



# Trabajo Final Posgrado PPG

MANEJO DE AGENTE SOSTEN EN LA EXPLOTACIÓN DE NO  
CONVENCIONALES EN LA CUENCA NEUQUINA.

GREGORIO LOSA - ANDRÉS PRUSCINO

TUTOR: Ing. Julio Shiratori

Noviembre 2016

## CONTENIDO

Objetivo.....	2
Análisis de Contexto .....	2
Línea de tiempo: .....	6
Principales Jugadores en desarrollo de Vaca Muerta .....	7
Grado de Desarrollo .....	8
Análisis FODA .....	10
Desarrollo .....	11
Importancia de la arena dentro del proceso del fracking .....	11
Cadena de Abastecimiento .....	11
Evolución de la logística de agente sosten en argentina.....	16
Año 2012 .....	16
Años 2013/2014 .....	16
Actualidad .....	17
Oportunidades de mejora a futuro .....	18
Notas: .....	18
Datos técnicos sobre el manejo de la arena con sistema de tolvas neumáticas.....	19
Datos técnicos sobre el manejo de la arena con sistema de contenedores o Sandboxes .....	20
Comparación de Sistemas logísticos .....	22
Cualitativa.....	22
Cuantitativa .....	22
Conclusiones .....	23
Referencias Bibliográficas .....	24

## OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es investigar los procesos de abastecimiento del agente sostén (Proppant) utilizado en el proceso de fractura hidráulica para el desarrollo del Shale en la cuenca Neuquina.

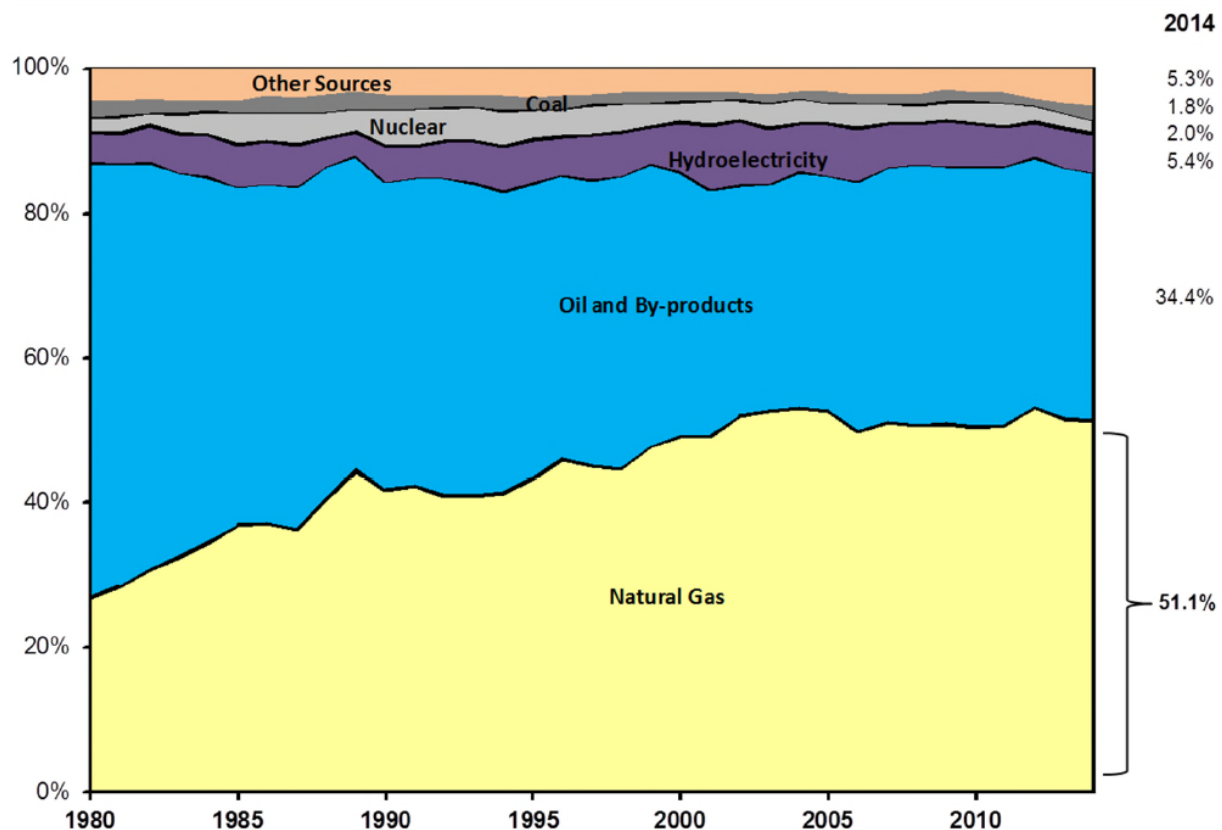
Se investigará la evolución de la cadena de abastecimiento de proppant desde el comienzo de la actividad Shale por el año 2011 hasta la actualidad, proponiéndose ideas para alcanzar mayores eficiencias y reducir los costos totales de operación.

## ANÁLISIS DE CONTEXTO

Los hidrocarburos juegan un papel fundamental dentro de la matriz de balance energético nacional superando el 85% de la oferta global de energía desde 1980 a 2014.

Durante ese mismo periodo, la oferta de gas natural tuvo un crecimiento sostenido incrementando su participación desde un 27% en 1980 hasta un 51% en 2014, desplazando al petróleo crudo de su posición de predominancia.

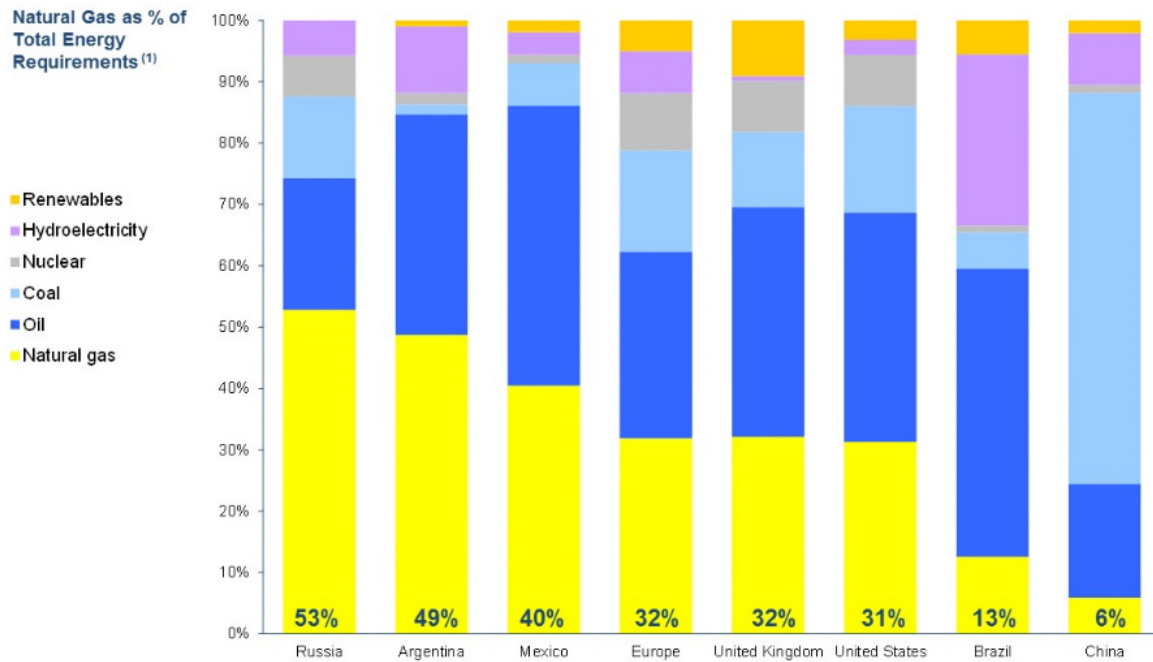
### Contribución de Gas Natural al Balance Energético Nacional - 1980/2014 (% de la demanda energética total)



Reference: (1) Total energy supply = Primary energy internal supply + Secondary energy imports - exports  
Source: Based on information from the Argentine National Energy Balances.

