

# Prevención, detección y diagnóstico de problemas asociados a tratamientos químicos en pozos petroleros gracias a la aplicación de IA

Agustín Perrotta  
Facundo Caldora  
Hernán Merlino  
{aperrotta, fcaldora, hmerlino}@fi.uba.ar

Laboratorio de Sistemas de Información Avanzados (LSIA) Univ. de Buenos Aires,  
Fac. de Ingeniería - Argentina  
PIDAE 2019 (EXP UBA No: 30.241/2019)

**Abstract.** Resulta interesante encontrar nuevas maneras de resolver más eficientemente los problemas actuales. Para ello basta con realizar un análisis exhaustivo de la situación e identificar las oportunidades de mejora.

En este paper se presentará un estudio realizado sobre la industria del Oil&Gas, el cuál permitió realizar el desarrollo de una solución a algunos de los problemas actuales desde un enfoque informático, utilizando las últimas tendencias del mercado.

**Keywords:** Pozos petroleros · Tratamientos químicos · Aumento de productividad · Machine Learning

## 1 Introducción

El proyecto consistió en la implementación de un sistema informático capaz de resolver el problema específico de la temprana y correcta determinación de los tratamientos químicos a aplicar en pozos productores de petróleo y gas, con el objetivo de minimizar su salida de funcionamiento y por consiguiente maximizar su producción.

Para ello se construyó un sistema experto[1], una de las aplicaciones de la inteligencia artificial[2], que no solo permitió entender el negocio y los problemas asociados, sino también definir las reglas que luego servirían para determinar los tratamientos recomendados.

También se dejó la puerta abierta a una mejora en la eficiencia del sistema gracias a la aplicación de Machine Learning (ML)[3], cuando se cuente con mayor volumen de datos sobre la operatoria.

2 Perrotta, Caldora, Merlino

## 2 Situación actual

Para entender la situación actual y el negocio en la industria del Oil&Gas se realizaron reuniones periódicas con expertos en el tema y se asistió a distintos eventos, como la tercer jornada de innovación tecnológica[4], llevada a cabo el 6 y 7 de agosto de 2019, organizada por el IAPG y a la Argentina Oil&Gas Expo[5], llevada a cabo del 23 al 26 de septiembre de 2019.

Si bien se pudo observar que el nivel de desarrollo informático en la industria Oil&Gas recién estaba comenzando, con la aplicación de ML, IA y big data[6], las grandes productoras de Argentina (YPF, PAE, Exxon, etc)[7] estaban muy abiertas y predispuestas a incorporar soluciones informáticas que optimizaran su producción. Es decir, se observó que la informática en la industria de las productoras de gas y petróleo, se encuentra en alza[8].

El negocio principal de las productoras de petróleo y gas consta de la reposición de reservas, es decir la búsqueda permanente de nuevos yacimientos para explorar, y de la extracción de recursos para la producción[9].

Con el transcurso del tiempo, las instalaciones de los pozos petroleros sufren el desgaste propio del uso. Este desgaste afecta directamente a la producción de los mismos. Aunque existen tratamientos químicos para minimizarlo y así optimizar la producción, los costos y la correcta determinación de los tratamientos a aplicar es uno de los más elevados de esta industria[10].

Entre las acciones tomadas por las productoras para minimizar este problema y optimizar la producción se encuentran:

- Tomar muestras periódicas de la boca del pozo para poder realizar mediciones de las variables representativas[11].
- Monitorear a través de laboratorios externos (o internos) la evolución de las variables representativas de las muestras obtenidas del pozo.
- Solicitar recomendaciones de tratamientos a proveedores externos.
- Realizar diagnósticos con participación de diferentes especialistas (Ingeniería de producción, operaciones, integridad, reservoristas).
- Registrar en tiempo real variables útiles.

Sucede también que no se cuenta con un lugar común donde hacer converger toda esta información, lo que permitiría optimizar el diagnóstico y accionar de manera temprana, para eliminar o disminuir la cantidad de mantenimientos correctivos de los pozos.

