calfrac Well Service (en adelante CWS) y WellKnows (en adelante WK) trabajaron en conjunto en el desarrollo de un sistema de fluido que consta de ciertos aditivos que cumplen las siguientes funciones:

- Controlador de agua: es un agente de control y acondicionamiento de agua de flowback y de producción, diseñado específicamente para ser utilizado en este sistema de fluido. El mismo tiene la propiedad de que las diversas fuentes de agua, o agua de la misma fuente en diversos intervalos de tiempo, puedan tener propiedades similares y que el sistema de fluido

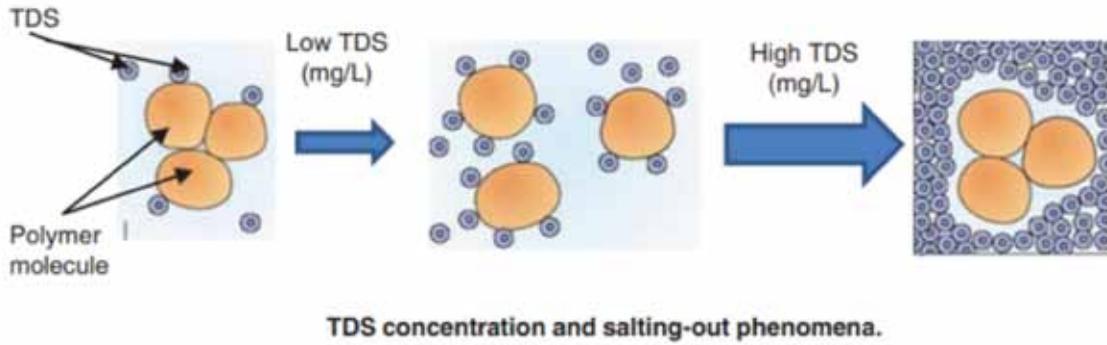


Figura 10. Ionización de moléculas de polímero.

sea más simple de manipular. Es importante mencionar que este producto tiene la capacidad de secuestrar contenido de H<sub>2</sub>S disuelto, lo cual fue clave para cumplir con un requerimiento de seguridad de parte de una de las compañías de servicio.

- **Biocida:** elimina efectiva y rápidamente los microorganismos que se encuentran en operaciones de Oil&Gas, incluyendo bacterias sulfato-reductoras y slime-forming. Funciona sin interferencias en presencia de hidrocarburos, desarrolla su efecto instantáneamente, y normalmente actúa descontaminando por completo un sistema entre 45 minutos y una hora.
- **Buffer:** es un buffer alcalino, agente regulador de pH para aplicaciones en fluidos de fractura basados en Goma Guar o Goma Guar Modificada; ayudando a obtener valores de pH de 9 a 10,5. Tiene la propiedad de mantener el valor de pH deseado en diversas condiciones de dureza, intercambio iónico en formación y contrarrestar el efecto que ejerce la temperatura sobre el pH. Es aplicable en sistemas entrecruzados con Boratos o Zirconatos. También es muy útil para neutralizar ácidos.
- **Crosslinker retardado:** es un crosslinker base boro, retardado, que se presenta como una suspensión

base agua y que puede ser aplicada con diversos polímeros, como Goma Guar e Hidroxipropilguar (HPG). Éste provee tiempos de activados prolongados a elevadas temperaturas y cargas poliméricas. Produce un enlace muy fuerte, elástico y estable entre las cadenas poliméricas, que permite obtener fluidos con excelente regeneración luego de ser sometidos a esfuerzos. Provee fluidos activados de muy altas viscosidades, que permiten utilizar cargas poliméricas menores minimizando el daño de formación, y mejora la estabilidad de activación, lo que permite un eficiente transporte de agente de sostén para lograr fracturas más conductivas. El tiempo de activación puede ser ajustado con el uso de crosslinkers de superficie.

- **Crosslinker de superficie:** es un crosslinker de superficie, base boro, no retardado, presentado en una solución concentrada, que puede ser utilizar para diversos polímeros. Puede regular el pH, aunque podría requerir agentes reguladores de pH adicionales para alcanzar el rango óptimo de pH que es de 9 a 11 en aplicaciones de temperaturas altas.

### Ensayos de fluido

#### Ensayos fisicoquímicos del agua

Se recopiló información sobre los parámetros físico-

Procedencia	Valores Normales según IAPG	PTA CL	PPA	LH-03	EG-02	LP-03	MYB-03	G-0001	KM-9
Informe N°		02240-22CS	01849-22CS	0543-22-1.H-A-001	365-22-1.H-A-001	2317-22-1.H-A-001	01332-22CR	0816-21CR	08449-22CR
Fecha de Extracción		31/3/2022	21/3/2022	20/1/2022	16/2/2022	11/3/2022	27/1/2022	5/8/2021	9/6/2022
Fecha de Informe		2/5/2022	21/3/2022	27/1/2022	21/2/2022	23/3/2022	2/3/2022	5/8/2021	9/6/2022
pH	6 - 8	7,8	7,1	7,1	7,49	7,05	7,5	6,73	6,6
Densidad [mg/ml]		1,0159	1,0184	1,0049	1,0053	1,0021	1,0071	1,01	1,0089
Temperatura [°C]	15 - 40	21,6	35,7	35	35,5	47	20,4	21,2	20,3
Cloruro [mg/l]	<30.000	10798	13214	5502,3	5588,3	2753,2	5406	5328	8162
Sulfato [mg/l]	<500	1	5	8	5,4	5,8	5	5	8
Bicarbonato [mg/l]	<600	3553	3702	109,8	427,1	122	1842	167	174
Calcio [mg/l]	50 - 250	237,7	275,2	469,8	652,1	293,4	76,5	419	954,9
Magnesio [mg/l]	10 - 100	63,3	85,2	4,9	23,3	18,8	35,7	6,7	52,8
Hierro Total [mg/l]	1 - 20	2,5	0,46	2	2,9	0,7	1,82	0,15	0,56
Sodio y Potasio [mg/l]	2500 - 5500	7944,5	9486,5	3061,7	2990,7	1590,4	4043,7	3032,8	4165
Salinidad como ClNa [mg/l]		17801	21782	9071,9	9213,7	4869,1	8912		13455
Alcalinidad [mg/l]		2912	3034	90,9	357,5	101	1629	7337	159
Residuo Seco [mg/l]		22601	26769	9177,6	9700,9	4992	11411		13517
Dureza Total [mg/l]	<15.000	854	1038	1193,3	1724,2	810	338	1059	2602
Sulfuro Total [mg/l]		N/D	0,8	4,1	1,9	2,2			
Bario [mg/l]		27,14	55,9	8,7	3,1	3,5			
Estroncio [mg/l]		14,13	16,09	10,3	8	4,1			
Dioxido de Carbono [mg/l]		N/D	176,2		49,5	21,8			

Tabla 1. Resumen fisicoquímico por plantas.

Procedencia	Salida TK 3005	Salida TK 3005	Salida FW	Salida Inv. Planta CL	Salida Inyectora CL	Sda Inyección CL	Salida Colector PIU 16	Bomba Post Filtro PIU 16				
Informe N°:	00360-21CS	07148-21CS	01466-22CS	02240-22CS	03262-22CS	05064-22CS	05131-22CS	05496-22CS	05811-22CS	06885-22CS	06886-22CS	06887-22CS
Fecha de Extracción	26/01/2021	15/11/2021	03/03/2022	31/03/2022	26/05/2022	09/08/2022	11/08/2022	30/08/2022	13/09/2022	31/10/2022	31/10/2022	31/10/2022
Fecha de Informe	29/01/2021	09/12/2021	17/03/2022	02/05/2022	09/06/2022	11/08/2022	24/08/2022	10/09/2022	06/10/2022	18/11/2022	18/11/2022	18/11/2022
pH:	7.5	7.1	7.3	7.8	7.6	8.1	8.1	8.2	7.8	7.2	7.2	7.2
Densidad:	1.0163	1.0163	1.0158	1.0159	1.0162	1.0157	1.0176	1.0157	1.0166	1.0192	1.0201	1.0141
Temperatura:	38.2	32.3	31.2	21.6	32.5	22.1	22.2	23.9	22.8	37.9	34.2	33.6
Cloruro:	11438	11189	11544	10798	11496	11318	11097	11982	11318	11835	11724	11613
Sulfato:	1.2	3.4	2.2	1	N/D	5.8	4.8	5.2	5.6	N/D	N/D	N/D
Carbonato:	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Bicarbonato:	3736	3943	3849	3553	3434	3407	3919	4476	3970	3822	3902	3924
Calcio:	365.6	281.3	229	237.7	309.4	333.7	323.8	389.7	288.2	246.5	248.3	226.4
Magnesio:	26.8	56	86.4	63.3	43.8	121	92.8	112	46.1	41.3	36	61.4
Hierro Total:	1.86	1.87	1.18	2.5	1.42	3.8	5.1	2.4	2.2	2.18	2.18	2.78
Sodio y Potasio:	8351	8310.3	8507.7	7944.5	8307.5	7989.7	8101.2	8778.7	8386.3	8676.9	8643.6	8339.4
Salinidad como CNa:	18855	18445	19030	17801	18951	18658	18293	19852	18658	19509	19327	19144
Alcalinidad:	3461	3231	3154	2912	2814	2792	3211	1834	1427	7424	7994	8039
Residuo Seco:	23920	23785	24219	22601	23593	23228	23593	25789	24091	24763	24696	24541
Dureza Total:	1023	933	928	854	953	1331	1191	1434	910	786	768	818
Sulfuro Total:	2.4	0.8	0.8	*	0.8	5.2	4	7.2	4.8	4.8	5.2	5.2
Bario:	43.29	19.44	11.37	27.14	19.96	37.47	38.51	33.12	49.69	8.45	8.45	8.45
Estroncio:	18.65	46.12	39.12	14.13	16.53	11.1	11.09	9.99	23.06	9.15	9.15	9.15
Difusión de Carbono:	91.1	198	138.6	*	198	142.6	243.5	158.1	172.3	233.6	247.5	247.5

Tabla 2. Seguimiento fisicoquímico de planta CL.

químicos de todas las PTA seleccionadas, pero se llevó un seguimiento en el tiempo sólo a la planta de Cañadón León, dado que fue la seleccionada para realizar el protocolo de prueba. En la siguiente tabla se resume los resultados de los fisicoquímicos (Tabla 1).

Puede observarse que:

- Las mayores concentraciones de alcalinidad, cloruros y sales disueltas se encuentran en la región de Cañadón Seco – León, Pico Truncado y Escalante. Esto puede generar un consumo elevado de buffer para poder estabilizar el gel crosslinkado y pueden presentarse problemas de falta de hidratación de la goma guar.
- Las mayores concentraciones de calcio se encuentran en la región de Las Heras y El Guadal. Esto puede traer problemas de incompatibilidad de agua con el reservorio, por lo que debe tomarse recaudos muestreando el agua de formación para hacer ensayos de compatibilidad.
- En la planta de CL se encontró contenido de H<sub>2</sub>S que disparó una alerta de seguridad por protocolos de manipulación de agua con este químico de parte de CWS.

Esto se solucionó agregando secuestrante de H<sub>2</sub>S en el tanque de carga, siendo útil también a este fin el aditivo de WK CWS EC 09 denominado controlador de agua.

Para la PTA de Cañadón León se recogió información histórica de los análisis realizados y se tomaron nuevas muestras entre marzo y octubre de 2022 para detectar los rangos de variación de los parámetros fisicoquímicos de esta planta. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.

Puede observarse cómo en los últimos meses la alcalinidad de la corriente de salida de la planta se cuadruplicó. Esto tuvo un efecto negativo en la evolución de los ensayos de estabilidad como se mostrará a continuación. El aumento de alcalinidad puede deberse al enganche de nuevos pozos productores que tienen capas con gran contenido de CO<sub>2</sub> disuelto, por lo que se espera que esta condición se mantenga o aumente hasta alcanzar un punto de equilibrio.

### Ensayos de estabilidad de gel

Entre los meses de mayo y noviembre del 2022, CWS estuvo trabajando en diferentes baterías de ensayos con muestras de las PTA de LH-03 y CL, para comprobar la estabilidad del sistema de fluido en diferentes condiciones. Para simular condiciones a diferentes profundidades, se hicieron ensayos a 50, 70, 80 y 90°C arrojando buenos resultados en laboratorio.

Durante la realización de los ensayos se recabaron las siguientes observaciones:

- Se consiguió estabilidad mayor a 60 minutos en todas las temperaturas ensayadas.
- Para algunas muestras en los ensayos a 90 °C, la utilización de estabilizador de temperatura ayudó al correcto armado y estabilidad el fluido.
- Los parámetros fisicoquímicos tales como contenido de cloruros, alcalinidad y dureza total varían mucho de un cargadero a otro e incluso en un mismo cargadero en fechas diferentes.
- Los cambios en las concentraciones de buffer y crosslinker no están asociados a requerimientos del gel para diferentes temperaturas, sino a los parámetros fisicoquímicos del agua al momento del ensayo.

Al observar las variaciones del agua de salida de la PTA de CL, se decidió realizar ensayos en diferentes fechas para corroborar que se lograra estabilidad. Tomando como base un diseño de fractura a una formación a 2600 mbbp con un gradiente geotérmico normal (1.7 °F/100 ft) y un tiempo de bombeo de 55 minutos, se realizó otra batería de ensayos observando que el consumo de buffer aumentó drásticamente con el tiempo, debido al aumento de la alcalinidad de las muestras de agua entre julio y noviembre, aumentando la dosificación requerida de buffer de 3 gpt a 7 gpt en el último ensayo.

Al tener el fluido comprobado en laboratorio se seleccionó el Pozo A para realizar las primeras 2 fracturas del protocolo. Se estimaba que el pozo estaría listo para fracturar en la primera quincena de diciembre. Se tomaron las muestras de la PTA de CL para los ensayos, los cuales arrojaron resultados negativos. Se detectó un in-

cremento inusual en la alcalinidad del agua (arriba de 9000 mg/l) y un contenido elevado de CO<sub>2</sub> disuelto, lo que aparentemente llevó al sistema de fluido ensayado hasta el momento a un límite técnico. Habiendo realizado varios intentos de estabilizar el fluido sin éxito, se decidió enviar muestras del agua al laboratorio para que estudien una solución y se postergó la intervención del pozo seleccionado.

## Protocolo de prueba

El propósito de este protocolo de prueba fue realizar un seguimiento, verificación y medición de actividades preestablecidas para evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

### Objetivo del Protocolo de prueba

El objetivo principal del protocolo de prueba era evaluar el desempeño de los fluidos formulados a partir de agua de inyección en nuestras operaciones, considerando diferentes condiciones que se pueden probar en campo. Se realizó una serie de pruebas para demostrar que los geles no experimentaban cambios significativos en sus parámetros reológicos y que no afectaban el rendimiento general de las operaciones. Además, evaluar si la productividad de los pozos estimulados con estos geles no se veía disminuida en comparación con los pozos estimulados convencionalmente en las mismas áreas. De esta manera, se buscaba demostrar que el nivel de rendimiento alcanzado era adecuado para su implementación.

El protocolo de prueba consistió en una planificación detallada de las actividades, lo que permitió un seguimiento exhaustivo y una medición precisa de los resultados obtenidos. Se llevaron a cabo pruebas rigurosas para evaluar la estabilidad y el rendimiento de los fluidos formulados con agua de inyección en diferentes escenarios operativos. Los parámetros reológicos de los geles fueron monitoreados y se compararon con los estándares establecidos. Además, se realizaron pruebas de productividad en los pozos estimulados para evaluar el impacto de los fluidos formulados en comparación con los métodos convencionales.

El protocolo de prueba fue diseñado para brindar una evaluación completa y confiable de la viabilidad de utilizar fluidos formulados con agua de inyección. Los resultados obtenidos a partir de este protocolo proporcionaron información valiosa que respaldó la toma de decisiones y permitió determinar si esta alternativa era efectiva y compatible con nuestros objetivos de reducción de costos logísticos y consumo de agua dulce.

### Áreas de operación

Considerando los aspectos logísticos, se realizó una planificación para llevar a cabo las pruebas del protocolo en pozos situados en los yacimientos más cercanos a la Planta de Inyección LH-03, la cual se estableció como la principal fuente de agua para el protocolo. No obstante, con el propósito de asegurar la ejecución de la prueba

y cumplir con las necesidades operativas, se priorizó el uso del agua proveniente de la planta de Cañadón León (CL). Además, se llevó a cabo un estudio exhaustivo en laboratorio que abarcó el análisis de los otros puntos de suministro de agua, con el fin de abordar todas las posibles variaciones. En este análisis se incluyeron las plantas EG-02, LP-03, PPA y CL en la provincia de Santa Cruz, y las plantas E-0001 y MYB-03 en la provincia de Chubut.

La estrategia de utilizar diversas plantas de agua se planteó con el objetivo de enfrentar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en el agua de proceso. Se buscó evaluar la efectividad de los fluidos formulados en diferentes escenarios, asegurando así su aplicabilidad en diversas áreas operacionales.

### Consideraciones operativas para las fracturas

En las operaciones de fracturas convencionales de la Cuenca del Golfo San Jorge, se trabaja mayoritariamente con un fluido de activación rápida y fricciones conocidas, con lo cual puede predecirse en la carta de fractura con qué presión debería trabajarse al bombear gel lineal y con qué presión al bombear gel crosslinkado (en adelante XL). La siguiente gráfica muestra esquemáticamente la lectura de la presión durante un bombeo de calibración vs la lectura de presión durante el PAD del tratamiento:

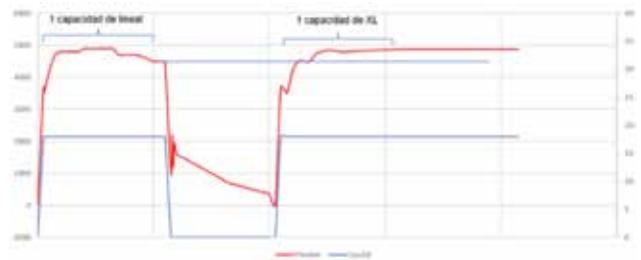


Figura 11. Bombeo de calibración vs bombeo de tratamiento principal

La diferencia entre la presión con gel lineal y la presión con XL ( $\Delta P$  de activación), da una idea de la estabilidad del gel XL en la cañería. Como no se conoce las fricciones del XL que se bombeará en el protocolo, se tomarán una serie de recaudos que minimicen la incertidumbre en la lectura de la carta de presión durante la operación.

Para una fractura contenida de presión neta constante, existen dos condiciones que pueden impactar en la lectura de presión durante el bombeo del PAD: Pérdida de estabilidad del fluido y restricciones de Near Wellbore (en adelante "NWB") eliminables con XL. Se plantean tres casos hipotéticos:

- CASO A: Fluido de buena calidad y restricciones de NWB eliminables con XL
- CASO B: Fluido que pierde calidad en la cañería, sin restricciones NWB eliminables con XL
- CASO C: Fluido que pierde calidad en la cañería y restricciones NWB eliminables con XL

Para los casos A y B la carta de presión podría verse en la figura 12.

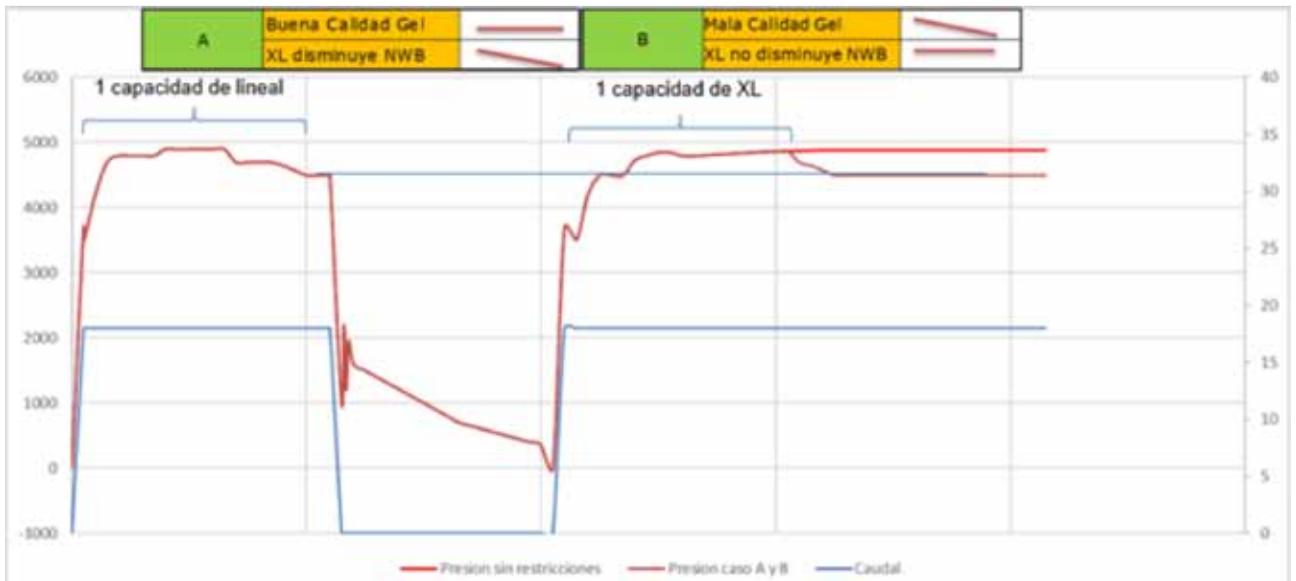


Figura 11. Casos A y B

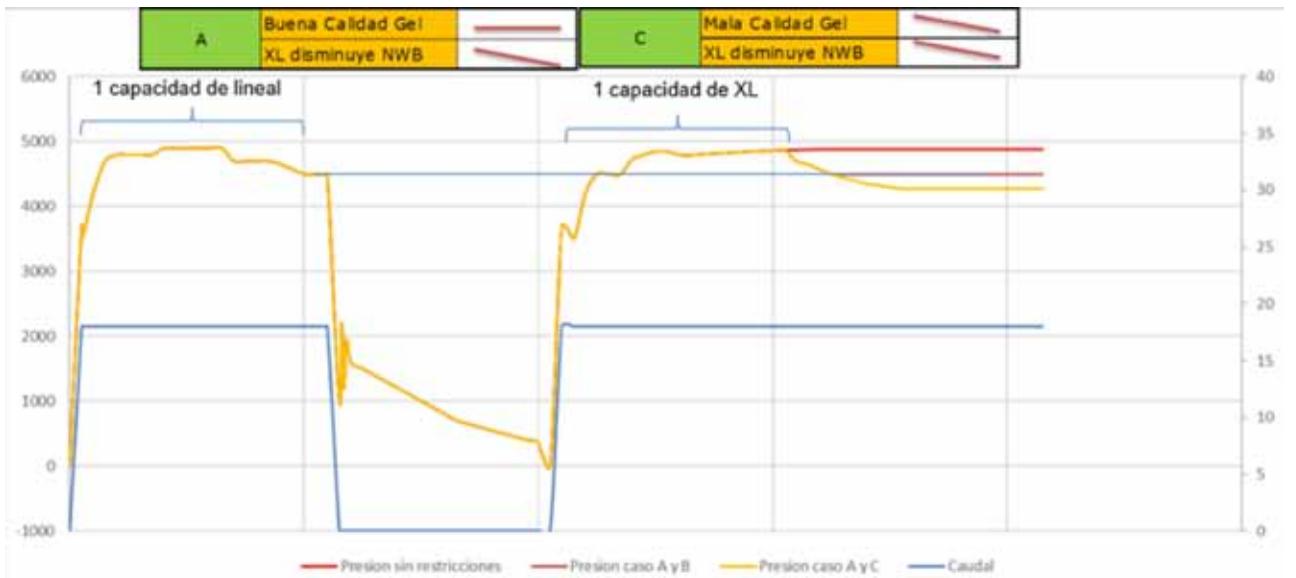


Figura 13. Casos A y C

Para los casos A y C la carta de presión podría verse en la figura 13.

Como puede observarse, en estos escenarios cuando la presión durante el PAD cae no puede dilucidarse si es debido a la calidad del gel o a las restricciones de NWB.

Para eliminar esta incertidumbre y minimizar los riesgos de una mala interpretación de la carta de fractura, se bombeará en el bombeo de calibración una capacidad de XL y se desplazará con gel lineal, con el fin de eliminar cualquier restricción de NWB que pueda ser reducida con el XL.

Existe la posibilidad de tener muy poco  $\Delta P$  de activación, debido a que es un sistema de fluido con un crosslinker retardado y el gel podría llegar a activar en las cercanías del packer. Esta situación está contemplada en el árbol de decisiones.

### Árbol de decisiones

A partir de las consideraciones operativas y de las observaciones realizadas durante los ensayos del fluido, se acordó con CWS el siguiente árbol de decisiones para las operaciones de fractura que conformen el protocolo de prueba:

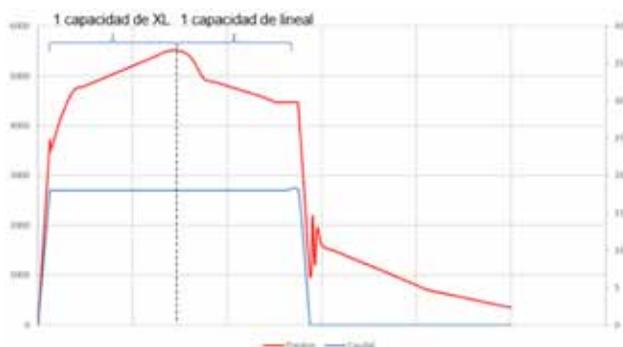


Figura 14. Bombeo de calibración con XL

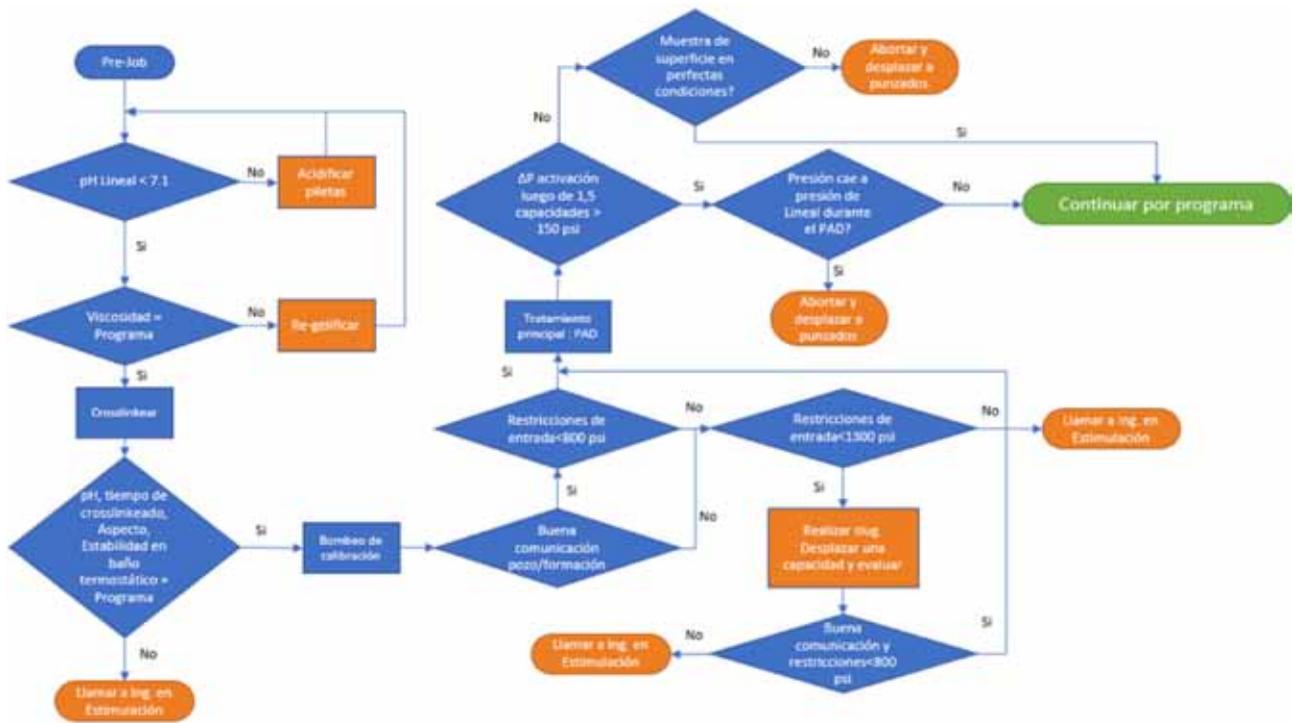


Figura 15. Árbol de decisiones

### Operaciones de Campo

El primer pozo del protocolo se fracturó en el activo de Cañadón Seco – León, debido a la necesidad de validar la tecnología utilizando las plantas de tratamiento de agua de la zona y la complejidad que esta fuente de agua presentaba.

A lo largo del tiempo, se realizaron ensayos con agua de la planta de CL y se observó que a partir de noviembre de 2022 no se lograba mantener la estabilidad reológica del fluido. Se determinó que la causa de este problema era el fuerte aumento de la alcalinidad, principalmente debido a la presencia de bicarbonatos con una concentración de aproximadamente 9000 ppm.

Se encontró una solución a nivel laboratorio mediante la remoción del dióxido de carbono (CO2) acidificando la muestra, pero esta solución no era escalable a nivel operativo.

Como alternativa práctica, se decidió diluir el agua de proceso con agua dulce en las primeras operaciones. El objetivo era llevar a cabo pruebas en el campo y evaluar el efecto de esta dilución en la producción de los pozos.

### Operaciones de Fractura Pozo A

La terminación del pozo A fue elegida como la primera prueba del protocolo, consistiendo en dos fracturas en la formación D-129 utilizando agua de inyección y dos fracturas en la formación Mina El Carmen utilizando agua dulce. Se planeó la inyección de trazadores para comparar la productividad de las capas fracturadas en D-129 con agua de inyección en comparación con otras fracturas en la misma formación realizadas con agua dulce.

### Primera etapa Pozo A

La etapa inicial utilizó una concentración del 25% de agua de inyección. Cabe aclarar que a pesar de que estas

diluciones parecían conservadoras, presentó un gran desafío lograr la estabilidad reológica del fluido sin aumentar la carga polimérica afectando así la productividad de los pozos estimulados.

Antes de la primera operación, surgieron problemas con la dosificación de uno de los aditivos principales, debido a su alto contenido de sólidos, lo que causaba obstrucciones en la bomba de inyección utilizada por la compañía de bombo asignada.

Después de intentar con diferentes bombas de la unidad, finalmente se logró transferir el aditivo a los tanques utilizando una bomba a tornillo que normalmente se utiliza para dosificar el polímero concentrado.



Figura 16. Bombas de tornillo.

Si bien esta solución permitió elevar el aditivo y avanzar con la operación, no fue una alternativa reproducible fuera del contexto del protocolo de prueba debido a las dificultades que conllevó.

Durante el bombeo se tomaron muestras en el colchón y todas las concentraciones de arena observando en todos los casos un fluido con excelente aspecto y que permitió completar exitosamente el bombeo según el di-



Figura 16. Muestra del gel de fractura obtenida durante el bombeo del colchón.

seño. A continuación, se muestran fotos de una de las muestras y la carta de bombeo:

La fractura se completó exitosamente bombeando 900 sks arena YPF (Wanli Resinada 20/40 y Patagónica 20/40).

### Segunda etapa Pozo A

Al ver el buen comportamiento del fluido en la primera fractura y los ensayos de laboratorio que validaron la estabilidad con 100% agua de inyección, se planteó aumentar la concentración gradualmente hasta 50% de agua de inyección para la segunda etapa de fractura.

Con la experiencia operativa para la manipulación del aditivo de activación se logró elevar el mismo a los tanques sin inconvenientes. Luego se realizó la operación y durante todo el bombeo se tomaron muestras observando un aspecto visual muy bueno en todos los casos, logrando completar el esquema de bombeo según diseño. A continuación, se muestran fotos de una de las muestras y la carta de Fractura:



Figura 19. Muestra del gel de fractura durante las concentraciones de arena.

### Operaciones Pozo B

En función de los resultados obtenidos en A se planificó la operación del próximo pozo al 100% de agua de inyección.

### Primera etapa Pozo B

Este pozo se realizó en la Formación Mina del Carmen. Durante todo el bombeo se observó un buen desempeño de fluido obteniendo un resultado exitoso. En total se bombean 318 sks arena Patagónica 20/40, demostrando la versatilidad del fluido para adaptarse las diferentes variaciones de las propiedades físico-químicas.

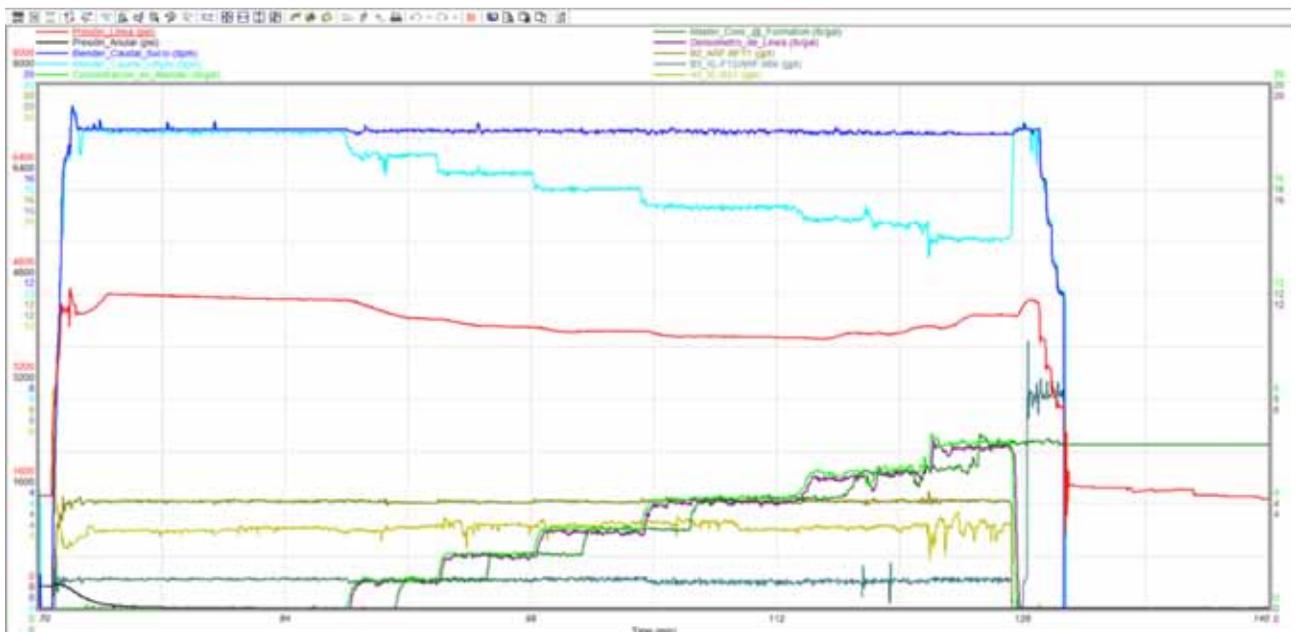


Figura 18. Gráfica de la carta de bombeo de la etapa N°1.