<sup>1</sup> [Oxford Institute for Energy Studies: OIES PAPER NG 113](#)

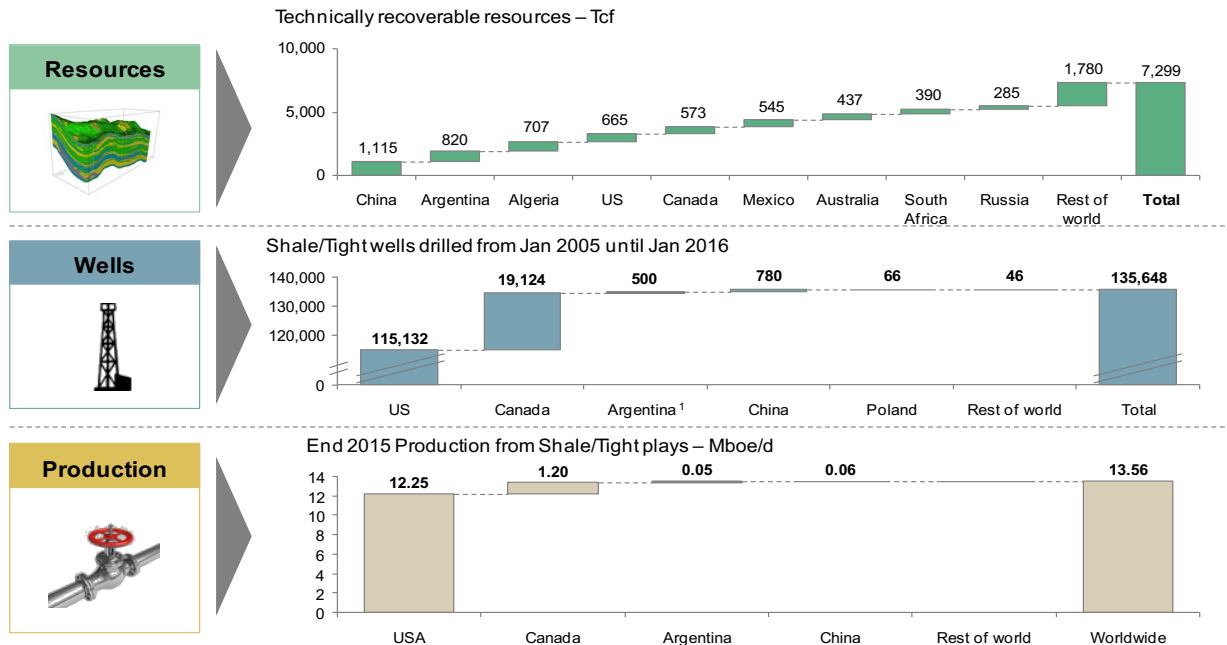
## Argentina / Selected Countries: Gas Contribution to the National Energy Balance - 2015



Reference: (1) Corresponds to BP's "Consumption by Fuel", used for international comparison purposes. Argentina's last official Energy Balance was published in 2014, and gas contribution amounts to 51%.  
Source: Based on information from BP Statistical Review of World Energy 2016.

2

## Benchmark Vaca Muerta Vs Other Shale Plates



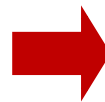
3

<sup>2</sup> [Oxford Institute for Energy Studies: OIES PAPER NG 113](#)

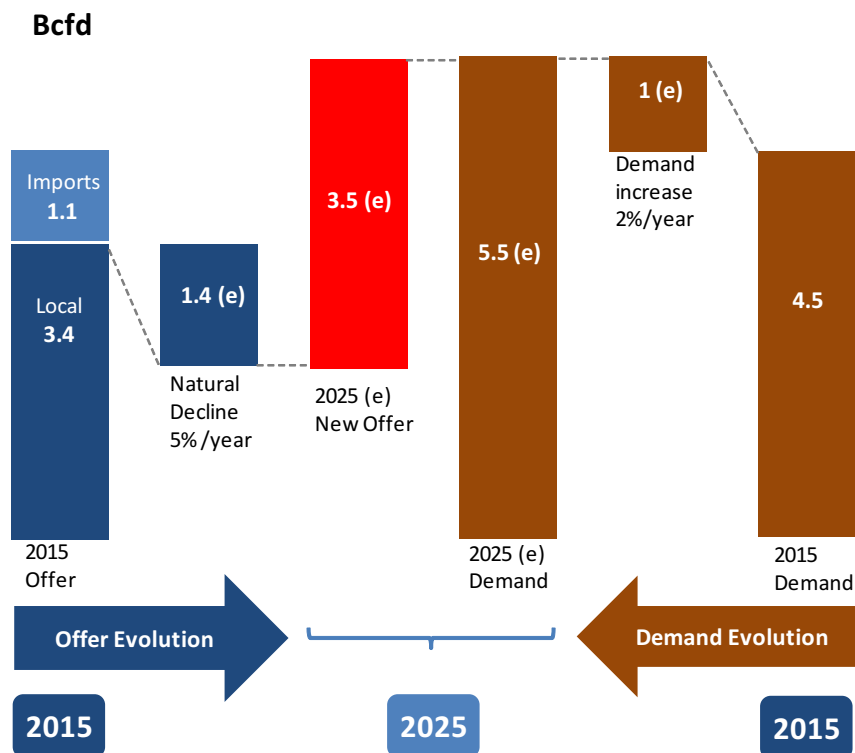
<sup>3</sup> Fuente: BCG (Boston Consulting Group)

Según una publicación reciente de la US Energy Information Administration (EIA), las reservas técnicamente recuperables de recursos no convencionales (*shale*) de petróleo y gas de Argentina se ubican ranqueadas en cuarto y segundo lugar a nivel mundial respectivamente. Para la EIA existen solo cuatro países que en la actualidad están produciendo volúmenes comerciales de petróleo y gas no convencionales: Estados Unidos, Canadá, Argentina y China.

- 85 % de la matriz energética basad en Hidrocarburos.
- 53% de la matriz energética basada en gas.
- Reservas convencionales en declinación.
- Exportación de Gas interrumpida en 2007.
- Gap de demanda cubierto con Importaciones
- Necesidad de desarrollar 3.5bcfd de gas para alcanzar la autosuficiencia para 2025.



Expectativa de “cubrir el GAP” principalmente con No convencionales.



En el caso de la Argentina, se producen de las formaciones no convencionales tanto gas como petróleo. Pero también deben considerarse volúmenes comercialmente significativos de producción de arenas compactas (*tight sands*).

Las compañías operadoras en la zona de Neuquén han compensado de una manera exitosa la declinación de la producción de gas convencional desarrollando los reservorios de arenas compactas.

La actividad inicial de la operación no convencional se ha centrado hasta estos días en la formación Vaca Muerta.

La cuenca Neuquina, localizada en la zona central-oeste de la Argentina, es el epicentro de la actividad no convencional y de arenas compactas. Sin embargo, es importante recalcar que la actividad convencional en esta región del País data de hace aproximadamente 100 años, y que hay perforados cerca de 20,000 pozos de petróleo y gasta hasta 2015.

La formación Vaca Muerta es la principal roca madre de la cuenca Neuquina y se extiende sobre un área aproximada de 36,000km<sup>2</sup>.

La formación Los Molles, que también es una roca madre de la misma cuenca sedimentaria, se encuentra en un rango de profundidad que va desde los 2,400m hasta los 4,400m. Según la EIA, Vaca Muerta es por lo general más rica en cantidad total de contenido orgánico (TOC) que Los Molles, con un potencial mayor de distribución de gas húmedo y tight oil. Vaca Muerta además presenta otra característica distintiva que es su gran espesor, que encuentra sus máximos 350m en la zona norte y con un promedio general de 200m.



En la actualidad hay al menos unos quince proyectos de shale gas en el área de Vaca Muerta: trece de los cuales se encuentran en las primeras fase de su desarrollo o etapas piloto, y otros 2 se encuentran en su fase de desarrollo, que son Loma Campana y El Orejano.

Hasta hace poco tiempo, la mayoría de la actividad no convencional de la cuenca Neuquina se concentraba sobre la ventana de petróleo. Así es el caso por ejemplo de Loma Campana, que es en la actualidad el proyecto de desarrollo más grande del País, que a su vez posee ventajas estratégicas desde el punto de vista logístico por encontrarse en las cercanías de facilidades con sub utilización del yacimiento Loma La Lata. A su vez, las convenientes distancias cortas con las fuentes de abastecimiento de agua y la infraestructura de caminos y rutas lo convierten en un gran atractivo desde el punto de vista de eficiencia operativa.

A la fecha, Vaca Muerta cuenta con una cifra total de pozos cercana a 600, de los cuales cerca del 85% han sido perforados y completados por YPF y sus socios.