## 3 Problema a resolver

El problema de mayor impacto en la producción de petróleo y gas, es la salida de servicio de los pozos debido a los problemas químicos que se manifiestan en las instalaciones de los mismos.

Esto genera pérdidas económicas producidas no solo por el costo de reparación de la instalación, sino también por el lucro cesante durante el tiempo que la misma requiera.

La instalación puede sufrir principalmente tres tipos de problemas, algunos ocasionados por el agua y otros por el petróleo.

**Corrosión:** Este problema es ocasionado cuando el agua reacciona con el hierro de la instalación, debilitándola hasta que la misma se rompe y el pozo sale de funcionamiento, como se observa en la Figura 1.



**Fig. 1.** Corrosión en cañería.

**Incrustación:** Este problema puede presentarse cuando el agua que circula por la instalación contiene calcio. Éste se va depositando en la superficie del caño y en la bomba, reduciendo las secciones y trabando las partes móviles de la misma, dejando el pozo fuera de funcionamiento. Se observa en la Figura 2 un caño que ha perdido sección debido a las incrustaciones de calcio.



**Fig. 2.** Incrustación de calcio en cañería.

**Taponamiento:** Este problema es ocasionado cuando el petróleo, debido a la concentración de ciertos compuestos químicos, no es líquido o es muy viscoso a temperatura ambiente y no fluye por la cañería generando taponamientos. Esto deja el pozo fuera de funcionamiento y debe ser intervenido, como se observa en la Figura 3.



**Fig. 3.** Taponamiento en cañería.

Hoy en día la única manera que tiene la empresa productora de petróleo para saber que se debe tratar químicamente un pozo, es cuando alguno de estos problemas se manifiesta. Sin poder anticiparse, tanto en la detección temprana como en el accionar de manera preventiva, dejándolo fuera de servicio.

Aquí se encontró la **primera oportunidad de mejora**, con el objetivo de cambiar el tipo de **mantenimiento de correctivo a predictivo**. Es decir poder saber específicamente qué pozo debe tratarse de manera preventiva, es decir **antes de que el problema se presente**.

En el esquema actual, una vez que el pozo sale de servicio por un problema de este tipo y es reparado, debe tratarse químicamente. De manera contraria, el mismo problema podría volver a presentarse en el futuro.

Para determinar el tratamiento a realizar la operadora acude a las empresas de químicos, quienes recomiendan el tratamiento y se encargan de llevarlo a cabo. Actualmente la productora no tiene manera de desafiar la recomendación de la empresa de químicos, pudiendo ocurrir que esta recomendase una sobredosis que mitigase el problema, pero que le costaría más dinero a la productora.

Es fundamental tomar conciencia de la magnitud del problema, para entender lo que puede significar una sobredosis en las recomendaciones. En la productora de nuestro caso de estudio (Pan American Energy) se utilizan 13000 toneladas de químicos al año.

Aquí se encontró la **segunda oportunidad de mejora**, con el objetivo de brindar un **diagnóstico y una recomendación de un tratamiento químico automática**, con el cual poder **desafiar las recomendaciones de las empresas de químicos**.

## 4 Solución

Para aprovechar las oportunidades de mejora anteriormente presentadas, que se desprendieron de la interpretación del problema, se diseñó un sistema informático basado en un sistema experto, construido en conjunto con profesionales y expertos de la industria Oil&Gas.

El diseño del mismo se realizó teniendo en cuenta la futura aplicación de ML a gran escala. Por ello se consideraron factores como la disponibilidad, la escalabilidad, la mantenibilidad y la adaptabilidad del sistema a la hora de elegir una arquitectura de de microservicios[12].

La solución se materializó con la implementación de una aplicación web[13] montada en la nube. La misma puede utilizarse, independientemente del sistema operativo y del tamaño de pantalla, desde el navegador web[14] de cualquier dispositivo.

El sistema hace converger la información relacionada al mantenimiento de cada pozo a un mismo lugar, permitiendo la realización de distintos analisis y cruces de información.

