



*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Facultad Regional Buenos Aires*



**UTN.BA**  
**ESCUELA DE**  
**POSGRADO**

## **TRABAJO FINAL INTEGRADOR**

### **Especialización en Ingeniería en Calidad**

**“Desarrollo de un Proceso de Gestión de Calidad de Proveedores de Arena para Fractura”**

**Alumno: D. Maximiliano Abriata**

**Director de la Carrera: Ing. Jorge Rubén Lopez**

**CABA, 2022**

## Índice

Resumen .....	1
Introducción .....	3
Justificación del proyecto.....	4
Descripción del problema.....	4
Objetivos .....	5
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos.....	5
Metodología de desarrollo.....	6
<b>CAPÍTULO 1 – LA ARENA PARA FRACTURA EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y GAS .....</b>	<b>7</b>
1.1 Definición del producto.....	7
1.2 Aplicación del producto en la industria del petróleo y gas .....	7
1.3 Estándares técnicos aplicables y criterios de selección.....	8
1.4 Especificaciones técnicas de la arena para fractura .....	8
1.5 Consideraciones sobre las especificaciones y el procesamiento .....	13
<b>CAPÍTULO 2 –LA GESTIÓN DE LA CALIDAD EN LA OFERTA ACTUAL.....</b>	<b>15</b>
2.1 Origen y características de la oferta nacional.....	15
2.2 Principales proveedores nacionales y los sistemas de gestión de calidad.....	15
2.3 Necesidad de un modelo de gestión de calidad de proveedores de arena .....	17
<b>CAPÍTULO 3 – REQUISITOS PARA EL MODELO DE GESTIÓN DE CALIDAD DE PROVEEDORES DE ARENA .....</b>	<b>19</b>
3.1 Necesidades del proceso según gestión de riesgo .....	19
3.1.1 Definición del alcance y el contexto .....	19
3.1.2 Definición de criterios de evaluación del riesgo .....	20
3.1.3 Evaluación del riesgo .....	21
3.2 Acciones para tratamiento del riesgo .....	21
<b>CAPÍTULO 4 – PROCESO DE GESTIÓN DE CALIDAD DE PROVEEDORES DE ARENA</b>	<b>24</b>
4.1 Ciclo PHVA para la gestión de calidad de proveedores de arena .....	24
4.2 Modelo de gestión de calidad de proveedores de arena .....	26
4.2.1 Entradas del proceso.....	26
4.2.2 Salidas del proceso .....	28
4.3 Proceso de selección de proveedores de arena.....	30

4.4 Proceso de compras.....	32
4.5 Proceso de evaluación del desempeño y seguimiento de proveedores .....	33
4.5.1 Determinación del desempeño del producto .....	33
4.5.2 Evaluación del sistema de gestión de calidad .....	36
4.6 Proceso de retroalimentación y mejora .....	37
4.7 Resultados del proceso de gestión de calidad de proveedores de arena .....	39
Referencias Bibliográficas .....	43
Anexo I: Análisis de riesgo para la gestión de calidad de proveedores de arena .....	44
Anexo II: Formulario de requerimientos técnicos de arena para fractura.....	46
Anexo III: Lista de verificación de auditoría de proveedor de arena para fractura .....	47

### **Índice de Tablas**

<i>Tabla 1.</i> Valores máximos admisibles de solubilidad al ácido. ....	12
<i>Tabla 2.</i> Implementación de sistemas de gestión de calidad de proveedores de arena locales.....	16
<i>Tabla 3.</i> Índice de impacto del riesgo .....	20
<i>Tabla 4.</i> Índice de probabilidad del riesgo.....	20

### **Índice de Figuras**

<i>Figura 1.</i> Tamaño de tamices recomendados para determinación de la granulometría del agente de sostén.....	9
<i>Figura 2.</i> Gráfico de comparación visual para determinar Esfericidad y Redondez.....	10
<i>Figura 3.</i> Clasificación de agentes de sostén al 10% de rotura. ....	11
<i>Figura 4.</i> Matriz de gestión de riego.....	21
<i>Figura 5.</i> Ciclo PHVA para la gestión de calidad de proveedores de arena.....	25
<i>Figura 6.</i> Proceso de Gestión de Calidad de Proveedores de Arena (PGCPA).....	26
<i>Figura 7.</i> Proceso de selección de proveedores de arena para fractura .....	31
<i>Figura 8.</i> Proceso de compras.....	32
<i>Figura 9.</i> Diagrama de control de arena por salteo de lotes .....	34
<i>Figura 10.</i> Proceso de evaluación y mejora de proveedores. ....	39