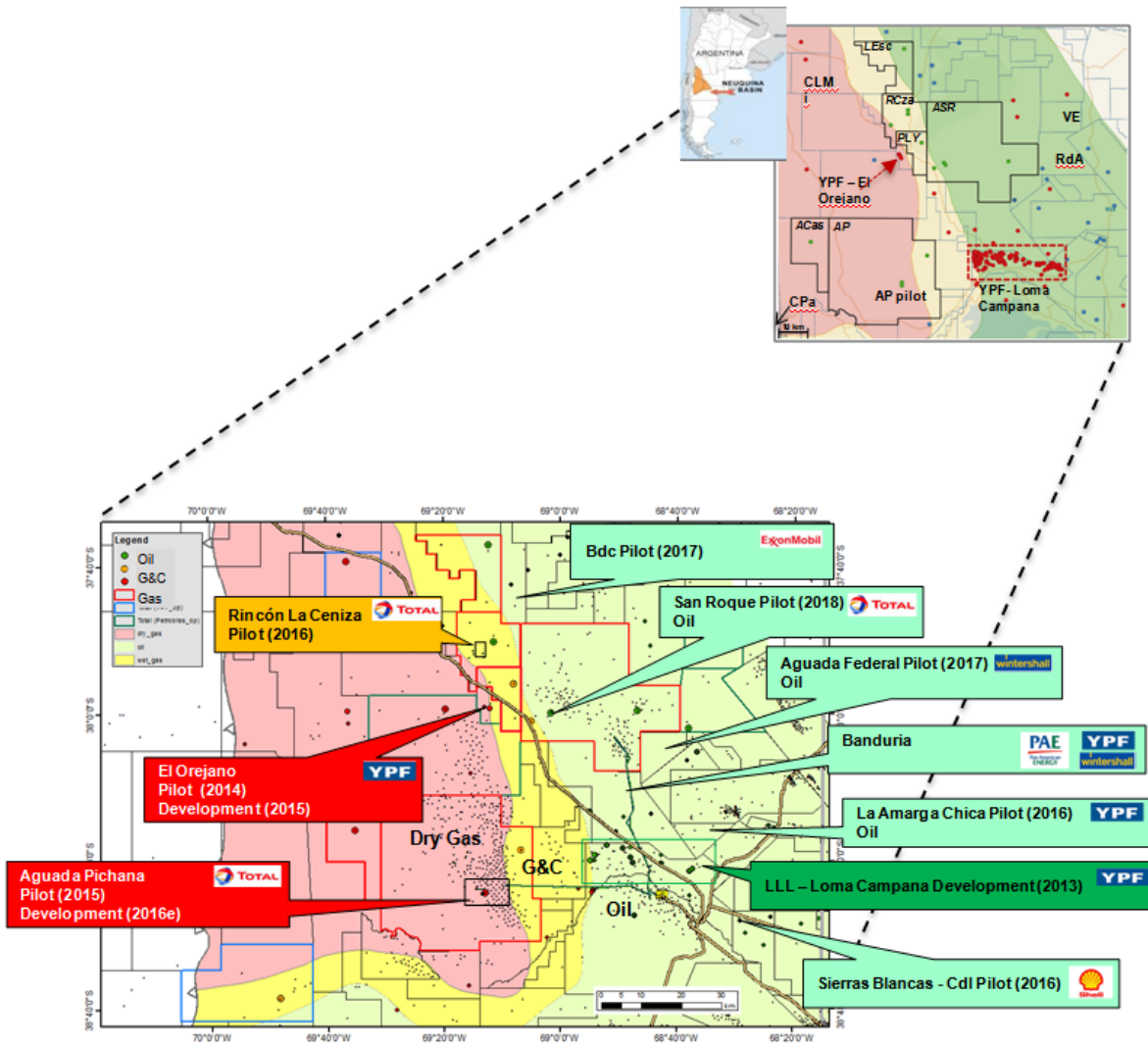
El primer pozo en ser fracturado hidráulicamente (fracking) se puso en producción en el año 2010, mientras que el área entre en fase de desarrollo recién para el año 2013, con la perforación de unos 100 pozos para aquel entonces.

La estrategia inicial de YPF para el área de Loma Campana se basó en el desarrollo de Vaca Muerta a través de pozos verticales, ya que se creía que la heterogeneidad vertical podría ser mejor aprovechada con ese tipo de arquitecturas de pozo, lo que al mismo tiempo limitaba la cantidad de fracturas hidráulicas que se podían disponer en ese espesor (promedio de 200m). Los primeros 4 pozos horizontales comenzaron a perforarse no sino hasta 2014: mientras que para 2015 casi la cuarta parte de los pozos planeados y finalmente perforados terminaron siendo horizontales. En la actualidad, la totalidad de los pozos perforados en el área de Loma Campana son horizontales y los mismos son alocados en una misma locación o pad, llegando en algunos casos a tener hasta seis pozos por pad.

LINEA DE TIEMPO:

06/2010	Primer pozo Shale en ser fracturado hidráulicamente puesto en producción (REPSOL YPF, Pozo LLLK.X-1
11/2011	Repsol YPF anuncia el descubrimiento 927MM BEP en la formación Vaca Muerta
05/2012	Inicio de Gestión de Miguel Galuccio como Presidente y CEO de YPF.
02/2012	YPF Eleva la estimación de reservas en la formación Vaca Muerta a 22.500MM BEP
07/2013	Chevron adquiere un interés de trabajo del 50% de YPF en Loma Campana – un programa de 100 pozos estimado en USD 1200 millones.
09/2013	Dow Chemical adquiere el 50% del bloque El Orejano de YPF aportando USD 120 millones para 6 pozos de shale gas. YPF financia parte del programa invirtiendo USD 68 millones.
09/2013	Wintershall adquiere el 50% del bloque Aguada Federal de GyP, financiando 6 pozos de delineación en un período de 2 años.
11/2013	Total lanza un programa piloto de USD 300 millones en Aguada Pichana, con el objetivo de realizar 20 pozos de desarrollo y producir MMm3/d de gas natural.
02/2014	YPF licita un área de 1,240 km2 de Vaca Muerta a Pluspetrol, que eran parte de los 10 bloques obtenidos de las operaciones de Apache. Pluspetrol pagó USD 217 millones conformando una sociedad 50/50% con YPF para el desarrollo de proyectos piloto en siete bloques.
04/2014	YPF y Chevron acuerdan un programa de desarrollo de 170 pozos, estimado en USD 1600 millones.
04/2014	Shell adquiere a Total una participación del 42.5% en dos bloques (La Escalonada y Rincón la Ceniza) permitiendo el aporte de USD 250-300 millones para la adquisición de Sísmica 3D, perforación de pozos horizontales y nuevas facilities. GyP mantiene 15% de cada bloque.
08/2014	Petronas adquiere de YPF un 50% del bloque La Amarga Chica, permitiendo el aporte de USD 475 millones para un programa de desarrollo de 30 pozos piloto.
01/2015	YPF firma acuerdos preliminares con Sinopec para futura cooperación en desarrollos convencionales y no convencionales de gas.
04/2015	YPF firma acuerdos preliminares con Gazprom para futura cooperación en desarrollos convencionales y no convencionales de gas.
06/2015	Tecpetrol paga USD 63 millones para adquirir la participación de la subsidiaria argentina de la compañía canadiense Americas Petrogas la cual tenía participación en tres bloques de Neuquén - Loma Ranqueles (unconventional gas), Los Toldos (unconventional gas and oil) and Huacalera (unconventional gas), y dos bloques en La Pampa - Medanito Sur and Rinconada Norte (conventional). Sujeto a la viabilidad del proyecto, Tecpetrol planea invertir USD 1500 millones para 2020 para perforar y completar 120 pozos, adicionalmente a USD 200 millones para perforar y completar 5 pozos pilotos Shale en Fortin de Piedra.
08/2015	Shell gana la concesión de los bloques Sierras Blancas y Cruz de Lorena en la zona de Vaca Muerta, con el anuncio de planes di inversión por USD 250 millones
12/2015	YPF y Dow acuerdan invertir otros USD 500 millones para perforar 30 pozos más en proyecto Shale El Orejano, con la expectativa de incrementar la producción a 2 MMm3/d.
01/2016	YPF y American Energy Partners, LP (AELP) firman acuerdos preliminares con el objetivo de invertir USD 500 millones en el desarrollo de proyectos de shale gas, incluyendo un esquema piloto en el bloque Bajada de Añelo, y desarrollando un área pequeña en Cerro Arena.
04/2016	Miguel Gutierrez es nombrado Presidente de YPF.
06/2016	Ricardo Darré es nombrado CEO de YPF.
06/2016	Exxon anuncia una inversión de USD 250 millones por un proyecto piloto en los próximo meses, en forma adicional a los USD 200 millones ya invertidos en exploración en los bloques Bajo del Choique-La Invernada.
07/2016	PAE anuncia planes de inversión por USD 1400 millones en proyectos de gas y petróleo en Argentina, de los cuales USD 300 millones en proyectos de Shale Gas en Neuquén.