La misma es mostrada al usuario en una única pantalla como se puede observar en la Figura 4, donde se observa la ubicación geográfica, el registro histórico de producción y el registro de muestras de un pozo.

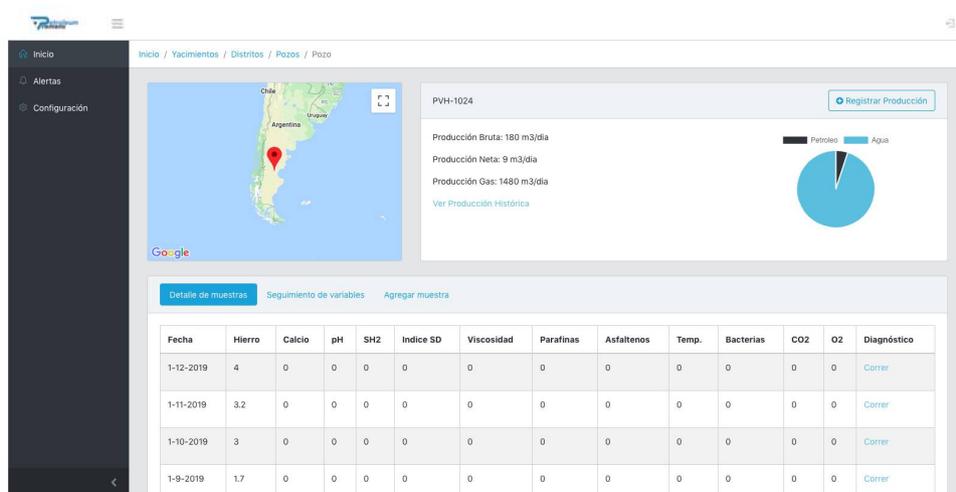


Fig. 4. Pantalla de información correspondiente a un pozo.

Registrar la producción no solo permite realizar algunos de los cruces de información utilizados en la determinación de los tratamientos, sino que también permite graficar su evolución en el tiempo como se observa en la Figura 5. Con dicha herramienta se puede apreciar el impacto de la correcta determinación y aplicación de un tratamiento.

6 Perrotta, Caldora, Merlino

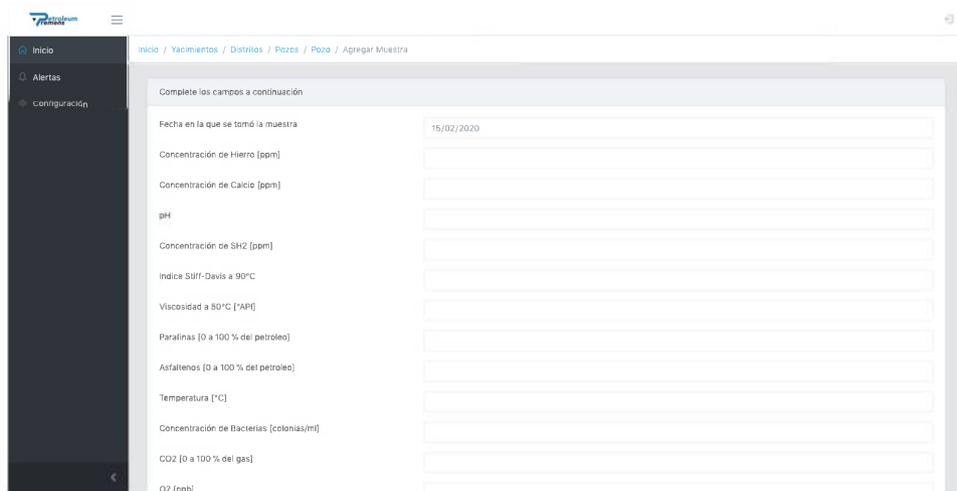


**Fig. 5.** Detalle de la producción histórica de un pozo.

Registrar las muestras que se toman periódicamente de los pozos es de vital importancia en la correcta determinación de las recomendaciones de tratamientos. Por ello se brindan distintas posibilidades a la hora de ingresar la información.