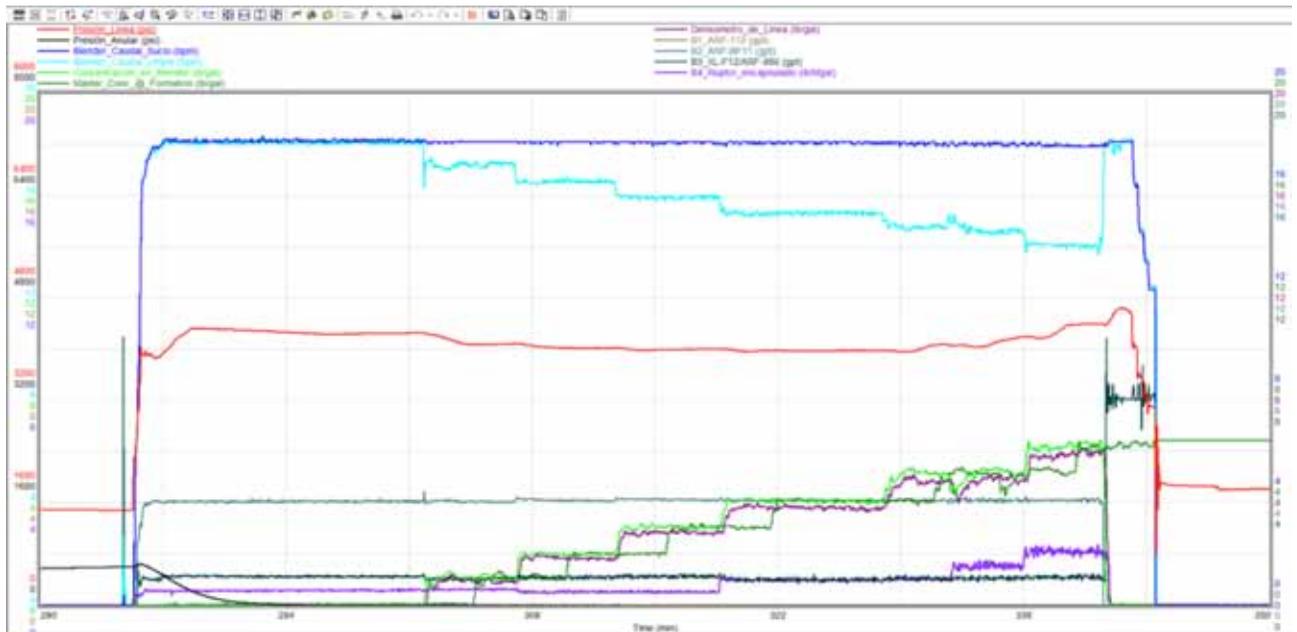


Figura 20. Gráfica de la carta de bombeo de la etapa N°2

### Segunda etapa Pozo B

Si bien el desempeño del fluido fue muy satisfactorio utilizando agua de inyección al 100%, Al comenzar el bombeo de arena falla la bomba del aditivo de activación. Al desarmar la bomba se observa que la misma se tapaba con el producto decantado. Se observó también erosión de la misma por el producto sólido que obturaba la misma, por lo cual se decide continuar con la etapa utilizando agua dulce, debido a la dificultad para dosificar el aditivo.

Posteriormente, a partir de la incompatibilidad de este aditivo a los equipos de la compañía de bombeo, se logra reemplazar el mismo, con un producto que permitía obtener el mismo resultado reológico pero fácilmente manipulable.

### Operaciones Pozo C

Una vez demostrado el resultado del sistema con la fuente de agua más compleja, se avanzó con ensayos con el cargadero de LH-03, logrando formular un sistema adaptable al mismo.

En este pozo se realizan 2 etapas de 547Sk y 250Sk, con el sistema propio de la compañía de bombeo, realizando adaptaciones en el mismo en base a las experiencias obtenidas en las operaciones realizadas en este protocolo. Los resultados fueron exitosos en todas las etapas.

### Resumen de operaciones

A partir de las pruebas de campo realizadas, se adquirió experiencia que nos permitió reformular los sistemas utilizando aditivos más fáciles de manipular durante la operación. Estos aditivos nos permitieron obtener distintos tipos de sistemas de fluidos confiables que garantizan el resultado de la operación pese a la variabilidad de tipos de agua de inyección, para las diferentes formaciones. Mediante estas pruebas, logramos desarrollar formu-

laciones que requieren cambios mínimos para adaptarse a la gran variabilidad existente de las fuentes de agua, lo que nos brinda flexibilidad en la composición de los sistemas y el éxito de la operación.

## Resultados

### Resultados post fracturas

Si bien se fracturaron 3 pozos bajo la metodología de gel de fractura con agua de inyección, se hará foco en los resultados del Pozo A ya que fue el único pozo en el que se pudo inyectar trazadores para seguir la producción.

La siguiente tabla muestra un resumen de los resultados post fractura de todas las etapas realizadas bajo este protocolo:

Pozo	N° etapa	Formación	Sacos	Ensayo post fractura
Pozo A	1	D129	900	400 l/h
Pozo A	2	D129	900	1800 l/h
Pozo B	1	Mina El Carmen	320	Surgente gas seco
Pozo C	1	Bajo Barreal	550	3000 l/h
Pozo C	2	Bajo Barreal	250	3000 l/h

Tabla 3. Resultados post fractura de fracturas con agua de inyección

En las dos primeras fracturas del Pozo A se utilizó agua de inyección y en las etapas de fractura 3 y 4 de este pozo se utilizó agua dulce, la siguiente tabla muestra los resultados de los ensayos post fractura de este pozo.

N° etapa	Formación	Base de gel	Ensayo post fractura
1	D129	Agua de inyección	400 l/h
2	D129	Agua de inyección	1800 l/h
1	Mina El Carmen	Agua Dulce	2400 l/h
1	Mina El Carmen	Agua Dulce	

Tabla 4. Resultados post fractura del pozo A

Por cuestiones de presupuesto, las etapas 3 y 4 se ensayaron post fractura en conjunto.

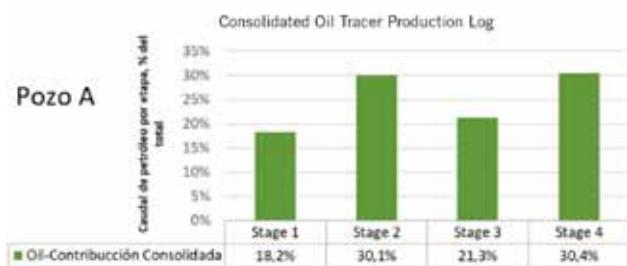


Figura 21. Porcentajes consolidados pozo A.

### Resultados de trazadores

A continuación, se muestra los resultados preliminares obtenidos del análisis de los trazadores durante los primeros 21 días de producción, con una frecuencia de muestreo diaria.

El primer gráfico muestra el porcentaje consolidado de contribución relativa de los trazadores de petróleo de cada etapa en el período de muestreo.

Puede observarse que entre la etapa 2 y 4 se supera el 60% del total del aporte.

El segundo gráfico muestra la variación porcentual de contribución relativa de los trazadores de petróleo de cada etapa a lo largo del periodo muestreado.

Puede observarse que la etapa 1 tuvo un incremento constante a lo largo del periodo estudiado en detrimento de las etapas 2 y 3.

### Conclusiones

- En todos los fluidos de fractura analizados, formulados a partir de las muestras de agua de cargadero, se observa una reducción de viscosidad conforme al incremento de los valores de ATP. El que indica un aumento de la biomasa presente, esto se debe a la utilización de goma guar como nutriente, fuente de Carbono y Nitrogeno.
- El microbioma del agua de producción utilizada en la formulación de fluidos de fractura cambia su composición en géneros que están adaptados al reservorio y pueden generar problemas futuros, biofilms, agrietamiento (producción de H<sub>2</sub>S) y fenómenos de Corrosión Inducida por Microorganismos (MIC).

- A diferencia de lo que se creía en el año 2017, los estudios enzimáticos, en conjunto con los ensayos microbiológicos, permiten deducir que la caída de viscosidad está estrechamente relacionada con la presencia de microorganismos. Por esto, tratando de manera correcta el crecimiento de microorganismos con la utilización del biocida adecuado se evitaría la generación de enzimas.
- Los Kill Test permiten seleccionar el biocida adecuado para cada una de las fuentes de agua. El BIOCIDA 3 es el que presenta mayor eficiencia, y a su vez, mediante los estudios de estabilidad se puede demostrar que no afecta la performance reológica de los fluidos de fractura.
- Con los resultados de los trazadores, puede observarse a priori que el uso de agua de inyección en los geles de fractura no afecta negativamente a la producción de la capa. Parecería incluso mejorar su performance con el tiempo, debido tal vez a una mayor limpieza por una ruptura acelerada del gel. Esta conclusión debe validarse trazando más fracturas en otros pozos de la zona.
- El uso de geles de fractura utilizando agua de proceso tratada para inyección es una alternativa viable y sostenible para reducir el consumo de agua dulce en la actividad de fractura. Los geles de fractura formulados con agua de proceso tratada para inyección y aditivos seleccionados mostraron una buena compatibilidad y eficacia en las pruebas de laboratorio y de campo.

### Referencias

- Vargas W., Pagliaricci M., G. Muller, M. Billen (2020): "Protocolo de análisis de diagnóstico y monitoreo MIC". Consorcio MIC 2018-2020. YPF TECNOLOGIA.
- Pagliaricci M., Vargas W (2018): "Ensayo Kill Test por ATP". Protocolo YTEC Y-TEC POP EKT 379.
- Portal del Petróleo. (2020, February). "Fluidos para fracturamiento hidráulico". Recuperado de <https://www.portal-delpetroleo.com/2020/02/fluidos-para-fracturamiento-hidraulico.html>
- N. Esmailirad, Colorado State University; C. Terry and Herron Kennedy, Halliburton; A. Prior, Noble Energy; and K. Carlson: "Recycling Fracturing Flowback Water for Use in Hydraulic Fracturing: Influence of Organic Matter on Stability of Carboxyl-Methyl-Cellulose-Based Fracturing Fluids", Colorado State University, SPE179723

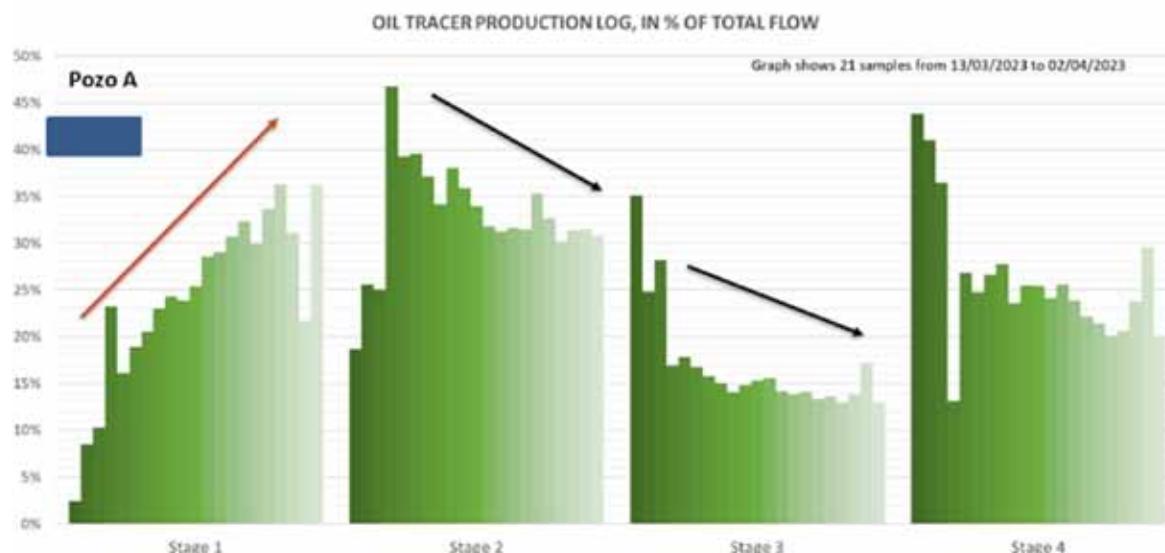


Figura 22. Variación porcentual de contribución de petróleo pozo A.

# Metodología de estimación y pronóstico de emisiones de GEI en activos de la industria del petróleo y gas: aplicación en un campo de hidrocarburos no convencionales

Por Hillmert Solano, Oscar Angulo, Pallav Sarma, Fernando Gutiérrez, Javad Rafiee y Carlos Calad (Tachyus).

**Se presenta una metodología multiparamétrica llevada a cabo para la predicción de las emisiones de GEI de un campo de hidrocarburos no convencionales en etapa temprana de desarrollo.**

*Este trabajo fue seleccionado del 5º Congreso Latinoamericano y 7º Nacional de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente en la industria del Petróleo y del Gas del IAPG, 2023.*

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la industria del petróleo y del gas es clave en los esfuerzos de transición energética de este sector para contribuir a la mitigación del cambio climático (Beck et. al., 2020; IPCC, 2021; International Energy Agency, 2022). A lo largo del ciclo de vida de los combustibles derivados de los hidrocarburos, que van desde sus actividades de exploración hasta su uso final (American Petroleum Institute, 2021; IPCC, 2020), se generan volúmenes importantes de emisiones de GEI como dióxido de carbono, metano y óxido nitroso (American Petroleum Institute, 2021). Por tanto, es esencial abordar estas emisiones y establecer estrategias para reducirlas en línea con las metas globales de mitigación (Beck et. al., 2020; Gabrielli et. al., 2020; Organización de las Naciones Unidas, 2020).

En este contexto, los pronósticos de emisiones juegan un papel crucial en la mitigación del cambio climático en la industria del petróleo y gas (Beck et. al., 2020). Estos pronósticos proporcionan información clave para identificar áreas prioritarias, planificar estratégicamente, evaluar políticas, fomentar la transparencia y rendición de cuentas, y promover la innovación y desarrollo tecnológico hacia una industria más sostenible y de bajas emisiones. Al anticipar y comprender las emisiones futuras, los pronósticos permiten tomar decisiones informadas



sobre cómo reducir eficazmente las emisiones de GEI en el sector de los hidrocarburos, establecer objetivos realistas, implementar medidas de mitigación efectivas y evaluar el progreso en la reducción de las emisiones a lo largo del tiempo (Beck et. al., 2020; Rafiee et. al., 2022).

Sin embargo, el pronóstico de emisiones de GEI en la industria del petróleo y gas presenta desafíos (Lyons et. al., 2021). Se requiere la integración de datos de diversas fuentes y características para obtener modelos y pronósticos más precisos y ajustados a la realidad operativa de los activos (Lyons et. al., 2021; Rafiee et. al., 2022). La representación modular de los sistemas en las distintas etapas de la cadena de valor de los hidrocarburos también plantea un desafío debido a su complejidad, lo que exige la integración de una variedad de modelos. Además, la incapacidad de predecir con precisión los cambios tecnológicos futuros, los patrones de consumo y las políticas públicas genera incertidumbre en el pronóstico de emisiones. Frente a estos desafíos, la transformación digital y una adecuada gestión de datos pueden respaldar la gestión de los pronósticos de emisiones de GEI en diversos escenarios operativos y niveles organizacionales, brindando soporte para la toma de decisiones (Lyons et. al., 2021; Rafiee et. al., 2022).

En este trabajo se presenta la implementación detallada de una metodología para el pronóstico de emisiones

utilizando la aplicación Aurion (Rafiee et. al., 2022) en un proyecto de desarrollo de un activo de hidrocarburos no convencional. Se examinan diferentes escenarios de gestión que abarcan desde el uso de combustibles fósiles para la generación eléctrica en el campo hasta la transición hacia la generación de energía mediante hidrógeno azul y verde. Además, se tienen en cuenta los cambios en los consumos e inventarios relacionados con las distintas etapas de desarrollo del campo, y el efecto que estos tienen sobre la estimación de emisiones de GEI. Además de la implementación detallada de la metodología de pronóstico de emisiones, este trabajo busca generar valor agregado al abordar los desafíos específicos relacionados con la estimación de emisiones en la industria del petróleo y gas. Se propone una solución que integra la digitalización y la gestión de datos como herramientas clave para superar las limitaciones existentes en la estimación de emisiones. Al aprovechar la transformación digital y la disponibilidad de datos en tiempo real, se puede mejorar la precisión y confiabilidad de los pronósticos, así como facilitar la adaptación a los cambios tecnológicos y las políticas en el futuro. Esta aproximación innovadora contribuye a la toma de decisiones informadas, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible de las emisiones de GEI en la industria de hidrocarburos.

## Pronóstico de emisiones de GEI

En este trabajo se utiliza la aplicación Aurion de Tachyus (Rafiee et. al., 2022), una herramienta web diseñada para el cálculo, pronóstico, gestión y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Aurion ha sido desarrollada con el propósito de ofrecer una solución digital y completa para la gestión de las emisiones de GEI en industrias intensivas en este aspecto (Rafiee et. al., 2022).

La figura 1 ilustra las principales características de la plataforma. Primeramente, permite una integración óptima y simplificada de datos provenientes de múltiples fuentes y de diferentes tipos, lo cual es especialmente relevante en sistemas de datos complejos como los que se encuentran en la industria petrolera. Asimismo, la aplicación facilita la estimación y el reporte de las emisiones de GEI utilizando modelos ampliamente aceptados, como los incluidos en el *API GHG Compendium* (American Petroleum Institute, 2021), así como la posibilidad de desarrollar modelos personalizados para informes corporativos o gubernamentales. Aurion también ofrece la capacidad de realizar pronósticos de emisiones futuras. Además de sus funcionalidades de cálculo y pronóstico, Aurion permite el monitoreo continuo de las emisiones de GEI. Además, proporciona la generación de informes de ESG (*Environmental, Social, and Governance*) y análisis

avanzados, como la sensibilidad de modelos o el análisis de curvas de abatimiento de costo marginal (MACC).

En el contexto del pronóstico de emisiones futuras de gases de efecto invernadero (GEI), la aplicación se basa en la integración de modelos de estimación de emisiones y en la proyección de datos relacionados con la producción, los consumo y los inventarios futuros. Esto permite a las empresas obtener información valiosa sobre las tendencias futuras de las emisiones, lo que a su vez facilita la planificación estratégica y la adopción de medidas efectivas para reducir las emisiones y cumplir con los objetivos de sostenibilidad.

La figura 2 muestra de manera esquemática el flujo de trabajo implementado para generar pronósticos de emisiones. En primer lugar, las proyecciones se calculan de forma automática a partir del procesamiento dinámico de archivos que contienen información sobre los planes de desarrollo de los activos que se están estudiando. Esto permite obtener estimaciones precisas y actualizadas de las futuras operaciones y actividades relacionadas con los GEI. Por otro lado, la aplicación configura automáticamente el modelo de estimación de emisiones de acuerdo con los requisitos específicos de cada caso. Esto garantiza que se utilicen los métodos y parámetros adecuados para calcular las emisiones futuras de manera precisa y confiable.



Figura 1. Principales características de la plataforma para la gestión integral de emisiones de GEI.



Figura 2. Flujo de trabajo utilizado para la estimación de emisiones.

## Caso de Estudio

A continuación, se describe el caso estudio y se delimitan las consideraciones tenidas en cuenta para la generación de pronósticos.

Descripción del caso. En este caso, se presenta el desarrollo del pronóstico para un campo de hidrocarburos no convencionales en etapa temprana de desarrollo. La figura 3 presenta la producción futura estimada para el campo, en barriles equivalentes de petróleo (boe), y los pozos activos que se pronostican tener por cada año de la operación entre 2023 y 2052. Ambas tendencias responden a los planes definidos por la operadora para el desarrollo del activo. Asimismo, estas tendencias tendrán influencia en las proyecciones de consumos e inventarios que afectan el estimado de emisiones futuras.

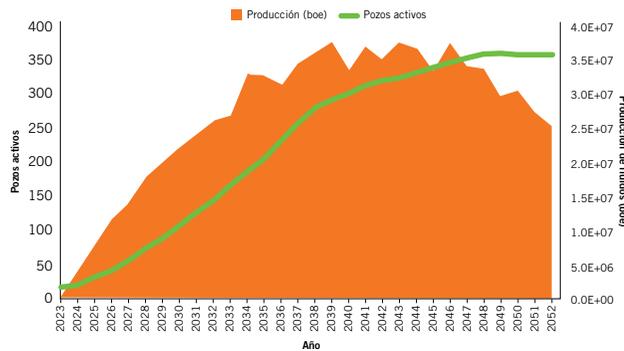


Figura 3. Estimado de producciones futuras y pozos activos en el campo.

Modelo de Emisiones. Para este estudio, se utiliza un modelo de emisiones basado en los cálculos sugeridos por el API GHG Compendium (*American Petroleum Institute*, 2021). Las principales fuentes de emisión consideradas son:

- Gases residuales: Se considera una tasa de 3590 scfd de gases residuales enviados a antorcha durante la vida productiva del campo. Además, se usa un factor de emisión calculado a partir del contenido de carbono y de metano del gas de combustión, considerando una eficiencia del 98% en la quema de gas.
- Procesos y venteos – Dispositivos Neumáticos: Se consideran la cantidad de dispositivos neumáticos presentes en el campo como función de la cantidad de pozos en actividad.
- Procesos y venteos – Gas Flasheado en tanques: Se considera la relación de gas disuelto estimada de acuerdo con el tipo de fluido.
- Fugitivas: Se estiman basadas en el modelo del API GHG Compendium basado en la producción de petróleo.
- Combustión - Diesel: Se considera un consumo de 270000 gal de diésel por cada pozo nuevo puesto en operación.
- Combustión – Gas: Al igual que para el caso de la estimación de emisiones relacionadas a gases residuales, se estima el factor de emisión a partir del contenido de carbono y metano de los gases.
- Emisiones indirectas: Se toman las emisiones relacionadas con la generación de energía eléctrica fuera del activo.

Escenarios. En el estudio, se presentan seis escenarios para evaluar los pronósticos, los cuales se detallan en la tabla 1. Estos escenarios se definen en función de la fuente de energía eléctrica utilizada en el campo. Se consideran diversas fuentes de energía, desde las de origen fósil hasta el uso de hidrógeno verde. Los factores de emisión utilizados se basan en análisis de ciclo de vida (LCA) de los procesos de generación eléctrica correspondientes (Kolodziejczyk, 2023). En todos los escenarios, se plantea la transición hacia la fuente de energía característica del escenario para el año 2030.

Escenario	Fuente de energía eléctrica	Factor de emisión
1	Gas Natural	0.529 mtCO2/MWh
2	Electricidad de matriz eléctrica	0.112378 mtCO2/MWh
3	Hidrógeno rosa	0.030 mtCO2/MWh
4	Hidrógeno verde - energía solar	0.043 mtCO2/MWh
5	Hidrógeno verde - energía hidroeléctrica	0.021 mtCO2/MWh
6	Hidrógeno verde - energía geotérmica	0.037 mtCO2/MWh

Tabla 1. Fuentes de energía eléctrica usadas por escenario.

Eventos. Además de los escenarios, se proponen los siguientes eventos a considerar en los pronósticos de emisiones.

- En 2025 se realiza la transformación de dispositivos neumáticos a Instrument Air, lo cual hace que se deje de emitir por dicho concepto.
- En 2027 se adapta una unidad de recobro de vapor (VRU) en el tanque con una eficiencia del 95%, lo cual reduce las emisiones por ese concepto.
- En 2028 se reducen las quemas rutinarias en un 65%, haciendo que se reduzcan las emisiones asociadas con gases residuales.

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados del modelo base y del pronóstico generados a partir del estudio en Aurion.

Modelo base. La base de emisiones de GEI de este estudio de pronóstico corresponde al año 2022. La figura 4 y la figura 5 muestran los resultados obtenidos del modelo base implementado. En primera instancia, se puede apreciar que, para dicha etapa, la mayor parte de las emisiones generadas corresponden a dióxido de carbono, que están mayoritariamente asociadas a la generación de energía, disposición de gases residuales y a la combustión de diésel para operaciones de perforación, completamiento y acondicionamiento. Entretanto, siguen en su orden las emisiones de metano que se encuentran más relacionadas a fuentes de emisiones asociadas con procesos y venteos, y emisiones fugitivas.

Por otra parte, la carbono-intensidad indica que, en el periodo base de 2022, se emiten 146.11 kg de dióxido de carbono equivalentes<sup>2</sup> por cada barril equivalente producido<sup>3</sup>; mientras que la metanointensidad muestra que, por cada barril, se emiten 0.624 kg de metano.

Pronósticos. Los resultados generales de las emisiones de gases de efecto invernadero se muestran en la figura 6 y la figura 7. En la Figura 6 se representa el pronósti-

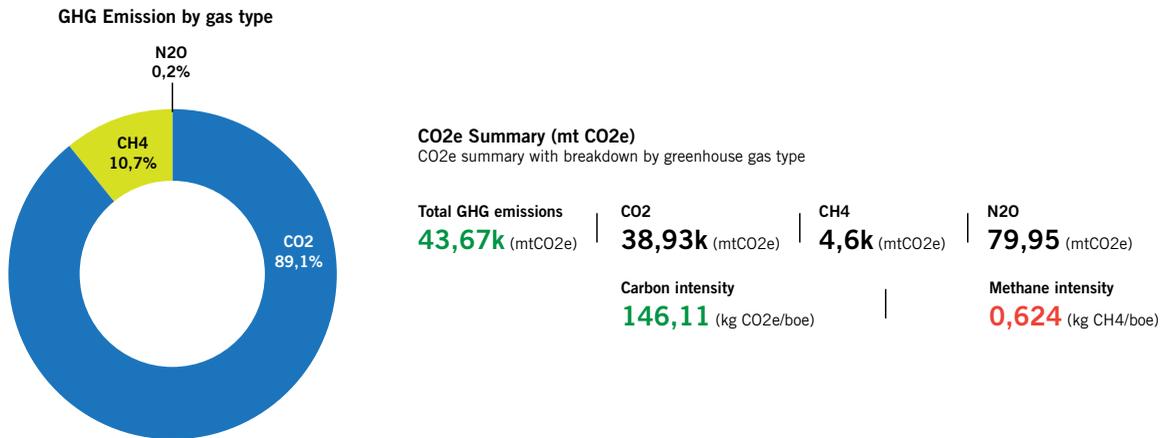


Figura 4. Resumen de resultados de caso base y desagregación por tipo de gas.

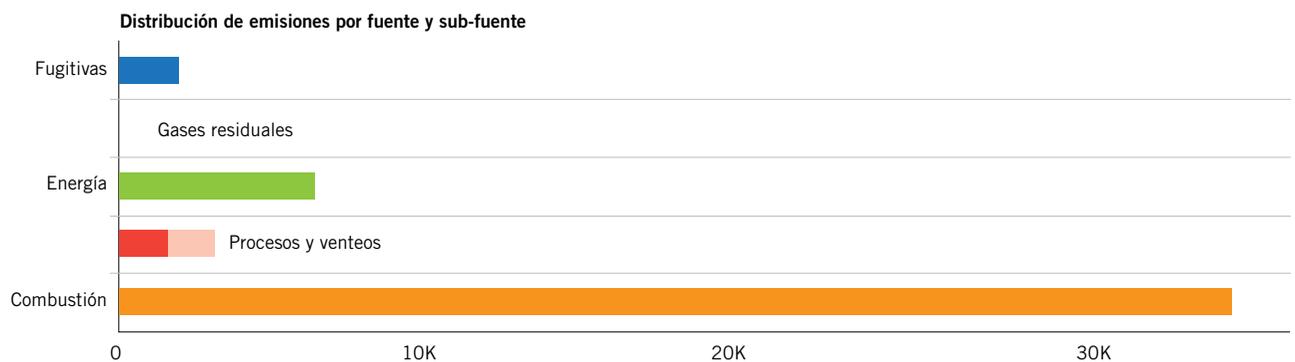


Figura 5. Desagregación de resultados del caso base por fuente y sub-fuente de emisión.

co de emisiones de GEI generado a partir del modelo de emisiones y las correspondientes proyecciones. Se observa que, en todos los escenarios, las emisiones tienden a aumentar a medida que el proyecto avanza en madurez, y disminuyen a medida que la producción del campo entra en una etapa más madura. Además, se destaca que la instalación de la unidad de recobro de vapor (VRU) en los tanques, que ocurre en el año 2027 según el pronóstico, tiene un efecto significativo en la reducción de las emisiones, como se aprecia en las curvas.

Al comparar los resultados entre los escenarios, se observa que el primer escenario, basado en el uso de gas natural como combustible para la generación eléctrica, presenta las mayores emisiones de GEI durante el período del pronóstico. Le sigue el escenario que utiliza energía eléctrica del sistema interconectado, que combina fuentes de energía renovables y no renovables de la matriz eléctrica nacional. Por último, los escenarios que se basan en la generación eléctrica a partir de hidrógeno generado por hidrólisis presentan las menores emisiones.

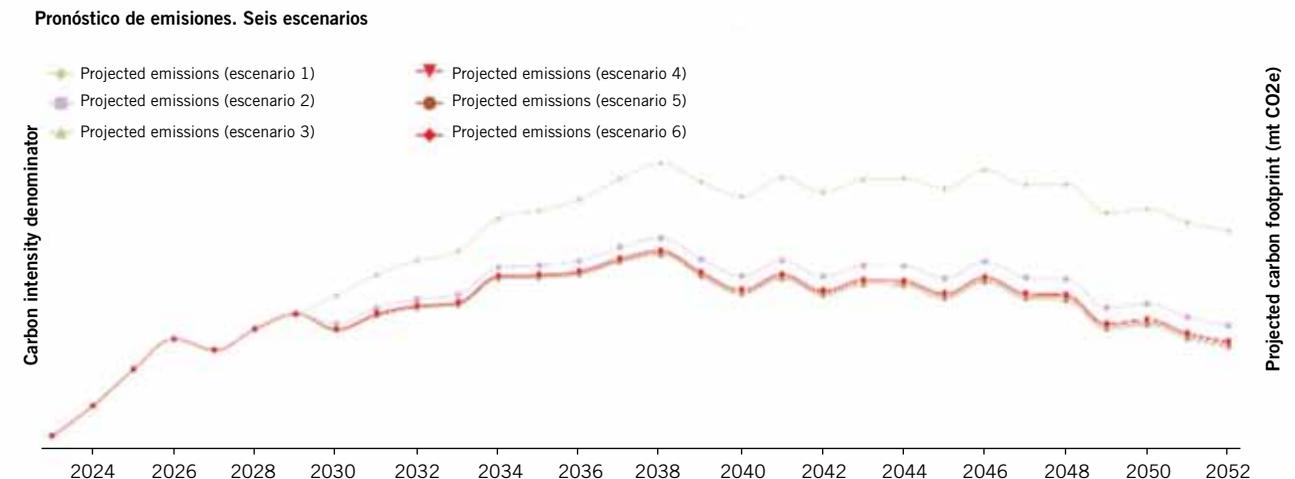


Figura 6. Comparativo de resultados de emisiones de GEI generados por Aurion para los escenarios.

**Pronóstico intensidad de carbono**

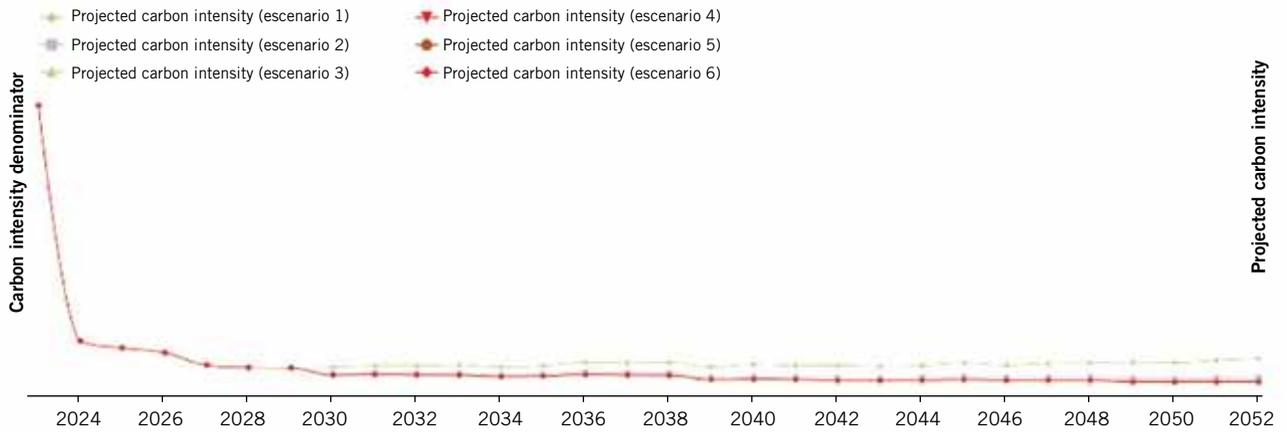


Figura 7. Comparativo de resultados de intensidades de carbono generados por Aurion para los escenarios.

**Forecast breakdown by emissions**

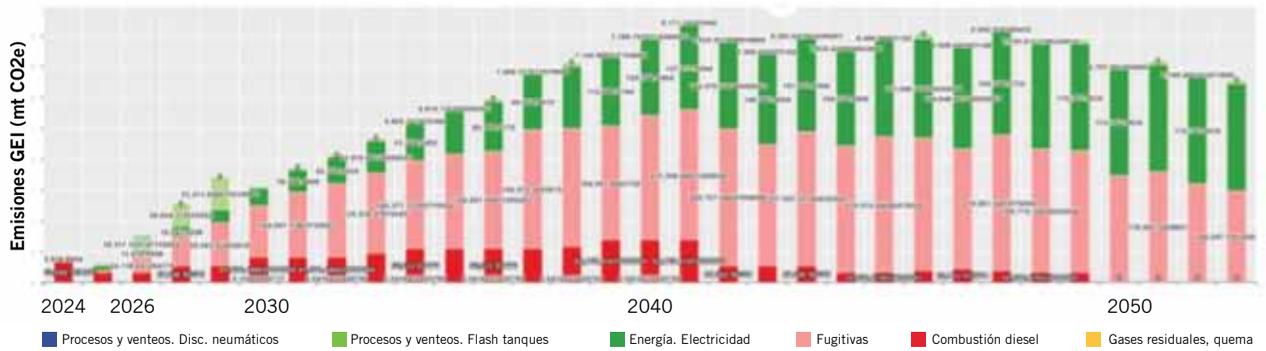


Figura 8a. Resultados de pronósticos desagregados por fuente de emisión – Escenario 1.

**Forecast breakdown by emissions**

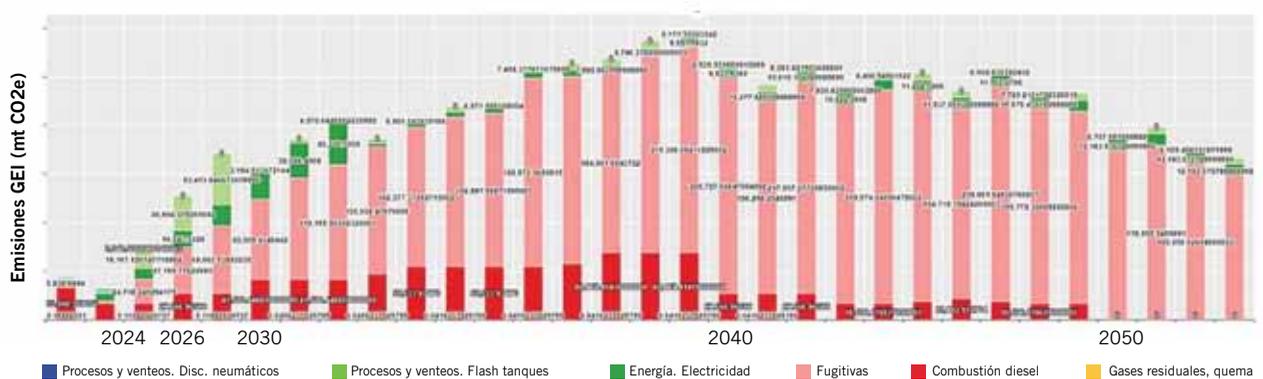


Figura 8b. Resultados de pronósticos desagregados por fuente de emisión – Escenario 6 Conclusiones

Entre estos, el uso de hidrógeno verde generado a partir de electricidad proveniente de hidroeléctricas tiene la menor huella de carbono, seguido por el uso de hidrógeno rosa (generado a partir de energía nuclear). En contraste, los casos de hidrógeno verde generados a partir de electricidad proveniente de energía solar y geotérmica presentan una huella de carbono ligeramente mayor.

En la figura 7 se muestra la disminución de la intensidad de carbono a medida que el proyecto avanza en ma-

durez. Esto se debe a que el aumento en la producción es proporcionalmente mayor al aumento de las emisiones en todos los escenarios. Adicionalmente, la tendencia de carbono intensidad por escenario muestra valores mayores para el escenario con combustibles fósiles mientras que valores menores para el uso de hidrógeno.

La figura 8 muestra las emisiones de dos de los seis escenarios desagregadas por fuente de emisión. Para todos los casos, se tiene que las emisiones asociadas con fugas

se convierten en la principal fuente de emisiones en la etapa madura del proyecto de acuerdo con las estimaciones. Por otro lado, se muestra que las emisiones por disposición de gases residuales y por venteo de dispositivos neumáticos son poco relevantes en la estimación de este inventario. Además, se logra denotar el efecto de la instalación de la VRU en la reducción de las emisiones por pérdidas en tanques en todos los escenarios.