## PRINCIPALES JUGADORES EN DESARROLLO DE VACA MUERTA



YPF	Loma Campana (Oil)
	El orejano (desarrollo - gas)
	Pilotos
Exxon/XTO	Bajo del Choique (Piloto – Oil)
Shell	Sierras Blancas/A.Mora (Pilotos – Oil)
Wintershall	Aguada Federal (Piloto – Oil)
Total	Aguada Pichana (Piloto – Gas Seco)
	Rincón La Ceniza (Piloto – Gas y condensado)
	Aguada Pichana (Desarrollo – Gas Seco)
	San Roque (Piloto - Oil)
Otros Operadores	Varios.



## GRADO DE DESARROLLO

Tanto YPF como el resto de las compañías operadoras que se enfocan en la actividad no convencional de la cuenca Neuquina han venido trabajando de manera consistente en reducir los costos de la operación total a partir de la introducción de nuevas tecnologías, nuevos procesos e intentando de optimizar la logística y la programación de los recursos.

La caída del precio internacional del barril ha causado una desaceleración de la actividad en Vaca Muerta para el año 2016. Las IOC han recortado las inversiones de capital (Capex) a nivel mundial, y según lo estimado por la consultora Wood-Mackenzie este recorte podría ascender a una cifra cercana a 1 trillón de dólares para el periodo 2016-2020. En este escenario, Argentina podría verse afectada en una reducción del Capex total de hasta unos 5 billones de dólares.

A pesar de que el involucramiento de YPF y el resto de compañías operadoras ha generado un progreso significativo en el desarrollo de los recursos no convencionales, la industria se encuentra aun en las etapas embrionarias de la curva de aprendizaje. Es por ello que aun existen grandes oportunidades de mejoras en productividad. Adicionalmente, en la mayoría de las áreas de actividad, las partidas de Capex y Opex son, en la mayoría de los casos, por lo menos el doble que en Estados Unidos.

La productividad puede mejorarse:

- 1) mejorando economías de escala,
- 2) incrementando la competencia entre operadoras, idealmente permitiendo una mezcla de compañías nacionales, internacionales e independientes medianas y pequeñas,
- 3) incrementando la competencia entre compañías de servicios especiales, en vistas de mejorar las tecnologías habilitantes,
- 4) incrementando la disponibilidad y la reducción de costos de los equipos de torre de perforación,
- 5) entrenando de manera constante al personal técnico y la fuerza de trabajo en general y
- 6) flexibilizando las condiciones de los acuerdos colectivos de trabajos y los aspectos gremiales del negocio.

Como ya se menciona anteriormente, los costos operativos en Argentina son significativamente superiores a los de Estados Unidos. Las principales áreas en donde se debe atacar la reducción de costos son:

- 1) servicios técnicos, especialmente en perforación y terminación, a través de la incorporación de nuevas tecnologías o métodos de trabajo,
- 2) abastecimiento de recursos clave como ser el agente de sostén (arena), lodos de perforación y agua,
- 3) costos laborales,
- 4) transporte por camión y otros servicios de soporte logísticos y
- 5) gestiones y gastos de importación de equipamiento y maquinarias.

En resumen, para el desarrollo de Vaca Muerta deberían replicarse los cuatro pilares de la Revolución shale en Estados Unidos de América

- Conocimiento del subsuelo, cantidad significativa de recursos, buenas productividades.
- Una industria de servicios de Oil and Gas desarrollada.
- Oil and gas activities backed by strong political support
- Business conditions allowing value creation (mining rights, stable fiscal & contractual terms, labor costs)

**Requerimientos estimados de Infraestructura y Logística para Petróleo y Gas No Convencional para el año 2030:**

<b>MAIN SUPPLIES AND SERVICES</b>	<b>INFRASTRUCTURE (Excl. Gas Pipelines) <sup>(1)</sup></b>	<b>LOGISTICAL SUPPORT SERVICES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Water: 11.2 million m<sup>3</sup></li> <li>▪Proppant: 7.5 million tonnes (150 x 10<sup>6</sup> bags)</li> <li>▪Pipes (for drilling tasks): 12,300 km and 633,000 tonnes</li> <li>▪Cement concrete: 1.5 million tonnes</li> <li>▪Fracking power: 580,000 HP</li> <li>▪Transport (number of trucks):</li> <li>✓ 100% by vehicles: 4,900</li> <li>✓ Combined with aqueducts: 2,700</li> <li>✓ With aqueducts plus railroad: 800</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Aqueducts:</li> <li>✓ Highly recommended</li> <li>✓ Neuquén “Red Azul” (Blue Network) project, paralyzed</li> <li>▪Roads:</li> <li>✓ Need for new construction and rehabilitation of existing roads</li> <li>▪Railroads:</li> <li>✓ New railroad line Neuquén-Añelo (100 km)</li> <li>✓ Rehabilitation of load transport line B. Blanca-Neuquén (570 km)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Oil camps:</li> <li>✓ Large-scale catering</li> <li>✓ Maintenance</li> <li>✓ Storage</li> <li>▪Añelo (Neuquén town, closest to field operations):</li> <li>✓ Large-scale housing / hotel capacity expansion</li> <li>✓ Public services</li> <li>✓ Sundry general services</li> </ul>

Reference: (1) Excludes trunk gas pipeline system expansion requirements, analysed separately.

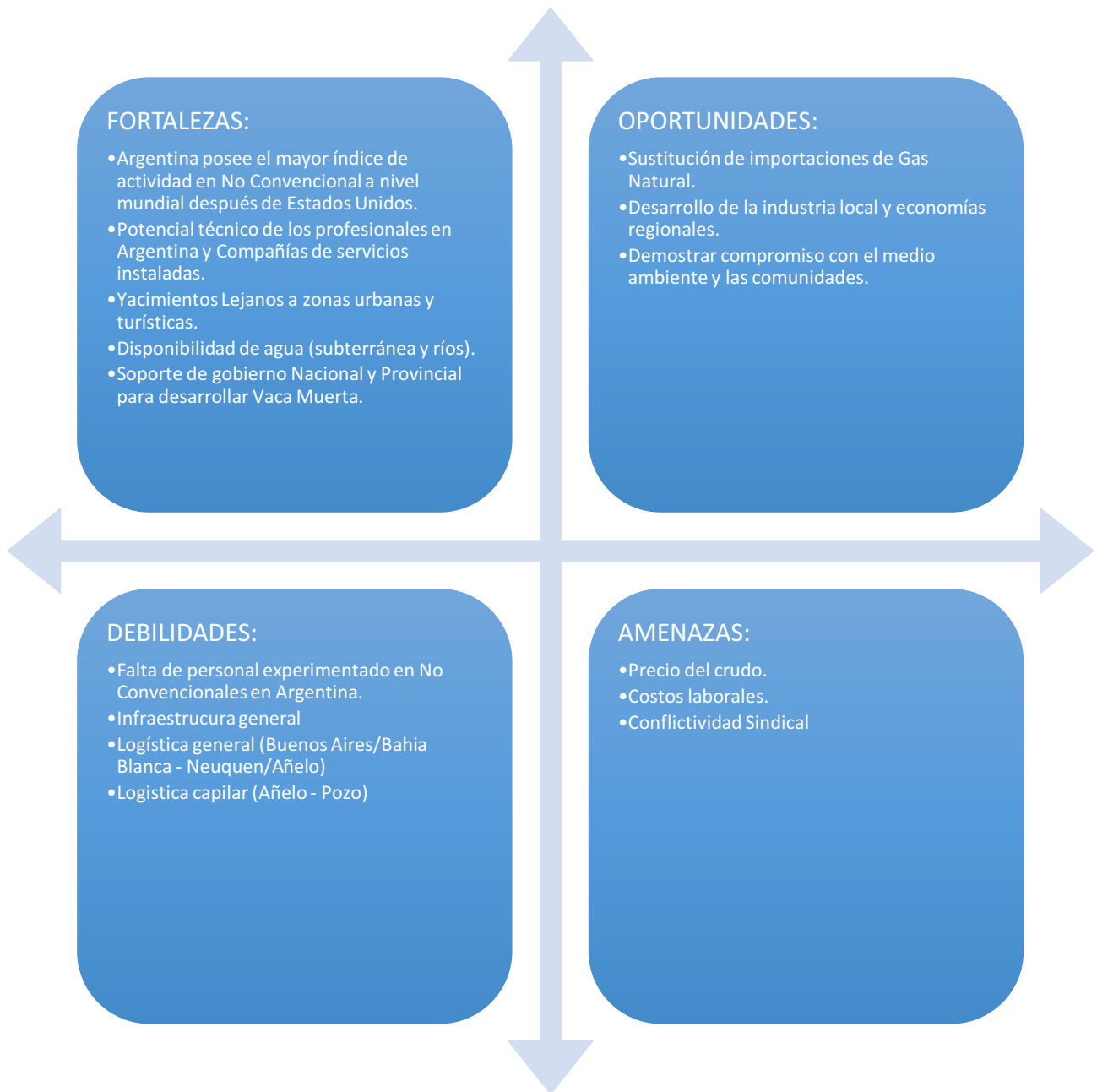
Source: Adapted from Academia Nacional de Ingeniería (ANI) / Instituto de Energía - “Requerimientos para el desarrollo del reservorio de Vaca Muerta (Neuquén/Argentina)”, December 2014.