### **Abreviaturas**

**API** Instituto Americano de Petróleo (American Petroleum Institute)

**ASTM** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials)

**ISO** Organización Internacional de Normalización (International Standard Organization)

**PGCPA** Proceso de Gestión de Calidad de Proveedores de Arena



## **Resumen**

La industria de petróleo y gas tiene a la arena silíceo como insumo clave. En la etapa de terminación de pozos se utilizan miles de toneladas de arena como agente de sostén. Su función es mantener abiertas las micro fisuras que se abren en el reservorio mediante la estimulación hidráulica, lo que permite la extracción del hidrocarburo a través del pozo productor. El uso de la arena tiene relación directa con el costo de perforación y en los resultados de la producción en el mediano y largo plazo, por lo que asegurar que cumpla con las especificaciones técnicas es crítico para las operadoras.

El diseño de un proceso de gestión de calidad de proveedores de arena que contemple la metodología para selección, contratación, evaluación y mejora permitirá a una operadora disponer de proveedores desarrollados, con sistemas de gestión de calidad implementados y procesos controlados.

En este trabajo se desarrollan aspectos técnicos relacionados a la arena, y se releva la adopción de los principales oferentes nacionales de sistemas de gestión de calidad. Luego se analiza el proceso de una operadora a través de la gestión de riesgo, para finalmente desarrollar su modelo de gestión de calidad de proveedores de arena.



## Introducción

Son entre 6.000 y 15.000 toneladas de arena (entre otros agentes de sostén) la cantidad que se requiere para fracturar un pozo petrolero. Para tener una mejor idea del volumen que esto representa, si consideramos que un camión puede transportar alrededor de 30 toneladas, se requieren movilizar, al menos, 200 camiones para explotar un solo pozo petrolero, una cantidad para nada despreciable.

El desarrollo de los yacimientos no convencionales – siendo Vaca Muerta la principal formación de hidrocarburos no convencionales de Argentina – derivó en la necesidad de este insumo en enormes cantidades y, en consecuencia, ha permitido el crecimiento exponencial de la industria arenera en los últimos años. Empresas que antes abastecían otras industrias como la del vidrio -entre otras- se encontraron con un nuevo y tentador nicho de mercado que les implicó realizar importantes inversiones para aumentar sus capacidades de procesamiento para lograr abastecerla. También, ante este nuevo auge para cubrir las necesidades actuales y la importante demanda proyectada para estos yacimientos en los próximos años, nuevos participantes ingresaron al negocio del procesamiento de arena con el propósito de abastecer a esta industria exclusivamente.

Quienes decidieron entrar en el negocio de la producción de arenas para fractura debieron ajustar sus procesos para cumplir con requerimientos propios de esta actividad. Así como la industria del vidrio, por ejemplo, definen sus requisitos para el producto, la industria del petróleo y gas tiene requerimientos particulares que deben cumplir los agentes de sostén. Las normas de referencia conocidas y aplicadas globalmente son las especificadas por el *Instituto Americano de Petróleo* (API, American Petroleum Institute). Estas normas establecen las especificaciones y los procedimientos de ensayos para caracterizar los agentes de sostén. Independientemente de ser éstos los estándares de referencia, las operadoras pueden definir requisitos particulares, adicionales o excepciones a lo especificado por las normas, en función de necesidades propias basadas en su experiencia en el desarrollo de los reservorios.

Si bien, en general, la producción de arenas requiere procesos robustos, capacidades técnicas particulares y sistemas de control definidos, las empresas operadoras necesitan definir procesos de desarrollo y control de proveedores claros para asegurar el aprovisionamiento de un producto que cumpla con los requisitos.