Existe el ingreso de información manual, a través de la pantalla que se observa en la Figura 6, y la obtención de información automática, que se consigue gracias a la interconexión del sistema con los múltiples sistemas que actualmente utilizan las empresas productoras.

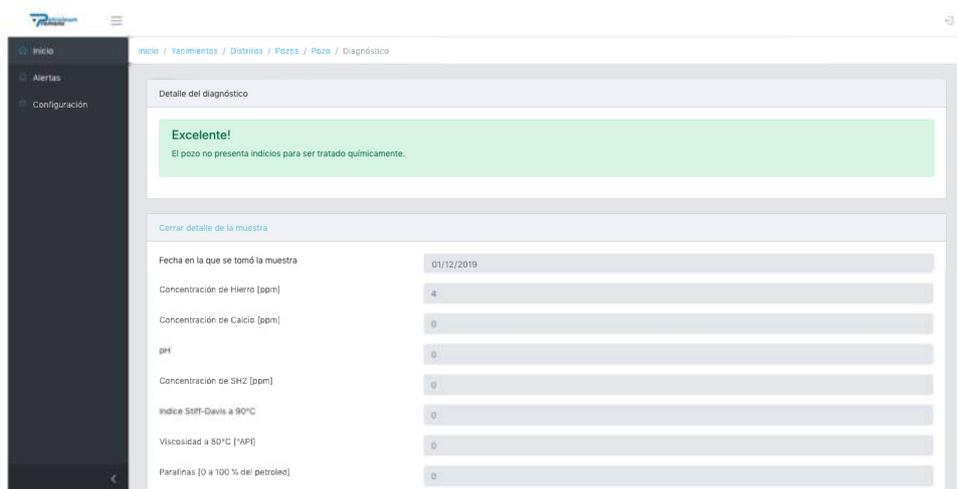
Para facilitar ésta tarea se tuvo en cuenta, desde la etapa de diseño, la necesidad de interconexiones futuras desconocidas. Dejando preparado un módulo específicamente para la recepción de información de distintas fuentes y su adaptación al formato necesario para la realización de los distintos análisis.



**Fig. 6.** Pantalla para la carga de una muestra.

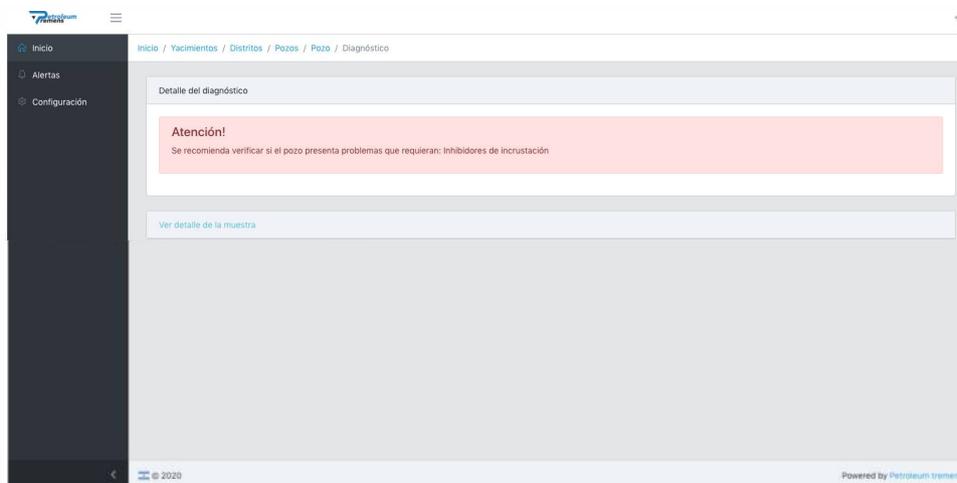
Una vez que el sistema cuenta con toda la información es capaz de detectar, de manera automática, la posibilidad de la existencia de un problema químico en un pozo petrolero.