4

<sup>4</sup> [Oxford Institute for Energy Studies: OIES PAPER NG 113](#)

## ANÁLISIS FODA

Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para la explotación de Shale Gas en la Provincia del Neuquén.



## DESARROLLO

### IMPORTANCIA DE LA ARENA DENTRO DEL PROCESO DEL FRACKING

La fractura hidráulica se ha convertido en un componente central en el desarrollo de los recursos no convencionales (Shale). Este tipo de completaciones involucran muchas cantidades de agua, arena (o agente de sostén), químicos y equipamientos especiales acompañados de mejoras continuas en las operaciones, los costos, los tiempos y los factores de seguridad.

El foco de este trabajo se centra en describir los distintos aspectos que se relacionan al abastecimiento, tratamiento, logística y distribución de la arena de fractura; y tratará de evidenciar las distintas gestiones relacionadas al manejo de este recurso desde los inicios del fracking en el país, la evolución hasta estos días y presentar algunas ideas de cómo debería proyectarse el manejo a futuro en pos de una operación más eficiente y segura.

Antes de dar inicio a las descripciones relacionadas al manejo de la arena, se describirán los distintos tipos disponibles, fuentes de origen y función dentro del proceso de la fractura hidráulica.

Por más de 50 años, se han empleado distintos tipos de arenas: arena natural, agentes de sostén con recubrimientos resinados y agentes de sostén cerámicos artificiales. En función de los tamaños de grano es que también se define la malla, y hay disponibles en el mercado variadas opciones: 20/40, 40/70, 30/50, 70/140 entre las más comunes, y en función de los requerimientos de los distintos tipos de reservorios.

En la Argentina, los primeros usos de arenas para fracturas hidráulicas en formaciones no convencionales, data del 2001 en formaciones del tipo Tight como Lajas, Punta Rosada, Mulichinco en la cuenca Neuquina; Potrerillos en la cuenca Cuyana. Más recientemente, las formaciones Shale como Vaca Muerta, Los Molles, Cacheuta, D-129 y Agrío.

Como en cualquier proyecto de desarrollo de petróleo o gas, la optimización de los costos representa un factor de mucha relevancia para la continuidad del mismo. En ese aspecto, la selección del tipo de arena o agente de sostén cumple un rol fundamental. Es por eso que las compañías operadoras y de servicio estudian de manera constante la forma de reducir estos costos haciendo un mix en sus programas de fractura de arena natural y arenas sintéticas.

En general, la cantidad promedio de arena utilizada por etapa de fractura para la mayoría de las formaciones Tight en Argentina varía desde los 64 Tn hasta los 88 Tn; mientras que en las formaciones Shale en promedio es de 230 Tn por etapa.

### CADENA DE ABASTECIMIENTO

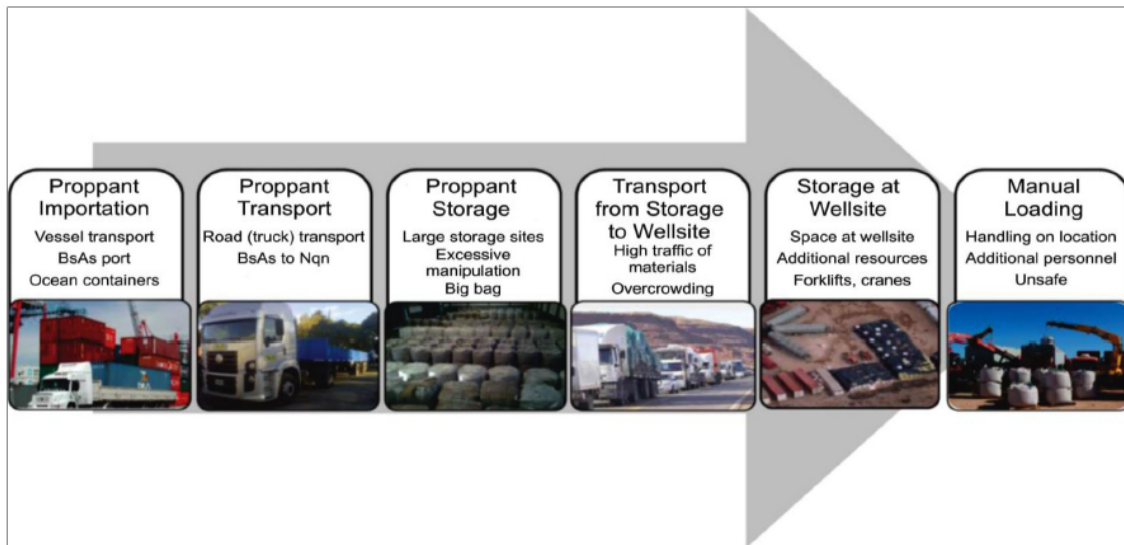
Como ya se ha mencionado anteriormente, la fractura hidráulica es un componente central para la terminación de pozos no convencionales del tipo tight o shale. Es por ello que resulta imperioso realizar una apropiada planificación y preparación de las grandes cantidades de recursos necesarios para llevar a cabo este tipo de operaciones de modo de poder lograr eficiencias en costos y tiempos, obteniendo como resultado un negocio rentable y sustentable.

En sus comienzos, la cadena de abastecimiento de arenas de fractura en la Argentina consistía de la siguiente secuencia: La arena era importada al País proveniente de distintos centros de producción ubicados en Estados Unidos mayormente. El método tradicional de transporte es la vía marítima donde los buques de carga transportaban el material en contenedores de 33 Tn, típicamente albergando

hasta 22 bolsones de 1.5 Tn cada uno. El puerto de ingreso era el de Buenos Aires. Los cargamentos provenientes de Brasil solían llegar en trenes de carga. En general, los proveedores de arena solían tener hubs para el acopio del material en Buenos Aires, o bien en la Provincia de Neuquén. El transporte desde los hubs logísticos hasta los puntos de consumo en las geografías de las cuencas productivas ocurría vía transporte terrestre en camiones de carga, cuya capacidad máxima de carga es de 27 Tn. Los centros de almacenamiento en los puntos de consumo suelen ser gestionados por los mismos proveedores de arena, o bien por las compañías de servicio o hasta las mismas operadoras. El transporte desde los centros de almacenamiento hasta las locaciones o el pozo se realizaba por camión que transportaba la arena en bolsones (o *big bags*) hasta un máximo de carga de 27 Tn o en unidades de tolvas auto transportadas (o *bulk trucks*). En locación, el manipuleo de la arena podía darse directamente desde el mismo camión tolva cuando la operación era relativamente pequeña. Pero para operaciones más grandes, se suelen utilizar unidades de almacenaje en locación (o *sand chiefs / mountain movers*) que son cargados de manera manual con la asistencia de grúas o auto elevadores para elevar la carga de los bolsones a las compuertas superiores de carga.



El siguiente flujograma representa el esquema tradicional de abastecimiento de arena:



Sin embargo, y como resultado del desarrollo masivo de las operaciones no convencionales tipo shale, algunas variaciones se han visto en varios de los pasos de la cadena tradicional de abastecimiento de arena. Por ejemplo; se necesitó ampliar la capacidad de los centros de almacenamiento, excesiva cantidad de bolsones a ser manipulados en locación, mayor tráfico de camiones entre los centros de almacenamiento y las locaciones, locaciones con más superficie para almacenamiento y movimiento de cargas, re-abastecimiento de contenedores de locación entre trabajos de fractura.

Basado en lo que ocurría en las operaciones de shale en Estados Unidos, nuevas alternativas se han venido incorporando en las actividades no convencionales en la cuenca Neuquina, proporcionando un nuevo concepto de cadena de abastecimiento.

Este nuevo concepto se definió inicialmente con el inicio de la actividad de YPF en bloques como Loma Campana; que fue el primer proyecto piloto de desarrollo masivo por el año 2011 – 2012 y que hasta la actualidad mantiene vigencia. Este modelo, al igual que el tradicional, posee tres pasos importantes: importación de la arena, carga y almacenamiento en plantas y el transporte a granel al pozo.