Por otro lado, al comparar la distribución de las emisiones por fuente de emisión entre los escenarios, se puede apreciar claramente la que el primer escenario tiene una intensidad mayor para la generación de energía, mientras que esta es significativamente menor para los escenarios que utilizan hidrógeno (Figura 8-b).

Se comprobó la aplicabilidad de la herramienta web utilizada para calcular, pronosticar, gestionar y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en industrias intensivas. La misma permite la integración de datos de múltiples fuentes, estimación y reporte de emisiones utilizando modelos aceptados, pronóstico de emisiones futuras y monitoreo continuo.

A partir de la curva base es posible llevar a cabo un pronóstico de emisiones basado en la integración de modelos de estimación y proyección de datos relacionados con la producción, consumo e inventarios futuros. Para el caso estudio, se utiliza un modelo de emisiones basado en el API GHG Compendium, considerando diferentes fuentes de emisión como gases residuales, procesos y venteos, emisiones fugitivas, combustión de diésel y gas, y emisiones indirectas. Además, se permiten evaluar varios escenarios de fuentes de energía eléctrica, desde gas natural hasta hidrógeno verde.

Los resultados muestran que las emisiones tienden a aumentar con el avance del proyecto, pero disminuyen a medida que la producción entra en una etapa más madura. El escenario de gas natural presenta las mayores emisiones, seguido por la energía eléctrica del sistema interconectado, mientras que los escenarios de hidrógeno presentan las menores emisiones. Por otra parte, la instalación de una unidad de recobro de vapor (VRU) reduce significativamente las emisiones en todos los escenarios.

Las emisiones por fugas se convierten en la principal fuente de emisiones en la etapa madura del proyecto, mientras que las emisiones por disposición de gases residuales y venteo de dispositivos neumáticos son menos relevantes.

Los escenarios que utilizan hidrógeno presentan una menor intensidad de carbono en comparación con los escenarios de combustibles fósiles. La distribución de emisiones por fuente varía entre los escenarios, destacando la importancia de la fuente de energía utilizada.

Este estudio es fácilmente escalable y adaptable a los requerimientos particulares de compañías. Aurion es una solución versátil y escalable que ayuda a las empresas a gestionar y reducir sus emisiones de GEI de manera efectiva. Proporciona una visión integral de las emisiones y permite la planificación estratégica para la sostenibilidad ambiental, al tiempo que cumple con las regulaciones y mejora la reputación corporativa.

## Nomenclatura

API = American Petroleum Institute.

ESG = Environmental, Society, and Governance.

GHG = Greenhouse Gases.

GEI = Gases de Efecto Invernadero.

IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change.

VRU = Vapor Recovery Unit.

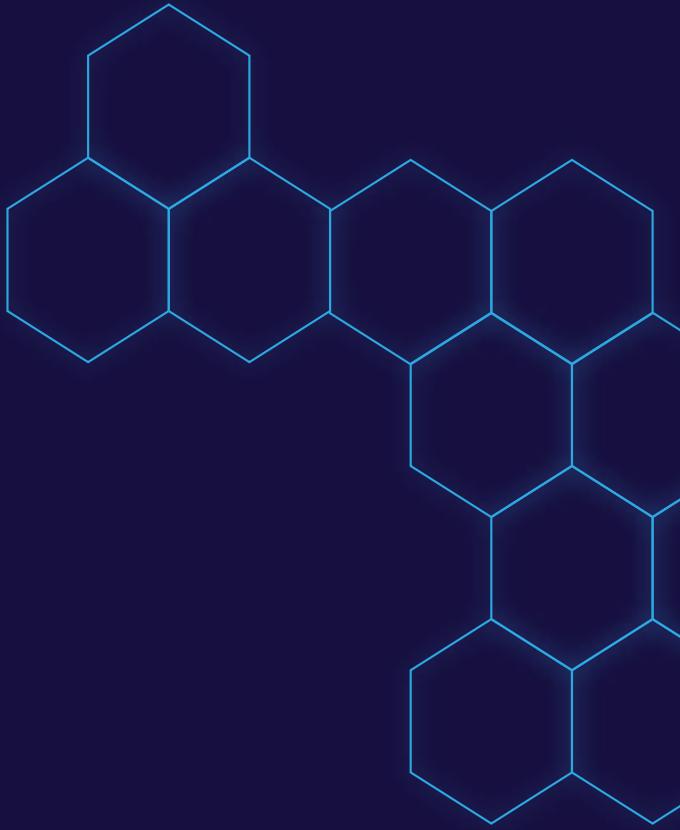
## Referencias

- American Petroleum Institute. (2021). "Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Natural Gas and Oil Industry". Recuperado de <https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>.
- Beck, C., Rashidbeigi, S., Roelofs, O., & Speelman, E. (2020). "The future is now: How oil and gas companies can decarbonize". McKinsey and Company: Oil and Gas Analysis". Recuperado de <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-future-is-now-how-oil-and-gas-companies-can-decarbonize>
- Gabrielli, P., Gazzani, M., & Mazzotti, M. (2020). "The role of carbon capture and utilization, carbon capture and storage, and biomass to enable a net-zero-CO2 emissions chemical industry". *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59(15), 7033-7045. Recuperado de <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b06579>
- Kolodziejczyk, B. (2023, marzo 6). "How to understand the carbon footprint of green hydrogen". *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2023/03/understand-carbon-footprint-green-hydrogen/>
- International Energy Agency. (2022). "World Energy Outlook 2022". Recuperado de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>
- IPCC. (2021). "Summary for Policymakers". En *IPCC AR6 Synthesis Report: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf)
- Lyons, M., Appathurai, S., Vasquez, M., Bolikowski, L., Alcalá, P., Carducci, F., & Tarabelloni, N. (2021, septiembre 20). "The AI angle in solving the oil and gas emissions challenge". *BCG Global*. Recuperado de <https://www.bcg.com/publications/2021/ai-in-oil-and-gas-emissions-challenge>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2020). "Informe de la ONU sobre la brecha de emisiones 2020". Recuperado de <https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/34426/EGR20.pdf>
- Rafiee, J., Sarma, P., Gutierrez, F., Hilliard, R., Calad, C. M., Angulo, O., & Boyer, B. (2022, April). "Energy Transition Meets Digital Transformation: Design and Implementation of a Comprehensive Carbon Emissions Estimation and Forecasting Platform". En *Offshore Technology Conference*. OnePetro. Recuperado de <https://doi.org/10.4043/31747-MS>
- 1 Factor de emisión indirecto asociado al uso de electricidad del sistema interconectado de Colombia para inventario de gases de efecto invernadero. Calculado por XM para 2022.
  - 2 Considera la totalidad de gases de efecto invernadero calculados con el dióxido de carbono como referencia a partir de su potencial de calentamiento global a 100 años.
  - 3 Considera la totalidad de hidrocarburos producidos llevados a barriles de petróleo como nivel de referencia.



INSTITUTO ARGENTINO  
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

En el Marco de



# J(R)ED<sup>3</sup>

JORNADAS REVOLUCIÓN DIGITAL  
PARA PETRÓLEO Y GAS

23-24 OCT  
2024, NEUQUÉN



INSTITUTO ARGENTINO  
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

Maipú 639 (C1006ACG) - Buenos Aires, Argentina  
Tel: (54 11) 5277 IAPG (4274) - [www.iapg.org.ar](http://www.iapg.org.ar)





# Medidas y estrategias de gestión de la biodiversidad en áreas río Colorado y La Calera

Por **Patricia López, Bárbara Pessolano, Mauricio Giordano y Silvia Truco** (Pluspetrol)

*Este trabajo fue seleccionado del 5º Congreso Latinoamericano y 7º Nacional de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente en la industria del Petróleo y del Gas del IAPG, 2023.*

**Planes y acciones específicas de mitigación tendientes a evitar y minimizar el impacto de las operaciones sobre ciertas especies de fauna local.**

Es conocido que la biodiversidad y los servicios ecosistémicos aportan beneficios ecológicos, culturales y económicos esenciales para la sociedad a la vez que contribuyen con procesos fundamentales como la regulación del clima. La pérdida de biodiversidad y los impactos que se generan en distintos ecosistemas a nivel mundial repercuten sobre la consecución de las metas globales tales como reducir la pobreza, aumentar la seguridad alimentaria, asegurar el bienestar y la buena salud de las poblaciones y garantizar el acceso al agua limpia.

Algunas actividades del Oil & Gas tienen lugar en/o cerca de entornos naturales sensibles, que requieren una gestión sostenible y responsable para evitar efectos directos e impactos irreversibles sobre la biodiversidad y los servicios (BES abreviación adoptada por sus siglas en inglés "Biodiversity and Ecosystem Services").

Alineado con el Propósito de Pluspetrol de "Potenciar el desarrollo energético sostenible para el bienestar de las actuales y futuras generaciones" y, con la Política de Sostenibilidad la cual declara que: "Desarrollamos nuestras actividades mejorando en forma permanente las buenas prácticas y buscando la excelencia en los procesos para lograr nuestros objetivos de crecimiento y sostenibilidad", la identificación de áreas sensibles y en particular las definidas por la presencia de alta biodiversidad y/o sitios de interés biológico, en nuestros activos y su área de influencia, es de vital importancia para la gestión de riesgos e impactos en el desarrollo de nuevos proyectos y de las operaciones existentes.

A nivel general contamos además con 6 Reglas Ambientales, una serie de normas básicas que enmarcan nuestras prácticas operativas en materia ambiental y fortalecen la toma de conciencia sobre estos aspectos.

La Regla Ambiental "Gestión de Áreas Sensibles" define la sensibilidad ambiental particular de un área considerando la existencia de áreas protegidas, sitios de importancia reconocidos por organismos internacionales y nacionales, lugares críticos con presencia de alta biodiversidad y/o sitios de interés biológico particular (según Pluspetrol, los sitios de interés biológico particular son por ejemplo aquellos con presencia de endemismos o especies con cierto grado de protección) ., así como también zonas de riqueza arqueológica / paleontológica. A partir de esta definición, en estas áreas diseñamos e implementamos acciones específicas y herramientas de gestión acordes con las características y complejidades de la sensibilidad definida.

Ejemplo de esto es el Estándar de Gestión de la Biodiversidad que desde 2017 forma parte de los documentos



Figura 1. Reglas Ambientales de Pluspetrol.

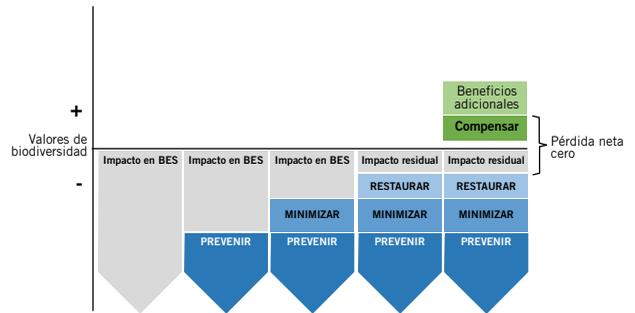


Figura 2. Esquema de aplicación de la Jerarquía de Mitigación. Fuente: modificado de UICN (2015).

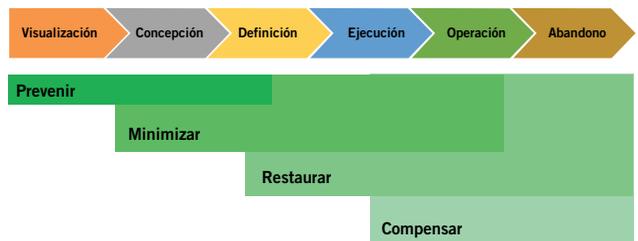


Figura 3. Esquema de aplicación de la Jerarquía de Mitigación en el ciclo de vida de un proyecto del O&G. Fuente: elaboración propia

normativos a nivel Compañía. Tiene como principal objetivo establecer las pautas generales a ser consideradas para la protección y la gestión de riesgos e impactos a la BES, si bien aborda cuestiones generales para todas las áreas operadas, pone el foco en definir requisitos específicos que se siguen cuando las actividades se desarrollan en áreas de sensibilidad ambiental. Con base en estas pautas se definió, diseñó e implementó una Estrategia de Gestión de la Biodiversidad basada en la "Jerarquía de Mitigación". El modelo propone un conjunto de acciones priorizadas y secuenciales (Figura 2) que se aplican para reducir los posibles impactos negativos de las actividades y proyectos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos; no se trata de un proceso lineal unidireccional, sino que habitualmente implica la repetición de sus pasos.

La Jerarquía de Mitigación hace hincapié primero en la prevención de los impactos negativos, a través de evitarlos y minimizarlos (componentes preventivos), para luego considerar la restauración y posteriormente la compensación (componentes de remediación) . El marco es más eficaz cuando se aplica en las primeras etapas de diseño y planificación de los proyectos (Figura 3).

## Contexto del estándar de gestión de biodiversidad que aplicamos – relación con jerarquía de mitigación.

A nivel Corporativo, Pluspetrol define la Estrategia Global de Biodiversidad la cual considera, por un lado, un enfoque estratégico de los objetivos del negocio y por otro, tendencias en la materia en base a lineamientos sectoriales y normativas internacionales, como así también las características particulares del entorno en cada una de las áreas operativas.

A partir de esto y de forma estandarizada en todas las Unidades de Negocio, aun cuando las actividades u operaciones se desarrollen en áreas no sensibles desde el punto de vista ambiental pueden existir aspectos y/o impactos significativos sobre la biodiversidad y, por lo tanto, este factor debe ser gestionado adecuadamente. En estos casos la gestión de la biodiversidad se desarrolla de manera integrada con los sistemas de gestión locales.

Cuando las actividades y operaciones se realizan dentro de áreas sensibles se cumple con lineamientos y medidas de conservación específicos que se definen siguiendo el proceso que se muestra a continuación:



Figura 4. Proceso de definición de lineamientos y medidas de conservación de la BES según el Estándar de Gestión de la Biodiversidad.

## Diagnóstico de la biodiversidad-línea de base

El primer paso en este proceso de gestión es la determinación del área de influencia directa asociada a las operaciones existentes y/o a los nuevos proyectos. La línea de base ofrece una caracterización actualizada de la biodiversidad en el área de influencia definida, destacando su importancia local y regional a la vez que permite evaluar su estado de conservación. Esta etapa de desarrollo con un enfoque integral que permite comprender la interrelación de los componentes de la biodiversidad así como los servicios ecosistémicos derivados de éstos.

La Línea de Base se confecciona a partir de la recopilación de la información existente, como por ejemplo: estudios de impacto ambiental, resultados de monitoreos periódicos, estudios específicos realizados propios o de terceros, etc. Esta información es luego validada y/o complementada con tareas de campo mediante evaluaciones rápidas de biodiversidad.

A continuación se presenta un estudio de caso que refleja el trabajo en proceso a partir de un diagnóstico inicial en relación a la presencia de dos especies endémicas de lagartijas en el área La Calera.

## Estudio de Caso: Implementación del Plan de Monitoreo Específico (PME) de lagartijas

En el área La Calera se ha identificado la presencia de 2 (dos) especies endémicas de lagartijas (*Liolaemus cu-*

*yumhue* y *Liolaemus calliston*). Técnicamente, los endemismos presentan uno o más de las siguientes características: (1) tienen un rango geográfico limitado (o único), (2) tienen solo una o unas pocas poblaciones restantes, (3) muestran un tamaño de población pequeño y poca variabilidad genética, (4) por lo general son sobreexplotados por la especie humana, (5) exhiben tamaños de población en declive, (6) tienen baja capacidad reproductiva, (7) muestran demandas de nichos especializados, (8) crecen en entornos estables y casi constantes. Todos estos atributos, ya sea solos o en combinación, contribuyen fuertemente a que una especie sea propensa a la extinción a un ritmo mayor. Cuando los hábitats de una especie endémica son dañados y/o fragmentados por actividades antrópicas, los rangos de distribución, el tamaño de la población y la variabilidad genética de la especie se reducirán y sus miembros se volverán vulnerables a la extinción a una tasa más rápida que otras especies. Las especies con uno o más de los atributos anteriores deben ser monitoreadas y manejadas cuidadosamente en un esfuerzo por mantener la biodiversidad (Isik 2011).

En este sentido y en respuesta al criterio (1) *Liolaemus calliston* es una especie que se distribuye en una zona reducida de la provincia de Neuquén, mientras que *Liolaemus cuyumhue* tiene una distribución más restringida y definida en la región del bajo Añelo. Ambas especies, en la actualidad, están siendo estudiadas por lo que no se tiene mucha información de sus hábitos reproductivos y otros datos biológicos puntuales. Si bien solo *L. cuyumhue* está catalogada como En Peligro Crítico, *L. calliston* es una especie de reciente descripción (2017) y se encuentra en vías de categorización por la Asociación Herpetológica Argentina y organizaciones internacionales como la UICN. Son especies que habitan en un tipo de ambiente particular, por lo que son más sensibles a la fragmentación o alteración del hábitat por la actividad humana y la hidrocarbúrica en particular. Sumado a esto las lagartijas tienen hábitos muy específicos, son reptiles de sangre fría por lo que es más fácil divisarlas entre primavera y verano, particularmente estas especies poseen además, en la época estival presentan actividad bimodal es decir en dos momentos marcados del día. En invierno, bajan su actividad corporal manteniéndose en su cueva hasta que la temperatura vuelva a ascender.

Para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, y así medir y monitorear los efectos de las actividades humanas, se definen y miden parámetros que sirven para la construcción de indicadores que estiman propiedades emergentes de las comunidades ecológicas presentes en un área. Relevante y monitorear el estado y atributos de las poblaciones potencialmente afectadas por el trazado de infraestructuras lineales o concentradas sobre hábitats de importancia para la supervivencia de la fauna, permite diseñar estrategias de mitigación dirigidas para prevenir los efectos potenciales de las actividades humanas en la biodiversidad, esto se logra con la implementación del PME de lagartijas. A continuación, se presenta de forma esquemática la línea de tiempo en el desarrollo del PME que actualmente estamos implementando con campañas anuales.



Figura 5. Esquema de las etapas cumplidas previas a la implementación del PME de lagartijas en La Calera.

Las campañas de monitoreo se desarrollan en los meses estivales de cada año, se utiliza para esto la Técnica de Muestreo Estratificado en áreas de alta heterogeneidad ambiental y Muestreo al Azar o Sistemático en sectores más homogéneos o dentro de cada estrato. Los muestreos se realizan por separado para ambas especies debido a la existencia de hábitos diferenciales de uso de tiempo y espacio surgiendo la necesidad de utilizar métodos y técnicas diferentes. En todos los casos, las parcelas, puntos o transectas de monitoreo son georreferenciadas y cuando es necesario señalizadas con marcas transitorias; se realizan relevamientos por encuentro visual (REV), que consiste en la observación y conteo de organismos a lo largo de trayectos de distancia por periodo fijo y, relevamientos con captura y liberación de ejemplares de las especies objetivo con el fin de medir los siguientes atributos: tamaño corporal, cantidad de crías en preñez, sexo, identificación individual fotográfica para banco de datos digital. Estos atributos, junto a la abundancia, permiten estimar la viabilidad poblacional de la especie, es decir, el destino de cada población (si es estable, declina

o crece), de esta manera se sabrá con respaldo científico si es necesario aplicar medidas de mitigación sobre las especies y/o sus ambientes.

Finalmente, en base a los resultados de las primeras dos campañas de implementación del PME de lagartijas en La Calera, se elaboró el Plan de Conservación de las dos especies endémicas antes citadas. Dicho Plan toma como input el mapa de distribución de las especies actualizado y en función de la localización de cada proyecto respecto de las zonas de sensibilidad de las especies que se han definido, se activa el proceso de aplicación de un set de medidas de minimización de impactos que van desde analizar un cambio de ubicación del proyecto, pasando por la generación de corredores terrestres o biológicos a fines de minimizar la fragmentación del hábitat, hasta mecanismos de rescate y traslocación de individuos.

### Evaluación de impactos a la Biodiversidad

Las evaluaciones de impacto ambiental, como herramienta de gestión y proceso administrativo de obtención de licencias ambientales, incorporan la identifica-



Fotos 1 y 2. Registro fotográfico de los relevamientos realizados en la 2° Campaña del PME. En la imagen de la izquierda se observan dos ejemplares de *L. Calliston* y en la imagen de la derecha un individuo de la especie *L. Cuyumhue*.



Fotos 3 y 4. **vista de cobertores colocados en cables de líneas eléctricas.**

ción, el análisis y definición de medidas de gestión de los impactos significativos sobre la biodiversidad; para esto contar previamente con el desarrollo del diagnóstico y la línea de base es fundamental. Esta evaluación, a su vez se realiza desde etapas tempranas de planificación de los proyectos, por ejemplo en instancias de selección de alternativas, y considera analizar los impactos potenciales de todas las actividades que se desarrollen a lo largo del ciclo de vida del proyecto, de esta forma aumenta la posibilidad de prevenir impactos a través de definiciones como la selección apropiada del emplazamiento, planificación y diseño eficientes, etc. Las medidas de mitigación que se diseñan en cada Plan de Gestión Ambiental van acordes a la Jerarquía de Mitigación: prevenir – mi-

nimizar – remediar – compensar.

A continuación, se describen dos estudios de caso de aplicación de medidas de minimización y restauración de impactos identificados sobre la biodiversidad.

#### Estudio de caso: Protecciones en tendidos eléctricos en Área Río Colorado

Desde el año 2017, en el activo de Río Colorado (provincias de Mendoza y La Pampa) en las obras de líneas eléctricas se colocan cobertores de aislación de 15 KV a los cables desnudos que acometen en la set- monoposte, denominado tiro flojo. Esta aislación evita el contacto de las aves con cables desnudos al apoyarse en ellos. Por otra parte, también se ha implementado que los postes del tendido de línea eléctrica sean un metro más alto, quedando la cruceta portadora de cables un metro más abajo de la cima del poste donde habitualmente se apoyan las aves; de esta forma cuando las aves despliegan sus alas no toman contacto directo con los cables.

Adicionalmente, al detectarse alguna nidificación sobre las crucetas de hormigón, se coloca un poste cercano con un canasto para la reubicación del nido.

#### Estudio de Caso: Procesos de Revegetación Asistida en Área La Calera

Los activos La Calera y Río Colorado se ubican en la provincia fitogeográfica del Monte, con predominio de estepas arbustivas xerófilas, sammófilas (vegetación de arenales) o halófilas (vegetación de salitrales), siendo el



Fotos 5, 6 y 7: **reubicación de nidos.**



Fotos 8 y 9. Plantines entregados para el desarrollo de los trabajos de revegetación.



Fotos 10 y 11. Desarrollo de los trabajos de revegetación llevados a cabo en La Calera.



Fotos 12 y 13. Plantines emplazados en sitio a restaurar.

principal exponente la comunidad de “jarillas”. En este tipo de ambientes la vegetación cumple un papel primordial al ser fijadores de suelos, hábitat de especies y permitiendo la minimización de procesos erosivos (eólicos y fluviales).

Durante el año 2021 se llevó a cabo un proyecto de revegetación (0,7 Has) en sectores afectados por la actividad en el área La Calera: talud PAD G7-G8, acceso PAD G2, picada 5 y picada 6; los trabajos desarrollados permitieron promover el incremento de la cobertura vegetal

## GESTIÓN DE ÁREAS SENSIBLES

**pluspetrol**

### ZORRO GRIS

*Lycalopex gymnocercus*

Habita en ambientes abiertos tales como: monte, estepa, pastizal y arbustal. Se refugia en cuevas y huecos. Es de hábitos solitarios, básicamente crepuscular y nocturno.

Su alimentación es oportunista, pudiendo consumir desde frutos hasta presas como liebres, aves, reptiles, insectos y carroña.

DEBEMOS RESPETAR A LOS ANIMALES SILVESTRES EVITANDO SU DOMESTICACIÓN

ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

### ¿CÓMO PROCEDER?

No intentes tener contacto con ellos, no los perturbes.

No los alimentes

Disponé adecuadamente los residuos.

### RECUERDA QUE:

- Es una especie silvestre y como tal debe vivir en su hábitat natural.
- Puede transmitir enfermedades a los humanos, y nosotros a ellos.
- Especie clave en el ecosistema del Monte ya que facilita la colonización de árboles, arbustos y herbáceas.

Folletería de concientización para evitar domesticación de zorros.

nativa, fomentando la reactivación de los procesos ecosistémicos. En este proyecto se utilizaron 1200 plantines de especies nativas como Alpataco (*Prosopis flexuosa* var. *depressa*), Zampa (*Atriplex lampa*), Olivillo (*Hyalis*

argétea var. *latisquama*), Solupe (*Ephedra ocreata*), Melosa (*Grindelia chilensis*), y Coirón (*Stipa speciosa* var. *major*), todas provenientes del vivero ubicado en Valentina Norte ciudad de Plottier (Neuquén, Argentina).

EXCELENCIA EN LA GESTIÓN
ALERTA TORTUGAS

## Tortuga Terrestre (*Chelonoidis chilensis*)

Es endémica de los arbustales y bosques en las regiones áridas y semiáridas desde el Gran Chaco hasta el norte de la Patagonia.

La época de reproducción comienza en noviembre y termina en febrero.

Se han realizado varios avistamientos de estos ejemplares en el yacimiento Puesto Pinto durante el mes de octubre.

### RECOMENDACIONES

- Maneja con mucha atención, es fácil confundirlas con piedras.
- En caso de observar un ejemplar, **detené** la marcha, y **lleva** a un lugar seguro.
- Esta completamente prohibida la recolección de ejemplares.

Estado de conservación

EX	EW	CR	EN	VU	NT	LC
Vulnerable (IUCN) <sup>1</sup>						

Alerta de presencia de tortugas enviada vía e-mail interno y comunicación hacia las empresas contratistas.

## Plan de Acción sobre Biodiversidad

A partir de los resultados obtenidos en la línea de base y en la evaluación de impactos se diseña e implementa una estrategia de gestión conformada por un conjunto de medidas tendientes a la conservación y presevación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos potencialmente afectados, es el Plan de Acción sobre Biodiversidad (PAB). En este sentido, los ejes de trabajo a considerar dentro de cada PAB son:

- Optimización de la gestión de la biodiversidad.
- Monitoreo y definición de indicadores.
- Investigación.
- Conservación.
- Divulgación, concientización y educación.

Parte fundamental de un PAB es la divulgación, la toma de conciencia y la educación de los colaboradores principalmente en campo. Se presenta a continuación un estudio de caso que refleja prácticas de trabajo adoptadas para la difusión de aspectos vinculados con la gestión de la biodiversidad en las áreas operativas.

### Estudio de Caso: Campañas de concientización

La domesticación de fauna silvestre, principalmente zorros, es una problemática detectada en los yacimientos La Calera y Río Colorado. Está situación expone a nuestros colaboradores a sufrir mordeduras, rasguños o zoonosis y, a los animales, a sufrir deficiencias alimenticias, problemas de crecimiento, estrés, accidentes, enfermedades transmitidas por los humanos u otros animales domésticos, alteraciones en la cadena trófica, etc. Por otra parte, se debe recordar que existe normativa legal que prohíbe la caza de animales silvestres, por lo que la

tenencia como mascotas de esta clase de animales se encuentra asimismo vedada. Los animales silvestres cumplen un rol fundamental en el ecosistema y por eso es tan importante no alterar su nicho ecológico y los hábitos que desarrollan en su ambiente natural. Con lo objeto de revertir estas conductas se han realizado campañas de concientización, tanto de personal propio como de contratistas, incluyendo esta temática en los Planes de Capacitación Anuales, entrega de folletería y colocación de cartelera informativa en todos los campamentos y obradores de los yacimientos.

Sumado a esto durante la temporada estival, se realizan alertas de peligro a nuestro personal y al de empresas contratistas, para la protección de la tortuga terrestre, ya que es común encontrar individuos de esta especie en los caminos internos de los yacimientos.

## Monitorear

El monitoreo de biodiversidad es reconocido como una herramienta necesaria para la preservación y conservación de las especies dado que permite entre otros aspectos: distinguir entre cambios naturales y cambios producidos por la actividad humana, obtener información para la toma de decisiones en los proyectos/operaciones, proporcionar un sistema de alerta rápido que genere medidas de investigación o conservación específicas, aumentar el conocimiento sobre la biota, sus interacciones y posibles amenazas, entre otros.

Por esto es importante contar inicialmente con un Plan de Monitoreo de la biodiversidad, o bien de componentes específicos de ésta, que sean de interés para el área o la región, que soporte y alimente el diagnóstico o la línea de base. Posteriormente y con la necesidad de de-

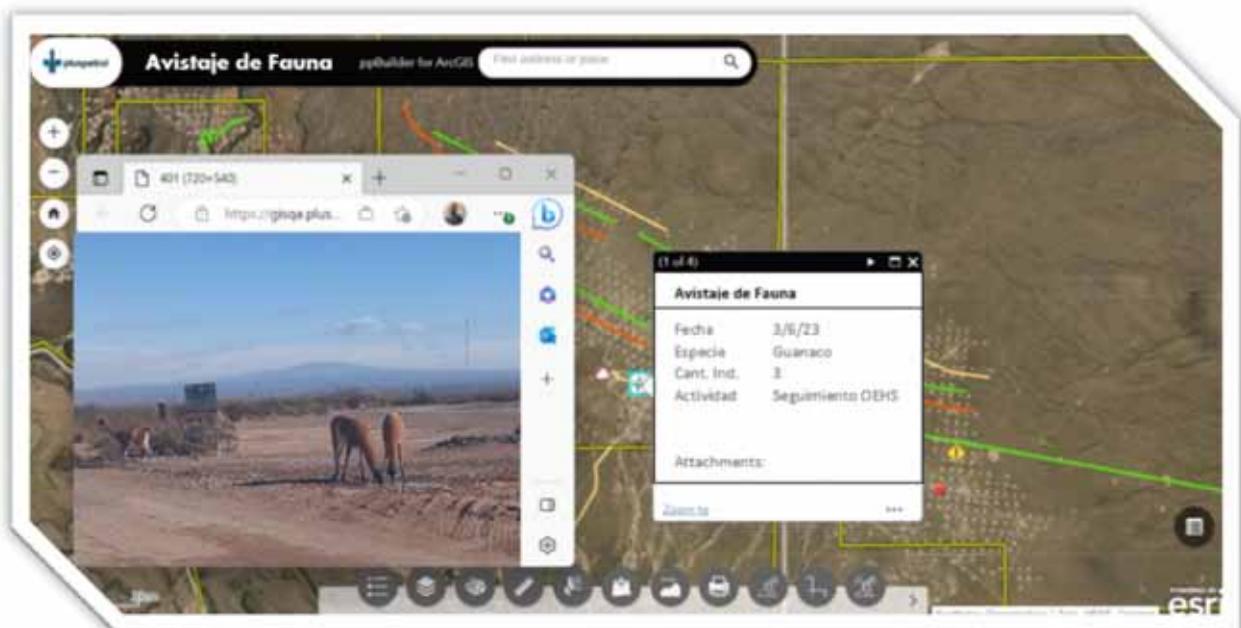


Figura 6. Visualización de un registro de avistaje de fauna silvestre en el GIS de Pluspetrol.

finir una estrategia de gestión de biodiversidad se deberá definir un Programa de Monitoreo regular que constituya un ciclo que permita la recalibración periódica de la estrategia definida e implementada.

Las acciones de monitoreo permiten determinar la efectividad de las medidas implementadas para preservar y/o minimizar el impacto sobre aquellas áreas definidas como de sensibilidad particular. El programa de monitoreo permite la detección temprana de riesgos e impactos de manera de generar modificaciones o mejoras en las prácticas operativas vigentes.

### Estudio de Caso: Registro de avistaje de fauna silvestre

El objeto de esta iniciativa es contar con una base de datos amplia de las especies de interés que se encuentran en los ambientes naturales de los entornos donde se opera, ya que esta información da soporte a las evaluaciones de impacto ambiental que se realizan para cada nuevo proyecto, como así también respalda el desarrollo e implementación de acciones de mitigación específicas.

En este sentido, dado que existe una alta probabilidad de que, tanto los colaboradores de Pluspetrol como de sus empresas contratistas, tengan encuentros o bien realicen avistamientos de la fauna del lugar (fauna silvestre) mientras realiza sus actividades diarias, es que se busca que la información que se puede generar con esta fuerza de trabajo alimente de forma regular las bases de datos en materia de biodiversidad de cada activo a la vez que, la participación de las personas en el proceso, genera una mayor conciencia e involucramiento en la gestión de la misma. Para esto se desarrolló un Registro de Avistaje de Fauna donde los colaboradores puedan identificar a las especies de interés, y luego realizar el reporte bajo un formato estandarizado.

Las especies que se busca identificar y registrar son las categorizadas como “de interés” por su importancia biológica y/o por su peligrosidad. Cada reporte se remite a una casilla de correo donde el equipo de EHS local procesa la información y remite al área de GIS and Mapping para el mapeo del avistaje en el GIS de Pluspetrol.

## Conclusiones

Se reconoce que la biodiversidad está disminuyendo muy rápido y que esto tiene implicaciones críticas para la salud de los ecosistemas y para la humanidad. Muestra de ello es la pérdida de bosques y la cantidad de especies en peligro de extinción que cada año aumenta.

Todas las actividades que realiza el hombre tienen la potencialidad de generar impactos sobre la BES, por eso es fundamental identificarlos anticipadamente para actuar de modo preventivo y proactivo. En otras palabras, el planeta es vulnerable a todo lo que hacemos y a cómo lo hacemos, de ahí la necesidad de que la industria ener-

gética evolucione constantemente para evitar la pérdida de la biodiversidad. Alcanzar el desarrollo sostenible de la actividad minimizando los impactos sobre este aspecto ambiental es posible a través de: la adecuación de procesos en etapas de exploración, desarrollo y producción; la modificación de pautas de diseño de instalaciones; el refuerzo de las instancias de monitoreo y mejora continua, entre otros. Sumado a esto, existe a nivel internacional un marco de buenas prácticas (desarrolladas por entidades como IOGP-IPIECA, ARPEL, Banco Mundial, Naciones Unidas) que define un proceso organizado en todo el ciclo de vida de los activos para reducir los impactos negativos y potenciar los impactos positivos hacia la biodiversidad. Estas buenas prácticas se están convirtiendo en las condiciones mínimas para operar y son adoptadas cada vez más por las empresas y las regulaciones de los países.

Alineado con lo anterior, en Pluspetrol se adoptó un modelo de gestión ambiental a través del Estándar de Gestión de la Biodiversidad que nos permite identificar los impactos de las actividades y tomar acciones en todas las etapas del ciclo de vida del negocio. Estas acciones están orientadas a Evitar, Minimizar y Restaurar los posibles cambios o impactos negativos en la biodiversidad, asimismo, y según el tipo de ámbito y realidad en la que se desarrolle un proyecto, se promueve la Compensación de los impactos residuales. De esta forma el resultado de las acciones implementadas busca no sólo generar el mínimo impacto posible, sino que permite alcanzar un equilibrio (conocido como Impacto Neutro), y tal vez incluso generar un valor agregado en favor del ambiente (lo que se conoce como Ganancia Neta). Los estudios de caso aquí presentados evidencian las acciones que se implementan en Pluspetrol en este marco de Gestión de la Biodiversidad que se ha definido a nivel Compañía.

## Bibliografía

- Corral Gómez, J. N.; Silva Ruiz L. T.; Vargas Troncoso S. A. (2021). La no pérdida neta de la biodiversidad como objetivo de la gestión ambiental estratégica del territorio.
- IPIECA-IOGP (2018). Biodiversity and ecosystem services fundamentals: A summary BES management practices for the oil and gas industry.
- IPIECA-IOGP (2022). A guide to developing biodiversity action plans. For the oil, gas and alternative energy sector.
- PLUSPETROL (2017). 00GLB-AAM-EST-002 - Estándar de Gestión de la Biodiversidad.
- PLUSPETROL (2017). 00GLB-AAS-EST-009 – Estándar de Identificación de Áreas Sensibles Ambientales y Sociales.
- PLUSPETROL (2019). 00GLB-AMB-EST-003 - Estándar de Reglas Ambientales.
- The Biodiversity Consultancy. (2015). A cross-sector guide for implementing the Mitigation Hierarchy.