Partiendo de los estándares internacionales que especifican los requisitos para el producto, como es habitualmente conveniente para el abastecimiento de insumos estratégicos, surge la

necesidad de definir procesos y requisitos claros sobre la calidad que promuevan una relación productiva y de entendimiento entre clientes (las operadoras) y los proveedores.

### **Justificación del proyecto**

Más allá de los requisitos normativos recomendados por el API, las características de producto que deben cumplir los agentes de sostén están en constante discusión y análisis.

Por la propia necesidad de la industria del petróleo y gas de reducir los costos de producción, las operadoras constantemente evalúan el impacto que tiene el uso de las arenas de fractura de mayor o menor calidad en el rendimiento. Esto, con el fin de buscar el mejor equilibrio entre la calidad mínima requerida y el mejor rendimiento obtenido en el pozo, y evitar así el extra-costo innecesario por uso de arenas de mayor calidad injustificadamente.

Sea cual sea el escenario frente a la decisión de uso de arenas de mayor o menor calidad, las operadoras necesitan monitorear y asegurar que el producto cumpla con las propiedades que se definan y que finalmente utilizarán para la fractura. Justamente, será a partir del análisis de esos datos que podrán determinar cuál es el impacto sobre la productividad que tiene el uso de un producto específico. En este sentido, es importante mantener el control y la trazabilidad de la arena utilizada.

### **Descripción del problema**

La importancia de la calidad de la arena para el desarrollo de yacimientos no convencionales radica en que su uso -a través de la fractura hidráulica- está directamente relacionado con la productividad en la producción de petróleo y gas y, por ende, con los costos finales.

Como todo insumo crítico, las operadoras necesitan tener procesos bien definidos para la planificación de la calidad del producto. Desde la etapa de especificación de los requisitos, la búsqueda de proveedores y los posteriores controles, los procesos deben ser robustos y estar monitoreados.

La característica propia del producto de tener la posibilidad de ser provisto con distintas configuraciones (en bolsones o a granel) requieren definir un proceso de control adaptado exclusivamente para este tipo de provisión. El control de un producto de producción continua y de

grandes volúmenes implica tener consideraciones particulares para establecer los parámetros, los registros y las frecuencias de control.

A raíz de lo planteado, este trabajo integrador surge ante la necesidad de una operadora de disponer de un proceso efectivo para la gestión de calidad de proveedores de arena para fractura, en donde se establezcan la metodología y los criterios para la selección y la evaluación del desempeño de estos.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

El objetivo del presente trabajo es definir un modelo de gestión de la calidad de proveedores de arena para fractura que garantice la calidad de los productos adquiridos.

Se analizará un proceso actual en una operadora a partir del cual se establecerán los criterios para la selección, evaluación del desempeño y seguimiento de las acciones de mejora que aseguren disponer de proveedores con la capacidad de proporcionar arena de acuerdo a los requisitos.

### **Objetivos específicos**

Identificar los requisitos de la calidad de la arena de fractura que establece (requiere) la operadora.

Identificar los riesgos asociados al proceso de selección y evaluación del desempeño de proveedores de arenas de la operadora.

Identificar las mejoras en el proceso de selección y evaluación del desempeño de proveedores de arena.

Desarrollar las mejoras para el proceso de selección y evaluación del desempeño de proveedores de arena que surgen del análisis de los riesgos asociados al proceso.

### **Metodología de desarrollo**

El presente trabajo se desarrolla como una investigación interactiva en la cual se releva, analiza y propone una mejora del proceso en una empresa, a partir en la experiencia y conocimientos adquiridos de quién desarrolla el trabajo, y la bibliografía consultada.

Para el marco teórico se acude a bibliografía relacionada a temas de calidad, normas nacionales e internacionales, papers, artículos de internet, revistas y datos estadísticos proporcionados por el ministerio de producción de la nación.

El trabajo de campo se inicia con el análisis del proceso a partir de recolección de datos y entrevistas con los diferentes involucrados que aportan a la gestión de riesgo. Finalmente, la etapa desarrollo y diseño de la metodología propuesta se realiza en base a las mejores prácticas recomendadas por la bibliografía consultada.