A través del análisis de ciertas variables representativas y de la aplicación de ciertos procedimientos, el mismo arroja sugerencias de tratamientos químicos en caso de considerarlas necesarias. En la Figura 7 se puede ver el caso en el que no se recomienda un tratamiento, y en la Figura 8 el caso en donde sí se realiza una recomendación.



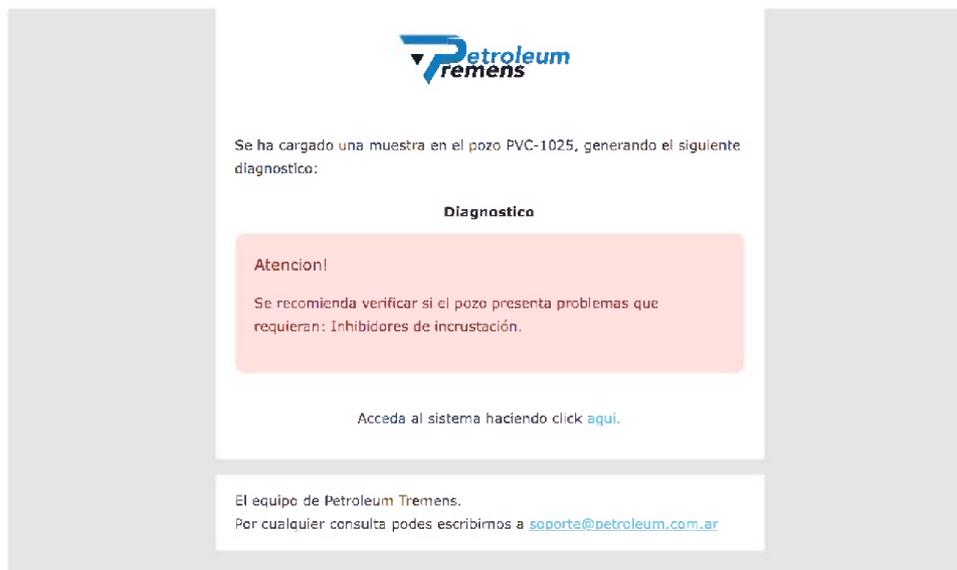
**Fig. 7.** Diagnóstico sin tratamiento recomendado.

8 Perrotta, Caldora, Merlino



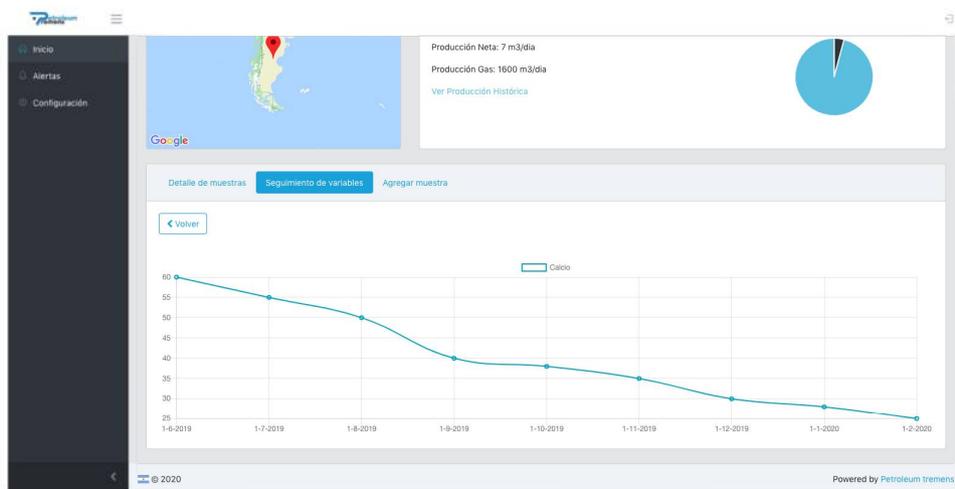
**Fig. 8.** Diagnóstico con tratamiento recomendado.