Seguinos en nuestras redes



INSTITUTO ARGENTINO  
DEL PETROLEO Y DEL GAS

[www.iapg.org.ar](http://www.iapg.org.ar)



# Protección del recurso hídrico frente al nuevo paradigma de la industria hidrocarburífera: estrategias preventivas y de remediación de acuíferos someros en la provincia del Neuquén

Por *Ioana Gianoglio, Franco Bono Rapp, Nadia Curetti, José Luis Stempelet, Camila Jauge y Nasib Neme*  
(Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia del Neuquén)

**Experiencias y estrategias de adaptación llevadas adelante por la subsecretaría de recursos hídricos de la provincia del Neuquén en lo referente a la protección de la integridad de los acuíferos someros.**

*Este trabajo fue seleccionado del 5º Congreso Latinoamericano y 7º Nacional de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente en la industria del Petróleo y del Gas del IAPG, 2023.*

La industria hidrocarburífera en la Provincia del Neuquén nació a principios del siglo pasado, con el descubrimiento de recursos hidrocarburíferos en el centro de la Provincia en el año 1904 (Blanco et al. 2018). En el año 1918 se construye el Pozo N°1 en inmediaciones de la localidad de Plaza Huinca y da origen a una actividad, profundamente arraigada con la identidad provincial, que se extiende hasta nuestros días.

Con el desarrollo de la industria hidrocarburífera en el territorio provincial, principalmente con la incorporación de explotaciones no convencionales en “Vaca Muerta”, el rol del estado provincial como organismo contralor en materia ambiental y de preservación de los recursos hídricos debió adaptarse a los nuevos desafíos que plantea esta industria.

Durante la década de los ‘90, la provincia reglamenta la Ley 899/90 estableciendo el “código de aguas”, ley marco para la preservación, ordenamiento y aprovechamiento de los recursos hídricos dentro del territorio. Dicha ley establece las atribuciones y obligaciones de una Autoridad de Aplicación (AA) en la materia.

Sin bien la realidad de la adopción de medidas de administración y cuidado de los recursos hídricos en la provincia inició con antelación al código de aguas; la sanción de la mencionada ley dió un marco normativo específico, mayor peso administrativo y una mayor relevancia al recurso que desembocó en la concreción de organismos de control especializados. Estos organismos desarrollaron una tarea de suma importancia, constancia y relevancia para las futuras políticas de gestión a futuro.

En este contexto, y con la creación de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia del Neuquén (SsRH) a finales del año 2015, los recursos disponibles, el aumento del equipo técnico profesional, y las posibilidades de control y participación crecieron de manera sostenida.

En el contexto actual, el principal desafío que afronta la SsRH es el cumplimiento de sus obligaciones y responsabilidades en el marco de la responsabilidad social, la integridad del recurso hídrico y su aprovechamiento eficiente y sostenido, así como el acompañamiento del desarrollo productivo de la provincia.

En pos de avanzar con estos objetivos, dentro de la SsRH se crearon organismos de control específicos para responder a las demandas derivadas de la explotación y desarrollo hidrocarburífero en la provincia. Actualmen-

te, la Dirección Provincial de Evaluación y Fiscalización Hídrica de la Actividad Hidrocarburífera (DPEFHAH).

Dentro de la DPEFHAH se gestionan, entre otras cuestiones, las tramitaciones concernientes a la protección del recurso hídrico superficial (permanentes y temporarios), así como los acuíferos (potenciales o permanentes, profundos o someros). Éste organismo es quien agrupa las distintas partes que atañen a la aplicación del código de aguas en todas las etapas de la industria hidrocarburífera (upstream, midstream, downstream, desarrollo, exploración, comercialización, etcétera; así como las industrias asociadas a la misma)

Es inherente al desarrollo de la producción hidrocarburífera la ocurrencia de incidentes ambientales, derrames, roturas de ductos, blowout, etcétera; que conllevan el abordaje de medidas reactivas y preventivas para minimizar lo máximo posible tanto la duración como la magnitud del impacto sobre el recurso hídrico. Para abordar esta problemática, dentro de la DPEFHAH, se creó la Dirección de Saneamiento y Monitoreo Ambiental (DSyMA) en el 2018.

En este contexto, las funciones de la DSyMA son el abordaje, control y remediación de los incidentes ambientales (IAA) existentes, la prevención y temprana detección de nuevos IAA a través del control de vertidos de efluentes industriales tratados, la realización de inspecciones periódicas a distintas instalaciones y el establecimiento de Redes de Monitoreo Preventivas (RMP). A los fines de continuar con el planteamiento del trabajo, se hará foco en la gestión de los IAA y el establecimiento de medidas preventivas a través de RMP.

Actualmente, en la DSyMA de la SsRH, cuenta con cinco profesionales, con distintas especialidades, conformando un equipo multidisciplinario y con una antigüedad en la administración pública entre 8 y 2 años. (Figura 1).

A la fecha, se encuentran en gestión activa un total de 172 IAA, cada uno de los cuales se tramita bajo un expediente individual, y refiere a una afectación directa por presencia detectable de Hidrocarburos (HC) disueltos o no, y otros Compuestos de Interés Disueltos (CDI) en acuíferos someros, suelo inmediatamente por encima de éste o en cursos de agua permanentes o temporarios. En tanto, se encuentran implementadas o en proceso de implementación un total de 35 RMP destinadas al control y la detección temprana de contaminación al recurso hídrico subterráneo (Figura 2).

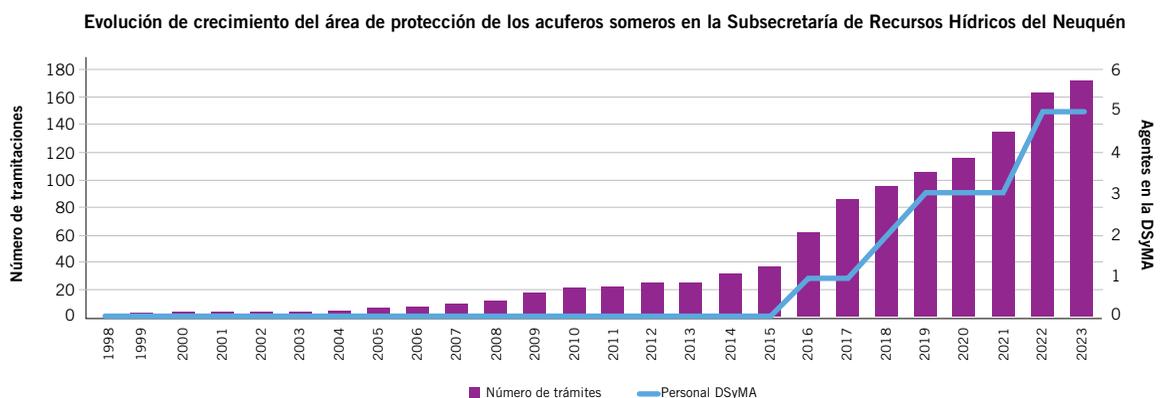


Figura 1. Evolución de crecimiento de la Dirección de Saneamiento y Monitoreo Ambiental en las últimas dos décadas.

Número de nuevos trámites al año en la DSyMA de la SsRH

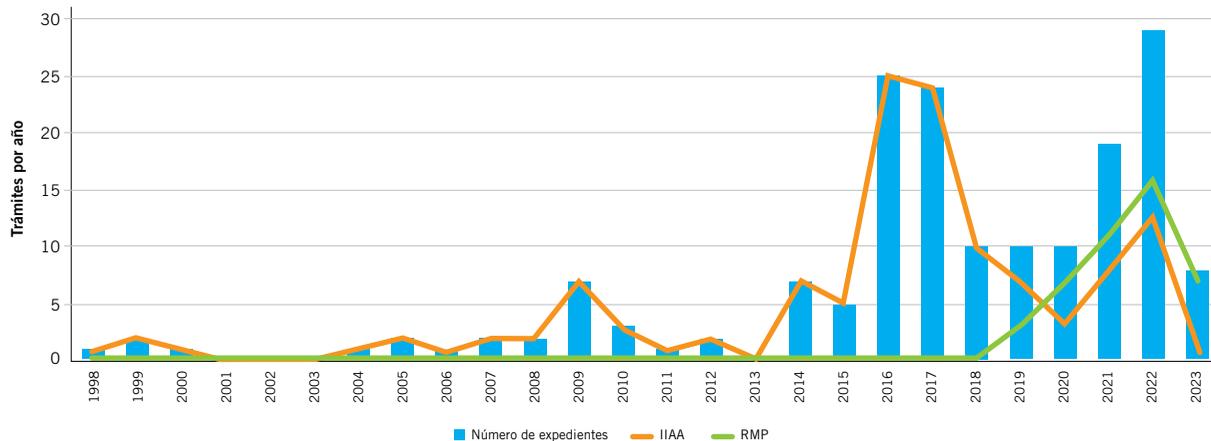


Figura 2. Evolución de los trámites discriminados en reactivos o preventivos en los últimos años.

### De reacción a prevención

Con la tecnificación de la industria, el creciente peso de la escasez hídrica, la tecnificación y profesionalización de los recursos humanos y el peso en la preservación ambiental que demanda la sociedad; desembocó en la necesidad de adaptar las políticas de gestión y las estrategias de control viran constantemente de un foco reactivo -destinado a la óptima remediación del recurso afectado- a un foco preventivo -abocado a detectar tempranamente cualquier afectación en la fuente-.

En este contexto, desde finales del 2019 se comenzó a exigir la instalación de RMP en todas las instalaciones hidrocarburíferas permanentes -o relacionadas directamente con dicha actividad que, ya sea por su ubicación, características o envergadura, pudiesen constituir un riesgo de afectación al recurso hídrico.

Es importante mencionar que, con esta estrategia, no solamente se pretende abarcar no solo a las empresas operadoras, sino también a las prestadoras de servicios, tratadoras de residuos peligrosos, Centros de Disposición Final de residuos, proveedoras de insumos (potencialmente peligrosos), lavaderos industriales asociados a la industria, Estaciones de Servicios, etcétera.

### La integración como estrategia de gestión

La industria hidrocarburífera, como factor crucial para el desarrollo provincial y nacional (Frezza, 2019), y con una participación social marcada (Acacio, 2023), involucra a diversas autoridades de aplicación, actores sociales, un marco normativo amplio y tiempos de respuestas acotados que debe integrarse en el abordaje de la gestión.

Ésta realidad obliga a tener una visión holística, una gestión vertical y horizontal de las acciones a implementar. Con el objetivo de integrar las estrategias de acción, involucrando no solo a los actores gubernamentales con distintas incumbencias, sino también a organismos descentralizados y a las propias empresas involucradas, esta Autoridad de Aplicación prioriza establecer mesas de trabajo entre los distintos organismos gubernamentales y no gubernamentales, así como de los propios interesados.

Diversas experiencias de integración junto con los actores sociales anteriormente nombrados, en el abordaje de las problemáticas planteadas han permitido la implementación exitosa, asertiva y duradera de nuevas estrategias de contención y remediación. Esta estrategia contó con especial éxito en tierras de dominio privado y/o uso exclusivo de comunidades locales, donde la participación del superficiario durante la definición de las estrategias a abordar, resultó exitosa.

A la fecha, ésta AA participa en mesas de trabajo permanentes interprovinciales (emergencias, comités de cuencas, políticas hídricas nacionales, entre otras) y periódicas con empresas y actores sociales (reuniones regulares de trabajo con operadoras y otras AA, reuniones con las comunidades, participación en foros de difusión, etcétera).

Sin embargo, el rol indelegable de las AA como organismos de control y de definición de los lineamientos de trabajo y requisitos a cumplir en favor del cumplimiento del marco normativo que las crea, no siempre permite la pluralidad de acciones y/o la implementación de mesas de trabajo en estos procesos.

### La necesidad de Adaptación

La complejización y crecimiento de la industria hidrocarburífera, y el aumento en la presión directa o indirecta en los recursos hídricos, obligó a la SsRH a dar una rápida respuesta de acción.

En este contexto, y atendiendo a las políticas antedichas, es que se planteó la incorporación acelerada de distintas ingenierías de remediación, apuntadas a las circunstancias y necesidades específicas.

El proceso de adopción de una nueva tecnología, en este caso una nueva ingeniería de remediación a implementar requiere una curva de aprendizaje, una transferencia de conocimiento y recursos y la realización de pruebas, retroalimentaciones y procedimientos de verificación. La incorporación temprana de los distintos actores involucrados directa o indirectamente, permitió la optimización del proceso de incorporación de las tecnologías, la identificación de hitos de avance acordados en

Principales ingenierías de remediación aplicadas en acuíferos de la provincia del Neuquén en la actualidad



Figura 3. Distribución actual de la predominancia de cada una de las ingenierías de remediación establecidas actualmente en remediación de acuíferos de la Provincia del Neuquén.

conjunto y las vías de retroalimentación a implementar.

A la fecha, las principales ingenierías de remediación aplicadas actualmente en el saneamiento de los acuíferos en el territorio provincial, son: Atenuación Natural Monitoreada (ANM), Atenuación Natural Estimulada (ANE), Barrido por aire + Extracción de vapores (AS+SEV), Oxidación Química *in situ* (ISCO) y Bombeo y Tratamiento (ByT). Ésta última, agrupa tanto a aquellas técnicas que implican el tratamiento *in situ* como el tratamiento o disposición *ex situ*. La predominancia actual de cada una de las técnicas de ingeniería de remediación aplicadas a la fecha en los acuíferos de la provincia del Neuquén, se presentan en la Figura 3.

Cabe aclarar que, a los fines de este trabajo, sólo se abordan aquellas experiencias tendientes a la remediación de los acuíferos afectados y/o el suelo inmediatamente por encima del mismo, sin considerar otras estrategias de acción acostumbradas como el retiro del material no saturado afectado con hidrocarburos y/o la depletación total del acuífero -en caso de tratarse de un acuífero antrópico de muy pequeñas dimensiones.

En este trabajo se desarrollarán brevemente las experiencias y los procesos de incorporación de nuevas técnicas de remediación implementadas actualmente en la provincia del Neuquén en cuanto a la remediación de acuíferos afectados por hidrocarburos, las medidas tendientes a la prevención y temprana detección de nuevos incidentes ambientales, y los principales procedimientos de control y gestión que aborda este organismo durante las contenciones de derrames u otras contingencias con potenciales afectaciones al recurso hídrico.

### Experiencias de Técnicas de remediación

Las tramitaciones de IIAA surgen de diversas fuentes, siendo en su mayoría a partir de la presentación de cada empresa responsable de información referente a un evento o hallazgo que indique la afectación o potencial afectación del recurso hídrico; existen otros casos en los que la información del incidente se deriva desde otra AA, desde denuncias o consultas realizadas por terceras partes, o esta AA actúa de oficio ante eventos difundidos masivamente por los medios de comunicación.

A continuación, se presentan casos de estudio relacionados con diferentes abordajes y/o técnicas de reme-

diación de acuerdo con las características del incidente. La gestión de los IIAA por parte de esta AA, fomenta la presentación por parte de las empresas involucradas de técnicas de remediación superadoras, con el objetivo de avanzar en la remediación de los acuíferos afectados, como así también, para incorporar experiencias que suman a la curva de aprendizaje para su aplicación más eficiente. Las mismas son discutidas en mesas de trabajo entre las partes involucradas, y evaluadas por esta AA para su aplicación.

A continuación, se presentan casos representativos de cómo aborda la SsRH la dinámica de trabajo, las condicionantes y complicaciones que atraviesa y los resultados alcanzados. Se priorizará ejemplificar el primer caso de cada tipo y/o el de mayor relevancia de los últimos años para dar un panorama más completo al lector.

### 1. Atenuación Natural Monitoreada

La “Atenuación natural Monitorizada o Monitoreada” (AMN), es definido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 1994-2017) como “los procesos físicos, químicos o biológicos, que, bajo condiciones favorables, actúan sin la intervención humana para reducir la masa, toxicidad, movilidad, volumen o concentración de contaminantes en el suelo o agua”.

Estos procesos *in situ* incluyen biodegradación, dispersión, dilución, sorción, precipitación, volatilización, estabilización química o biológica, transformación o destrucción de los contaminantes. La ANM es una metodología de bajo riesgo, poca intervención del entorno, y que permite un monitoreo ambiental a mediano y largo plazo de la evolución de los CDI.

En este caso de estudio, el IIAA surgió a partir de una ex fosa de quema de un pozo de producción que con el crecimiento de la ciudad quedó ubicado dentro de un barrio privado. Si bien el pozo contaba con certificado de abandono definitivo expedido por la AA correspondiente, las instalaciones de superficie no fueron retiradas, permaneciendo como un elemento decorativo en la urbanización.

Durante un muestreo de verificación -dos años posteriores al abandono-, se encontró que existía un remanente de hidrocarburos en el suelo, que con el riego para la parquización del área, y de los usos en sus inmediaciones, podría provocar una eventual afectación al recurso hídrico subterráneo y la salud de los usuarios.

En este caso se formó una mesa de trabajo con la empresa, el municipio local, la comisión vecinal del barrio y ésta AA con el objetivo de definir las acciones a tomar. Se removió el suelo afectado hasta alcanzar el nivel freático, y se instalaron 3 pozos para el monitoreo periódico del agua subterránea.

La empresa presentó una propuesta para la implementación de ANM, considerando que se garantizaban dos componentes fundamentales para la AMN, como el control de la fuente de contaminación y el programa de monitoreo; y las características del incidente y su entorno (viviendas y esparcimiento deportivo). En este marco, se dio curso a una remediación de este tipo, iniciando con el retiro de todo el material contaminado no saturado, y posteriormente con monitoreos periódicos

(trimestrales a lo largo del año). Luego de un año, no se registraron más CDI en el acuífero, y se continuó el monitoreo hasta cumplir con las condiciones para solicitar la baja del IIAA, correspondiente a alcanzar un periodo de 2 años sin detección de compuestos de interés.

Habiéndose garantizado la no detección de CDI inicialmente -luego de casi cinco años de monitoreo-, y posteriormente monitoreando la no detección de HTP, BTEX ni PAH por dos ciclos hidrológicos completos, se cuenta con argumentos técnicos para que esta AA se expida para finalizar la remediación del acuífero en el sitio.

## 2. Atenuación natural Estimulada

Esta técnica consiste en la utilización de las propias condiciones del ambiente -principalmente en lo concerniente a la biodegradación- identificando y brindando las condiciones óptimas para favorecer y acelerar el proceso deseado. Puntualmente, para el caso de utilización en remediación de acuíferos afectados con hidrocarburos, se busca conocer, analizar y evaluar en su hábitat a las comunidades de microorganismos (principalmente bacterias y hongos) presentes en ese medio que degradan más eficientemente los CDI objetivos.

Por su complejidad técnica, las características de estudio necesarias y la demanda de información requerida, no siempre es aplicable o sostenible en el tiempo. En el caso de estudio presentado, se aplicó la tecnología en un IIAA que, por su ubicación, sensibilidad y antecedentes, no eran factibles otras alternativas.

El caso de estudio se inició en el 2008, en una instalación central o planta (perteneciente al sector *downstream*) de una de las mayores empresas que opera en la provincia. En la planta, existen distintas plumas de afectación, con orígenes y tiempos de permanencia disímiles, y con tratamientos de remediación también variados.

En el sitio en cuestión, anteriormente se aplicaron diferentes técnicas de remediación. Desde el año 2017 se realizaba el monitoreo periódico de la pluma de FLNA e hidrocarburos disueltos, evidenciando que la misma permanecía estable. En este contexto, se encontraba en un proceso de ANM.

Debido a la necesidad de aumentar la eficiencia de la técnica de remediación, se concibió una mesa de trabajo compuesta por la empresa interesada, un grupo de investigación científico nacional, representantes del municipio local y de organismos de control ambiental de la Provincia.

Se planteó la posibilidad de realizar un estudio microbiológico del lugar y la manera de acentuar aquellos grupos que a través de una discriminación genética diferenciar, caracterizar los grupos genéticos, los grupos de microorganismos disponibles en el área y priorizar aquellos que mejor resultado ofrecen para la degradación final de esos compuestos a través de la fertilización o del aporte de nutrientes.

En base a este estudio, se identificaron y caracterizaron los grupos de microorganismos presentes en el sitio con mayor capacidad de degradación. Se analizó asimismo las condiciones ambientales en el sitio (limitantes químicas, fisicoquímicas y biológicas) que limitaban el crecimiento y proliferación de estos grupos, y se planteó

cuál sería un escenario óptimo para dichos organismos.

Se avanzó, con el acuerdo de las partes, con un ensayo piloto, consistente en la implementación de una barrera o tótems de fertilización pasivos para estos microorganismos, aguas arriba del área con mayor concentración de CDI. Esta barrera permite a su vez la adición de reactivos que favorecen los procesos de biodegradación anaerobia de CDI, como aceptores de electrones (sulfato, nitrato) en forma sólida directamente en perforaciones sistemáticamente distribuidas; y el monitoreo periódico del acuífero.

A la fecha, los resultados de la técnica se encuentran en evaluación luego de casi tres años de su implementación. Una vez finalice el ensayo piloto, se evaluarán los resultados y se compararán con los esperados con otras ingenierías de remediación ya instaladas a los fines de optar por alternativas costo/eficiencia para futuras situaciones similares.

## 3. Bombeo y Tratamiento

Esta técnica considera la extracción de contaminantes presentes en el subsuelo mediante diferentes técnicas y su posterior tratamiento para su reinyección al sitio -una vez tratada- o su disposición final en una tratadora de residuos peligrosos. Consiste principalmente en retirar mediante bombeo el medio afectado, favoreciendo la degradación aeróbica natural en el medio no saturado, e impidiendo la movilidad de los CDI en el acuífero (EPA, 1994-2017).

Dependiendo de las características del incidente, la extracción puede llevarse a cabo por diferentes técnicas: mediante la extracción con bombas en equipos móviles o instalaciones fijas, tanto de FLNA, como de agua con CDI disueltos y gases de la zona no saturada del suelo.

Existen distintos niveles y alcances de los diseños de las redes de bombeo, tanto en tipo de bombeo, medio a extraer y objetivos del mismo. Se puede plantear la técnica tanto para la depletación del acuífero, para favorecer la concentración en un sitio o para "barrer" el medio líquido o gaseoso en un sentido deseado. Los casos planteados en este apartado, hacen referencia a la extracción del medio contaminado para su posterior tratamiento en superficie.

El caso de estudio a presentar hace referencia a un IIAA originado a partir de una ex-fosa de quema de un mechero operado principalmente durante las décadas del '90 y principio de los años 2000, en una instalación de crucial importancia para la industria del gas natural en la provincia. En el sitio, se generó con el correr de los años y con las actividades circundantes, un acuífero colgado, de una potencia no mayor a los 7 metros de espesor el cual se encuentra afectado tanto por FLNA como por CDI.

El área afectada se ubica en el área de influencia de una de las principales comunidades pueblos originarios de la región, siendo esto un factor decisivo a la hora de optar por una ingeniería de remediación asertiva y conservadora.

Anteriormente, en el sitio se implementó durante muchos años un sistema de ANM con frecuencias de muestreo y monitoreo periódicas. La técnica no mos-

traba resultados satisfactorios. En un periodo de cuatro años se realizaron varias campañas de toma de muestras de suelo e instalación de pozos de monitores para la evaluación ambiental del sitio, y se identificó que el sitio presenta un acuífero al parecer de origen antrópico con presencia de FLNA de corte liviano (>C6-C12), presencia de hidrocarburos disueltos y afectación en la columna de suelo, coincidentemente con el límite del acuífero afectado.

Se coordinó una mesa de trabajo con la empresa involucrada, de la consultora ambiental contratada por la empresa, de representantes de las comunidades locales y del organismo ambiental provincial; donde se abordaron las medidas a implementar y las reservas o puntos de vista de cada organismo.

La ingeniería de remediación aplicada consistió en la instalación de al menos 30 pozos de bombeo duales (tanto de líquidos como de aire de la zona no saturada -ZNS- originada de la depletación del acuífero y la ya existente). Este sistema combinado permite la extracción de la FLNA y el agua con HC disueltos; como así también exponer zonas afectadas dentro de la zona saturada a partir de la depresión del acuífero favoreciendo la captación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y procesos de biodegradación.

Por un lado, mediante el sistema de ByT los fluidos son bombeados a la superficie desde pozos de remediación, que separa mediante piletas coalescentes la FLNA y agua con CDI. El producto recuperado (FLNA) es devuelto al operador quien lo incorpora a su sistema productivo, mientras que el agua con CDI recuperada es enviada fuera del sistema para su disposición final. Por otro lado, los gases ocluidos en la ZNS, son extraídos por aspiración por vacío dentro de los mismos pozos, que fuerza la volatilización de los HC y conducidos al módulo de remediación donde son tratados por oxidación catalítica.

Este sistema se encuentra actualmente en funcionamiento después de un año y medio de operación. Se realiza un control semanal en conjunto por todas las partes, siendo ampliamente aceptado por los interesados. Se espera que, una vez alcanzada la máxima eficiencia técnica del sistema, todas las instalaciones puedan ser retiradas del sitio y la recomposición del paisaje sea total.

#### **4. Soil Extraction Vapor (SVE) + Air Sparring (AS))**

Esta técnica, consistente en un proceso dual y paralelo donde mediante pozos de inyección (PI) se incorpora aire natural presurizado dentro de la zona saturada (ZS), y posteriormente se recuperan los vapores generados en la ZNS (EPA, 1994-2017). Con la adición de microburbujas y aire con mayor concentración de oxígeno en la ZS, se favorece no solo la oxidación de los COV y otros CDI, sino también la vaporización de los mismos desde la fase líquida. A su vez, la extracción de vapores de la ZNS permite la recaptura de esos vapores y su catalización en superficie, renovando en el proceso la capacidad de saturación de gases en la primera porción de la ZNS (que termina siendo un factor limitante en la tasa de volatilización de los CDI a la ZNS).

En este caso de estudio, el incidente se detectó durante el abandono de una planta de almacenamiento

y distribución de una empresa proveedora de insumos químicos para la industria hidrocarburífera. La planta se ubica en el ejido urbano de la segunda localidad de importancia en la provincia. A su vez, la planta se ubica en un predio arrendado, en lo que antiguamente era considerado una zona industrial, la cual ahora se encuentra casi totalmente urbanizada.

Inicialmente, la empresa realizó la extracción de los tanques soterrados -los cuales almacenaban compuestos solventes y otros HC específicos- y la caracterización del área. Durante dichas tareas se alumbró el acuífero freático en el área, dando intervención a esta AA. En este marco, desde la SsRH se solicitó a la empresa una propuesta de remediación a ser implementada.

Se solicitaron realizar estudios de caracterización de análisis de suelo y acuífero afectado (caracterización del medio saturado, ordenamiento del particulado, del movimiento del acuífero), de los compuestos a tratar y de la técnica a implementar propiamente dicha (para determinar un rango efectivo de acción de la inyección de aire en el medio y la recuperación de aire de vapores). Atendiendo a lo solicitado, la empresa en cuestión planteó un sistema dual de pozos inyectores de aire y pozos extractores de vapores

Debido a la complejidad del sitio, se convocó a la empresa, la consultora ambiental a cargo del proyecto y a las partes interesadas, y se acordaron los alcances espaciales y temporales de trabajo, los objetivos a alcanzar y los compromisos a asumir por los mismos en post de la viabilidad de la técnica de remediación.

El sistema funcionó exitosamente durante algo más de un año, alcanzando allí la máxima eficiencia técnica. A la fecha, aún continúa operando en stand by. Sin embargo, en caso de detectarse remanentes de CDI, se podrá plantear la reactivación momentánea del sistema o la implementación de otra técnica de abatimiento de HC puntual, debido a las bajas concentraciones de CDI esperadas.

#### **5. In situ Chemical oxidation (ISCO)**

La oxidación química se basa en la inyección de oxidantes para la transformación de contaminantes dañinos en otros de menor toxicidad, tanto en el suelo como en el agua subterránea in situ, es decir, sin necesidad de extraer o bombear el material afectado (EPA, 1994-2017). Este proceso se logra a través de la inyección en el acuífero de un oxidante junto a un medio de dispersión (normalmente una solución de peróxido de hidrógeno, permanganato de potasio o persulfato de sodio en solución con agua dulce)

La idea detrás de la técnica es la inyección directa de un oxidante en un medio afectado con hidrocarburos, que, durante la disociación del agente oxidante, permita la ruptura y volatilización de las cadenas de hidrocarburos presentes en el acuífero, y su traspaso así al medio gaseoso y la salida del sistema en forma de gases.

Dicha técnica cuenta con una amplia difusión a lo largo del mundo y es ampliamente utilizada en distintos puntos de Argentina. Sin embargo, al tratarse de un proceso exotérmico y con potenciales formaciones de metabolitos producto de la degradación del oxidante y

el HC, debe ser cuidadosamente estudiada previo a su aplicación.

El presente caso de estudio hace referencia a un incidente originado hace más de diez años ubicado en las inmediaciones de un pozo petrolero en una zona donde se desarrolla actividad hidrocarburífera y agricultura, a menos de 450 metros de una vivienda particular y en cercanías del río Neuquén. A su vez, el sitio está ubicado en el área de influencia de una de las principales comunidades pueblos originarios de la región.

Este IIAA es uno de los más antiguos en trabajo dentro de la AA, y agrupa a varios incidentes aislados. A la fecha cuenta con más de 140 pozos de monitoreo (PM), de los cuales en las últimas campañas sólo uno presenta FLNA. Aproximadamente 40 de ellos son muestreados trimestralmente y la mitad de ellos presenta HC disueltos. Históricamente, el sitio se halló bajo una ANM como ingeniería de remediación. Debido a la sensibilidad ambiental y social, a la necesidad de mejorar la eficiencia en la remediación y a la progresión de avance del IIAA, desde la AA se solicitó a la empresa la presentación de una nueva ingeniería de remediación.

Atendiendo a esto, la empresa presentó una propuesta para aplicación de oxidación química como técnica de remediación en aquellos sectores donde restan remanentes de CDI. La propuesta completa involucró: un ensayo de bombeo para la obtención de parámetros hidráulicos; un ensayo de laboratorio con muestras de suelo y agua colectados en el sitio para la evaluación de los oxidantes a ser utilizados; y un ensayo de dilución puntual con un trazador, con el objetivo de evaluar la posible dispersión del oxidante en el medio.

La propuesta fue evaluada por la AA en una primera instancia, posteriormente fue readecuada y ampliada en conjunto con la empresa y la consultora especializada a cargo del desarrollo de la ingeniería de remediación, y por último fue presentada ante la comunidad local para su observación previo al inicio de las tareas. Esto permitió acordar las tareas de ensayos piloto en el área, y la concreción de las mismas.

Basados en estos estudios, se realizó un ensayo piloto en dos zonas de diferente permeabilidad, en el que se inyectó persulfato de sodio como oxidante mediante pozos de inyección, y se evaluó su efecto mediante el control periódico y análisis de CDI en pozos de monitoreo; con resultados positivos en términos de la reducción de CDI disueltos, como así también de la identificación de variables de control y monitoreo para una adecuada implementación de la tecnología.

El proceso de desarrollo e implementación de la prueba piloto llevó algo más de un año, siendo su aplicación coincidente con la pandemia de COVID 19, por lo que no se consideran los tiempos de acción representativos u óptimos. En función de los resultados obtenidos, se plantea reajustar la estrategia y extender la aplicación de la misma como tratamiento en el sitio y en otros IIAA.

## Conclusiones

El nacimiento y crecimiento de la Dirección de Saneamiento y Monitoreo Ambiental de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia del Neuquén responde a una necesidad puntual de atender a la dinámica de un recurso que se prevé cada vez más escaso y necesario: el agua dulce en acuíferos someros.

La industria hidrocarburífera, por su importancia para la matriz energética y la diversificación productiva de la economía de la provincia, continuará su desarrollo y expansión. Es por ello que requiere la SsRH debe prever estrategias de control y de prevención y mitigación de daños que acompañen este desarrollo.

Las estrategias de prevención, y la incorporación de nuevas técnicas de recomposición de las características pristinas del recurso de manera rápida, eficiente y económica deben ser abordadas y atendidas como un orden prioritario dentro de las estrategias a adoptar por la Autoridad de Aplicación.

Diversas experiencias de incorporación de nuevas ingenierías de remediación acompañadas con mesas de trabajo que incluya a todos los actores involucrados han permitido mejorar la aceptación de la técnica, aumentar el grado de control y la factibilidad de aplicación exitosa de la misma.

Si bien el rol del estado como organismo de control es indelegable, la integración de todos los actores involucrados (empresa, consultoras, Autoridades de Aplicación, comunidad en general) en el aspecto técnico ha demostrado resultados satisfactorios para la implementación y desarrollo de nuevas estrategias de remediación.

## Bibliografía

- 1-Acacio, J. A. (2023). "Conflictos y demandas indígenas por el territorio frente al avance de la frontera hidrocarburífera en la provincia de Neuquén, Argentina." *Razón Crítica*, 14, 1-24. <https://doi.org/10.21789/25007807.1929>
- 2-Blanco, G; Arias, F.; Villar Paz, C.; Quiroga, C. 2018. *El Petróleo en Neuquén. 100 años de Historia*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales. Provincia del Neuquén. Disponible en: <https://www.energianeuquen.gob.ar/100-anos-de-petroleo-2/>
- 3-Código de Aguas de la Provincia del Neuquén Ley 899 (Decreto Reglamentario 790/99).
- 4-EPA-US (1994-2017). "How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Corrective Action Plan Reviewers" (EPA 510-B-94-003; EPA 510-B-95-007; EPA 510-R-04-002; EPA 510-B-16-005; and EPA 510-B-17-003).
- 5-Frezza, M. A. (2019) "Potencial de la Industria de hidrocarburos en la provincia de Neuquén: Análisis de competitividad y estrategia internacional" Universidad de San Andrés. Disponible en: <https://repositorio.udes.edu.ar/> Visitado el 21/04/2023.

# Buscá todo sobre el shale en nuestra web



LOS NO CONVENCIONALES OPORTUNIDAD QUIMICOS SISMICIDAD USO DEL AGUA



[www.shaleenargentina.org.ar](http://www.shaleenargentina.org.ar)

El sitio del IAPG destinado especialmente a los hidrocarburos de reservorios no convencionales, como *shale gas* y *shale oil*.

Pensada como herramienta útil para toda la comunidad, especializada o no, que quiera conocer con mayor profundidad lo relativo a estos reservorios y al *fracking* o estimulación hidráulica, así como los aspectos que generan mayores cuestionamientos: el uso del agua, la protección de los acuíferos, el uso de químicos, etcétera.

Toda la información de los expertos y las últimas noticias.

¡Y además, la posibilidad de consultar interactivamente a un experto sobre cualquier aspecto relacionado con el shale en la Argentina!



# Contribución al estudio de servicios ecosistémicos: relevamiento de polinizadores en área operada del Norte neuquino



Por **Diego Alfonso Rosa** (Chevron)

**Se detalla el proceso de identificación de los servicios ecosistémicos del ambiente en áreas operativas, realizado con el fin de determinar potenciales impactos y definir acciones preventivas y de mitigación.**

*Este trabajo fue seleccionado del 5º Congreso Latinoamericano y 7º Nacional de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente en la industria del Petróleo y del Gas del IAPG, 2023.*



La polinización es un fenómeno clave en la interacción entre algunas plantas con flores con insectos, aves o mamíferos para asegurar su reproducción sexual. La vegetación de la región fitogeográfica del monte, en el norte neuquino presenta adaptaciones al ambiente semiárido y las floraciones suelen estar acotadas a cortos períodos de tiempo. Algunas plantas se adaptaron a la polinización por viento, pero otras han desarrollado asociación con insectos.

Dentro de los servicios ecosistémicos identificados en el ambiente operativo, la polinización se identificó como de alto valor debido a su relación con los procesos de revegetación y con el mantenimiento de la diversidad de flora y fauna. Sin embargo, se ha encontrado poca bibliografía relacionada con el tema para el noroeste neuquino.

El conocimiento e identificación de los servicios ecosistémicos del ambiente en áreas operativas permite entender potenciales impactos y definir acciones preventivas y de mitigación.

Los relevamientos realizados entre la primavera y el verano mostraron una gran variedad de insectos interactuando con *Hyalis argentea* que resultó ser la planta más visitada; seguida por ejemplares de *Larrea* sp, *Chusquea* sp y *Prosopis* sp. En un relevamiento preliminar se encontraron 37 géneros de insectos correspondientes a veintidós familias en tres órdenes, Hymenoptera, Diptera y Lepidoptera. Todas con excepción de *Apis mellifera* son nativas de la zona.