# **CAPÍTULO 1 – LA ARENA PARA FRACTURA EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y GAS**

Definir un sistema de gestión de calidad de un producto implica relevar e identificar los aspectos técnicos más importantes asociados al mismo. Este conocimiento permite comprender mejor las necesidades que surjan del proceso analizado, para luego desarrollar e implementar acciones más efectivas.

En este capítulo se define el producto y sus principales características, su importancia para la industria del petróleo y gas, las especificaciones técnicas que le aplican, como así también consideraciones importantes sobre su origen y procesamiento.

## **1.1 Definición del producto**

Se denomina arena a un conjunto de rocas o minerales cuyo tamaño varía entre 0,0625 y 2,0 milímetros (Gonzalvez, Herrmann & Zappettini, 2004). La arena silíceo está formada por granos de cuarzo alfa, que es la forma cristalina termodinámicamente estable de la sílice a temperatura ambiente y presión normal (Celada & Mari, 1994).

En cuanto a sus características químicas, está formado principalmente por dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) en general mayor al 90%, y en algunos casos superior al 99%, y en menor porcentaje contiene óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{FeO}$ ), óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) (Gonzalvez, Herrmann & Zappettini, 2004).

## **1.2 Aplicación del producto en la industria del petróleo y gas**

En la industria del petróleo y gas la estimulación o fractura hidráulica es el proceso en el que se inyectan al pozo perforado, mediante equipos de especiales de bombeo de gran potencia y caudal, millones de litros de agua, químicos y agentes de sostén. El objetivo de esta técnica, necesaria para la explotación de yacimientos no convencionales como el de Vaca Muerta en la Cuenca Neuquina, es lograr la apertura de pequeñas fisuras en la roca que contiene el hidrocarburo, que serán los conductos por los que finalmente fluirá el petróleo y gas para su extracción.

Las arenas silíceas, también conocidas en la industria como arenas para fractura, son utilizadas como agentes de sostén. La función d

e un agente de sostén es mantener abiertas las fisuras inducidas mediante la fractura hidráulica, soportando la presión de sobrecarga en el reservorio que ocasionaría el cierre de esas fisuras y la consecuente pérdida de flujo hacia el pozo.

Las arenas resinadas y cerámicas son otros de los agentes de sostén utilizados.

### **1.3 Estándares técnicos aplicables y criterios de selección**

El *Instituto Americano de Petróleo* define las especificaciones y los procedimientos de ensayos necesarios para caracterizar a los agentes de sostén a través de su estándar API 19C. Si bien ésta norma son prácticas recomendadas, son las de referencia reconocidos y aceptados globalmente en la industria.

Para las operadoras es común referirse a arenas de alta calidad a aquellas que cumplen (o superan) a lo especificado por este estándar. Por las exigencias que implican al producto y el procesamiento, las arenas de mayor calidad -históricamente importadas en Argentina- tendrán mayor costo que otras que no cumplan plenamente con los parámetros especificados.

La elección de los agentes de sostén adecuados para la fractura de un pozo depende de la naturaleza de los reservorios y las estrategias de fractura definidas por las operadoras. Basados en estudios geológicos, datos estadísticos y factores técnicos, los especialistas del área de perforación y terminación definirán cuales son las características de la arena que mejor se adecúa a sus necesidades.

Además, dado el alto impacto que tienen los agentes de sostén sobre los costos de en la etapa de terminación, la elección del más adecuado tanto técnica como económicamente resulta un factor estratégico. Tal es así que las operadoras evalúan contantemente la factibilidad de uso de arenas que, en algunos casos, no cumplen plenamente los parámetros recomendados por la norma, pero les permite obtener un mejor equilibrio técnico económico. En este sentido, el desarrollo de proveedores nacionales permitió lograr una importante reducción de costos gracias a la sustitución de arenas de mayor calidad que antes eran importadas.

### **1.4 Especificaciones técnicas de la arena para fractura**

Las especificaciones de la arena descritas en la norma API 19C tienen un fundamento técnico ya que están relacionadas con las propiedades que se requieren del producto para que cumpla su función como agente de sostén.

Estos requisitos se refieren al tamaño, forma, solubilidad, resistencia a la compresión, turbidez y densidad, como veremos en detalle a continuación.