Importación de la Arena: Se identificó un nuevo puerto de entrada para los buques, que es el puerto comercial de Bahía Blanca. Este puerto se encuentra a una distancia menor de la ciudad de Neuquén, lo que disminuye los costos de transporte de camiones. El transporte marítimo se ha hecho más eficiente con el empleo de buques de carga con capacidad de hasta 10,000 Tn. Para movilizar la arena desde el puerto de Bahía Blanca hasta la planta ubicada en Neuquén, se utilizan camiones tipo plancha para llevar los bolsones, aunque también se está implementando el transporte ferroviario (tren Belgrano Cargas)

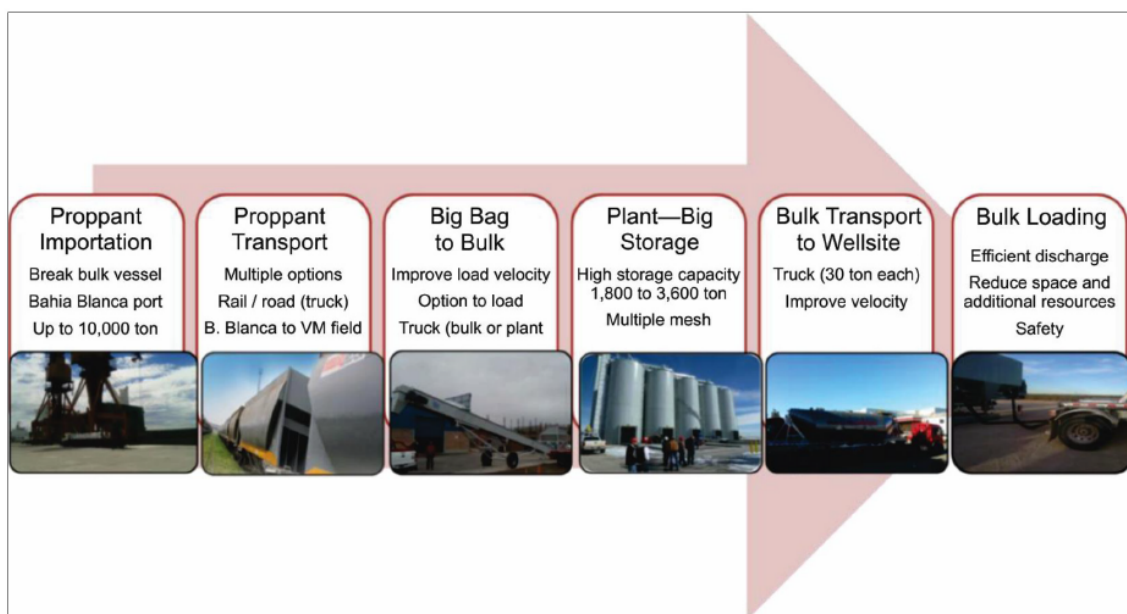




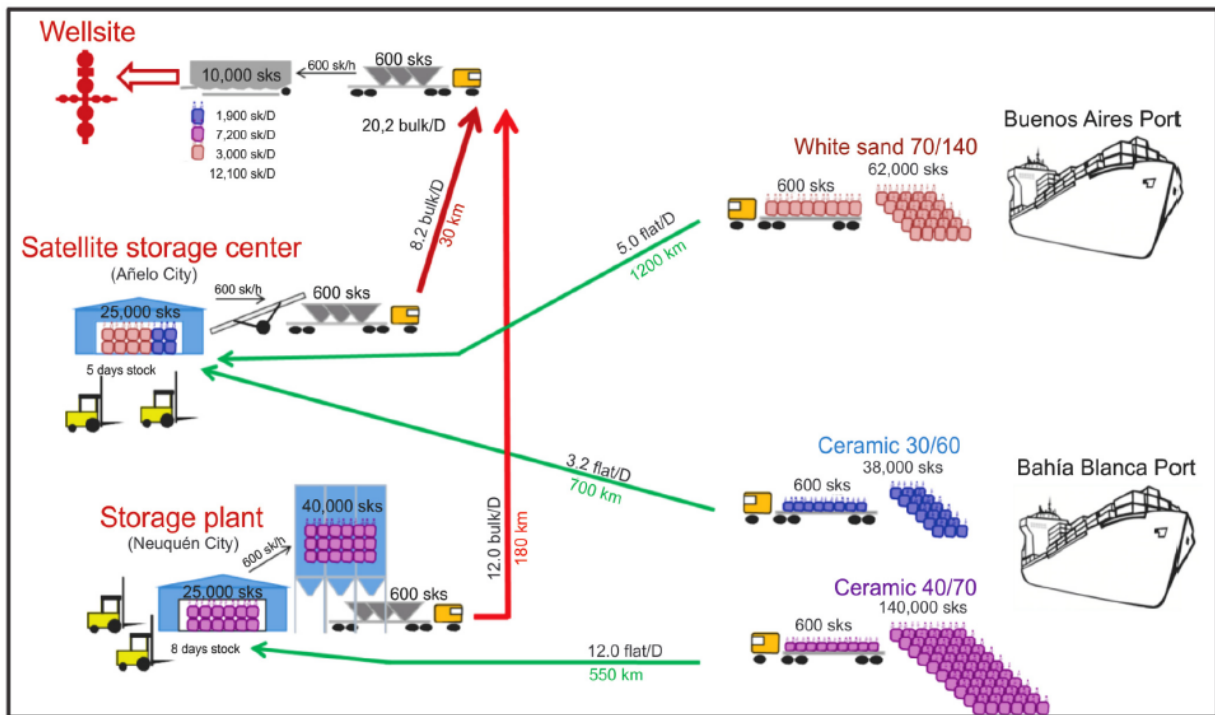
**Almacenamiento en plantas:** Se incorporó el uso de cintas transportadoras para la descarga de los bolsones y la carga los camiones tolvas que llevan luego la carga a granel o bien el alojamiento en las plantas de almacenamiento (ver Fig. 4) o almacenes satélites (ver Fig. 5) Estos cambios han traído aparejados mejoras significativas en las velocidades de carga y descarga, mayores capacidades de almacenamiento y la posibilidad de hacer un mejor manejo más eficiente de múltiples mallados de manera independiente.

**Transporte a granel al pozo:** Esta etapa considera el transporte a granel (o *bulk*) de la arena desde la planta de almacenamiento a la locación y la descarga de la misma a los contenedores en locación (*Mountain Movers* o *Sand Chiefs*). El principal objetivo de esta etapa se centra en mejorar los tiempos de las maniobras de descarga y en hacerlo de una manera más eficiente, reducir los espacios de almacenamiento en locación y consecuentemente disminuir el tamaño de las mismas y reducir los riesgos de incidentes y accidentes al verse menor personal involucrado y reducir la necesidad de cargas suspendidas.

El siguiente flujograma representa el esquema evolucionado y actual de abastecimiento de arena:



Ejemplo de modelo de gestión logística para un caso aplicado en un operador en cuenca Neuquina para una locación de 3 pozos horizontales:





## EVOLUCIÓN DE LA LOGÍSTICA DE AGENTE SOSTEN EN ARGENTINA

Para contextualizar la evolución que se ha manifestado en el manejo del agente de sostén, principalmente en la cuenca Neuquina, cabe destacar que los tipos de productos que se manipulan dentro de la cadena logística son tres: 1) cerámicos, 2) arenas resinadas y 3) arenas naturales. Por el lado de la “oferta”, las condiciones que cada agente de mercado (productores, distribuidores, brokers) imponía, con mayor o menor influencia, condicionaba las variables de los volúmenes disponibles, las condiciones de entrega y principalmente el precio.

Los agentes de sostén cerámicos son lo de mayor calidad, en términos de resistencia a las altas presiones a los que son sometidos a presión reservorio y por su geometría de grano uniforme: pero por otro lado son los propantes más caros en el mercado. En segundo lugar se ubican las arenas resinadas y por último las arenas naturales, siendo estas últimas las más económicas.

### AÑO 2012

Hacia inicios del año 2012, Baredes era el único proveedor local de propantes cerámicos y se encargaba de la venta de la marca *Sinterlite* proveniente de Brasil. Al ser el único proveedor de este tipo de productos, las condiciones impuestas al mercado no ofrecían muchas alternativas que resultaran atractivas a las operadoras que habían iniciado actividades en Vaca Muerta.

Cristamine, un proveedor local basado en la Provincia de Entre Ríos, y enfocado originalmente en la industria del vidrio, era una alternativa para las arenas naturales.

Para estas fechas, toda la logística se hacía en bolsones (*big bags*) de 1 Tn. Estos bolsones eran o bien transportados por camión (hasta 20 bolsones) o bien eran cargados en contenedores que luego eran transportados por tren desde Buenos Aires hasta Neuquén. Allí una vez arribados a Neuquén, se dispone una precaria central de cargas cercana al aeropuerto en donde los bolsones son descargados del tren y vueltos a cargar en camiones para ser transportados a las plantas o almacenes. El precio de referencia a estas fechas era de 1000 USD/Tn (cuando una etapa de Shale demanda aproximadamente 225 Tn/etapa)



Fig. 8

### AÑOS 2013/2014

Ya transcurridos los dos primeros años del desarrollo del Shale en cuenca Neuquina, y habiéndose comenzado a visualizar la necesidad de empezar a trabajar fuerte en el tema eficiencia y reducción de

los costos operativos, aparece una alternativa, a las pocas disponibles hasta dicho entonces, de la mano de los agentes de sostén provenientes de China. Ingresan como oferentes más importantes dos proveedores chinos (uno de ellos es Wan-Li) quienes ofertan la venta de sus productos directamente en China a YPF, y luego ésta última se encargaba de la logística general y la nacionalización.