Este estudio preliminar será complementado durante los próximos años para mejorar el entendimiento de la dinámica de las poblaciones vegetales y optimizar los procesos de revegetación contribuyendo a la vez al mantenimiento de la diversidad de invertebrados y sus interacciones ecológicas.

## Descripción del trabajo

La toma de decisiones en materia ambiental requiere de un profundo conocimiento de los componentes que lo conforman, de los impactos que las acciones de la industria pueden provocar, tanto sobre el medio físico como en los componentes biológicos. La mejora en el conocimiento de la línea de base ambiental aporta al incremento de la certeza en la predicción de resultados en este sentido (Rosa D. A., 2017).

Como parte de una iniciativa para mejorar el conocimiento de la diversidad biológica en el área de operación, se han colectado datos de plantas, hongos y animales, tanto vertebrados como invertebrados. Durante un período de un año, con visitas estacionales se recolectaron datos tanto en horario diurno como nocturno. A la fecha de cierre de este trabajo se han identificado más de doscientas especies, incluyendo casi cincuenta plantas, un número similar de vertebrados y unos cien invertebrados, cuyos números serán explicados en mayor detalle en la sección resultados.

Con esta información en continuo crecimiento y con la cantidad de invertebrados de la clase Insecta<sup>1</sup> que han sido registrados surgió la inquietud de conocer los servicios ecosistémicos de estos en el ambiente operativo. Se identificaron dos servicios ecosistémicos con potencial de ser estudiados en relación con los procesos de revegetación natural, el primero de ellos es la polinización en el ambiente natural y su efecto en las estrategias de revegetación; y el segundo, el proceso de reciclado de nutrientes en suelo y su aporte al proceso de revegetación. Para el desarrollo de este trabajo se seleccionó el primero.

Este trabajo es una contribución al conocimiento de la diversidad biológica, en este sentido el alcance ha sido la identificación de los órdenes, familias y en lo posible, géneros y especies de insectos que actúan como polinizadores como base para estudios posteriores de interacción con plantas y eficiencia de polinización y viabilidad de semillas.

El estado de los insectos polinizadores es una preocupación internacional, el conocimiento de la magnitud

de una potencial declinación en sus poblaciones está limitado por la falta de registros y de un monitoreo sistemático de sus poblaciones (O'Connor, 2019).

## Metodología

La presente metodología se desarrolló para el relevamiento y caracterización de la diversidad biológica en áreas operativas de la industria del petróleo y del gas, específicamente para el ambiente de la provincia fitogeográfica del monte.

Los pasos considerados en la metodología incluyen la investigación de la biodiversidad potencial, las observaciones de campo y la generación de los registros. (Rosa D. A., 2018)

## Esquemas de relevamiento

El esquema de relevamiento original se basa en las siguientes estrategias

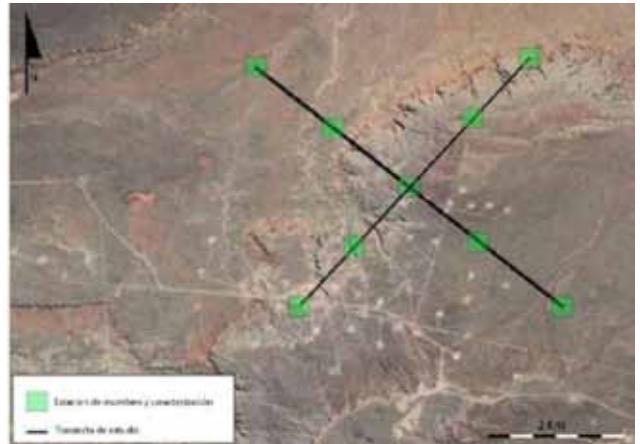
1. Recorrida de campo en transecta definidas
2. Recorrida aleatoria de campo
3. Identificación de sitios de visita de insectos a flores (O'Connor, 2019)

Las campañas de recolección de datos se realizaron desde diciembre de 2021 a mayo de 2023 con una periodicidad estacional como mínimo, agregándose más campañas en la medida de las posibilidades. Un total de siete campañas fueron realizadas, totalizando 21 días de recolección de datos. Las campañas incluyeron recorridas en horarios matutinos, vespertinos y nocturnos.

1. Transectas definidas: Las transectas definidas tuvieron una longitud promedio de 3 kilómetros, uniendo locaciones de pozos e instalaciones a campo traviesa.
2. Recorridas aleatorias: Aprovechando tareas no relacionadas con la campaña, se incluyeron áreas remotas y áreas dentro de zonas operativas donde los relevamientos se efectuaron puntualmente. Ejemplo de esto son los relevamientos en cercanías de instalaciones, canteras u otras visitadas con otros motivos primarios.
3. Sitios de visita de flores: Se identificaron en primavera zonas de alta densidad de plantas con flores y se las visitó durante ese período y durante el verano. En estos sitios se concentraron la mayor cantidad de observaciones de insectos polinizadores.

Monitoreo por transectas o cuadrículas: La metodología primaria de estudio de diversidad biológica está basada en la recolección de muestras u observación directa de animales, o indirecta como ser la identificación de huellas, heces, egagrópilas, pelos o plumas. Estas evidencias se recogen en campo a partir de la definición de transectas o de cuadrículas.

Se definen un área de estudio y se establecen caminos a recorrer, llamadas transectas, preferentemente líneas a partir de una estación base. Cada una determinada can-



Cuadro 1. Tomado de Practica Recomendada Biodiversidad (IAPG, no publicada).

idad de metros, se establece un área de muestreo y caracterización que será representativa de esa sección de la transecta. Esto permitirá luego entender cambios de flora o fauna a lo largo del recorrido.

En las estaciones de muestreo y caracterización se procede al recuento de especies, fotografías o inventarios botánicos para ser luego estudiados y caracterizados por especialistas (IAPG, 2023)

## Recolección de datos

La recolección de datos se realizó a pie en las zonas de interés. Los registros fueron tomados con cámara de fotos digital, con lente de suficiente distancia focal como para obtener fotografías detalladas que facilitarían la identificación. (Nikon D7200, Nikkor 18-300mm)

Se registraron todos los insectos posibles, georeferenciando su posición por el uso de un dispositivo GPS (Garmin Etrex Legend 2) y procediendo luego a la georeferenciación de las fotografías usando un software dedicado para este fin. (Rosa D. A., 2019).

## Proceso de identificación

El proceso de identificación se realiza a partir de las fotografías tomadas.

1. Identificación preliminar: Con la experiencia del observador se pueden obtener identificaciones a nivel de orden y familia.
2. Bases comparativas. Se utilizan guías de campo de invertebrados que pueden estar disponibles en el mercado o bases de datos en la internet.
3. Foros especializados: Las especies que no pudieron ser identificadas más allá de nivel familia con las fuentes de los puntos anteriores fueron subidas al foro de identificación de (<https://www.inaturalist.org/>) donde especialistas colaboraron en el proceso de identificación.

## Determinación de polinizadores

Los insectos cumplen diversas funciones en el ecosistema. Los polinizadores<sup>2</sup> son aquellos que por su comportamiento o alimentación interactúan directamente con las estructuras reproductivas de las plantas y portan polen de una flor a otra facilitando la fecundación cruzada dentro de la misma especie. Este mecanismo ha evolucionado en las plantas con flores (Angiospermae<sup>3</sup>) y en muchos casos la relación planta – insecto es interespecífica.

Del total de insectos registrados se seleccionaron los órdenes Hymenoptera<sup>4</sup>, Lepidoptera<sup>5</sup> y Diptera<sup>6</sup> (Hickman & Roberts, 1991), como los más representativos para la actividad polinizadora. Dentro de cada uno de estos órdenes hay familias o géneros dentro de algunas familias que no tienen actividad polinizadora y fueron descartados para este análisis.

Cada una de estas familias, posee adaptaciones que le permiten alimentarse del néctar ofrecido por las flores, de las cuales obtienen agua y azúcares y en algunos casos como en la familia Apidae, de las proteínas aportadas por el polen. Los lepidópteros con sus aparatos bucales succionadores especializados y los dípteros con similares características y adaptaciones.

## Resultados

### Diversidad biológica de invertebrados

Los resultados del relevamiento de diversidad biológica muestran que más de la mitad de los organismos registrados durante toda la campaña son invertebrados. De estos resultaron ser insectos 94 (91,5%) y arácnidos<sup>7</sup> el 8,5% restante.

	Blattodea	1
	Coleoptera	26
	Diptera	9
	Hemiptera	9
Órdenes de Insecta	Hymenoptera	24
	Lepidoptera	13
	Mantodea	1
	Neuroptera	3
	Orthoptera	7
	Phasmida	1

Tabla 1. Cuadro General de Diversidad de Invertebrados.

La tabla 1, muestra además la cantidad de especies identificadas para cada Orden de Insecta.

En total 94 especies fueron identificadas hasta algún grado taxonómico suficiente como para agruparla. Algunos solo pudieron identificarse a nivel familia, otros a nivel género y un porcentaje menor, a nivel de especie.

Como muestra la figura 1, los órdenes de insectos más representativos fueron Coleóptera (escarabajos), seguido de Hymenoptera (Abejas, avispas y hormigas) y Lepidoptera. (Mariposas y polillas)

### Biodiversidad en órdenes de la clase insecta

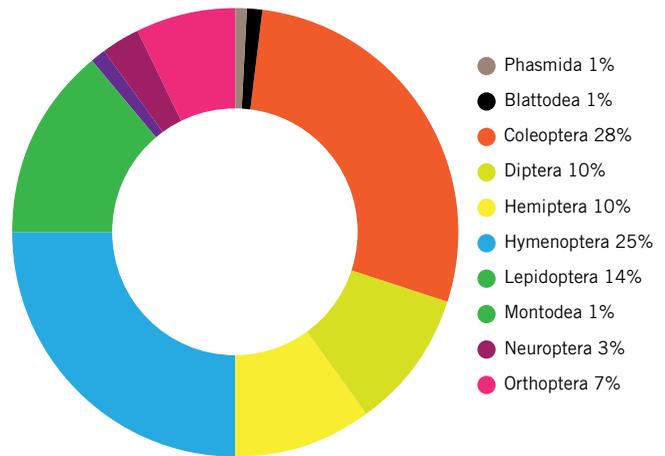


Figura 1. Biodiversidad en Ordenes de la Clase Insecta

Diptera y Hemíptera son dos órdenes bien representados, pero la diversidad en especies fue menor a la de los demás órdenes estudiados.

### Biodiversidad de organismos polinizadores

Con respecto a los organismos polinizadores, se tomaron solamente los órdenes que se encontraban sobre flores y cuyo comportamiento implicaba, directa o indirectamente transporte de polen de una flor a la otra. Se tomaron Lepidoptera, Hymenoptera y Diptera. En el caso de Hemíptera, las especies observadas se limitaban a la alimentación de savia o a la caza de otros insectos y no se consideran en este trabajo, situación similar se establece para los coleópteros, a pesar de que algunos presentan comportamientos que facilitan la polinización fueron dejados fuera de este análisis.

La riqueza biológica en materia de polinizadores es de 37 especies. No se han identificado especies en peligro de extinción.

No se han realizado cálculos de dominancia de especies, se requieren mayor cantidad de datos para obtener un análisis cuantitativo confiable. La especie más reportada ha sido la abeja europea, *Apis mellifera*, indicativo de la presencia de colmenares en las cercanías del yacimiento.

### Nivel de identificación

Antes de continuar con el desarrollo de este trabajo es importante remarcar el grado de identificación al que se ha llegado con las distintas especies encontradas.

El mayor grado de certeza en la identificación se ha logrado en los lepidópteros. Los ejemplares no identificados corresponden a la familia Noctuidae, que son polillas que han sido fotografiadas en las campañas de

#### Nivel de identificación

	Orden	Familia	Subfamilia	tribu	Genero	Especie
Diptera	100	100	87.5	87.5	62.5	0
Lepidoptera	100	100	90	90	90	90
Hymenoptera	100	100	87.5	87.5	75	29.16

Tabla 2. Nivel de identificación de especies

recolección de datos nocturnas. Le sigue Hymenoptera, con un grado de identificación del 75% a nivel género.

Las dificultades de identificación a niveles más detallados para Diptera se explica porque muchos ejemplares de este orden requieren identificación con cierto grado de manipulación en laboratorio. Deben observarse a la lupa estructuras no visibles con la metodología utilizada.

## Selección de los polinizadores

De los tres órdenes seleccionados para este trabajo 37 especies han sido reportadas interaccionando con flores y han sido fotografiadas portando polen en sus estruc-

turas corporales. De acuerdo con la tabla 3, la totalidad de los lepidópteros, y tres cuartas partes de los dípteros e himenópteros registrados pertenecerían a esta categoría.

Orden	Polinizadores
Diptera	6
Lepidoptera	13
Hymenoptera	18

Tabla 3. Cantidad de polinizadores por orden de la clase Insecta

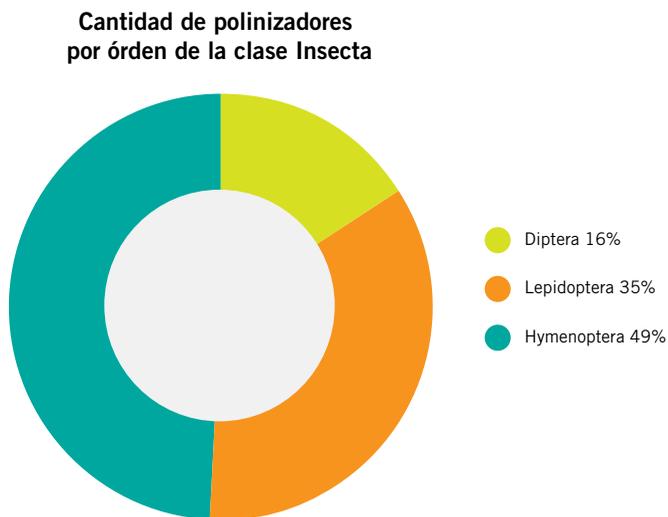
La figura 2 muestra la contribución porcentual de cada orden de la clase Insecta al total de los polinizadores. Siendo Hymenoptera, que ostenta el mayor porcentaje, con casi la mitad de las observaciones.

Un análisis más detallado, como el mostrado en la tabla de la figura 2 muestra que los órdenes Lepidoptera e Hymenoptera son más diversos en cuanto a la cantidad de familias identificadas como polinizadoras. Los dípteros, muestran solo dos familias, siendo la más representada Bombyliidae

La tabla 5 presenta la totalidad de especies identificadas y el grado de identificación logrado.

Orden	Familia	Subfamilia	Tribu	Genero	Especie
Diptera		Anthracinae	Exoprosopini	Exoprosopa sp	
	Bombyliidae				
			Villini		
		Lomatiinae	Lomatiini	Macrocondyla sp	
		Cythereinae		Sericosoma sp	
Lepidoptera	Nemestrinidae	Hirmoneurinae		Trichophthalma sp	
	Lycaenidae	Theclinae	Eumaeini	Strimon sp	Strymon eurytulus
	Erebidae	Arctinae	Arctinii	Paracles sp	Paracles severa
	Hesperiidae	Pyrginae	Pyrginii	Cyrgus sp	Cyrgus fides
	Cossidae			Breyeriana sp	Breyeriana cistransandina
	Nymphalidae	Nymphalinae	Nymphalini	Vanessa sp	Vanessa carye
	Cossidae				
	Pieridae	Coliadinae		Abaeis sp	Abaeis deva
		Pierinae	Pierini	Tatochila sp	
	Crambidae	Pyraustinae	Pyraustini	Achyra sp	
	Noctuidae	Heliothinae		Helicoverpa sp	
		Noctuinae	Hadenini	Callargyra sp.	Callargyra bayni
		Heliothinae			
	Riodinidae	Riodininae	Nymphidiini	Aricoris sp.	
	Hymenoptera	Halictidae	Halictinae	Halictini	Lasioglossum sp
				Pseudagapostemon sp	Pseudagapostemon singularis
				Pseudagapostemon	
Apidae		Apinae	Apiini	Apis sp	Apis mellifera
			Centridini	Centris sp	
				Svastra sp	
Sphecidae		Sphecinae	Stangeellini	Stangeela sp	Stangeella cyaniventris
				Sphex sp.	Sphex mendozanus
		Ammophillinae	Ammophilini	Amophila sp	
Mutillidae			Sphaerophthalmini	Tallium sp	
		Sphaerophthalmini			
Megachilidae	Megachilinae	Megacilini	Megachile sp		
Vespidae	Eumeninae		Zethus sp	Zethus caridei	
Braconidae	1 ejemplar				
Crabronidae	Bembicinae	Bembicini	Zyzzex sp	Zyzzex chilensis	
Pompilidae	Pepsinae	Pepsini	Pepsis sp		
Thynnidae	1 ejemplar				
	2 ejemplar				

Tabla 4. Especies identificadas



Orden	Familia	Especies
Diptera	Bombilidae	5
	Nemestrinidae	1
	Lycaenidae	1
	Erebidae	1
	Hesperiidae	1
Lepidoptera	Cossidae	2
	Nymphalidae	1
	Pieridae	2
	Crambidae	1
	Noctuidae	3
	Riodinidae	1
	Halictinidae	3
Hymenoptera	Apidae	3
	Sphecidae	3
	Mutillidae	2
	Megachillidae	1
	Vaspidae	1
	Crabonidae	1
	Pompilidae	1
	Thynidae	2
	Braconidae	1

Figura 2. Contribución de cada Orden al total de polinizadores

## Registro de fotografías

### Diptera



Figura 3. Registros Diptera

## Relevamiento florístico

La zona de estudio se encuentra mayormente en la provincia fitogeográfica del monte austral, aunque algunos jarillales que se presentan lo superponen con la diversidad florística del monte de llanuras y mesetas (Bisheimer, 2021).

La composición de especies de esta zona está bien documentada (Bisheimer, 2021), (Cecilia Coscaron Arias, 2004) aunque algunos hallazgos realizados han agregado especies al listado general.

La composición de plantas con flores (Angiospermae) está representada en la figura, con una diversidad mayor en Lamiales y Fabales, Asterales y Caryophyllales. Un total de 46 especies han sido registradas e identificadas dentro de Magnoliopsida y solo una en Liliopsida correspondiente a la familia Bromaliaceae y que pertenece a una planta epífita *Tilandsia retorta*.

## Flores visitadas

El relevamiento de polinizadores mostró que la mayoría de las observaciones fueron hechas sobre *Hyalis argentea* (Olivillo), sin embargo, no pueden extraerse conclusiones estadísticas porque el método de zonas de visita a flores durante la primavera y el verano no permite hacer una estimación independiente, ya que es el Olivillo la planta con mayor floración para esta época y con altas concentraciones formando zonas de alta atracción. Este fenómeno será analizado en el futuro con más datos de los que actualmente cuentan los autores.

## Conclusiones

El trabajo de campo realizado durante el último año ha permitido incrementar el conocimiento de la diversi-

## Lepidoptera

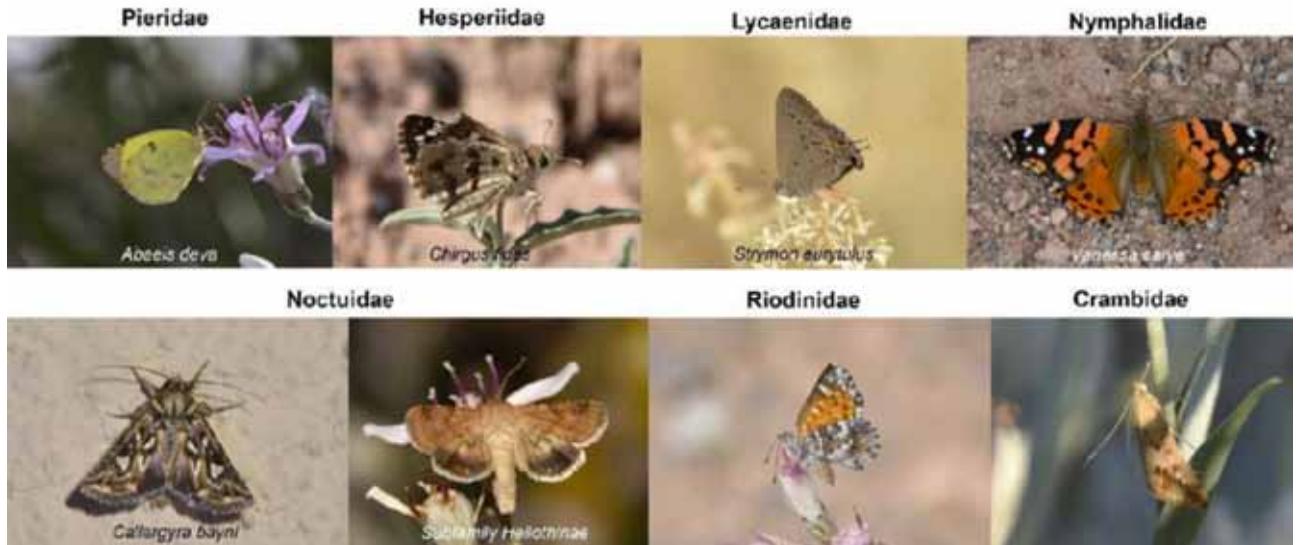


Figura 4. Registros Lepidoptera

## Hymenoptera

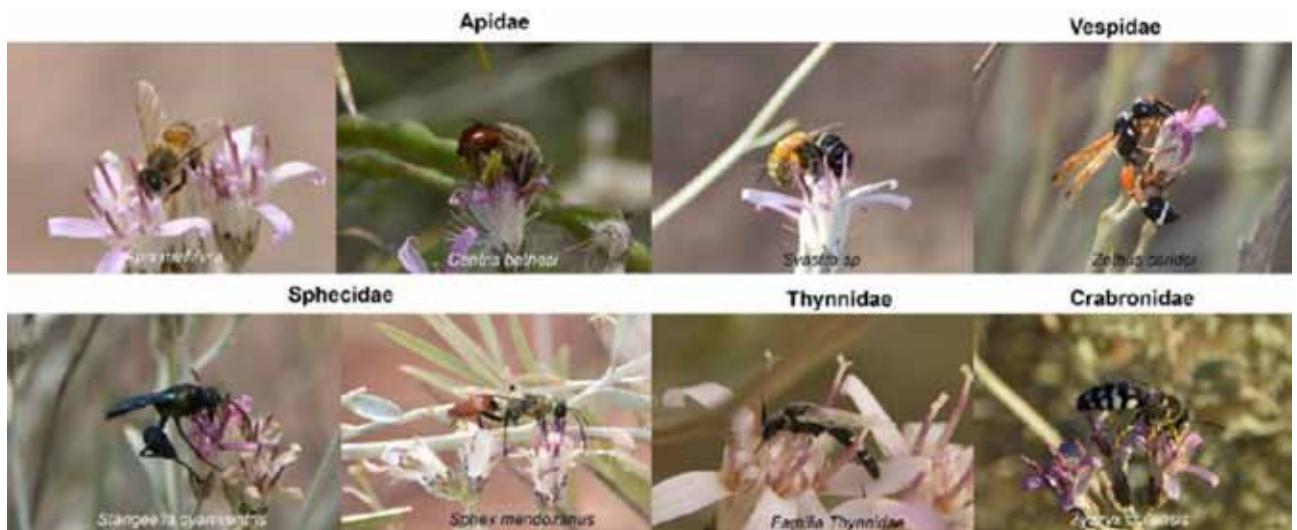


Figura 5. Registros Hymenoptera

dad de organismos polinizadores y de invertebrados en general. Con excepción de los foros de registro online no se encuentran fuentes sólidas que aporten al entendimiento de la diversidad de invertebrados en la zona.

El número de polinizadores identificado hasta la fecha corresponde casi al cuarenta por ciento de la totalidad de los insectos registrados, por lo que la floración en la provincia fitogeográfica del monte es un evento relevante para las poblaciones de insectos, que obtienen alimento para poder completar sus ciclos de vida.

Los organismos más activos se han determinado dentro de los tres órdenes descriptos en este trabajo se han adaptado a las condiciones ambientales y presentan una alta diversidad, representada por la cantidad de especies de varias familias. Su actividad se ha registrado entre sep-

tiembre y marzo.

Más estudios son necesarios para completar el inventario y descubrir si existen interacciones planta-insecto que puedan ser alteradas por la actividad de la operación.

Desde el punto de vista de la recuperación ambiental de zonas afectadas por la operación o por incidentes ambientales, el conocimiento de la duración del período de floración y las especies predominantes, como es el caso de *Hyalis argétea* y *Atriplex lampa*, y los géneros *Larrea* sp, *Chuquiragua* sp y *Prosopis* sp, permitirán seleccionar especies que aseguren el éxito de los procesos de revegetación. En aquellos proyectos en los que se considere la intervención humana a través de la siembra por semillas o plantines, esta información se vuelve fundamental para asegurar la reproducción sexual de las plantas,

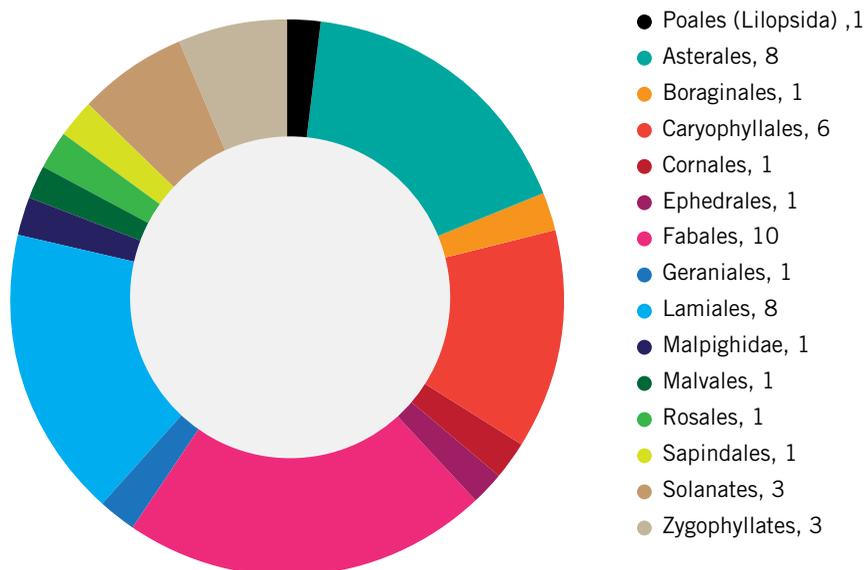


Figura 6. Ordenes de plantas con flores

umentando la variabilidad genética y contribuyendo al éxito de la revegetación y recomposición ambiental.

### Bibliografía

Bisheimer, M. V. (2021). Flora de los semidesiertos de Sudamérica templada. (M. V. Ediciones, Ed.)

Cecilia Coscaron Arias, R. G. (2004, Abril). Flora típica de las bardas del Neuquén y sus alrededores. (Petrobrás, Ed.)

Hickman, C. P., & Roberts, L. S. (1991). Zoología - Principios integrales. (M. G. Hill, Ed.) <https://www.inaturalist.org/>. (n.d.).

IAPG. (2023). Medidas para la identificación y protección de la diversidad biológica en operaciones costa adentro.

O'Connor, R. S. (2019, Septiembre 4). Monitoring insect pollinators and flower visitation: The effectiveness and feasibility of different survey methods. *Methods in Ecology and Evolution*, X.

Rosa, D. A. (2017, Noviembre 1). Informes ambientales: La observación de fauna como aporte permanente a la línea de base del yacimiento. (LinkedIn, Ed.) Beccar, Buenos Aires, Argentina.

Rosa, D. A. (2018, Enero 15). Fauna de los Yacimientos del Norte de Río Negro y Neuquén. LinkedIn.

Rosa, D. A. (2019, Agosto 21). Biodiversidad: Relevamientos de Fauna: Dos herramientas para georeferenciar fotografías. (LinkedIn, Ed.) Argentina.

1 Los insectos (Insecta) son una clase de animales invertebrados del filo de los artrópodos, caracterizados por presentar un par de antenas, tres pares de patas y dos pares de alas (que, no obstante, pueden reducirse o faltar)

- 2 Un polinizador es un vector animal (agente biótico) que traslada polen de la antera (órgano masculino de la flor) al estigma (órgano femenino) permitiendo que se efectúe la unión del gameto masculino en el grano de polen con el gameto femenino del óvulo, proceso conocido como fertilización o singamia. La antecología es el estudio de la polinización, así como de las relaciones entre las flores y sus polinizadores.
- 3 Las Angiospermas comúnmente llamadas plantas con flores o plantas florales son las plantas con semilla cuyas flores tienen verticilos o espirales ordenados de sépalos, pétalos, estambres y carpelos; los carpelos encierran a los óvulos y reciben el polen en su superficie estigmática.
- 4 Avispas, Abejas y hormigas. Alas membranosas estrechas, emparejadas distancialmente; alas posteriores subordinadas; piezas bucales adaptadas para morder, lamer y chupar líquidos; oviscapto modificado en algunos casos como agujón, perforador o cortante; hay especies sociales o solitarias; la mayoría de las larvas son sin patas, ciegas y con forma de cresa.
- 5 Mariposas y polillas. Alas membranosas cubiertas con escamas imbricadas, unidas en su base, aparato bucal chupador, enrollado en reposo; las larvas (orugas) tienen mandíbulas masticadoras para alimentarse de las plantas, falsas patas en el abdomen y glándulas de seda para tejer capullos.
- 6 Moscas. Un par de alas simples, membranosas y estrechas; las alas posteriores quedaron reducidas a balancines; piezas bucales chupadoras o adaptadas para lamer o perforar; las larvas no presentan patas, son denominadas cresas o pupas.
- 7 Arachnida: artrópodos de 8 patas, Cabeza y tórax fusionados formando un cefalotórax. Abdomen pronunciado, con glándula productora de tela en la mayoría de las familias de la familia Araneae. Incluye arañas, alacranes, garrapatas y opilones.

# Gestión de la biodiversidad como parte de la estrategia ambiental

Por **Maria Cruz Gil** y **Rocío Santos González** (TGS)

*Este trabajo fue seleccionado del 5º Congreso Latinoamericano y 7º Nacional de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente en la industria del Petróleo y del Gas del IAPG, 2023.*

**Iniciativas y metas específicas para la protección de los ecosistemas, análisis de riesgos y medidas preventivas de los impactos que podrían generarse en las operaciones.**

**E**n el año 2019, junto con la elaboración del Mapa Estratégico Ambiental de tgs, se establecieron las bases para afianzar los compromisos actuales y cumplir con las metas planificadas en materia ambiental. En ese sentido, a mediados del 2021 se comenzó a delinear el Plan Estratégico Ambiental de la Compañía, con el objetivo de encauzar nuestra gestión para el próximo quinquenio. Dicho Plan está dividido en 3 ejes principales y cada uno de estos ejes conformado por diferentes pilares dentro de los cuales se estableció el pilar de Gestión de la Biodiversidad. Dicho pilar cuenta con una apertura en iniciativas y metas específicas tendientes a reforzar el compromiso en el cuidado y la protección de los ecosistemas y, de este modo, garantizar que ante cualquier actividad y/o proyecto se analicen los riesgos y se tomen medidas para prevenir los impactos y compensarlos (ver Tabla N° 1: Ejes y Pilares del Plan Estratégico Ambiental).

Este Plan ha sido validado con el Comité de Dirección y se ha difundido a toda la Compañía Su grado de avan-



Ejes	Pilares
1- Mitigación y adaptación al cambio climático	Comprende la aplicación de nuevas tecnologías, la definición de estrategias de reducción de GEI, la promoción de la eficiencia energética y energías renovables como sustitución de energías secundarias. También, la conservación de la biodiversidad y medidas de prevención de riesgos ambientales, e identificación de los riesgos climáticos.
2- Liderazgo ambiental proactivo para anticiparnos a las necesidades del contexto	Para anticiparnos a las necesidades del contexto, incluyendo temas de innovación tecnológica, de soluciones de ingeniería emergentes para analizar la aplicabilidad en tgs, no solo para optimizar procesos sino también para explorar nuevos negocios. Comprende programas de promoción y concientización ambiental, y capacitaciones temáticas. Busca reconocer la gestión ambiental preventiva que cada instalación tiene bajo su control en su día a día.
Consumos	Aplicado en nuestras operaciones; reduciendo, reutilizando y reciclando los recursos y efluentes generados, estableciendo actividades encaminadas a su uso eficiente y a la mejora en su gestión, en el marco de la economía circular. Asimismo, la gestión de compras y proveedores sustentables.

Tabla 1. Ejes y pilares del Plan Estratégico Ambiental.

ce se monitorea en forma periódica, lo que permite hacer los ajustes requeridos en tiempo y forma para cumplir con los compromisos asumidos. Cada pilar cuenta con un sponsor, miembro del Comité de Dirección.

Considerando que la temática ambiental abarca en gran medida a varios sectores de la organización, se decidió encarar los planes de acción de manera interdisciplinaria, dando participación a referentes de las áreas operativas de la Compañía.

## Desarrollo

### Gestión de la biodiversidad

Los principales impactos a la biodiversidad derivados de nuestra actividad se dan principalmente por las intervenciones que se realizan durante las tareas periódicas de mantenimiento de los gasoductos, y la necesidad de mantener sus zonas aledañas accesibles ante cualquier eventualidad o emergencia. En este sentido, se trabajó



Figura 1. Cronograma de líneas de acción del Pilar de Biodiversidad. Las barras en turquesa indican el plazo de cumplimiento comprometido. Las barras en violeta indican el grado de avance a la fecha.

en la creación de tres líneas principales de trabajo enfocadas a prevenir y mitigar los impactos a la vez que compensarlos. Cada una de estas iniciativas están pensadas para avanzarlas en diferentes etapas, a un plazo de cumplimiento de 5 años (ver figura 1: Cronograma de líneas de acción del Pilar de Biodiversidad).

A continuación, describimos cada iniciativa, con su objetivo, alcance y metodología, tareas desarrolladas y a desarrollar y resultados obtenidos hasta el momento:

#### • Política de forestación

En el año 2022 se avanzó con el proceso de validación interno de la Política de Forestación de tgs, tendiente a fomentar el conocimiento y el compromiso de la Alta Dirección con esta temática. Mediante la implementación de la política, se busca establecer un marco de referencia para el cumplimiento de los objetivos en materia de forestación.

Objetivos: lograr una forestación ordenada, planificada y consciente, con especies adaptadas a cada sitio, fomentando las plantaciones con especies nativas. Definir los lineamientos para la restauración y conservación del arbolado en las instalaciones de la compañía, a los fines de disminuir el riesgo de accidentes, reducir los ruidos al exterior, mitigar el impacto de nuestras emisiones a la atmosfera, promover la conservación del hábitat para otras especies y demás servicios ecosistémicos que brindan las especies nativas, redundando en beneficios para tgs y las comunidades aledañas.

Alcance del trabajo: Toda la Compañía

Tareas desarrolladas:

- Confeción, presentación y aprobación de la Política de forestación de tgs.

Tareas a desarrollar:

- Difusión a toda la Compañía, capacitación y concientización.

Resultados obtenidos:

- Validación y apoyo de la Política de Forestación a

nivel de Dirección.

- Inclusión del Plan en el armado del presupuesto anual, a los fines de garantizar su continuidad en el tiempo.

#### • Plan de Forestación sostenible y consciente:

El siguiente Plan está estructurado en diferentes etapas, a desarrollarse en un plazo de 5 años:

- Diagnóstico e inventario de especies de cada instalación (línea de base): efectuada por un Ingeniero Forestal, con el objetivo de relevar el estado general de la forestación existente, analizar las posibles causas ambientales que afectan su potencial y proponer soluciones para revertirlas.
- Definición de áreas y diseño para la forestación/ reforestación: teniendo en cuenta las necesidades de cada instalación, los requerimientos operativos y las posibilidades de adaptación por parte de las diferentes especies.
- Definición de intervenciones a realizar sobre ejemplares enfermos/ décrptos: priorizando la seguridad de nuestros colaboradores y nuestras instalaciones.
- Mantenimiento consciente del arbolado: contando con personal idóneo y capacitado para llevar adelante esta tarea.
- Difusión de actividades, convocatoria de adeptos: a los fines de garantizar la continuidad y replicabilidad del proyecto a lo largo de la Compañía.
- Inventario de sumideros de CO2: estimando el CO2 retenido por las plantas en el tiempo, para las principales especies y vinculando este análisis a nuestro cálculo de huella de carbono.