**Tamaño y distribución granulométrica.** La permeabilidad y la capacidad de flujo de la fractura dependen en gran medida del tamaño y de la granulométrica del agente de sostén. El análisis de tamizado se efectúa para verificar si la granulometría es la que corresponde a la malla especificada y para conocer la distribución granulométrica.

La norma API 19C establece tamaños diferentes de arenas tomando como referencia lo especificado en la Norma ASTM E11. Como requisito, se fijan los tamices superior e inferior entre los cuales debe quedar retenido como mínimo el 90% de las arenas. Se fijan, además, los tamices que deben utilizarse para el ensayo, y establece que el máximo admisible de partículas retenidas en el tamiz superior es del 0,1%, y un 1% pasante en el tamiz inferior.

En la práctica, las operadoras definen y aceptan el empleo de otras granulometrías en función de la disponibilidad en el mercado, considerando aquellas que se encuentren mas próximas a sus requerimientos iniciales.

En la Figura 1 se indican los tamaños de tamices recomendados para determinar la distribución granulométrica de los agentes de sostén.

Sieve-opening sizes µm											
	3 350/ 1 700	2 360/ 1 180	1 700/ 1 000	1 700/ 850	1 180/ 850	1 180/ 600	850/ 425	600/ 300	425/ 250	425/ 212	212/ 106
Typical proppant/gravel-pack size designations											
	6/12	8/16	12/18	12/20	16/20	16/30	20/40	30/50	40/60	40/70	70/140
Stack of ASTM sieves <sup>b</sup>											
First primary sieve in bold type	4	6	8	8	12	12	16	20	30	30	50
	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>70</b>
	8	10	14	14	18	18	25	35	45	45	80
Second primary sieve in bold type	10	12	16	16	<b>20</b>	20	30	40	50	50	100
	<b>12</b>	14	<b>18</b>	18	25	25	35	45	<b>60</b>	60	120
	14	<b>16</b>	20	<b>20</b>	30	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	70	<b>70</b>	<b>140</b>
	16	20	30	30	40	40	50	70	100	100	200
	pan	pan	pan	pan	pan	pan	pan	pan	pan	pan	pan
<sup>a</sup> Sieve series as defined in ASTM E11.											
<sup>b</sup> Sieves stacked in order from top to bottom.											

Figura 1. Tamaño de tamices recomendados para determinación de la granulometría del agente de sostén.  
Fuente: Norma API 19C (2018)

**Factores de forma (esfericidad y redondez).** Otro de los parámetros que determinan la calidad y la resistencia a la compresión de los agentes de sostén son la esfericidad y la redondez.

La esfericidad de un grano es la medida del grado de aproximación a la forma de una esfera. La redondez es el grado de curvatura que presentan las aristas y los vértices de un grano.

El efecto que tienen estos parámetros está relacionado con la capacidad de incrustamiento sobre las caras de la fractura generada; cuanto mas redonda y esférica sean las partículas, menor será el incrustamiento. En efecto, a mayor esfericidad y redondez se logrará una mejor conductividad del fluido (petróleo y gas).

Para determinar la esfericidad y redondez la norma establece el método desarrollado por Krumbein y Sloss (1963). La determinación de estas características se realiza mediante la observación en microscopio de un determinado número de granos, y comparado con el cuadro indicado en la norma (Figura 2).

La norma establece una esfericidad y redondez promedio de 0,6 o mayor en cada caso.

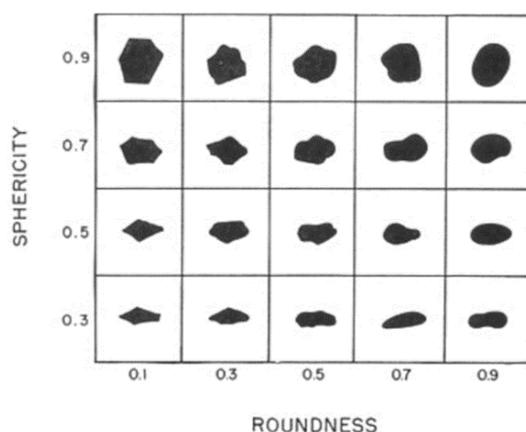


Figura 2. Gráfico de comparación visual para determinar Esfericidad y Redondez  
Fuente: Norma API 19C (2018)

Por las características de las arenas naturales que se encuentran en Argentina las operadoras han aceptado como válido el nivel de aceptación de ambos parámetros en promedio en 0,5 o mayor.