YPF ingresaba los cargamentos provenientes de China por Buenos Aires y Bahía Blanca. En función de la oferta disponible de medios de transporte, los bolsones eran movilizados por camión o bien por transporte ferroviario hasta la localidad de Allen (en Río Negro)

Hasta ese entonces se continuaba con el empleo de bolsones (o *big bags*) lo que representaba, no solo una muy baja eficiencia en todas las etapas de carga/descarga, transporte y manipuleo, sino que además contenía muchos factores de riesgo asociados en materia de salud, seguridad y medio ambiente (o HSE) por el alto grado de exposición de personal operativo a cargas suspendidas y atmósferas contaminadas de partículas pequeñas volátiles. Adicionalmente se asociaba una problemática relacionada con la afectación de la calidad del producto dado que en dichos bolsones el agente de sostén era muy propenso a mojarse o a volarse con el viento.

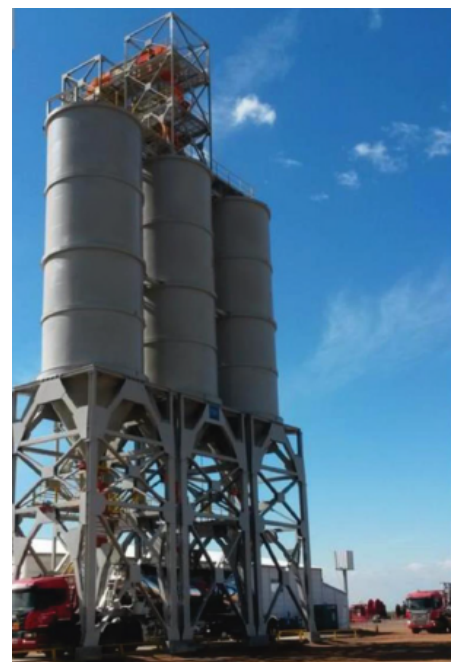
#### ACTUALIDAD

Ya en estos días, las grandes operadoras del mercado de servicios logísticos, tales como las empresas Baroldi, Don Pedro, Ingeniería Sima o Crexell, las cuales han realizado fuertes inversiones en infraestructura en las zonas circundantes a la localidad de Añelo, ofrecen a las operadoras interesantes alternativas para el manejo integral de los agentes de sostén en lo que respecta a la logística capilar comprendida entre los depósitos satélites y las locaciones de los pozos. Estos servicios involucran el uso de unidades auto transportadas de tolvas neumáticas. Más adelante en este trabajo se comparten algunos datos técnicos interesantes del sistema de tolvas.

Para el caso de uno de estos operadores, se puede mencionar que su centro logístico posee un sistema de galpones con una superficie cubierta con capacidad para almacenar bolsones hasta las 11,000 Tn: y una superficie semi-cubierta para otras 15,000 Tn. El predio se encuentra emplazado sobre un terreno de 7 hectáreas de superficie y posee una flota propia de 20 camiones equipados con tolvas neumáticas.

Dicho operador logístico comenta que al momento de encarar la inversión se plantea la disyuntiva de si construir galpones para almacenamiento de bolsones o silos para almacenaje de propante/arena a granel. Claramente por las limitaciones de infraestructura presentes en la localidad de Añelo, en donde aún no existe una red ferroviaria que permita llegar con los cargamentos a granel, es que el sistema de silos se vuelve muy ineficiente por lo que implica un proceso con una velocidad de recarga muy baja en caso de tratarse de bolsones. Adicionalmente, el factor económico y financiero son muy importantes dado que a igualdad de capacidad de almacenaje, un sistema de silos demanda una inversión total de 6 veces (6X) lo que es un sistema de galpones, medido en “USD/Tn almacenada”.

El único sistema de almacenaje con silos disponible en la ciudad de Neuquén pertenece a la empresa Halliburton. Dicha planta posee 3 silos con una capacidad individual de 600 Tn.



## OPORTUNIDADES DE MEJORA A FUTURO

Dentro del esquema de la logística capilar (desde Centro de distribución o planta hasta el pozo) se puede decir que Argentina ha logrado un nivel de eficiencia aceptable aunque aún existen espacios de mejora para algunos aspectos del manipuleo del material en locación.

En términos generales, se puede mencionar que los mayores aspectos de mejora se encuentran en el factor costo laboral. En lo que sería una estructura de costos típica de un operador logístico de arena emplazado en la Provincia de Neuquén, se puede destacar que el 50% corresponde a mano de obra. Cabe destacar que la fuerza laboral se encuentra bajo el Convenio Colectivo de Trabajo del sindicato de Petroleros Privados de Neuquén y Rio Negro, lo que representa un alto nivel de salarios y beneficios asociados a la actividad.

Para una actividad de servicio 24 horas, se requiere de 3 choferes por camión y de 4 choferes para la operación de la Tolva neumática.

Para el esquema de la logística general, es decir, el transporte de la arena desde sus fuentes de abastecimiento ya sean importados o nacionales, es fundamental la inversión en infraestructura férrea para poder disponer de la arena o propante a granel en la misma localidad de Añelo.

YPF ha dispuesto en 2014 un equipo de profesionales para hacer un sondeo a nivel nacional de posibles yacimientos de arena natural. Se han encontrado arenas con las características necesarias en la Provincia de Santa Cruz, la cual es tratada inicialmente in-situ para ser separada de impurezas. Luego es transportada hasta Añelo (yacimiento Loma Campana) en donde se ha desarrollado una inversión en una planta de secado y clasificación por distintos tamaños de mallas, y desde ahí mismo es despachada a la locación de los pozos.

Adicionalmente, YPF está trabajando en un proyecto piloto de una planta de resinado para aumentar aún más las propiedades de las arenas naturales que produce.

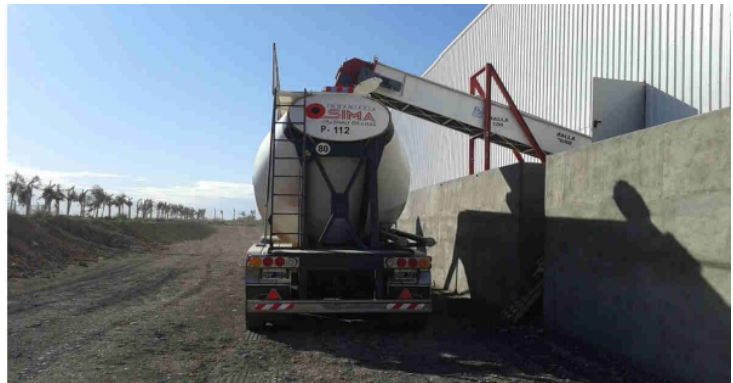


## NOTAS:

- El primer trabajo de fractura Shale de Argentina en donde la logística de la arena fue 100% a granel data del 2014 aproximadamente y se llevó a cabo entre las compañías TOTAL – HALLIBURTON – SIMA
- El efecto de Oferta-Demanda ha generado altas distorsiones en precios. Por ejemplo en 2012 la compañía SHELL llegó a pagar hasta 800,000 USD por cada etapa de fractura incluyendo en ese monto el agente de sostén (equivalente a unos 500,000 USD/etapa si se descuenta la arena). YPF en la actualidad está pagando alrededor de 120,000 USD por cada etapa pero sin incluir la arena, Mientras que en USA se está pagando en promedio un valor de 60,000 USD por etapa sin arena.

## DATOS TÉCNICOS SOBRE EL MANEJO DE LA ARENA CON SISTEMA DE TOLVAS NEUMÁTICAS

- Auto elevadores para el manejo de los bolsones dentro de los depósitos
- Báscula para el pesaje de los equipos en el momento del ingreso y despacho de material
- Recepción de arena en bolsones
- 30 minutos para carga/descarga del semirremolque
- Para la carga de la tolva se cuenta con una cinta transportadora equipada con tolva de corte de bolsón
- Carga en desnivel. Tolva estacionada un nivel inferior respecto del depósito.
- Tiempo de carga de la tolva es de 1 Tn/min
- Capacidad de la tolva: 30 Tn. Bocas de carga superiores. Puntos de descarga lateral y trasera del equipo. Máxima presión de trabajo de 2kgf/cm<sup>2</sup>
- Tiempo de descarga máximo 30 minutos



## DATOS TÉCNICOS SOBRE EL MANEJO DE LA ARENA CON SISTEMA DE CONTENEDORES O SANDBOXES

Como alternativa al sistema de tolvas neumáticas auto-transportables, existe un nuevo sistema que se está ofreciendo en la actualidad en los Estados Unidos, que consiste en unos contenedores modulares cerrados los cuales pueden ser transportados en unos trailers especialmente diseñados, de modo de minimizar los espacios de almacenaje en locación, mientras que al mismo tiempo permiten conservar en mejores condiciones al agente de sostén frente a las adversidades climáticas como son la lluvia y el viento. Este sistema de contenedores modulares (o *Sandboxes*) cuentan con un sistema de propiedad intelectual protegido, propiedad de la compañía Sanbox Logistics, LLC; y hasta el momento no se encuentran disponibles para su uso en la Argentina.