Objetivo: Conocer el estado general de nuestro arbolado, realizar una caracterización específica, verificar el porcentaje de cobertura, e identificar oportunidades de forestación sostenible y consciente, con especies autóctonas. Obtener mejoras en nuestras instalaciones a

través de los servicios ecosistémicos que brinda el arbolado: fijación de carbono, disminución del impacto visual, atenuación de ruidos y viento, mejoras en el ciclo de nutrientes y en el suelo, aumento de la biodiversidad asociada.

Alcance del trabajo: Todas las instalaciones de tgs y extensión a las comunidades donde opera tgs.

Metodología de trabajo: Para el cumplimiento del objetivo se conformó un equipo de trabajo interdisciplinario, conformado por personal de la Gerencia de Seguridad, Ambiente y Calidad, de Operaciones y de Relaciones Institucionales. Este equipo mantiene reuniones quincenales a los fines de ir coordinando las diferentes actividades para el cumplimiento del Plan.

#### Tareas desarrolladas:

- Conformación de un equipo interdisciplinario de forestación para el tratamiento y seguimiento de este tema en la Compañía.
- Presentación del Plan a los gerentes de Operaciones y al Sponsor del Pilar Biodiversidad
- Contratación de Ingeniero Forestal para realizar el diagnóstico y línea de base de las diferentes instalaciones.
- Sondeo de viveros de árboles nativos e inclusión como proveedores.
- Comienzo del relevamiento del arbolado existente en nuestras instalaciones (línea de base).
- Difusión de los resultados obtenidos en cada instalación y conclusiones mediante charlas brindadas por el Ingeniero Forestal.
- Remoción de ejemplares que representan un riesgo para las personas o las instalaciones en el Complejo Cerri y Planta Galván.
- Reuniones y articulación con representantes de los Municipios y otros actores de localidades donde opera tgs.
- Articulación y acciones puntuales con contratistas.
- Articulación con viveros locales.

#### Tareas a desarrollar:

- Continuar con la difusión del Plan a toda la Compañía.
- Definición de los pasos a seguir en cada instalación a medida que se vaya avanzando con los relevamientos y diagnósticos (líneas de base).
- Establecimiento del programa de "Guardianes" en las instalaciones, a los fines de convocar adeptos que participen en el cuidado y el mantenimiento del arbolado.
- Realizar un Inventario de sumideros para vincularlo a la huella de carbono.

#### Resultados obtenidos:

- Cinco inventarios (líneas de base) en la provincia de Buenos Aires (Complejo. Cerri, Galván, Plantas Compresoras Indio Rico, Olavarría y Buchanan).
- Detección de situaciones críticas que alertaron para un tratamiento urgente del arbolado en malas condiciones que significaban un riesgo para las personas

(intervenciones puntuales en Complejo Cerri y Planta Galván).

- Forestación de nuestra Planta Olavarría ubicada en la Provincia de Buenos Aires, con 40 especies de Aca-cia Visco que se ubicaron sobre todo el frente de la instalación (ver figura 2) y 80 especies de Ciprés Píramidal que se plantaron sobre una de las calles laterales para formar una cortina que ayude a mitigar el viento sur (ver figura 3). Restan aún dos etapas donde se incorporarán árboles destinados a cubrir el resto del perímetro de la Planta, y otros 60 árboles de distintas especies que irán en espacios internos ya determinados de la instalación
- Como resultado de articular con diferentes actores de la Comunidad (municipios de Choele Choel y Olavarría, contratistas y viveros locales):
  - Se realizó la donación por parte de la contratista al municipio de Choele Choel de 100 árboles nativos, en equivalente a las horas trabajadas para tgs. Treinta y siete de estos ejemplares fueron plantados en cinco establecimientos educativos (jardín de infantes y escuelas primarias). Cuarenta y cinco ejemplares fueron entregados a vecinos que estaban inscriptos para recibir árboles para su vereda (ver figuras 5 y 6). También se realizó la plantación de siete ejemplares en el Paseo Costero de dicha Ciudad (ver figura 7). El resto de los árboles, que aún no alcanzaban el tamaño recomendable para ser plantados, fueron entregados a un invernadero municipal de verduras y hortalizas, para asegurar su cuidado y crecimiento (ver figura 8).
  - Se logró un acuerdo de provisión de árboles autóctonos al municipio de Olavarría desde el vivero municipal, sumado a la donación de tgs de ejemplares para aumentar el arbolado de dicha ciudad.
  - Se forestaron cuatro de nuestras instalaciones ubicadas en Río Negro con 120 ejemplares nativos (Caldén, Cina Cina, Espinillo, y Barba de Chivo que fueron donados por empresa contratista de acuerdo a la cantidad de horas trabajadas en tgs en la obra de mantenimiento de picada de gasoducto. Para la elección de los árboles acordes a la zona y tipo de suelo, contamos con el asesoramiento de un Ingeniero Se realizó la donación por parte de la contratista al municipio de Choele Choel de 100 árboles nativos, en equivalente a las horas trabajadas para tgs. Treinta y siete de estos ejemplares fueron plantados en cinco establecimientos educativos (jardín de infantes y escuelas primarias). Cuarenta y cinco ejemplares fueron entregados a vecinos que estaban inscriptos para recibir árboles para su vereda (ver figuras 5 y 6). También se realizó la plantación de siete ejemplares en el Paseo Costero de dicha Ciudad (ver figura 7). El resto de los árboles, que aún no alcanzaban el tamaño recomendable para ser plantados, fueron entregados a un invernadero municipal de verduras y hortalizas, para asegurar su cuidado y crecimiento (ver figura 8).
- Se logró un acuerdo de provisión de árboles autóctonos al municipio de Olavarría desde el vivero municipal,



Figura 2. Especies de Acacia Visco - frente.



Figura 3. Especies de Ciprés Piramidal – calle de la Planta Olavarría lateral de Planta Olavarría.

sumado a la donación de tgs de ejemplares para aumentar el arbolado de dicha ciudad.

Se forestaron cuatro de nuestras instalaciones ubicadas en Río Negro con 120 ejemplares nativos (Caldén, Cina Cina, Espinillo, y Barba de Chivo que fueron donados por empresa contratista de acuerdo a la cantidad de horas trabajadas en tgs en la obra de mantenimiento de picada de gasoducto. Para la elec-

ción de los árboles acordes a la zona y tipo de suelo, contamos con el asesoramiento de un Ingeniero forestal. A modo de concientización y para generar sentido de pertenencia se participó de la actividad de plantación a los empleados de tgs y sus familias, y a la empresa contratista. A la vez que se contrató una ONG para dirigir dicha actividad, y se difundió a toda la Compañía (ver figuras 9, 10 y 11).



Figura 4. Traslado de ejemplares a los sitios de plantación



Figura 5. Arbolado urbano





Figura 9. Plantación de árboles nativos – Panta Fortín Uno.



Figura 10. Plantación cortina forestal de árboles nativos –Planta Belisle



Figura 11. Participación de ONG, personal de la Planta y familiares, y empresa contratista en la actividad de forestación.



Figura 11. Participación de ONG, personal de la Planta y familiares, y empresa contratista en la actividad de forestación.

**Superficies totales Instalaciones tgs**

Tipo de instalación	Cantidad	m <sup>2</sup>	Superficie total (m <sup>2</sup> )
Válvulas de línea	330	2	8.250
UPPCIs	323	25	8.075
PMs	351	300	105.300
Trampas de escrapper	85	210	17.850
Plantas/Predios	39		5.444.358
Ductos	1		9.425.176
			<b>15.009.009</b>

Tabla 2. Elaboración propia. Fuente de datos: SIG TGS.

del Sistema Integrado de información ambiental (SInIA) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Por otro lado, para el relevamiento de las especies con valor de conservación se tomó la información del sitio de la UICN (Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza) – Lista Roja del Programa Mundial de Especies. Asimismo, a fin de evaluar superposición y área de influencia se tomó la información de superficies y ubicación de nuestras instalaciones del sistema de información geográfica de tgs (SIG tgs)

**Tareas desarrolladas:**

- Identificamos las áreas protegidas, zonas con ordenamiento territorial de bosques nativos y reservas de la biosfera sobre las que nuestras instalaciones y ductos tienen o podrían tener influencia por superposición o cercanía, así como los objetos principales de conservación de dichas áreas.
- Identificamos las áreas donde habitan las especies que aparecen en la Lista Roja de la UICN y en listados nacionales de conservación por nivel de riesgo de extinción y que son coincidentes con nuestra zona de operación.
- Se contabilizó la superficie total donde se llevan actividades de operación, diferenciadas por tipo de instalación: Válvulas de línea, Unidades de Protec-

ción catódica (UPCCIs), Puntos de Medición (PMs), Trampas de escrapper, Plantas Compresoras y Predios, y Ductos (ver tabla 2). Para esto se tomó la información de nuestro SIG tgs.

- Creamos una aplicación dentro del SIG tgs, denominada “Mapa ambiental de áreas protegidas”, donde se consumen los servicios WMS de las capas con la información relevada (mencionada en los dos puntos anteriores). A través de esta aplicación, se pueden visualizar las áreas con valor para la biodiversidad, nuestras instalaciones y ductos (ver figuras 12 y 13).



Figura 12. Aplicación dentro del sistema de información geográfica de tgs, denominada “Mapa ambiental de áreas protegidas”.



Provincia	Instalación tgs	Ubicación geográfica	Nombre área protegida	Categoría de área protegida	Reconocimiento internacional	Objeto de conservación	OTBN
Buenos Aires	Gasoducto Buchanan II - Punta Lara BO Gutierrez	Longitud-58,1846; Latitud-34,8506	Pereyra Iraola	Reserva de la Biosfera	SI	Monumento Natural Árbol de Cristal Zorro pampeano (Lycalopex gymnocercus) Gato montés (Leopardus geoffroyi) Mariposa bandera argentina (Morpho epistrophus argentina) Coronillo (Scutia buxifolia)	SI
Río Negro	-	-	-	-	-	-	SI
Chubut	Gasoducto Gral. San Martín II PC Manantiales Behr PC Garayalde	Longitud-67,6623 Latitud-45,5593 Longitud-66,6159 Latitud-44,6858	Patagonia Azul	Reserva de la Biosfera	SI	31 especies de mamíferos terrestres 36 clases de animales marinos 42 clases de lobos marinos de un pelo 67 especies de aves costeras y marinas 65 especies de aves terrestres 130 especies de algas 197 clases de invertebrados marinos 83 especies marinas	SI
Santa Cruz	Gasoducto Gral. San Martín III PC Pico Truncado	Longitud-67,9439 Latitud-46,6606	Meseta Espinosa y El Cordón	Reserva Provincial	NO	Reserva hidrogeológica	NO
Tierra del Fuego	Gasoducto Gral. San Martín		Reserva Costa Atlántica de Tierra del Fuego	Reserva Provincial	NO	Área importante de nidificación de Chloephaga de rubidiceps (especie altamente amenazada) Diversidad de aves acuáticas migratorias y endémicas	NO

Tabla 3. Muestra la superposición de nuestras instalaciones con áreas de importancia para la biodiversidad, indicando su categoría y objetos de conservación.

Tipo de instalación	Valores Totales			Valores de superposición con Áreas Protegidas (AP)	
	Cantidad total	m <sup>2</sup> totales	Superficie total (m <sup>2</sup> )	Cantidad superpuesta con AP	Superficie superpuesta con AP (m <sup>2</sup> )
Válvulas	330	25	8.250	20	500
UPPCIs	323	25	8.075	15	375
PMs	351	300	105.300	24	7.200
Trampas	85	210	17.850	5	1.050
Plantas/Predios	39		5.444.358	7	711.152
Ductos	1		9.425.176	89	354.578
<b>Superficie Total</b>			<b>15.009.009</b>	<b>Superficie superpuesta</b>	<b>1.074.855</b>

Tabla 4. Cantidad y superficie de nuestras instalaciones superpuestas con AP.

ambiente.gov.ar/geovisor.php  
Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – IUCN - Lista roja: <https://www.iucnredlist.org/es>



# Regulación térmica de ambientes: Un modo simple y de bajo costo para el ahorro energético

Por **Pablo Romero<sup>1,3</sup>**, **Ítalo Bove Vanzulli<sup>2</sup>**, **Jorge Fiora<sup>1,3</sup>**, **Cristian Carri<sup>1</sup>** y **Salvador Gil<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Eficiencia Energética. Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup>Universidad de la República (Udelar), Fac. de Ingeniería, Laboratorio de Energía Solar. Uruguay. <sup>3</sup>ECyT- Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). San Martín, Buenos Aires, Argentina.

**En este estudio se examinan los potenciales ahorros energéticos en calefacción y refrigeración mediante el uso eficiente del termostato. Se analiza tanto el caso de calefactores convencionales a gas, como así también acondicionadores de aire frío/calor o bombas de calor, evaluando sus rendimientos.**

**E**l manejo eficiente de la energía es crucial para toda la sociedad, pero es especialmente importante para aquellas familias con recursos económicos limitados, que en general usan una fracción mayor de sus ingresos en las facturas de energía. Regular los termostatos de calefacción y refrigeración es una acción simple y efectiva para reducir el consumo de energía y mitigar el costo de dichas facturas. Este estudio se basa en un análisis de como los consumos de acondicionamiento térmico de ambientes (calefacción y refrigeración) dependen del valor

al que se regula la temperatura interior ambientes (es decir, el *seteo* de los termostatos). También reportamos mediciones de Coeficientes de Performance (COP) de equipos acondicionadores de aire frío/calor (AA) o bombas de calor (BC), del mercado argentino en relación con las diferencias de temperatura entre el interior y exterior de una vivienda, ya que este parámetro determina en gran medida la eficiencia de los AA o BC. Además, se discute, cómo este parámetro afecta la variación del consumo por regulación de los termostatos en los equipos de acondicionadores de aire y BC. (1), (2)

Este estudio indica que, en general, para todos los sistemas de acondicionamiento térmico de interiores, es decir, tanto calefactores como refrigeradores, independientemente de su tecnología, ajustar los termostatos puede modificar considerablemente su consumo energético. Así reducir en un 1°C la temperatura de los termostatos en invierno, pueda aportar más del 25% de ahorro en energía en la zona centro-norte de Argentina y del orden del 10 % en la zona sur. Si se calefacciona con bombas de calor, esta reducción puede ser del orden del 5% al 7% mayores. Similarmen- te, incrementar en un 1°C la temperatura de los termostatos en verano, puede reducir los consumos de los acondicionadores de aire en casi un 50% en prácticamente todo el país.

**Consumo energético en los hogares:** Numerosos estudios revelan que el consumo de acondicionamiento térmico de interiores, calefacción y refrigeración, (3), (4) es el principal consumo energético de los hogares argentinos y de muchos otros países del mundo, excediendo fácilmente el 40% del consumo doméstico en el país. El uso de gas natural por redes es muy prevalente en los hogares argentinos, donde se usa principalmente para cocción, calefacción y agua caliente. En verano, este consumo se reduce al consumo base, compuesto por cocción y agua caliente (5). Esta estacionalidad de los consumos de gas, permite

determinar con mucha precisión el consumo usado en calefacción. (4) Por su parte, el consumo diario de calefacción depende de la diferencia entre las temperaturas media diaria interior y exterior. La suma de estos consumos diarios, a lo largo de un año nos brinda el consumo anual usado en calefacción. Como es lógico, este consumo a su vez, depende de la suma, a lo largo del año, de las diferencias diarias entre la temperatura de referencia interior, a menudo tomada como  $T_{ref,inv} = 18\text{ °C}$  y la media diaria exterior, para aquellos días en que la temperatura exterior no exceda esta  $T_{ref,inv}$ . El parámetro así construido se conoce como Deficiencia o Déficit Grado Día (DGD) o *Heating Degree day*. (6), (7), (4). En la Figura 1, se ilustra con el área amarilla, el significado de este importante parámetro. El concepto de DGD se utiliza para caracterizar las necesidades de calefacción y refrigeración en todo el mundo. En Argentina, las

normas de acondicionamiento térmico utilizan este parámetro para el diseño de la aislación térmica en distintas regiones bioclimáticas. De manera análoga, se define el Exceso Grado Día (EGD o *Cooling Degree Day*). (8), (9) Estos dos conceptos se ilustran en las Figura 1.

De hecho, como las temperaturas medias mensuales varían fuertemente a lo largo del año, como así también los consumos específicos medios de energía (o consumo por usuario) de cada mes, es posible analizar cómo varían los consumos específicos residenciales con DGD(mes), como se muestra en la Figura 2.

La Figura 2 muestra que los consumos asociados a la calefacción son proporcionales al  $DGD(mes)$ . Para la calefacción, en Argentina, la temperatura de referencia usada es:  $T_{ref,inv} = 18\text{ °C}$ . Esta relación entre consumo de calefacción y el DGD tiene validez general, y se usa en todo el mundo para caracterizar las

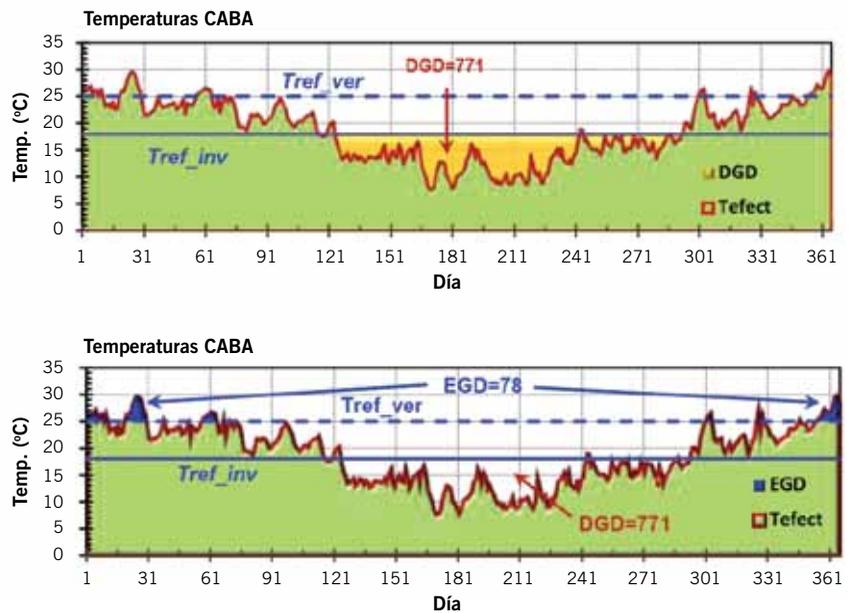


Figura 1. Temperaturas diarias para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), curva roja, para el año 2022. Arriba, la línea horizontal azul sólida indica la temperatura de referencia de invierno  $T_{ref,inv}=18\text{ °C}$ . El área entre esta línea y la curva de temperatura (área naranja) indica el valor del DGD, asociado a la necesidad de calefacción para ese año en CABA. Abajo, la línea horizontal de trazo azul indica la temperatura de referencia de invierno  $T_{ref,ver}=25\text{ °C}$ . El área entre esta línea y la curva de temperatura (área azul) indica el valor del EGD que determina la necesidad de refrigeración para ese año en CABA.

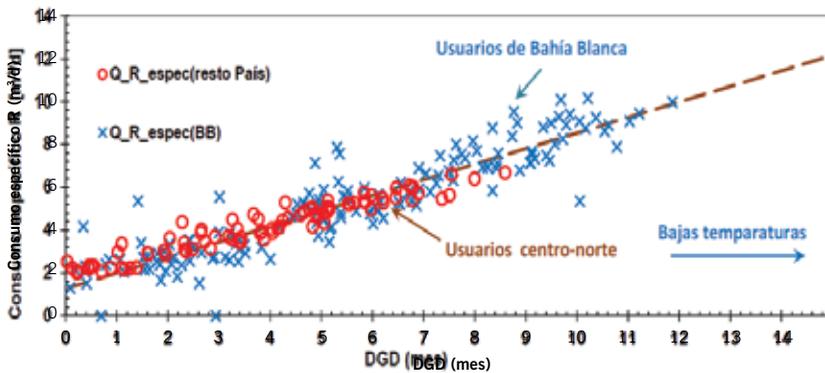


Figura 2. Variación de los consumos específicos diarios, promediados para cada mes, en función del DGD<sub>(mes)</sub> de cada mes, en m<sup>3</sup>(GN)/día. Los círculos rojos indican los datos de consumo de los usuarios residenciales para la zona norte y central de Argentina. Las cruces azules corresponden a la zona de Bahía Blanca, que por tener temperaturas relativamente más bajas, presenta valores de DGD<sub>(mes)</sub> más altas. En todos estos casos, la temperatura de referencia usada fue: Tref\_inv ≈ 18 °C.

necesidades de calefacción. (6), (7) De manera análoga, las necesidades de refrigeración de un ambiente se vinculan íntimamente con el valor EGD del lugar. (7), (10). Esta correlación entre el valor del DGD y el consumo observado en calefacción, justifica el procedimiento usado en este trabajo, de estudiar como varía el DGD con el valor de la temperatura de referencia utilizada para el cálculo del DGD, es decir Tref\_inv. La relación entre consumo y DGD se observa que es válida para todas las ciudades y regiones del mundo (6), (7). De este modo, el concepto de DGD es utilizado frecuentemente para caracterizar las necesidades de calefacción. (7), (11) De manera análoga, estudiamos la variación del EGD con la temperatura de referencia, es decir Tref\_ver. De este modo, este estudio nos permite inferir, la variación del consumo de refrigeración con la temperatura de fijación del termostato, ~ Tref, tanto en invierno como verano. (6), (7), (12)

La temperatura de referencia (Tref\_inv) se relaciona también con la temperatura exterior a la cuál la vivienda se comienza a calefaccionar. Pero Tref\_inv se vincula también con la temperatura a la cual fijamos el termostato de nuestros equipos de acondicionamiento térmico. Esto

significa que, al fijar el termostato, el DGD varía significativamente con este valor. La Figura 3 ilustra esta si-

tuación, si la temperatura deseada en invierno se fija en Tref\_inv = 20 °C, el valor del DGD para la Ciudad de Buenos Aires resulta igual a 1139 grado.día. Si se fija la Tref\_inv = 18°C, el valor del DGD=750 grado.día, es decir 52% menor. Además, el número de días de calefacción varía en un 21%, pasando de 214 a 177 días, con esta misma variación en Tref\_inv.

Se puede hacer un análisis similar para la refrigeración. Si la temperatura del termostato en verano se varía en 2°C, por ejemplo de 24 °C a 26 °C, el EGD en Buenos Aires varía de 135 grado.día a 45 grado.día, o sea en un 66 %. Asimismo, los días en que se usaría el acondicionador de aire varían de 30 a 62 días, o sea en un 52 %. Usando esta vinculación entre DGD y EGD con la Tref, en la Figura 4 se muestran los potenciales ahorros de energía para diversas

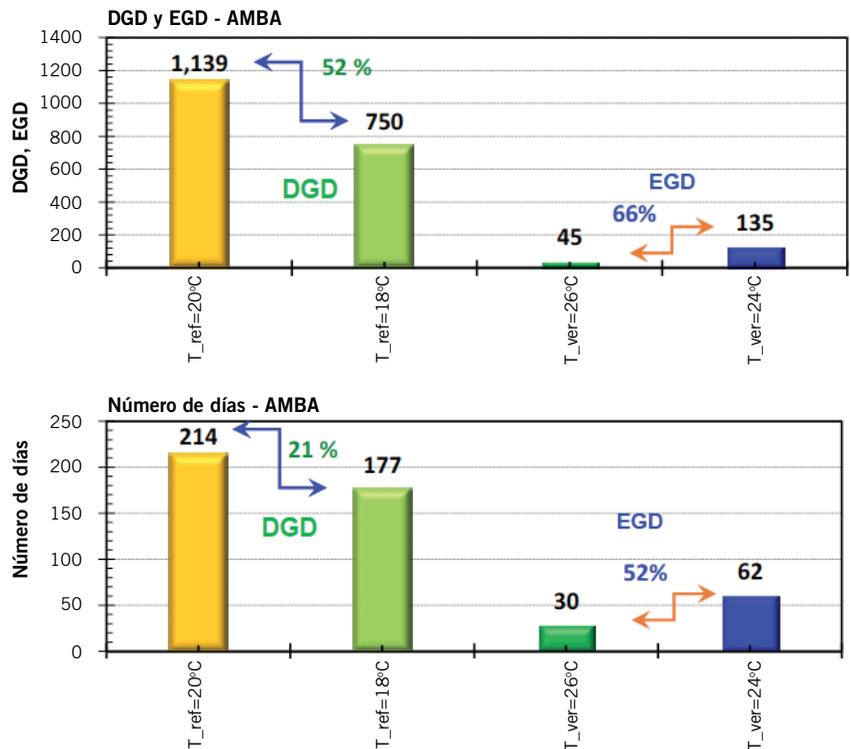


Figura 3 Diagrama Variación de la DGD(año) como función de la temperatura de referencia (termostato). Los datos corresponden al Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), tomando como base los años 2013 a 2023.

ciudades de Argentina, producidos al disminuir la temperatura en 1 °C. Se ve que las variaciones en consumo de calefacción son del orden del 10% para las regiones más frías (mayor valor de DGD) y para la zona centro norte, superan el 25%. Este resultado es sorprendente sobre todo si se lo compara con el reportado en otros países, donde los ahorros son del orden de 10%. Cabe señalar que varios estudios de este tipo fueron realizados en las zonas más frías del hemisferio norte. En ese sentido, ciudades como Bariloche o Ushuaia que tienen escenarios térmicos similares a Londres o Nueva York, dan resultados concordantes con los reportados para esas ciudades.

En el caso de zonas templadas, como Buenos Aires o la mayoría de las ciudades del centro y norte de Argentina, el DGD varía notablemente con  $T_{ref}$ , haciendo que los ahorros por reducir 1°C el termostato, superen el 25%.

En la Figura 4, derecha, se muestran los potenciales ahorros de energía en refrigeración para diversas ciudades de Argentina, producidos al aumentar la temperatura de los termostatos en 1 °C, durante el verano. Se ve que las reducciones del consumo en todas las ciudades de Argentina son superiores al 50%, por lo que una política que promueva el uso de los termostatos en verano a

26°C para todo el país, podría contribuir a reducir el costo de las facturas de electricidad de las familias y mitigar significativamente las emisiones de carbono. Esta regulación de los termostatos en verano estaría en concordancia con las recomendaciones del U.S. Department of Energy (DOE), de fijar la temperatura de los termostatos a 26°C en verano (13). Asimismo, desde el punto de vista de salubridad, se recomienda que el salto térmico de los ambientes con el exterior, no exceda 10°C. (14)

Una forma de comprender mejor estas características de la variación del consumo de acondicionamiento térmico (AT) con el valor de los "set points" de los termostatos, se basa en reconocer que el consumo asociado al AT depende críticamente del valor de  $\Delta T$  entre el interior y exterior de la vivienda. Si en invierno fijamos la  $T_{ref\_inv}=18^\circ C$ , la temperatura media de los días con temperaturas inferiores a este valor es de  $T_{media\_inv}=14^\circ C$ , en AMBA. Así que, el valor del salto térmico medio es:  $\Delta T_{media\_inv}=4^\circ C$ . De modo que al incrementar el valor del set point en 1 °C, el salto térmico, y consecuentemente el consumo de calefacción se incrementa en 25%, en concordancia con lo indicado en la Figura 4. De manera análoga, si en verano fijamos la  $T_{ref\_ver}=24^\circ C$ , la temperatura media de los días con temperaturas

superiores a este valor es de  $T_{media\_ver}=26.2^\circ C$ , en AMBA. El salto térmico medio es:  $\Delta T_{media\_ver}=2.2^\circ C$ , de modo que tanto el salto térmico como consumo de refrigeración varían en cerca del 45% al aumentar el valor del set point en 1 °C.

## Acondicionadores de aire y bombas de calor

Las bombas de calor son dispositivos que transfieren calor de una fuente fría a una más cálida, utilizando electricidad para realizar esta tarea. Un ejemplo común de una bomba de calor es un aire acondicionado frío/calor y también una heladera o refrigerador. En el modo de calefacción, ver Figura 5, una BC extrae calor del exterior frío y lo introduce en el interior caliente. Aunque esto parezca desafiar las leyes de la física, en realidad sigue sus principios fielmente. El compresor es crucial en estos sistemas, pero los modelos convencionales pueden tener un consumo de energía menos eficiente debido a los repetidos encendidos y apagados cuando funcionan a plena potencia.

El coeficiente de desempeño (COP) es un parámetro importante para evaluar la eficiencia de una BC, representando la relación entre el calor producido,  $Q_{caliente}$  y la energía

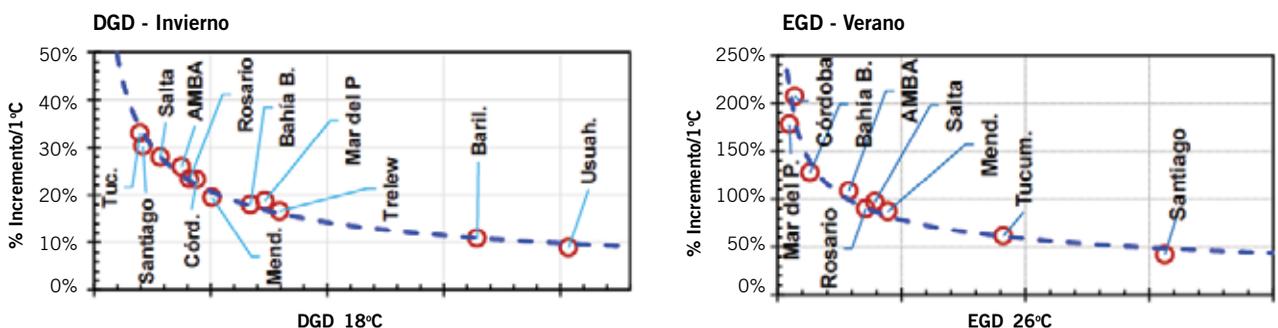


Figura 4. Variación porcentual del DGD (izquierda) y EGD (derecha) por variación de 1 °C en la temperatura de referencia, como función del valor del DGD\_18°C (es decir para DGD para  $T_{ref}=18^\circ C$ ) (izquierda) y EGD\_24°C es decir EGD para  $T_{ref}=24^\circ C$  (derecha). Como se ve, las reducciones en los consumos de invierno, por reducción de 1°C en invierno es del orden o mayor al 25% en toda la región centro norte de Argentina. En verano, la reducción en consumo por aumento de 1 °C en la temperatura de referencia, es superior a 50% para casi todas las ciudades de Argentina.



eléctrica utilizada,  $W_{el\acute{e}ct}$ . Este valor puede variar significativamente con la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior,  $\Delta T$ . La variación de este coeficiente con  $\Delta T$ , se ilustra en la Figura 6 para un acondicionador de aire convencional de 2,3 kW, típico en el mercado local. Esta dependencia es representativa de este tipo de equipos en todo el mundo y se ha documentado extensamente en la literatura especializada. (14)

El COP es un parámetro adimensional, fácil de interpretar: un COP de 4 significa que por cada 4 unidades de calor que el equipo entrega, consume 1 unidad de energía eléctrica. Si esta variación del COP con la diferencia de temperatura entre el interior y exterior de la vivienda, se la combina con la variación del DGD o el EGD, se observa, como se muestra en la Figura 7, que la variación del consumo en las BC por variación de la temperatura de referencia, es aún mayor que para equipos convencionales. Por ejemplo, como se ve en la Figura 7, si la temperatura del termostato de un equipo conven-

cional a gas, se varía de 18°C a 20°C el consumo se incrementa en un 50% (curva naranja), mientras que con una BC (curva azul) el consumo

se incrementaría en un 54%. O sea que la variación del COP con el aumento de la diferencia de temperatura,  $\Delta T$ , entre en exterior e interior,

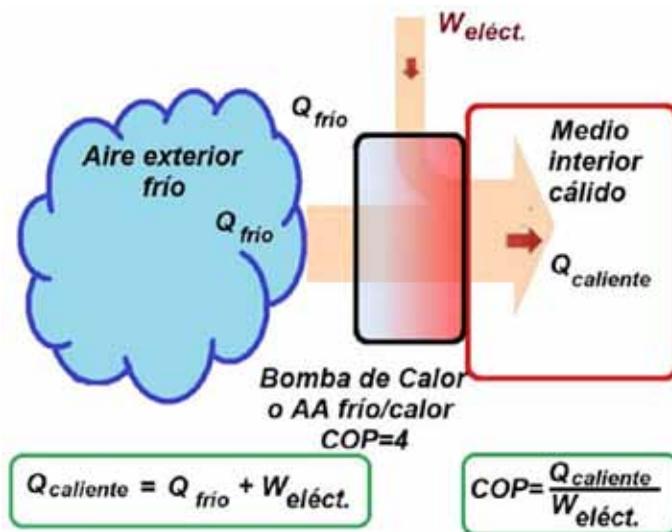


Figura 5. Diagrama esquemático de un acondicionador de aire (frío/calor) o bomba de calor (BC) usado en modo de calefacción. El equipo toma calor del medio exterior frío ( $Q_{frío}$ ), de modo similar a un refrigerador, usando energía eléctrica que hace funcionar el sistema (compresor)  $W_{el\acute{e}ct}$ , y entrega todo este calor al interior,  $Q_{caliente}$ . En este ejemplo, para generar 4 unidades de calor, se requiere de una unidad de energía eléctrica, o sea la eficacia de esta BC, entendida como una relación de costo-beneficio, es del 400% o  $COP=4$ .

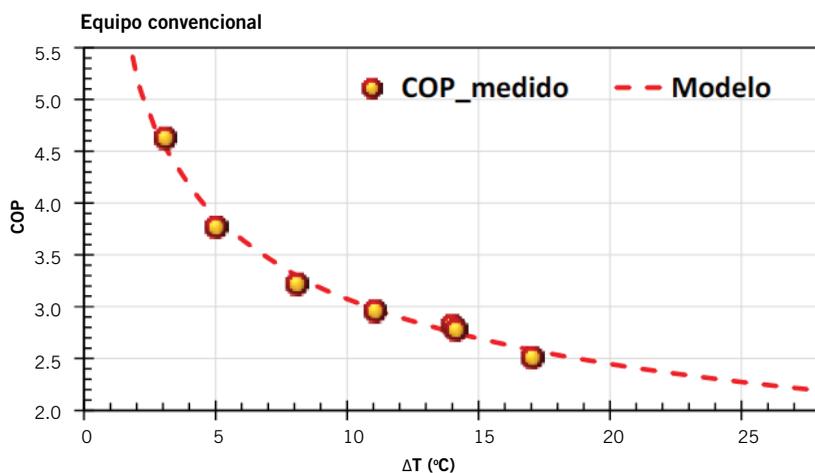


Figura 6. Valores medidos del COP de un AA convencional del mercado nacional en función de la diferencia de temperatura  $\Delta T$  el exterior e interior (símbolos circulares rojos). La curva punteada en rojo es una parametrización que describe la variación del COP con  $\Delta T$ .

contribuye con un 7% adicional. Los equipos con tecnología inverter, que regulan la velocidad del compresor, ofrecen un mayor rendimiento y ahorro energético en comparación con los modelos tradicionales. Esto se debe en parte a que estos equipos ajustan la velocidad del compresor según las necesidades de enfriamiento o calefacción. Es así que pueden trabajar con una necesidad de transferencia de calor inferior a la máxima para la que han sido diseñados. En estos casos, el equipo trabaja más "aliviado" y por lo tanto con una eficiencia mayor.

Los AA convencionales, operan con un compresor de velocidad fija, que se enciende y apaga intermitentemente para regular la temperatura. Este ciclo de encendido y apagado constante también contribuye a una menor eficiencia y disminución de la vida útil. Típicamente, un AA con inverter tiene un consumo menor de entre 30% a 50% que un equipo similar convencional, aunque esto en realidad depende de la capacidad del artefacto y las características térmicas del ambiente a climatizar. En resumen, la tecnología inverter permite una operación más eficiente, estable y duradera de los acondicionadores de aire, resultando en ahorros sig-

nificativos de energía y un mayor confort.