El sistema envía por email los resultados de cada diagnóstico al responsable definido por la empresa productora, pudiendo ser la misma persona que realiza la carga de la información, un responsable del área de químicos u otro. El cuerpo del email de diagnóstico se puede ver en la Figura 9.



**Fig. 9.** Mail de diagnóstico.

El sistema también permite seguir las variables representativas de las muestras por pozo, de manera manual a través de la pantalla que se observa en la Figura 10.

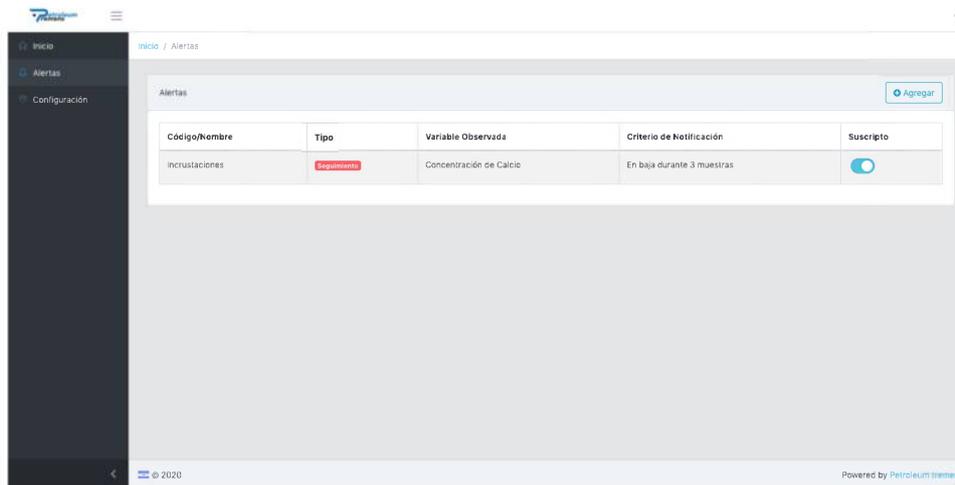


**Fig. 10.** Seguimiento de la concentración de Calcio.

El seguimiento de variables puede realizarse de manera automática, buscando anticiparse a la manifestación de los problemas asociados con las mismas.

A través de un sistema de alertas, configurable desde la pantalla que se observa en la Figura 11, el sistema es capaz de notificar a los usuarios responsables que deseen recibir un email cuando las variables se estén desviando de los valores predefinidos.

En la Figura 12 se observa el cuerpo del email recibido en caso de que corresponda notificar.



**Fig. 11.** Pantalla de configuración de alertas.



Fig. 12. Email de alerta enviado por el sistema.

## 5 Resultados

Con la implementación del sistema, se consiguió la centralización y disponibilización de los datos, lo que permitió realizar los distintos análisis y cruces de información para el correcto funcionamiento del mismo.

Gracias a los distintos seguimientos de las variables y alertando en caso de ser necesario, se pueden tomar medidas preventivas, cómo por ejemplo aumentar la frecuencia de muestreo en un pozo o contactar a la empresa de químicos para aplicar un tratamiento químico preventivo.

De esta manera se cambia el tipo de **mantenimiento de correctivo a predictivo**, tratando preventivamente solo aquellos pozos que podrían presentar problemas, anticipándose a la manifestación de los mismos.

Ante la identificación de un posible problema, el sistema no solo es capaz de notificar a los responsables sino de entregar un diagnóstico automático.

De esta manera se puede **desafiar y controlar** con más y mejores herramientas las diferentes **propuestas de tratamientos** ofrecidos por las empresas proveedoras de químicos.

## 6 Conclusión

Si bien desde los primeros contactos con la industria se observó que el grado de informatización actual era muy bajo, se pudieron identificar varias oportunidades de mejora, que al contrario de lo que se pensaba, podían ser resueltas

con la informática.

La solución planteada brinda una alternativa para resolver un problema existente, de manera más eficiente.