**Resistencia de los granos a la compresión.** Esta característica permite determinar el esfuerzo máximo al que puede ser sometido un agente de sostén cuando se encuentra bajo presión dentro del pozo fracturado.

A través del ensayo de resistencia a la rotura, la norma establece que se debe determinar el máximo nivel de presión en el cual el agente de sostén no genera mas del 10% de finos (en peso). En la práctica se define el factor “K” (Figura 3) que caracteriza a los distintos tipos y tamaños de arena. Este será uno de los parámetros fundamentales a través de los cuales los especialistas

definirán las estrategias de fractura. Desde el punto de vista técnico, siempre será deseable una arena cuyo factor “K” de resistencia sea mayor.

0% Crush Classification	Closure Stress	
	MPa	psi
1K	6.9	1000
2K	13.8	2000
3K	20.7	3000
4K	27.6	4000
5K	34.5	5000
6K	41.4	6000
7K	48.3	7000
8K	55.2	8000
9K	62.1	9000
10K	68.9	10,000
11K	75.8	11,000
12K	82.7	12,000
13K	89.6	13,000
14K	96.5	14,000
15K	103.4	15,000
16K	110.3	16,000
17K	117.2	17,000
18K	124.1	18,000
19K	131.0	19,000
20K	137.9	20,000

Figura 3. Clasificación de agentes de sostén al 10% de rotura.  
Fuente: Norma API 19C (2018)

**Resistencia al ataque ácido (solubilidad al ácido).** La composición del fluido de fracturación incluye -entre otros compuestos- ácidos como el Clorhídrico o Fluorhídrico. Estos ácidos disolverán aquellos granos solubles como los carbonatos, feldespatos, arcillas, óxidos, etc. pero dejando íntegros los granos de arena silícea. Al ser mas blandos, esos granos solubles se rompen y se trasladan al sistema de poros creado artificialmente, provocando una disminución en la permeabilidad de la fractura.

Para reducir el impacto indeseado de estos compuestos, la norma establece un límite máximo permisible de partículas solubles. La proporción de estos elementos se realiza por medio de un ensayo de solubilidad, donde se mide la diferencia de peso de una muestra antes y después de ser atacada por un ácido. La norma recomienda utilizar una solución ácida de 12:3 HCl:HF (12% en peso de Ácido Clorhídrico y 3% en peso de Ácido Fluorhídrico).

El valor máximo admisible varía según el tamaño de las arenas. Para arenas más gruesas de tamaño 30/50 o inferiores el máximo permitido de elementos solubles es el 2%, y para arenas finas se acepta hasta un 3%. La especificación se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores máximos admisibles de solubilidad al ácido.

<i>Tamaño de Arena ASTM</i>	<i>Máxima Solubilidad al Ácido (% en peso)</i>
6/12 a 30/50	2%
40/70 a 70/140	3%

Fuente: Elaboración propia. Basado en Norma API 19C (2018)

**Turbidez.** La turbidez está relacionada con la cantidad de partículas finas y otros elementos en suspensión presentes en la muestra. Al ser elementos blandos, en presencia de agua pueden taponar el sistema portal de la fractura por lo que su cantidad también está limitada por la norma. Como requerimiento, se establece un valor máximo de 250 FTU (*Formazin Turbidity Units*) y/o NTU (*Nephelometric Turbidity Units*).

Para el ensayo habitualmente se utilizan turbidímetros, que miden los sólidos en suspensión en una solución (mezcla del agente de sostén y un líquido en cantidades determinadas). El principio de funcionamiento consiste en la medición del grado de absorción y dispersión de un haz de luz a través de la solución. A mayor cantidad de partículas en suspensión, mayor será la turbidez.