**Consumo de energía para calefacción:** El consumo asociado al acondicionamiento térmico de interiores es una de las principales demandas energética en los hogares. Además del diseño arquitectónico y la orientación de la vivienda, los artefactos utilizados para calefacción y refrigeración son cruciales en este aspecto. Según un relevamiento del INDEC en 2018 (15), aproximada-

mente un 47% de la población usa gas natural para calefacción, 6% usa GLP (gas envasado), 31% usa estufas eléctricas a resistencias y un 16% usa BC para calefaccionar. Es decir, la población que usa gas (53%) es comparable a la que usa electricidad (47%) para calefacción en Argentina.

En las viviendas sin acceso a redes de gas natural, su principal consumo de energía es la producción de agua caliente sanitaria (ACS). Además, se observa una reducción significativa en los consumos de calefacción en estas viviendas comparadas a aquellas con conexión a las redes de gas natural. (3)

Varios estudios de campo recientes en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) (17), (3), han mostrado valores sorprendentemente bajos de consumo de calefacción al utilizar bombas de calor o acondicionadores de aire frío/calor (AA F/C). Estos estudios, en los que se analizaron más de 390 hogares en el AMBA con diversos métodos de acondicionamiento térmico y distintas condiciones socioeconómicas, revelaron que el uso de BC en modo calefacción puede reducir los consumos en factores de 5 a 7 en comparación con sistemas tradicionales basados en gas natural (GN), como estufas de tiro balanceado y calderas. Por ejemplo, mientras que

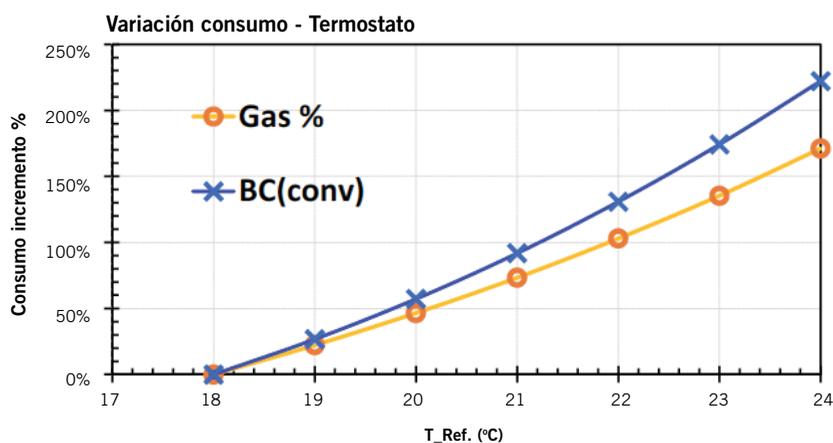


Figura 7. Variación los potenciales ahorros de consumo, relativos al valor de  $T_{ref}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para un calefactor convencional a gas (círculos naranjas) y para una BC (cruces celestes) con variación del COP.

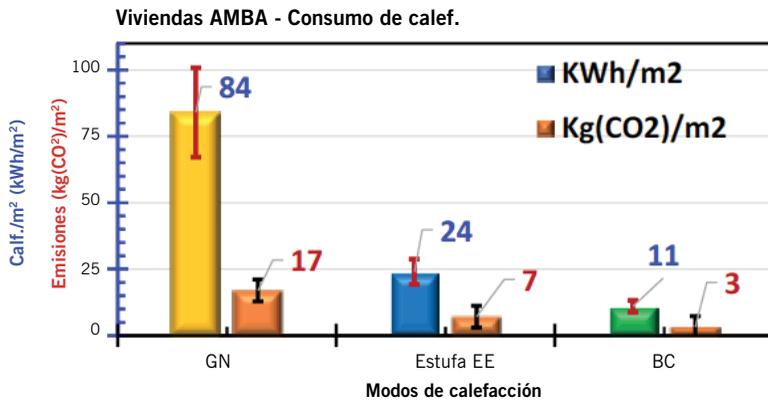


Figura 8. Variación del consumo energético asociado a la calefacción por m<sup>2</sup>, según la tecnología usada. En naranja se indican las emisiones asociadas a cada tecnología por m<sup>2</sup>. Se observa que las familias que usan GN por redes para la calefacción, tienen un consumo por m<sup>2</sup> alrededor de 7,5 veces mayor que las que usan BC. Además, sus emisiones en Argentina son 5 veces mayores.

una vivienda estándar del AMBA con calefacción a GN tiene un consumo de calefacción de  $75 \pm 15$  kWh/m<sup>2</sup>, una vivienda similar con calefacción con AA F/C tiene un consumo de calefacción de  $12 \pm 5$  kWh/m<sup>2</sup>, aproximadamente siete veces menor. Esta relación entre el consumo de energía de calefacción resulta sorprendente, ya que la relación entre el consumo de energía (electricidad) entre una BC de COP = 3,5 (quizás los valores más comunes en el parque de acondicionadores de aire en Argentina) a la de una estufa a gas de tiro balaceado (~70 %) es un factor  $3,5/0,7 = 5$ .

Sin embargo, una ventaja significativa de las BC respecto de las estufas a gas es que son fáciles de encender y apagar. En las estufas a gas, el encendido y apagado no es sencillo, por lo que la llama piloto, que tienen un alto consumo (0,5 m<sup>3</sup>/día ≈ 5 kWh/día), tiende a permanecer encendida por largos períodos. La simplicidad de encendido de las BC y el tiempo corto en que empiezan a generar confort hace que estos equipos se enciendan solo cuando se usan. Además, al momento de encender el equipo, ya contamos con un termostato de regulación de temperaturas en nuestras manos. Esta posibilidad de regular fácilmente la temperatura,

como vimos previamente aporta una cuota adicional al ahorro de energía.

Por último, por normas de seguridad, es preciso que muchas viviendas con estufas a gas requieran disponer de alguna *ventilación* extra por ambiente. Estas ventilaciones al exterior son una fuente de ineficiencia en el acondicionamiento térmico de la vivienda, que incrementa las infiltraciones de aire exterior, lo que hace que los rendimientos de las estufas a gas sean aún más bajos. La regulación del termostato, generalmente ausente en las estufas a gas, resulta sumamente sencilla en las BC y contribuye significativamente a la eficiencia. Como vimos previamente, un exceso de 2 °C en la regulación del termostato puede significar un incremento en el consumo del orden del 50 %. Los resultados ilustrados en la Figura 8 son muy elocuentes a este respecto.

## Conclusiones

Este estudio resalta la importancia de ajustar correctamente los termostatos para lograr ahorros significativos de energía en los sistemas de calefacción y refrigeración. Se observa que ajustar los termostatos puede

tener un impacto considerable en el consumo de energía, tanto en calefactores como en refrigeradores, independientemente de su tecnología. Por ejemplo, reducir la temperatura de los termostatos en invierno en tan solo 1°C puede resultar en más del 25% de ahorro de energía en la zona centro-norte de Argentina y alrededor del 10% en la zona sur. Además, si se utilizan bombas de calor, esta reducción puede aumentar desde un 5% hasta un 7%. De manera similar, aumentar la temperatura de los termostatos en verano en 1°C puede reducir el consumo de aires acondicionados en casi un 50% en prácticamente todo el país.

Estos hallazgos destacan la necesidad de establecer nuevas pautas de regulación de temperaturas interiores en hogares y edificios públicos. Mantener las temperaturas interiores lo más altas posible en verano (alrededor de 25°C o 26°C) puede minimizar el uso del aire acondicionado, mientras que en invierno mantenerlas lo más bajas posible (alrededor de 19°C o 20°C) puede reducir considerablemente el consumo de calefacción. Este enfoque no sólo contribuye al ahorro de energía, sino que también puede tener beneficios significativos para el medio ambiente y la salud, al evitar cambios bruscos de temperatura que pueden causar problemas de salud en muchas personas. Desde el punto de vista de salubridad, se recomienda que el salto térmico de los ambientes con el exterior, no exceda 10°C.

Además, se destaca el potencial de las bombas de calor como alternativa eficiente para reducir el consumo de energía para calefacción en comparación con los sistemas tradicionales de gas (cuyas eficiencias son del orden del 70% al 80%) o estufas eléctricas a resistencias (con 100% de eficiencia). Las bombas de calor tienen un alto rendimiento, del orden de entre 300% y 450%, incluso mayor en el modo de calefacción, y son fáciles de usar. Entre sus múltiples ventajas se encuentran una

mayor facilidad de encendido y apagado, y que en general disponen de un termostato, que permite una mejor regulación de la temperatura de los ambientes. Por su parte, además, no requieren ventilaciones de los ambientes que sí lo son en sistemas convencionales a gas, y se pueden instalar en ambientes individuales, de modo tal que sólo los ambientes que se utilizan tienen equipos funcionando, en lugar de que sea toda la vivienda como sucede con muchos sistemas centralizados. Esta compartimentalización de los sistemas de climatización genera una notable mejora en la eficiencia energética en el acondicionamiento térmico. Todo esto, hace que las BC tengan un notable mejor desempeño respecto a los equipos convencionales.

Desde una perspectiva normativa, se sugiere requerir la inclusión de termostatos en futuras revisiones de los artefactos de calefacción, tanto a gas como eléctricos, para que esta característica se tenga en cuenta en el etiquetado de eficiencia de los equipos.

Este trabajo se benefició enormemente de la colaboración del Laboratorio Lenor y sus expertos técnicos, especialmente del Ing. R. Baumann, Ricardo Rodríguez, Lucas Rodríguez y Fernando Pellizer. Las mediciones de los COP fueron realizadas en los Laboratorios de INTI-ENERGIA.

## Referencias

1. USA Department of Energy. Energy Saver. [Online] 2024. <https://www.energy.gov/energysaver/energy-saver>.
2. *Thermal adaptation of different set point temperature modes and energy saving potential in split air-conditioned office buildings during summer*. Yan, H. and et al. Nov, 2022, Building and Environment, September 2014, Vol. 225, p. 109565.
3. Proyecto de Fortalecimiento del Observatorio de Vivienda de la CABA. Proyecto de Fortalecimiento del Observatorio de Vivienda de la CABA. [Online] 2023. <https://vivienda.buenosaires.gov.ar/informe-final>.
4. Zavalía Lagos, R., Iannelli, L. and Gil, S. Anatomía del Consumo Residencial Argentino -Uso Racional y Eficiente del Acondicionamiento Térmico. *Futuros Energía - Fundación UNSAM - N.Coppari y otros*. San Martín - Buenos Aires : Fund. UNSAM y ASSoc. Argentina para el Progreso de las Ciencias. , 2022.
5. ENARGAS. *Ente Nacional Regulador del Gas*. [Online] Ente Nacional Regulador del Gas en Argentina, 2024. <https://www.enargas.gov.ar/>.
6. ¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? *Modos de promover un uso más eficiente del gas*. Prieto, R. and Gil, S. 6, Buenos Aires : IAPG, Dic. 2013, Petrotecnia, Vol. LIV, pp. pag. 81-92.
7. Wikipedia. Heating degree day. [Online] 2024. [https://en.wikipedia.org/wiki/Heating\\_degree\\_day](https://en.wikipedia.org/wiki/Heating_degree_day).
8. US Dept of Commerce. What Are Heating and Cooling Degree Days. [Online] National Weather Service, 2024. [https://www.weather.gov/key/climate\\_heat\\_cool](https://www.weather.gov/key/climate_heat_cool).
9. *Eficiencia en climatización I, Sugerencias para optimizar su consumo - Medidas de bajo costo para el invierno*. Iannelli, L. and Gil, S. 2, 2022, Petrotecnia, Vol. LXII, pp. 52-59.
10. U.S. Energy Information Administration (EIA). Degree days. [Online] DOE-USA, 2024. [https://www.eia.gov/energyexplained/units-and-calculators/degree-days.php#:~:text=Cooling%20degree%20days%20\(CDDs\)%20are,two%20days%20is%2033%20CDDs..](https://www.eia.gov/energyexplained/units-and-calculators/degree-days.php#:~:text=Cooling%20degree%20days%20(CDDs)%20are,two%20days%20is%2033%20CDDs..)
11. U.S. Energy Information Administration-DOE. Degree days. [Online] 2024. <https://www.eia.gov/energyexplained/units-and-calculators/degree-days.php#:~:text=A%20high%20number%20of%20degree,%C2%B0F%20has%2025%20HDDs..>
12. Roberto Prieto; Salvador Gil. Regulación del termostato: un modo simple y racional de ahorrar energía en calefacción y refrigeración. [Online] Diciembre 2014. [http://www.petrotecnia.com.ar/6-2014/pdfs\\_petro6-14/ConPublicidad/102-109.pdf](http://www.petrotecnia.com.ar/6-2014/pdfs_petro6-14/ConPublicidad/102-109.pdf).
13. Department of Energy USA, (DOE). *Department of Energy USA, (DOE) Energy saving- Thermostat. Thermostat Operation*. s.l. : <http://energy.gov/energysaver/articles/thermostats> , 2013.
14. National Renewable Energy Laboratory (NREL). *Residential Indoor Temperature Study*. 2017. Technical Report NREL/TP-5500-68019.
15. *A review of domestic heat pumps*. Staffell, I. and et al. 2012, Energy Environ. Sci., Vol. 5, p. 9291.
16. INDEC. Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2017-2018-Energía. [Online] 2022. [https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/sociedad/engho\\_2017\\_2018\\_uso\\_energia.pdf](https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/sociedad/engho_2017_2018_uso_energia.pdf).
17. *Calefacción eficiente, ¿Bombas de calor o sistemas tradicionales de calefacción?* Zavalía, R. and y Otros. LXIII, 2024, Petrotecnia, IAPG. , Vol. Febr., pp. 94-104. 4-2003.



# Quick Wins vs. Long Term Digital Roadmaps

Por **Eduardo Zanardi** (NTT DATA) y **Alexis Airala** (BP)

**A través de un análisis detallado, en este artículo los autores nos guían en cómo identificar y priorizar iniciativas, gestionar expectativas, y optimizar procesos para lograr una transformación digital efectiva y sostenible.**

**A**l navegar en barco agua arriba por el río Nilo, a pocos kilómetros de la antigua ciudad de Memphis, se pueden ver, imponentes y majestuosas, las pirámides de Keops, Kefrén y Micerino. Cuesta imaginar cómo un pueblo con herramientas tan rudimentarias logró una obra de ingeniería tan impresionante. Incluso hoy en día, existen debates sobre cómo lo consiguieron.

Sin embargo, esto no ocurrió de un día para el otro, fue un largo camino de aprendizaje e innovación. Antes de las pirámides, existían las mastabas (casas de la eternidad), recintos rectangulares utilizados como lugares de enterramiento unos 500 años antes de la aparición de las pirámides. La gran revolución llegó alrededor del año 2650 A.C., cuando Imhotep innovó de manera disruptiva cerca de Saqqara, apilando seis mastabas una sobre la otra en forma de pirámide escalonada. No todas estas grandes obras fueron del todo exitosas, pudiendo citarse la pirámide acodada, donde el arquitecto tuvo que rectificar el ángulo para poder continuar la obra. En cualquier caso, estos monumentos atestiguan el largo camino de aprendizaje e innovación en arquitectura y métodos de construcción que los egipcios recorrieron antes de lograr una de las siete maravillas del mundo antiguo.

Se trató de un proceso evolutivo en el que las mastabas fueron las primeras pruebas de concepto (PoCs) de las pirámides. No se habrían aventurado a construir las grandes pirámides sin toda esa experiencia previa, con los casos, tanto de éxito como de fracaso, que les precedió. Muchas de las técnicas y conocimientos nece-

sarios para el gran desafío que vendría se gestaron en esas etapas anteriores. Y es así, como los egipcios, que nosotros transitamos un camino de aprendizaje e innovación a la hora de transformar digitalmente una compañía.

## Dualismo de la implementación

En primer lugar, “el árbol no debe taparnos el bosque”. En todo gran proyecto es fundamental el alineamiento general; en nuestro ejemplo, sería la voluntad de los faraones de prepararse para el viaje al más allá (Duat) y el ascenso a las estrellas junto a Osiris, sería la visión que los guiaría. Todas las obras mencionadas, desde las mastabas hasta las pirámides de Giza, tenían este mismo fin. Esta es la componente a largo plazo, que se complementa y coordina los pequeños pasos que se dan en el corto plazo y que traccionarán la construcción día a día. Son estas dos componentes con diferentes velocidades de ejecución, estas dos dimensiones lo que abarcamos en gran parte de este artículo. Una planificación central, más cuidadosa, con un análisis profundo y holístico, que se ocupará de la coherencia a largo plazo y, por otro lado, una componente más dinámica de quick wins, implementando proyectos pequeños, que cubrirán las necesidades específicas durante los avances.

Esta distinción tiene una característica fractal. Donde sea que me enfoque en el proyecto o subproyecto asociado, podré identificar estas dos componentes: una de alineamiento y otra de logros inmediatos. Por ejemplo, para preparar

la locación de Giza, seguramente se tuvo que crear un camino por donde entrarían todos los materiales necesarios. La misión global de esta sub-tarea sería generar un acceso a la locación de la construcción. Con esto en mente, se desprendieron muchas sub-tareas de ejecución inmediata (quick wins), como el alisamiento del suelo y la colocación de piedras para solidificarlo, entre otras, que conducen al objetivo final. Por lo tanto, esta complementariedad de alineamiento y tracción se verá dondequiera que enfoquemos nuestra mirada. Por supuesto, esto se puede trasladar a otros ámbitos más allá de la construcción de pirámides, como puede ser el empresarial. Incluso Daniel Kahneman, en “Pensar Rápido, Pensar Despacio”, aplica conceptos similares al cerebro humano. Por lo tanto, estamos ante un patrón que podremos aplicar a la transformación digital.

Como en épocas de los faraones, el quick win será el motor que impulsa las implementaciones y contagia el cambio en las transformaciones digitales. Genera un hábito, un aprendizaje y un incentivo para avanzar a la siguiente etapa. Se trata de un proceso dinámico y emergente que debe ser gestionado de manera flexible y que, generalmente, se alimenta de un flujo de ideas bottom-up y busca pequeños cambios incrementales a corto plazo en las diversas problemáticas operativas del día a día. Con su concreción, los empleados verán incrementos de su productividad en lo inmediato y podrán valorar los beneficios de la tecnología, generando un entusiasmo que retroalimentará el proceso con ideas y voluntad de cambio.

Por otro lado, pensar en la transformación a largo plazo nos permitirá alinearnos estratégicamente con los objetivos de la compañía y generar sinergias entre sectores. Como se plantea en “Good to Great” de Jim Collins, esta alineación es fundamental para el éxito de una empresa. Aquí adoptaremos un enfoque holístico y top-down, buscando trazar el camino a largo plazo de la transformación digital, no solo a nivel de herramientas, sino también en términos de macroprocesos, cultura y modelo de negocio. Una correcta definición de la estrategia tecnológica y de transformación evitará retrabajos y potenciará la sinergia entre sectores y aplicaciones. Definir adecuadamente tecnologías, estrategias de datos y plataformas puede generar nuevo valor para la compañía. Esto se vuelve más evidente a medida que los datos se integran más a nivel corporativo, como, por ejemplo, si los equipos de reservorios pueden acceder más fácil y rápidamente a datos de perforación o de operaciones, agilizando la toma de decisiones y la generación de valor.

Ambos enfoques se complementan, y es crucial la interacción entre estos dos mundos para lograr una transformación rápida y exitosa. Muchos quick wins sin un alineamiento estratégico conducen a mucho retrabajo y el potencial de mejora alcanza un techo rápidamente, ya que se trata de tecnología montada en procesos anticuados. Por otro lado, centralizar la planificación y seguir un plan inalterable no permite adaptarse a las necesidades emergentes, llevando a una transformación incompleta e inadecuada que no satisface las necesidades operativas, las cuales no solo vamos descubriendo con el tiempo, sino que van mutando. Siendo las empresas y los avances tecnológicos fenómenos complejos, intentar planificar una transformación digital de antemano y de manera centra-

lizada es inviable. Esta limitación del centralismo ya fue probada en análisis referidos a la imposibilidad de cálculo económico en sistemas centralizados, como el planteado por Von Mises en su paper “Collectivist Economic Planning”. Pero balanceados ambos mundos, es que los grandes resultados son posibles.

## Identificación de Iniciativas

Las innovaciones y la tecnología en general no tienen impacto homogéneo, sino que variará mucho según su tipo y contexto. Christensen, en su libro “The Innovator’s Dilemma”, diferencia entre las pequeñas mejoras incrementales y las innovaciones disruptivas, y como las segundas son más difíciles de implementar. Por su parte, J. Gould, en su teoría de la “punctuated evolution”, sostiene que la evolución consta de cambios pequeños seguidos de grandes saltos. Son estos últimos los que terminan transformando el negocio de manera trascendental, logrando mejoras de un orden de magnitud superior. Para llegar a ellas, el primer paso es la correcta generación e ingesta de ideas para lograr la transformación que buscamos; será la tierra fértil del río Nilo que nutrirá el cambio. En este proceso, es crucial comprender el contraste entre la planificación y los Quick Wins, dos enfoques distintos pero complementarios. Es necesario distinguirlos bien y saber cuándo aplicar cada uno.

## Enfoque Top – Down

La planificación y el alineamiento a largo plazo requieren una visión Top-Down, basada en una clara comprensión de hacia dónde se quiere ir. Este enfoque establece el horizonte y los límites dentro de los cuales operará el ecosistema de Quick Wins que vendrán después.

De este enfoque se desprenden ideas macro que serán gestadas desde los decisores de alto nivel o personal con una visión holística de la compañía, que irán marcando la estructura base del proyecto. Un equipo con conocimiento en arquitectura y un mapeo general de necesidades, sistemas y soluciones tecnológicas asociadas es fundamental para realizar un primer planteo global que incluya proyectos e implementaciones base que garantizarán la coordinación futura entre las partes a la hora de la transformación digital.

## Enfoque Bottom – Up

Por otro lado, los Quick Wins, se nutren de ideas que fluyen Bottom-Up, provenientes de quienes enfrentan los problemas operativos del día a día. Las personas que lidian con las tareas diarias y buscan maneras mejores de hacer las cosas son quienes propondrán soluciones más eficaces. Será fundamental saber captar y registrar correctamente este flujo de ideas, aunque, el acompañamiento, la interpretación de requerimientos, la asistencia a las fuentes, es decir, los equipos operativos, y el incentivo de una cultura innovadora será crucial para mantener el flujo continuo de propuestas. Este fenómeno tiene un efecto auto reforzador, siendo que a medida que estos proyectos de alcance acotado se vayan implementando, su impacto inmediato en la operación, alimentará la participación y en consecuencia la rueda de los Quick Wins girará más velozmente.

La combinación de ambos enfoques, Top-Down y Bottom-Up, es fundamental para una transformación efectiva. Mientras que la planificación estratégica proporciona la dirección y el propósito, los Quick Wins generan impulso y demuestran el valor de las innovaciones en el corto plazo. Integrar ambos enfoques y alimentarlos continuamente de nuevas propuestas, per-

mite a las organizaciones avanzar hacia sus objetivos estratégicos de manera ágil y efectiva.

## Priorización del Backlog y Asignación de Recursos

Es fundamental una correcta priorización de los proyectos, ya que los recursos son limitados y debemos enfocarlos para lograr avances significativos en tiempo y forma. La clave es alinear los medios con los fines, como sugiriera Richard Rumelt en su libro "Good Strategy, Bad Strategy" como una de las claves para el éxito en cualquier dominio. Una lección aprendida de NTT DATA de lo observado en sus numerosas experiencias, es que las empresas a menudo intentan iniciar todos los proyectos simultáneamente, lo que sobrecarga los recursos escasos, incluyendo al personal de negocio que debe descuidar sus actividades diarias. Esto resulta en incumplimientos de plazos, retrasos e incluso fracasos en la ejecución, que podrían ser evitados mediante una cuidadosa selección respecto a qué proyectos activar y cuáles no, asegurando una adecuada correspondencia entre los objetivos y los recursos disponibles.

Para los Quick Wins, la guía deberá ser el retorno sobre la inversión (ROI), y que generen el mayor valor posible para la empresa. Siendo los recursos limitados es necesario hacer foco de los mismos (Swcherpunkt) en los proyectos que nos garanticen esto y así lograr mayor impacto. Sin embargo, es muy difícil a priori saber el impacto que se tendrá en una dada iniciativa, por lo cual esto se ira aclarando a medida que se avance en las mismas, lo que nos llevará a que se requiera una gestión ágil y dinámica del backlog y de los recursos disponibles en base a estas señales que vayamos recibiendo durante el avance. Una vez que los proyectos es-

tán en marcha, este fenómeno de priorización adquiere un carácter dinámico y debe gestionarse con un responsable específico, dedicado al monitoreo y priorización de iniciativas. No puede dejarse al azar. En el mundo ágil, el método que encontramos más adecuado, en base a nuestras experiencias, para llevar a cabo esta gestión es el de Lean Portfolio Management, como se describe en obras como "Running Lean" de Ash Maurya. Este enfoque permite una adaptación continua, asegurando que las iniciativas de mayor valor sean priorizadas y se enfoquen en las áreas que generan el máximo impacto para la empresa.

En el caso de los Roadmaps de transformación de largo plazo, aunque sirven como guía, también deben mantener un cierto nivel de flexibilidad y ser revisados periódicamente, quizás una vez al año. Es esencial un análisis sistémico, en línea con pensadores como Peter Senge, y/o conceptos como el de la Teoría de las Restricciones (TOC) de Eliha Goldratt, para identificar las limitaciones del sistema y sus interrelaciones. Además, es vital evaluar nuevas tecnologías disruptivas y ajustar los planes a cambios en la estrategia de la compañía. Estos no llevan a identificar los grandes drivers de la transformación y a encontrar un balance óptimo de la inversión, identificando los caminos críticos e interrelaciones entre ellos. Un compromiso sólido con las inversiones estratégicas y una visión de largo plazo para la búsqueda de mejoras a nivel macroprocesos y garantiza que los recursos se asignen de manera coherente con la estrategia general de la empresa y que se brinde un ambiente óptimo para que los Quick Wins puedan florecer.

## Relevamiento

Una vez que sabemos que proyecto encaremos, un buen rele-

vamiento es lo que sigue, ya que lo que se haga tendrá sentido si cubre bien las necesidades, y para que así sea, se debe primero entenderlas bien y acto seguido saber bajarlas a tierra. Durante esta etapa de descubrimiento (discovery), es esencial identificar a todos los actores clave, mapear exhaustivamente los intereses de cada Stakeholder y comprender su involucramiento en el proceso de definición de sus necesidades y en la ejecución del proyecto. La falta de un proceso de negocio claro y bien entendido podría comprometer el desarrollo de soluciones digitales efectivas y que posteriormente sean abrazadas por el negocio.

En el caso de los Quick Wins, la presión por lograr un entendimiento rápido y preciso es muy alta, debiéndose comenzar la implementación tras pocas reuniones. Esto implica manejar una mayor flexibilidad ante imprevistos, los cuales pueden ser mitigados al limitar bien el alcance con pasos pequeños e incrementales. La documentación debe ser llevada a un nivel suficientemente razonable para plasmar el proyecto sin incurrir en grandes burocracias que retrasen los avances, permitiendo dimensionar el esfuerzo y establecer un alcance cercano y razonable rápidamente. Aquí convendrá enfocarse en datos como inputs, outputs, horas requeridas, recursos y sistemas utilizados para cada tarea, aprobaciones, responsables y descripciones del paso a paso. Es importante relevar el estado actual (AS IS) y el estado esperado (TO BE) de las tareas realizadas. En este contexto, el involucramiento será principalmente de las personas dentro de un área específica, facilitando una comunicación más directa y eficaz.

Para proyectos de alto nivel, la colaboración será probablemente entre actores de diferentes áreas de la empresa, lo que requerirá una coordinación y comunicación más robusta entre equipos

cross-funcionales y tomará más tiempo. Se incluirá el desarrollo de un mapa de procesos de detalle, la arquitectura, las herramientas actuales, el entendimiento de las reglas de negocio, quienes son los ejecutores de cada tarea y los tomadores de decisiones en cada etapa, determinando el AS IS y el TO BE a nivel de los macroprocesos, sus objetivos y necesidades.

## Ganar eliminando lo innecesario (Bin to Win)

¿Por qué trabajar en algo irrelevante? Esto es algo que a menudo se pasa por alto, asumiendo que todo se hace por una razón, pero no siempre es así. Muchas tareas se realizan de manera incorrecta o son innecesarias. Elon Musk sugiere que, si no encuentras un 10% para eliminar, algo estás pasando por alto. A esto lo llamamos “Bin to Win”, un proceso que consiste en eliminar redundancias y revisar sistemáticamente los procesos para identificar su obsolescencia.

Es frecuente encontrarse con tareas realizadas por costumbre (Folklore Operativo) que resultan innecesarias, como podría ser llenar un Excel que nadie consulta. Todos aquellos que trabajamos en la industria petrolera sabemos que esto es moneda corriente y abundan los casos para señalar. Se ve seguido que diferentes áreas no se comuniquen, y que, pese a estar haciendo las mismas tareas, los criterios varíen, o hagan dos veces lo mismo sin consultarse generando retrabajo. Aquí es donde una visión global es necesaria para coordinar estos Quick Wins. Muchas de nuestras implementaciones han comenzado por establecer criterios unificados y estandarizados, para que luego se puedan unificar o automatizar mediante la tecnología. Eliminar la redundancia y trabajar sobre la falta de homogeneidad operativa representan una gran oportunidad de mejora.

Incluso a nivel ejecutivo, los cambios de dirección pueden dejar procesos obsoletos activos, que ya no son necesarios o podrían ser sustituidos por otros más adecuados para el nuevo contexto. Es fundamental tener un espíritu crítico y cuestionar lo que se hace y por qué se hace. Se sorprenderían de las redundancias encontradas incluso a alto nivel, especialmente respecto a los desvíos en el alineamiento de la compañía.

## Gestiona Expectativas Planifica avances

Es importante delimitar el alcance del proyecto y comunicar a los stakeholders lo que deben esperar durante la transformación digital de la compañía. La gestión de expectativas es crucial para el éxito de una transformación, ya que cada persona debe conocer su rol y los tiempos en los que intervendrá. Esto facilita la colaboración de los involucrados y aumenta las probabilidades de éxito. Establecer una comunicación clara y continua es clave para mantener a todos informados y alineados con los objetivos del proyecto. Claro que dependiendo si nos encontramos hablando de los proyectos pautados a largo plazo o los Quick Wins, deberemos gestionarlo de diferente manera.

La piedra fundamental para la gestión de expectativas de largo plazo será la creación y divulgación del roadmap digital, asegurando que todos los stakeholders compartan la visión, e incluso sirviendo de guía para los Quick Wins. Primero, debemos establecer el contexto y los grandes impulsores del proyecto, objetivo de la compañía, hitos, e indicadores para mantener el foco. A su vez establecer lineamientos, como una estrategia de datos y su arquitectura, requisitos de seguridad, accesibilidad y procesamiento ayudarán dar un panorama claro del rango en donde podremos movernos a

nivel tecnológico. Esto acompañado de un cronograma claro sobre cuál es el timing que se espera para cada etapa de la transformación serán los elementos necesarios para alinear a las personas. La comunicación será el factor clave para que todo lo anterior tenga efecto. Realizar reuniones informativas periódicas para mostrar la visión general, dar explicaciones pertinentes y resolver dudas, disponibilizar la información del roadmap en plataformas accesibles para todos los stakeholders, reducirá la incertidumbre y mantendrá el compromiso de todos los involucrados.

Para los Quick Wins, debemos seguir la vía de MVPs alcanzables y adoptar un enfoque de experimentación, como el propuesto por Eric Ries en “Lean Startup”. Esto nos permite ajustar el camino mientras avanzamos y ver los errores como oportunidades de aprendizaje. Los Quick Wins nos permiten cometer errores pequeños y controlados, aplicando un enfoque de “Stop Loss” del mundo financiero a la gestión de proyectos. Incluso los antiguos egipcios aprendieron de sus errores, como se evidencia en la pirámide acodada, que muestra dos pendientes diferentes debido a fallas estructurales que obligaron a rectificar la construcción. Fomentar una cultura de aceptación del error y de corrección iterativa ayuda a manejar la ansiedad del equipo. Además, comunicar claramente la priorización y los tiempos del backlog puede ayudar a gestionar expectativas, haciendo que el personal comprenda que no todos los proyectos pueden implementarse simultáneamente. Establecer una priorización objetiva evita tensiones y mejora la colaboración.

## Optimiza, acelera, automatiza

Primero optimiza los procesos, luego acéralos y, si es posible, por último, automatízalos.

La optimización de todo proceso puede ser asistida mediante una combinación de reingeniería de procesos e implementación de tecnología, comprendiendo los procesos AS IS y TO BE, así como conociendo bien las tecnologías que pueden habilitar el salto. La aceleración de los procesos, por otro lado, se relaciona más con un enfoque del OODA loop, donde la digitalización juega un rol fundamental en mejorar la “situational awareness”, acelerar la toma de decisiones y reducir los tiempos muertos. Finalmente, una vez que tenemos un proceso optimizado y acelerado al máximo, podemos automatizarlo, nuestra mayor aspiración y que también puede ser asistida con tecnología, utilizando por ejemplo RPA (Robotic Process Automation).

Para las iniciativas de Quick Win, que generalmente responden a necesidades particulares de cada departamento y su forma de trabajar, habrá más lugar para desarrollos in-house y personalizados. Incluso para tareas como consolidar múltiples hojas de Excel en un sistema coherente, eficiente y de mayor potencia, los proyectos del tipo Low Code/No Code pueden ser de gran utilidad. Estas tareas de baja complejidad pueden ser optimizadas, aceleradas y automatizadas en un plazo relativamente corto, generando beneficios rápidos y tangibles.

En cambio, para proyectos base, que se refieren a grandes proyectos de mayor complejidad y alcance, con problemáticas comunes entre empresas petroleras, será mayor el peso de soluciones estandarizadas de mercado. Esto asegura la fiabilidad y escalabilidad de los sistemas, alineándose con los objetivos estratégicos de la empresa y adaptándose a un entorno empresarial en constante evolución.

Entre estos dos extremos, hay un amplio abanico de proyectos intermedios en los que debemos movernos y decidir caso por caso

qué es más conveniente. Para cada iniciativa, debemos determinar qué hacer y qué no. Como dijimos anteriormente, los recursos son limitados y debemos enfocarnos en lo que sea más conveniente. En línea con el paper “The Theory of the Firm” de Coase, debemos analizar los procesos estudiando sus costos de transacción. Si sale más barato externalizar, terciarizar o arrendar, deberíamos hacerlo, siempre y cuando no comprometa nuestra ventaja competitiva, como señaló Michael Porter. Podemos apalancarnos en ecosistemas externos y comunidades, evaluando continuamente la mejor manera de optimizar recursos y maximizar el valor para la empresa. Y por último, mencionar algo que se relaciona con lo que hablamos en la sección de “Bin to Win” y es la unificación y estandarización de criterios y tareas comunes a lo largo de la cadena de valor. Esto no solo puede ser un gran aporte a la mitigación de ineficiencias, el ahorro de redundancias y la mejora de la calidad del trabajo en general, sino que es condición necesaria para alcanzar una automatización de los procesos.

## Gestión del cambio

En vano optimizaríamos los procesos si luego no son utilizados por falta de compromiso o aceptación de parte de los empleados. No son ajenos a los autores estos inconvenientes, a lo que debemos sumar en ciertos casos, cuestiones sindicales. En la industria petrolera, que se caracteriza por ser tradicional y, donde muchos han realizado las mismas tareas durante décadas, la transformación digital puede ser traumática y percibida como una amenaza a sus puestos de trabajo. Por ello, el éxito de una transformación digital no solo depende de la adopción de tecnología avanzada, sino también de la gestión del cambio y de la capacidad

de la organización para realizar cambios culturales significativos.

En el corto plazo y de los Quick Wins, es esencial ofrecer capacitación continua para asegurar que todos los empleados estén preparados para trabajar con nuevas tecnologías y procesos. Es crucial comunicar claramente que estas mejoras representan una oportunidad para sus empleos, no una amenaza, y proporcionar seguridad en este sentido.