Detalles técnicos de los Sanboxes:

- Tamaño del Sandbox (2,4m x 3m)
- Capacidad de carga de 22 Tn
- Pueden apilarse hasta 9 de ellos vacíos y hasta 2 completos.
- El chasis especial para ser transportado por camión permite transportar 1 Sandbox completamente lleno o 2 vacíos (y el costo de este chasis es hasta un 60% más económico que el chasis de una Tolva neumática)
- Concepto 3-D: Dust – Demurrage – Degradation
- Tiempo de descarga con un auto-elevador de aproximadamente 5 minutos
- Almacenamiento en locación: 910 Tn en una superficie de 150 m<sup>2</sup>
- Este sistema elimina la necesidad de los compartimentos de almacenamiento en locación ahorrando espacio
- Los Sanboxes pueden ser transportados desde la mina en camiones (1 unidad por camión) o por trenes (4 unidades por buggie)
- El sistema se complementa con una plataforma de descarga sobre la cual se colocan los Sandboxes y por efecto de gravedad se descargan sobre una cinta transportadora alimentando a las unidades de mezclado (Blenders). Este método impide que la carga al blender se vea afectada por impurezas. Además, este sistema elimina la necesidad de tener que hacer un trasvase de la tolva al contenedor en locación a través de un sistema neumático, el cual representa un factor contribuyente al problema del polvo de sílice en suspensión (la inhalación de polvo de sílice ha sido identificado por OSHA como el problema más grave de seguridad en una trabajo de fractura hidráulica)

Fig. 12





## COMPARACIÓN DE SISTEMAS LOGÍSTICOS

### CUALITATIVA

	ASPECTO	Big Bags	Camión tolva	SandBoxes
Eficiencia operativa / Costos	Disponibilidad en el mercado local / Propiedad intelectual.	●	●	●
	Costo del contenedor	●	●	●
	Eficiencia en la Manipulación	●	●	●
	Footprint en locación	●	●	●
	Necesidad de vaciar mountain movers con arena remanente al finalizar la operación	●	●	●
HSE	Hermeticidad Transporte	●	●	●
	Trafico en rutas	●	●	●
	Generación de Polvo de Sílice	●	●	●
	Pérdida de arena durante transporte	●	●	●
	Riesgos de Manipulación	●	●	●
Calidad de la arena	Degradación de la arena por transloading steps	●	●	●
	Contaminación de la arena	●	●	●

### CUANTITATIVA

ASPECTO	unidad	Big Bags	Camión tolva	SandBoxes
Capacidad unidad de carga	tn	1	30	22
Dimensiones base Unidad de carga	m	1,2x1		3x2,4
Foot print unidad de carga en locación	m2	1,2	-	7,2
Apilabilidad	unid./columna	3	-	2
Eficiencia de almacenamiento en locación	tn/m2	2,50	-	6,11
Cant. unidad de almacenamiento x camión	tn	20	1	1
Capacidad de carga por camión.	tn	20	30	22
Cant. Promedio de Proppant Necesario para fractura de pozo shale de 15 etapas.	tn	3375		
Cant. de viajes de camión por completación y vuelta)	viajes	169	113	149
Tiempo de carga o descarga camión	min	30	30	5
Tiempo de carga y descarga total por completación	horas	168,8	112,5	24,8

## CONCLUSIONES

Se ha trabajado sobre el contexto de la actividad no convencional y la logística general y capilar en lo que refiere al manejo de los distintos tipos de agentes de sostén. Los grandes volúmenes requeridos de estos recursos para el desarrollo de operaciones tipo Shale ponen en jaque al sistema de infraestructura de rutas y tendidos ferroviarios existentes en el territorio argentino.

Al nivel de la logística capilar se han comentado y comparado sistemas que han agregado eficiencias al proceso, como ser los sistemas de tolvas neumáticas y Sandboxes. En ambos casos se puede destacar que en forma adicional a la reducción de tiempos en las maniobras de carga y descarga de los agentes de sostén, el factor de seguridad ha sido mejorado sustancialmente dado que se elimina en una gran proporción los sólidos en suspensión que luego podrían afectar al personal técnico por inhalación del mismo, y la minimización del trabajo con cargas suspendidas y maniobras de izaje. En este sentido, el sistema de manipulación del agente de sostén en sistema de bolsones o *big bags*, si bien ya ha mermado su uso en la actualidad, aún se sigue utilizando en algunas operaciones remotas, pero debiera ser reemplazado en el corto plazo debido a las desventajas que se han demostrado en este trabajo.

Sin embargo, es en el ámbito de la logística general en donde se presentan en la actualidad las mayores limitaciones en función del estado actual de la infraestructura del sistema ferroviario. La falta de una traza de tendido de vías férreas que llegue hasta la localidad de Añelo imposibilita realizar un manejo del agente de sostén a granel en un 100% o aprovechar las ventajas que ofrece el sistema de Sandboxes. Esta limitación trae aparejado la dependencia del uso del transporte terrestre por camiones lo que resulta en un costo logístico elevado y al mismo tiempo ineficiente, y con consecuencias muy negativas para las actuales rutas y caminos que se encuentran actualmente en condición precaria. Al mismo tiempo, las vías de los trazados actuales presentan un notorio estado de deterioro que obliga a las formaciones a reducir su velocidad, por lo que es necesario mejorarlas para poder aumentar las velocidades a valores cercanos a los 90 KM/h.

Será necesario que a nivel de los gobiernos nacional, provincial y municipal, se evalúe el proyecto de reactivación y construcción del ferrocarril de cargas destinado al desarrollo de Vaca Muerta. Este proyecto tendrá por delante desafíos técnicos como ser la construcción de vías ferroviarias por más de 1300 kilómetros cubriendo puntos que irán desde Buenos Aires y Bahía Blanca hasta Añelo y/o Rincón de los Sauces, pasando por Neuquén y Río Negro. Deberán tomarse los recaudos necesarios para minimizar el impacto ambiental que este proyecto pudiera traer aparejado, pero sin duda el balance será positivo dado que disminuirá considerablemente la huella de carbono por tonelada transportada.

Si bien la inversión de este proyecto pudiera superar ampliamente la suma de los mil millones de dólares, la estrategia debería ser planteada a mediano y largo plazo acudiendo a financiamiento externo de organismos bilaterales de crédito.

En conclusión, el manejo del agente de sostén es un aspecto clave para que sea viable el desarrollo del No Convencional por los factores de escala, ahorro en tiempos y costos. No obstante, los factores relacionados con la salud, seguridad e higiene y ambiente también son de importante relevancia y deben ser acordes a los estándares impuestos por la industria petrolera y las condiciones necesarias para lograr el otorgamiento de la licencia social para operar. El ferrocarril será el único medio de transporte que podrá ofrecer mejoras sustanciales al aspecto de la logística general del manejo de los agentes de sostén, brindando al mismo tiempo un beneficio a las economías regionales, las cuales podrán hacer uso de un medio de transporte económico para comercializar sus productos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Oxford Institute for Energy Studies: Unconventional Gas in Argentina: Will it become a Game Changer? OIES PAPER NG 113. Octubre 2016.  
<https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2016/10/Unconventional-Gas-in-Argentina-Will-it-become-a-Game-Changer-NG-113.pdf>
- <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/11/07/economia/1320697163.html>
- Paper SPE-180818-MS: Proppant Management: A New Challenge to Develop Unconventional Reservoirs in Argentina. Autor: J. C. Bonapace – Halliburton.
- <http://www.sandboxlogistics.com/benefits.php>
- <http://www.emi-magazine.com/sections/profiles/896-sandbox-logistics>
- <http://www.prnewswire.com/news-releases/us-silica-to-acquire-logistics-solutions-provider-sandbox-enterprises-300308002.html>
- The pitfalls of transloading frac sand. Bryant Tenorio, CRU Logistics Monday, April 1, 2013  
<http://www.epmag.com/pitfalls-transloading-frac-sand-691986#p=full>