Dada la naturaleza de la industria de Oil&Gas una pequeña optimización tiene asociado un impacto económico y ecológico muy grande, debido a las magnitudes que ésta maneja. Lograr solo una optimización del 1% implicaría reducir aproximadamente 130 toneladas de químicos por año.

A medida que el sistema vaya recopilando información, gracias al diseño realizado, se podrán confeccionar nuevos análisis que mejoren la precisión del sistema.

## 7 Futuras líneas de investigación

En el momento en que se cuente con mayor volumen de información, la inteligencia del sistema podrá mejorarse con algoritmos de Machine Learning.

La utilización de inteligencia artificial distribuida[15] permitirá generar una mayor base de conocimiento, teniendo más casos de estudio históricos para comparar y analizar.

Se evaluará la utilización de blockchain[16] para almacenar la información y el estado del sistema, ya que estamos trabajando con datos sensibles y mantenerlos privados y seguros es de suma importancia.

## 8 Agradecimientos

Agradecemos a la FiUBA por alentarnos a investigar sobre este tema para nuestro trabajo profesional de ingeniería.

Agradecemos también a los distintos expertos de la industria Oil&Gas que pusieron a disposición todo su conocimiento, lo que permitió no solo entender el negocio, sino identificar las distintas oportunidades de mejora utilizadas en el planteo de la solución.

## 9 Referencias

1. Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic. Bruce G. Buchan - Edward H. Shortliffe (15/10/2019).

2. Inteligencia artificial: qué es, cómo funciona y para qué se está utilizando (15/03/2020),

<https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/inteligencia-artificial-469917>

3. Que es Machine Learning? (10/03/2020),  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

12 Perrotta, Caldora, Merlino

4. Jornada de innovación tecnológica. IAPG. (17/10/2019),  
<http://www.iapg.org.ar/congresos/2019/JIT3/temario>
5. Argentina Oil&Gas Expo 2019. AOG. (17/10/2019),  
<http://www.aogexpo.com.ar/index2.html>
6. Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad (18/03/2020),  
<https://www.powerdata.es/big-data>
7. Los 5 mayores productores de petróleo de Argentina (05/03/2020),  
<https://www.bnamericas.com/es/reportajes/los-5-mayores-productores-de-petroleo-de-argentina>
8. Luigi Saputelli, SPE, Senior Reservoir Engineering Adviser, ADNOC, and Managing Partner, Frontender Corporation (15/10/2019),  
<https://pubs.spe.org/en/jpt/jpt-article-detail/?art=6000>
9. Negocio principal de las productoras de petróleo (15/10/2019),  
<https://wintershalldea.com/en/who-we-are/core-business>
10. Costo asociado al tratamiento de la corrosión (15/10/2019),  
[http://jestec.taylors.edu.my/Vol%207%20Issue%204%20August%2012/Vol\\_7\\_4\\_517-528\\_AKINYEMI%20O.O.pdf](http://jestec.taylors.edu.my/Vol%207%20Issue%204%20August%2012/Vol_7_4_517-528_AKINYEMI%20O.O.pdf)
11. Muestreo de pozos para determinación de tratamientos químicos (15/10/2019),  
<https://www.longdom.org/open-access/chemical-treatment-of-petroleum-wastewater-and-its-effect-on-the-corrosion-behavior-of-steel-pipelines-in-sewage-networks-2157-7048-1000324.pdf>
12. ¿Qué son y para qué sirven los microservicios? (12/03/2020),  
<https://www.redhat.com/es/topics/microservices>
13. Aplicaciones WEB (12/03/2020),  
<https://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/Web-application-Web-app>
14. What is a browser? (12/03/2020),  
<https://www.mozilla.org/en-US/technology/what-is-a-browser/>
15. Inteligencia Artificial Distribuida (15/03/2020),  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_multiagente](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_multiagente)
16. Blockchain: qué es, cómo funciona y cómo se está usando en el mercado (15/03/2020),  
<https://www.welivesecurity.com/la-es/2018/09/04/blockchain-que-es-como-funciona-y-como-se-esta-usando-en-el-mercado/>