**Densidad bulk, densidad aparente y densidad absoluta.** La densidad bulk se refiere a la masa del agente de sostén que llena un volumen unitario e incluye el agente de sostén y la porosidad. Se utiliza para determinar la masa del agente de sostén requerida para llenar una fractura o los silos donde se almacena el producto.

La densidad aparente es medida con un fluido de baja viscosidad que moja la superficie de la partícula e incluye el espacio poral.

La densidad absoluta corresponde al volumen real de los granos, excluyendo tanto la porosidad del propio agente de sostén como el del espacio entre partículas. Esta se utiliza para comparar distintos agentes de sostén en cuanto su calidad, siendo mejor aquel que posea mayor densidad.

La norma establece el procedimiento para determinar la densidad de los agentes de sostén. Para esta característica en particular, no existe un límite de especificación. La densidad del material servirá para realizar un análisis comparativo entre los distintos agentes de sostén.

### **1.5 Consideraciones sobre las especificaciones y el procesamiento**

La posibilidad de disponer de una arena que cumpla con las especificaciones tiene dos consideraciones importantes. Por un lado, el hecho que esas especificaciones están relacionadas con la propia naturaleza mineralógica del material y sus propiedades fisicoquímicas. Pero, por otro lado, para disponer del producto deseado se requiere del diseño de procesos especiales que permitan el fraccionamiento y separación del material no deseado.

Para el caso de la extracción en canteras, por ejemplo, se realizan estudios geológicos previos en la zona de donde se pretende extraer la arena para determinar su potencial de explotación. Estos estudios tienen por objetivo no solo determinar las características del suelo, sino también delimitar la zona y estimar el volumen disponible de arena del lugar, con lo que finalmente se determinará si es una zona apta para el emplazamiento de una planta procesadora.

Con las zonas de extracción bien definidas, las empresas areneras disponen de equipos especiales para el procesamiento del producto en bruto hasta la obtención de la arena dentro de los parámetros requeridos, con el mejor rendimiento posible. Además, deberán disponer de los recursos necesarios para realizar el monitoreo del proceso que asegure el cumplimiento con la norma y los requisitos específicos de las operadoras.

Para una industria en crecimiento y con la aparición de nuevos competidores, será indispensable para las empresas areneras desarrollar sistemas de gestión de calidad que les permita estar a la altura de los estándares cada vez mas exigentes.



## **CAPÍTULO 2 –LA GESTIÓN DE LA CALIDAD EN LA OFERTA ACTUAL**

El diseño y desarrollo de un modelo de gestión de calidad de proveedores de arena no es ajeno a la madurez y conocimiento que tengan los oferentes sobre sistemas de gestión de calidad en general. En la medida que los proveedores demuestren tener implementados - parcial o totalmente - sistemas de gestión basados en estándares nacionales o internacionales, como ISO 9001 por ejemplo, tanto más factible será que se ajusten a los requisitos de las operadoras.

Conocer la adopción y desarrollo de sistemas de gestión de calidad de los principales oferentes del mercado dará un indicio claro de los conocimientos que disponen estas empresas sobre los requisitos relativos a la gestión de la calidad y los procesos, lo cual analizaremos en este capítulo.

### **2.1 Origen y características de la oferta nacional**

En Argentina, las empresas areneras con mayor trayectoria en el procesamiento de arena silíceas son aquellas que históricamente abastecían a la industria de la construcción, la fundición y/o el vidrio, entre otras. En estos casos, las empresas debieron adecuar parte de sus procesos para lograr un producto que cumple con los requisitos de la industria del petróleo y gas. En los últimos años, también aparecieron nuevos actores - con grandes inversiones para la construcción de nuevas plantas de procesamiento - interesados en abastecer esta industria exclusivamente ante la potencial demanda proyectada para el mediano y largo plazo.

Las principales canteras de donde se extraen las arenas fractura de origen nacional están ubicadas en las provincias de Entre Ríos y Chubut, y más recientemente se incorporaron arenas extraídas del río Paraná. En particular, las empresas que operan con arenas de río enfrentan desafíos particulares distintos a las que operan en canteras ya que requieren de barcos de dragado para la extracción del producto en bruto.