A nivel estratégico, el cambio cultural debe ser una prioridad, donde no solo se apoyen los cambios iniciales, sino que también se busque en forma permanente el cambio y la mejora continua. Este enfoque integral asegura que la transformación digital se arraigue profundamente en la cultura empresarial, fomentando un compromiso a largo plazo con el cambio. Se debe apuntar a crear un ambiente ágil y emprendedor que estimule la creatividad y la innovación, logrando esto a través de dinámicas de intercambio de ideas, incentivos especialmente diseñados para esto e incorporación de perfiles que lo fomenten. Por otro lado, se debe prestar atención a otro tipo de stakeholders que no sean los usuarios directos e incluirlos dentro de este paraguas del “change management”, como por ejemplo el mencionado al inicio respecto a cuestiones sindicales, u otros actores como los superficiarios o proveedores. Las empresas no son islas, y las consecuencias de no tenerlo en consideración puede resultar muy caro.

## Quality Assurance

El control de calidad y seguridad será fundamental para garantizar la utilidad de las innovaciones en los proyectos de implementación. En un entorno donde la tecnología avanza rápidamente, es esencial mantener altos estándares de calidad para garantizar la fiabilidad y eficacia de las soluciones

Etapa	Comentarios	Quick Wins	Long Term
Exploración de Ideas	Detectando Gaps y oportunidades. Ignora lo poco relevante.	Generación Bottom-Up, Innovación interna.	Generación Top-Down, Ecosistema extendido. Piensa en la Arquitectura.
Priorización del backlog y Asignación de Recursos	La correcta priorización y asignación de recursos determinará donde avanzarás.	Foco en Valor ROI. Se flexible en su repriorización constante. Lean Portfolio Management.	Análisis sistémico, restricciones e interdependencias del sistema. Compromiso e Inversiones estratégicas.
Relevamiento	Entiende bien las necesidades para poder atenderlas.	Responsables, ejecutores. Paso a paso de las tareas. Interno de un área.	Mapa de Macroprocesos, Mapa de aplicaciones. Arquitectura de sistemas. Cross-Areas.
"Bin to Win"	Elimina lo innecesario, evitará que trabajes en cosas sin valor. Elimina al menos un 10%.	Presencia del Folklore operativa. Tareas innecesarias deben ser eliminadas.	Rediseña a los macroprocesos y flujos de información para evitar redundancias.
Gestión de Expectativas y planificación	Es importante que delimites el alcance y comuniques a las personas que esperar de la transformación.	MVP alcanzables, en foque de experimentación.	Genera un Roadmap claro con hitos concretos. Revisalo cada cierto periodo.
Optimización, Aceleración y Automatización	Primero optimiza los procesos, luego acéralos y si puedes por último automatízalos.	Más lugar para desarrollos In House, Custom.	Mayor peso de soluciones estandarizadas de mercado.
"Quality Assurance"	El control de calidad y seguridad será fundamental para garantizar la utilidad de las innovaciones.	Testing (Codigo, Funcional). Concepto de "Good Enough".	Análisis y encuestas entre sectores. Análisis de estrés en infraestructura.
Gestión del Cambio	El acompañamiento y compromiso de todos los stakeholders (internos y externos) como clave de la transformación digital.	Dinámicas de intercambio de ideas, incentivos para la generación de ideas y comunicación constante.	Capacitación, cambio cultural y personal contratado más orientado a la tecnología.
Métricas	No puede evaluar lo que no puedes medir. La medición como parte integral del proceso.	Utiliza KPIs	Define OKRs y NSM

implementadas. El Quality Assurance (QA) desempeña un papel crítico en este proceso al asegurar que los productos y servicios entregados cumplan con los requisitos y expectativas del cliente, así como con los estándares de la industria.

En lo que refiere a quick wins, en el campo del Quality Assurance, debemos hacer hincapié en el Testing, tanto de código como funcional. La implementación de técnicas de testing automatizado, junto con el uso de herramientas de inteligencia artificial, permite una detección más rápida y precisa de errores y fallos en el software, lo que acelera el proceso de desarrollo y garantiza la calidad del producto final. Además, es importante aceptar un enfoque del "Good Enough", basado en el concepto de Brooks con el paper "There is No Silver Bullet". Esto implica reconocer que la búsqueda de la perfección absoluta puede ser contraproducente en un entorno ágil, donde es crucial priorizar la entrega oportuna de soluciones funcionales y de calidad aceptable.

Para el largo plazo, podemos llevar a cabo análisis y encuestas entre diferentes sectores de la organización para identificar áreas de mejora en el proceso de implementación y en el control de calidad. Este enfoque colaborativo permite recopilar información valiosa sobre las necesidades y expectativas de los usuarios finales, lo que puede guiar la planificación y ejecución de futuros proyectos. Además, es importante realizar análisis de estrés en la infraestructura de TI para evaluar su capacidad para soportar cargas de trabajo y demandas crecientes a lo largo del tiempo. Este análisis proactivo permite identificar y abordar posibles cuellos de botella y puntos de fallo en la infraestructura, garantizando la fiabilidad y escalabilidad de los sistemas a largo plazo.

## Medir para gestionar

La implementación efectiva de una transformación digital a largo plazo requiere un enfoque meticu-

loso en la medición del progreso, basándose en el marco de OKRs. Este sistema, como explica John Doerr en "Measure What Matters", permite a las organizaciones definir sus aspiraciones y cómo se medirá el éxito, destacando la importancia de involucrar a todos en este proceso desde el comienzo. Al iniciar cada ciclo de OKRs, los líderes deben clarificar y comunicar los objetivos principales para alinear a todos los empleados con los objetivos generales de la empresa, realizando revisiones y ajustes regulares. Además, la adopción de una North Star Metric (NSM) es crucial, ya que actúa como un indicador clave de valor principal ofrecido a los clientes y centra las actividades estratégicas en el crecimiento y éxito a largo plazo. Los OKRs deben promover transparencia y colaboración, permitiendo la visibilidad de los objetivos en toda la organización, lo que refuerza la responsabilidad y el compromiso con los resultados.

Como hemos discutido a lo largo de este artículo, la selección

y priorización de ideas, especialmente a nivel Quick Win, requieran medir el esfuerzo inicial y la mejora lograda en términos de horas y recursos empleados. Cuantificar con precisión el ahorro obtenido es esencial y se integra directamente con conceptos como el Lean Portfolio Management, que depende de esta información para funcionar eficazmente. Este proceso debe estar siempre presente, no solo cuando lo solicita la auditoría, y debe ser parte del flujo de trabajo en lugar de una carga burocrática. Esto no solo beneficia a la empresa petrolera implementando las mejoras, sino también a proveedores de tecnologías como NTT DATA, que puede mostrar de manera concisa los beneficios de sus servicios.

## Conclusión

Hemos visto como la construcción de las pirámides egipcias nos ofrecen valiosas lecciones para la transformación digital. Desde los primeros pasos con las mastabas hasta las imponentes pirámides de Giza, cada fase del desarrollo egipcio refleja un proceso evolutivo de aprendizaje y mejora continua. Estos logros requieren de un enfoque dual, combinando logros a corto plazo (Quick Wins) y una visión estratégica a largo plazo, fue la danza coordinada entre estas dimensiones que hizo posible que más de 3000 años después podamos disfrutar de las maravillosas obras de ingeniería del antiguo Egipto.

De la misma manera, implementar una transformación digital requiere un equilibrio entre la planificación centralizada y la adaptabilidad dinámica que proporcionan los Quick Wins. Estos últimos, impulsan el entusiasmo y la adopción de nuevas tecnologías, mientras que una visión estratégica garantiza la coherencia

y la alineación con los objetivos a largo plazo de la empresa.

Como fuimos viendo a lo largo del artículo y exponemos la Figura Resumen a continuación, la correcta identificación y priorización de iniciativas, la gestión eficiente de recursos, la optimización de procesos y la implementación de un riguroso control de calidad, una gestión del cambio que promueva una cultura de innovación, medir el progreso y ajustar la estrategia en función de resultados claros y transparentes, deben ser tratados desde la óptica dualista planteada. De lograrse este equilibrio de miradas, se asegurará que la transformación digital no solo se implemente, sino que se mantenga y evolucione con el tiempo.

Recuerde, las grandes pirámides de Egipto trascendieron a sus constructores y a los faraones que las encargaron. De manera similar, una transformación digital bien ejecutada puede dejar un legado duradero, impulsando a las empresas hacia un futuro de innovación y éxito sostenido.

## Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a Andrea Flores, Francisco Yaquino de NTT DATA y Marcelo Chimienti de V&P do Brasil por aportar ideas y sugerencias para este artículo.

## Bibliografía

Corteggiani, Jean-Pierre (2004). *Las Grandes Pirámides: Crónicas de un Mito*. Crítica.

Kahneman, D. (2011). *Pensar rápido, pensar despacio*. Debate.

Collins, J. (2001). *Good to Great: Why Some Companies Make the Leap and Others Don't*. HarperBusiness.

Von Mises, L. (1935). *Collectivist Economic Planning*. In F. A. Hayek (Ed.), Routledge.

Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business Review Press.

Gould, S. J. (1972). *Punctuated Equilibrium: An Alternative to Phyletic Gradualism*. In T. J. M. Schopf (Ed.), *Models in Paleobiology*. Freeman, Cooper & Co.

Rumelt, R. (2011). *Good Strategy, Bad Strategy: The Difference and Why It Matters*. Crown Business.

Maurya, A. (2012). *Running Lean: Iterate from Plan A to a Plan That Works*. O'Reilly Media.

Senge, P. (1994). *La quinta disciplina en la práctica: Estrategias y herramientas para construir la organización abierta al aprendizaje*. Ediciones Granica.

Goldratt, E. (1984). *La Meta: Un proceso de mejora continua*. North River Press.

Ries, E. (2011). *Lean Startup: Cómo crear empresas de éxito utilizando la innovación continua*. Crown Business.

Coase, R. H. (1937). *The Theory of the Firm*. *Economica*, 4(16), 386-405.

Porter, M. E. (1996). *What is Strategy?* *Harvard Business Review*, 74(6), 61-78.

Brooks, F. P. (1986). *No Silver Bullet: Essence and Accidents of Software Engineering*. *IEEE Computer*, 20(4), 10-19.

Doerr, J. (2018). *Measure What Matters: How Google, Bono, and the Gates Foundation Rock the World with OKRs*. Penguin Random House.



# Congresos y jornadas

## 3° Workshop de Medición en Upstream y Downstream del Petróleo y Gas 22 y 23 de agosto de 2024



3° Workshop de Medición en  
Upstream y Downstream  
de Petróleo y Gas 

Organizado por la Comisión de Mediciones del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, este *workshop* se llevará a cabo del 22 al 23 de agosto de 2024, en la Ciudad de Buenos Aires.

Es un espacio que invita a mostrar y revisar las experiencias y los desarrollos en el área de mediciones de gas y petróleo, que involucran a todas las líneas de la industria: *Upstream*, *Midstream* y *Downstream*.

El nuevo marco legal, las nuevas tecnologías y las necesidades de la industria ponen un foco importante en materia de mediciones para poder avanzar en el desarrollo de nuevos proyectos.

El encuentro busca que los profesionales de la indus-

tria puedan compartir experiencias, conocer nuevas tecnologías, ampliar conocimientos y vincularse con otros expertos en mediciones.

Los interesados en presentar un trabajo técnico, previamente, deberán subir una sinopsis al Sistema de Congresos (SISCON) para que sea evaluada por el Comité Técnico. La sinopsis, de un máximo de 400 palabras y un mínimo de 100, debe resumir el alcance y la naturaleza de la experiencia que se va a presentar. Para más información, ingresar a <https://www.iapg.org.ar/congresos/2024/Medicion/>

## 5° Congreso de Integridad y Corrosión en la Industria del Petróleo y del Gas 3 al 5 de septiembre de 2024



5° Congreso de Integridad  
y Corrosión en la Industria  
del Petróleo y del Gas 

Organizado por la Comisión de Integridad en Oleoductos y Gasoductos del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, se llevará a cabo del 3 al 5 de septiembre de 2024 en la Universidad Católica Argentina (UCA) de la Ciudad de Buenos Aires.

El congreso invita a mostrar y revisar las experiencias y los desarrollos en el área de integridad de instalaciones de gas y petróleo e involucra todo el proceso: captación, tratamiento, transporte, refinación y distribución.

La integridad cobra una presencia cada vez mayor, debido a la necesidad de responder a la sociedad acerca de la preservación del ambiente, proveyendo programas de O&M que permitan mejorar la eficiencia y finalmente cumplir con los requerimientos incluidos en las normativas nacionales e internacionales.

Los interesados en presentar un trabajo técnico deberán subir previamente una sinopsis al Sistema de Congresos (SISCON) para que sea evaluada por el Comité Técnico. Para más información, ingresar a [www.iapg.org.ar/congresos-2024/](http://www.iapg.org.ar/congresos-2024/)

## Argentina Oil & Gas Patagonia 23 al 25 de octubre de 2024



La Expo Oil & Gas Patagonia, la reunión cumbre de los hidrocarburos de la región, es una cita ineludible para todos los protagonistas de la industria. Desde su primera edición ha logrado posicionarse como la vidriera en la cual exhibir todas las novedades en productos, tecnologías y emprendimientos asociados al sector.

El evento es organizado por el Instituto Argentino del Petróleo y del Gas y se realiza cada dos años en la Patagonia argentina. En la última edición se recibió a más de 250 expositores y a unos 11.000 visitantes. Para la edición 2024, la sede será la provincia de Neuquén, que cuenta con una importante cuenca productiva.

La Expo AOG Patagonia es tradicionalmente un evento para toda la ciudad y la región, ya que no solo nos visitan los trabajadores de la industria, sino también sus familias. Es una oportunidad en la que se generan encuentros y se fomentan las conversaciones y la camaradería mientras se recorren los pabellones y se admiran los avances tecnológicos.

Agradecemos a las empresas y a los referentes del petróleo y del gas, así como también a los medios especializados, que siempre nos acompañan.

Los invitamos a seguir construyendo juntos el mayor evento de los hidrocarburos de la región.

## Jornadas Revolución Digital para Petróleo y Gas 23 y 24 de octubre de 2024



Estas jornadas buscan compartir las mejores prácticas vinculadas a las siguientes temáticas:

- Biología y biotecnología aplicada a P&G.
- Ciberseguridad industrial.
- Ciencia de datos, *analytics*, *machine learning*, inteligencia artificial, *data warehousing*, *business intelligence*, *big data*.
- Digital *twins*, modelado y simulación. IoT / IIoT, *complex event processing*, operaciones en tiempo real.
- Estrategia de datos, *data management*, gobierno y gobernanza de datos, *master data management*.
- Geotecnología, geolocalización, GIS, sensores remotos, drones, observación de la Tierra, imágenes satelitales, análisis espacial.
- Innovación en materiales, instalaciones y herramientas.
- Logística y gestión industrial. *knowledge management*. Tecnología organizacional.
- Metrología y monitoreo. Geonavegación.
- Nube, interacción entre aplicaciones, trabajo colaborativo, *blockchain*, *mobile*, oficina remota.
- Operaciones en tiempo real, geonavegación. Yacimiento digital.
- Realidad extendida, capacitación, gestión cultura del cambio.
- Robótica y automatización de procesos.
- Transición energética, *Net Zero*, captura de carbón. Energías alternativas, hidrógeno, geotermia. Eficiencia energética.

Los interesados en presentar un trabajo técnico, deberán subir previamente una sinopsis (abstract) al Sistema de Congresos (SISCON) para que sea evaluada por el Comité Técnico. Para más información, ingresar a [www.iapg.org.ar/congresos-2024/](http://www.iapg.org.ar/congresos-2024/)

# NOVEDADES DE LA INDUSTRIA

## Innovador proyecto de relicuefacción en Canadá

*Galileo Technologies y Saint John LNG se asocian para impulsar la eficiencia en el sector de gas natural licuado.*



Galileo Technologies se enorgullece de anunciar una colaboración estratégica con Saint John LNG, una empresa subsidiaria de Repsol, para revolucionar las operaciones de gas natural licuado (GNL) en la terminal Saint John en Canadá.

Este innovador proyecto tiene como objetivo abordar el desafío del boil-off gas (BOG), una problemática común en la industria del GNL. Tradicionalmente, el BOG se comprime y se envía de vuelta al gasoducto, pero gracias a la solución de licuefacción de Galileo Technologies, Saint John LNG podrá recuperar y almacenar este recurso para su comercialización en épocas de alta demanda, como los fríos inviernos de la región.

La solución incluye la implementación de 8 compresores de gas BOG y 15 unidades Cryobox, junto con paquetes de servicios asociados, proporcionados por Galileo Technologies desde su centro de fabricación en Middlesex, Nueva Jersey. Además, gracias a la solución modular y escalable que Galileo tiene en todos sus productos, abastecerá no solo el equipamiento sino también el piping ofreciendo así una solución 100% llave en mano. Esta iniciativa marca un hito significativo en el



compromiso de ambas compañías con la innovación y la sostenibilidad en el sector energético.

“Este proyecto representa una inversión significativa en el futuro de las operaciones de GNL”, declaró Courtney Jones, Director General de Saint John LNG. “Optimizando nuestros procesos y aprovechando tecnologías innovadoras, estamos preparados para ofrecer un mayor valor a nuestros clientes al tiempo que avanzamos en nuestros objetivos de sostenibilidad”.

Ty Webb, Vicepresidente Senior de Galileo USA, añadió: “Estamos muy orgullosos de haber sido seleccionados para apoyar a Saint John LNG en su proyecto. Nuestro experimentado equipo utilizará su amplia trayectoria de más de 30 años y nuestras soluciones innovadoras para garantizar el éxito de este proyecto para todas las partes involucradas”.

Con este proyecto, Saint John LNG liberará todo el potencial de sus reservas de GNL, aumentando la eficiencia operativa y mejorando los servicios ofrecidos a sus clientes locales. Este paso hacia la excelencia operativa y la protección del medio ambiente demuestra el compromiso de Saint John LNG con la innovación y el progreso en el sector energético.

## En una jornada de voluntariado se recolectaron casi 90 kilos de plásticos y desechos de una Reserva Ecológica

*Unos 90 kilos de plásticos y otros desechos fueron recolectados durante una jornada de limpieza en las costas de la Reserva Ecológica Lago Lugano, en el marco del Programa Voluntariado Corporativo de MetroGAS, que se realizó junto a la Organización No Gubernamental (ONG) Plantarse.org.*

El encuentro contó con la participación de 23 colaboradores de MetroGAS, que se sumaron de manera voluntaria para recorrer la reserva y embolsar y dividir los residuos que se hallaron alrededor del lago. Además, se removieron escombros que estaban diseminados en los distintos sectores que componen las 36 hectáreas protegidas de la reserva.

La finalidad de la jornada fue mantener limpias la costa del lago para proteger la biodiversidad, mejorar la calidad del agua y la salud de las personas, lo que genera un fuerte impacto en sensibilización para quienes participan y la comunidad cercana.

Antes de participar, los colaboradores recibieron una introducción sobre la problemática de residuos y hábitos



responsables con el ambiente, para luego recorrer distintos sectores de la reserva en los que se recuperaron unas 20 bolsas con residuos plásticos y otros desechos.

Esta acción del Voluntariado se enmarca en el compromiso de MetroGAS con el cuidado del planeta y el trabajo constante para reducir nuestra huella ambiental. Desde el 2021 la empresa mantiene una alianza estratégica junto a Plantarse.org, con la que coordina distintas acciones con el objetivo de promover el cuidado del medio ambiente y fortalecer el vínculo con la comunidad. En este tiempo ya se realizaron actividades de plantación de árboles en la Reserva de Avellaneda y en la escuela agrotécnica Didascalio Santa Teresa del Niño Jesús de Lomas de Zamora.

El Programa Voluntariado de MetroGAS tiene un enfoque sólido respaldado por una política corporativa especialmente diseñada para su ejecución, y el propósi-

to radica en canalizar el potencial y las habilidades de nuestros empleados en beneficio del desarrollo social, involucrando a la empresa, a los colaboradores, así como a la comunidad en general.

La gerente de Asuntos Públicos y Sustentabilidad de MetroGAS, a cargo del área que coordina el programa, Viviana Barilá, manifestó su “orgullo como empresa de poder mantener ya diez años de voluntariado de manera consecutiva, mostrando no solo el compromiso de nuestros colaboradores sino también la importancia de agregar valor a la comunidad”.

En tanto, el fundador de Plantarse.org, Mariano Padró, destacó que “la colaboración del equipo de MetroGAS como un aspecto fundamental para llevar adelante las acciones de la organización. Juntos, trabajamos por un futuro sostenible”.



## Talleres SCANIA in situ para garantizar actividades de alta exigencia

*Especializada en la industria del Oil & Gas, la compañía Crexell ya cuenta en Neuquén con un taller oficial de Scania en sus instalaciones. Las tareas de perforaciones petroleras y el transporte en el sector requieren servicios de calidad superadora.*



Scania Argentina sumó un nuevo taller oficial dentro de las instalaciones del cliente, esta vez en las operaciones de Crexell, en Vaca Muerta. El CWS -Customer Workshop Service- garantiza técnicos especializados que atienden los camiones en el lugar, mejorando los tiempos operativos de todas las unidades.

Con más de 25 años de trayectoria especializada en perforaciones petroleras en Vaca Muerta y cargas sobredimensionadas en el negocio eólico, Crexell cuenta con una flota de 200 unidades, en su mayoría de la marca sueca.

“Elegimos Scania por la excelencia, calidad y servicios, aspectos fundamentales en nuestra industria”, explicó Fernanda Bisso, titular de Crexell.

La empresa tiene 11 unidades de negocio donde operan camiones de diferentes potencias y características, adaptados especialmente al trabajo en perforaciones petroleras. La tarea que la flota realiza a diario es muy exigente, ya que recorre entre 5.000 y 8.000 km al



mes. Esto llevó a instalar el taller en la propia base, un servicio clave para evaluar los camiones de forma rápida y con personal idóneo.

Javier Ortiz, responsable de ventas de Feadar, explicó que Crexell es una de las empresas de transporte de Oil & Gas más importantes de Vaca Muerta. “Desde que comenzó la relación, en 1997, se generó un vínculo sólido, donde vimos el crecimiento que tuvieron en la industria y trabajamos en conjunto por sus necesidades. Siempre confiaron en los camiones por la robustez y eficiencia”, reafirmó.

El CWS cuenta con dos áreas de servicios, una con fosa para hacer mantenimiento y otra para tareas de reparación rápida que no requiera mayor atención. Para la industria de Oil & Gas y todas las actividades extraspesadas, Scania ofrece su línea de camiones XT, con la configuración más robusta del mercado, el Heavy Tipper.

Adicionalmente, la titular del transporte ponderó los instrumentos financieros que ofrece Scania Credit Argentina: “No tiene trabas, es muy ágil. Scania nos acompaña en todos nuestros proyectos y en la proyección de nuestra empresa”, expresó Bisso sobre la financiación que tomaron para la adquisición de unidades.

## América latina y el Caribe se puede convertir en una región clave para diversificar la oferta de minerales críticos para la transición energética

*Joaquín Proenza, Profesor de Yacimientos Minerales de la Universidad de Barcelona: “La flexibilidad del sistema eléctrico, la ciberseguridad y la seguridad de las cadenas de suministro de tecnología y energía son cada vez más importantes”*

En los tiempos actuales “la seguridad de las cadenas de suministro de tecnología y energía son cada vez más importantes” y esta seguridad está ligada a la minería, enfatizó Joaquín Proenza, Profesor de Yacimientos Minerales de la Universidad de Barcelona, en una conferencia magistral en el marco de la Semana Arpel-Naturgas 2024, que se realizó entre el 8 y 12 de abril en Cartagena de Indias, Colombia.

En ese contexto, los objetivos de una transición energética hacia energías renovables dependen de la disponibilidad de minerales, dice Proenza, dejando claro que actualmente, “la política minera es política energética”.

El despliegue rápido de tecnologías energéticas “limpias” requerido por la transición, implica un aumento significativo de la demanda de minerales, cuyos recursos América Latina y el Caribe posee.

En criterio del especialista, la región puede capitalizar esta oportunidad y puede “convertirse en una región clave para diversificar la oferta de metales/minerales críticos”, requeridos para la fabricación de baterías para



vehículos eléctricos y todo tipo de equipos electrónicos.

La producción de varias materias primas minerales está más concentrada geográficamente que la del petróleo y gas natural y China ha construido una posición de liderazgo, particularmente en cobre y litio, basada en su capacidad de procesamiento. Según datos del conferencista “China procesa el 60% de tierras raras” y eso marca un punto a tomar en cuenta, según señaló Proenza.

En ese marco, la nueva minería sumada a una capacidad cada vez mayor de reciclaje serán elementales para la sostenibilidad del suministro de minerales como el cobre, litio, cobalto, níquel y una larga lista de tierras raras.

En su exposición, denominada “Minerales críticos para la transición energética”, Joaquín Proenza aseguró que los recursos mineros significan una oportunidad, aunque también un riesgo. Es así que recomendó algunos aspectos clave para minimizar el riesgo y no fracasar en el intento de aprovechar esos recursos.

Entre otros aspectos, planteó: garantizar una inversión adecuada en nuevas fuentes de suministro, promover la innovación tecnológica a lo largo de toda la cadena de valor, multiplicar el reciclaje, fortalecer la colaboración internacional (productores y consumidores), incorporar normas ambientales, sociales y de gobernanza más estrictas y mejorar la transparencia del mercado.

Finalmente, dijo que la transición energética es necesaria, pero es un desafío complejo para el cual no hay soluciones simples, “y con la tecnología actual implica, sí o sí, minería”.

## El nuevo controlador digital de válvulas de Emerson gana el premio Producto del año 2024

*Fisher FIELDVUE DVC7K obtiene el premio de oro de Ingeniería de control en la categoría de actuadores, motores y accionadores*

Emerson se enorgullece de anunciar que el controlador digital de válvulas FIELDVUE™ DVC7K de Fisher™ ha sido nombrado ganador del Producto del año 2024 por la revista Control Engineering. El nuevo diseño del DVC7K mejora 30 años de innovación probada en el campo. El instrumento DVC7K presenta la tecnología Advice at the Device™ por medio de una conectividad flexible, interfaz fácil de usar, y le permite analizar datos en tiempo real para evaluar el desempeño y la confiabilidad, lo que permite que su operación se acerque más al punto de ajuste y así mejorar la calidad del producto con un control más preciso.



El personal de mantenimiento puede recibir los datos en su teléfono, tableta o computadora de forma inalámbrica sin tener que estar en una sala de control en la ubicación de la planta. La nueva tecnología del controlador de válvulas mejora el desempeño, la confiabilidad y el tiempo de actividad de las válvulas de control y de apertura/cierre y, por extensión, de toda una planta o instalación de proceso, en una amplia variedad de aplicaciones de la industria de procesos, y proporciona la información necesaria para simplificar el trabajo.

Con una mayor conectividad remota y diagnóstico local de asesoramiento en el dispositivo, aumenta la flexibilidad y proporciona la información necesaria para tomar decisiones rápidas y actuar rápidamente para abordar los problemas que surjan. El DVC7K se puede especificar para todas las compras de válvulas nuevas y se puede adaptar a la mayoría de las instalaciones de válvulas existentes; en cualquier caso, se puede comisionar rápida y fácilmente por medio de la interfaz de usuario local. Con más de tres millones de unidades FIELDVUE vendidas y más de diez mil millones de horas de operación en campo, la confiabilidad y el desempeño a largo plazo están probados en uso, un requisito clave ya que las válvulas Fisher y otras de Emerson se usan a menudo en aplicaciones críticas de la industria de procesos.

# NOVEDADES DEL IAPG



## Sumamos acciones para la inclusión laboral de personas con discapacidad

El Instituto Argentino del Petróleo y del Gas y el Ministerio de Desarrollo Humano, Gobiernos Locales y Mujeres de la Provincia del Neuquén firmaron un convenio para promover la inclusión laboral de personas con discapacidad en la industria neuquina del petróleo y el gas.

La iniciativa tiene como ejes promover, acompañar y concientizar en materia de inclusión laboral a personas con discapacidad.

En el acto participaron, por el lado gubernamental, la ministra Julieta Corroza, el subsecretario de Discapacidad, Gustavo Iiril. En tanto, por el IAPG concurren el director de Relaciones Institucionales y Administración del IAPG, Martín Kaindl; y el Gerente de la seccional Comahue, Raúl Vila. También se acordó impulsar e instrumentar el programa provincial Incluneu, de concientización y sensibilización de la temática de discapacidad orientada al plano laboral.

“Para el Gobierno provincial es sumamente importante promover, acompañar y concientizar en materia de inclusión en todos los ámbitos. Hoy dimos un paso fundamental con el IAPG con la firma de un convenio marco, a fin de avanzar en acciones conjuntas tendientes a la inclusión laboral de personas con discapacidad, como así también, para asegurar derechos y garantizar más oportunidades”, resumió Corroza.

Por su parte, Kaindl, señaló: “Hoy firmamos un acuerdo con el objeto de promocionar y difundir, dentro de nuestras empresas socias que son las empresas que están en la cadena de valor de la industria del petróleo y gas, el programa de inclusión de discapacidad”.



“Tenemos el firme objetivo de lograr que se incorporen a la industria personas con discapacidad, por ello, el IAPG hace tres años creó la comisión de diversidad, equidad e inclusión para trabajar en la inclusión en la industria, algo sumamente importante para tener organizaciones diversas e inclusivas, como una forma de ser mucho más competitivos, eficientes porque así es como lo ve la industria”, remarcó.



### Sobre el Programa Incluneu

El Programa de Inclusión Laboral para personas con discapacidad es impulsado por la dirección general de Inclusión Laboral de la subsecretaría de Discapacidad, y tiene como objetivo promover y acompañar al sector privado para la inclusión laboral de las personas con discapacidad.

Surge con el propósito de fortalecer el trabajo del sector público a través de sus instituciones y agentes, con el sector empresarial, difundiendo, acompañando y reforzando la perspectiva de responsabilidad social empresarial, cambios culturales, actitudinales y diversidad en el ámbito laboral.

El programa cuenta con un equipo interdisciplinario competente para desarrollar capacitaciones, como así también para la preparación de entornos laborales, el acompañamiento en el proceso de búsqueda, selección e inclusión. También en materia de asesoramiento de las normativas legales y fiscales, conformándose así un observatorio social de la temática de discapacidad e inclusión laboral.

Incluneu es compatible con la aplicación de los beneficios impositivos nacionales y provinciales que se encuentran vigentes para la inserción laboral de las y los trabajadores con discapacidad.

# NOVEDADES DESDE HOUSTON



## Cóctel del IAPG Houston en OTC

El Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG) Houston organizó un exitoso cóctel de networking durante la semana de la Offshore Technology Conference (OTC) en Houston. Con la participación de más de 150 asistentes, el evento ofreció una excelente oportunidad para fortalecer relaciones con socios actuales y establecer nuevas conexiones.

Uno de los momentos más destacados de la noche fue el discurso de María Marta Miná, Presidenta del IAPG Houston. Miná agradeció a los asistentes, presentó la organización a los nuevos participantes y resumió las actividades recientes del Instituto. Además, anunció con entusiasmo el próximo evento "Día de Vaca Muerta", que se celebrará el 12 de septiembre y es considerado un evento clave para los profesionales de la industria.

El evento contó con el generoso apoyo de Pan Ame-



rican Energy. Asimismo, se agradeció especialmente la presencia de Marcelo Gioffré, Emiliano Schlotthauer, Clara Listre y Daniela Martin.

El IAPG Houston también expresó su agradecimiento a los patrocinadores del evento:

- Patrocinador Platino: Duralitte, representado por Gustavo Rossi
- Patrocinadores Oro: United Airlines, con agradecimientos a Frederick Thome, Christine Valls y Andrea Peña Niño
- Patrocinador Bronce: Bomchil, representado por Pablo J. Alliani

Además, se destacó la presencia de representantes del Consulado Argentino, incluido el Cónsul General Cristina Tosonotti, quien aportó un toque de distinción al encuentro.

El éxito del evento fue posible gracias al esfuerzo de los voluntarios Martin Di Vincenzo, Gregorio Pezza y la becaria Julieta Mariano, así como a los miembros de la junta directiva Jorge Uria y Miguel Di Vincenzo.



# Calendario de Cursos 2024

## 08

### AGOSTO

05 al 08

#### Adquisición de Datos con Python Aplicado a O&G

Instructores: *Alfonso Barrios, Martín Gruber*

12 y 13

#### Manejo de Crisis en la Industria de la Energía

Instructor: *Eduardo Fernandez*

14 al 16

#### Taller de Bombeo Mecánico

Instructor: *Pablo Subotovsky*

20 al 21

#### Integridad de Ductos: Gestión de Riesgos Naturales

Instructores: *Martín Carnicero, Manuel Ponce*

22 al 23

#### Integridad de Ductos: Prevención de Daños por Terceros

Instructores: *Juan Kindsvater, Jorge Palumbo, Marcos Gerardo Palacios, Sergio Ricardo Martín*

26 al 30

#### Introducción a la Industria del Petróleo

Instructores: *Luis Stinco, Alberto Liendo, Fernando Tuero, Pablo Subotovsky, Rubén Caligari*

27 al 29

#### Introducción a la Exploración y Producción de Salmueras de Litio

Instructores: *Ricardo Etcheverry, Gustavo Vergani, Santiago Perdomo, Eduardo Kruse, Marcelo Dargam, Ricardo Vega, Mario Tessone*

### SEPTIEMBRE

05 al 06

#### Introducción al BIG DATA y ANALYTICS en la Industria del Petróleo y del Gas

Instructor: *Estanislao Irigoyen*

09 al 12

#### Adquisición de Datos con Python Aplicado a O&G

Instructores: *Alfonso Barrios, Martín Gruber*

09 al 13

#### Recuperación Secundaria - Curso Streaming

Instructor: *Marcelo Chimienti*

11 al 13

#### Procesamiento de Gas Natural

Instructores: *Carlos Casares, Eduardo Carrone*

16 al 17

#### Contratación y Documentación de Ingeniería de Proyectos y Obras

Instructor: *Daniel Brudnick*

18 al 20

#### Gestión de Proyectos Complejos de Oil y Gas

Instructores: *Fabián Akselrad, Nicolás Polverini*

24 al 27

#### Protección Anticorrosiva 1

Instructores: *Sergio Rio, Carlos Delosso, Germán Mancuso*

## 09

# 10

## OCTUBRE

01 al 04

### **Introducción a la Industria del Gas**

Instructores: *Carlos Casares, Rubén Caligari, Beatriz Fernández, Patricia Carcagno, Eduardo Fernández*

02 al 04

### **Evaluación de Proyectos 1**

Instructor: *Fernando Arilla*

14 al 18

### **Caracterización Sísmica de Reservorios**

Instructor: *Juan Tavella*

24 al 25

### **Estaciones de Medición y Regulación de Gas Natural**

Instructor: *Daniel Brudnick*

28 al 01

### **Machine Learning Aplicado a O&G**

Instructores: *Alfonso Barrios, Martín Gruber*

## NOVIEMBRE

04 al 08

### **AMPP - Cathodic Protection Tester (CP1)**

Instructores: *Héctor Albaya, Norberto Pesce*

11 al 15

### **AMPP - Cathodic Protection Technician (CP2)**

Instructores: *Héctor Albaya, Norberto Pesce*

19 al 21

### **Operación y Limpieza de Ductos**

Instructor: *Sergio Rio, Eduardo Carzoglio*

21 al 22

### **Mediciones de Hidrocarburos**

Instructor: *Daniel Brudnick*

26 al 27

### **Clasificación de Áreas**

Instructor: *Daniel Brudnick*

26 al 29

### **Protección Anticorrosiva 2**

Instructores: *Eduardo Carzoglio, Carlos Flores, Pablo Cianciosi*

27 al 29

### **Limpieza de Pozo - Curso Streaming**

Instructor: *Alberto Liendo*

28 al 29

### **Procesamiento de Crudo**

Instructores: *Carlos Casares, Eduardo Carrone*

## Cursos On Line

### **Curso Básico: La industria de E&P de Petróleo y Gas Natural**

Instructor: *Rubén Caligari*

### **Herramientas de Proyecto: WBS - Administración de alcance**

Instructores: *Nicolás Polverini y Fabián Akselrad*

### **Registro de Pozos I y II**

Instructor: *Alberto Khatchikian*