### **2.2 Principales proveedores nacionales y los sistemas de gestión de calidad**

En general, en cualquier tipo de empresa la implementación de un sistema de gestión de calidad les otorgará ventajas competitivas frente a aquellas que no lo consideren dentro de sus estándares de trabajo. La norma ISO 9001:2015, por ejemplo, menciona entre los potenciales beneficios para quienes adopten este estándar, el hecho que les otorga “la capacidad para

proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente...” (p. vii).

Conocer el grado de adopción de normas y de implementación de sistemas de gestión de calidad en las empresas areneras, le otorga a la operadora información importante sobre el nivel de desarrollo que se espera de los proveedores respecto a este punto. En este sentido, en la medida en que un proveedor disponga de un sistema de gestión, tanto mejor será el entendimiento y factibilidad para cumplir con los requisitos de la operadora.

En la Tabla 2 se indican algunas de las principales empresas nacionales procesadoras de arena para fractura y la adopción de sistemas de gestión de calidad.

Tabla 2. Implementación de sistemas de gestión de calidad de proveedores de arena locales

<i>Empresa</i>	<i>Ubicación de Planta Procesadora</i>	<i>Origen de Arena</i>	<i>Posee certificación del SGC</i>	<i>Posee SGC</i>
<b>Transportes Rada Tilly S.A.</b>	Dolavon, Chubut / Añelo, Neuquén	Chubut	No	Sí
<b>Naviera Logda S.A.</b>	Campana, Buenos Aires	Río Paraná	Sí	Sí
<b>Aresil S.A.</b>	Ibicuy, Entre Ríos	Entre Ríos	No	Sí
<b>Cristamine S.A.</b>	Berazategui, Buenos Aires	Entre Ríos	No	Sí
<b>Delta Arenas Industriales S.A.</b>	Zárate, Buenos Aires	Entre Ríos	No	Sí
<b>Arenas Argentinas del Paraná S.A</b>	Diamante, Entre Ríos	Río Paraná	No	Sí
<b>NRG Argentina S.A.</b>	Allen, Río Negro	Entre Ríos	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia basado en consultas realizadas a las empresas y/o información brindada en sus sitios web.

De las empresas relevadas, solo dos de ellas disponen de sistemas de gestión de calidad certificados bajo normas ISO 9001:2015. El resto de los oferentes disponen de sistemas de gestión de calidad, pero no poseen certificación.

Al margen de los requisitos de las operadoras sobre el cumplimiento de la norma API para la arena y los ensayos de laboratorio, en general no es una exigencia de la industria que los proveedores dispongan de un sistema de gestión de calidad certificado. La baja adhesión hacia la certificación de las principales plantas procesadoras es una evidencia de ello.

Sin embargo, las propias exigencias de la industria para reducir los costos de producción hacen que los esfuerzos de las operadoras no solo estén orientados a hacer más eficientes sus procesos internos, sino también trasladan esa exigencia a sus proveedores para que actúen en el mismo sentido, y así reducir los costos de la provisión.

La adopción de sistemas de gestión de calidad basados en estándares nacionales o internacionales les otorga a las empresas herramientas que les permitirán tener un desarrollo sostenible a partir de la mejora de sus procesos internos.

### **2.3 Necesidad de un modelo de gestión de calidad de proveedores de arena**

Para la operadora la evaluación del servicio de aprovisionamiento de arena tiene dos aspectos importantes; por un lado, las cuestiones relacionadas con la logística (entrega en el tiempo y las cantidades requeridas) por el alto impacto en los costos de operación que implicarían las entregas fuera de término, y por otro los temas asociados con la especificidad técnica del producto por su efecto en el mediano y largo plazo en el rendimiento de la producción del pozo.

Para el primer caso, en las etapas de evaluación y desarrollo de proveedores los puntos a considerar serán la capacidad de producción, el tiempo de respuesta y la capacidad de acopio en zonas próximas a los yacimientos. En la medida en que el proveedor demuestre capacidad de provisión según el plan de fracturas de la operadora, este punto no presentará mayores inconvenientes.

Desde el punto de vista técnico del producto, si bien el uso de arenas de mayor o menor calidad es discutido y continuamente está siendo evaluado en la industria, aun así, los especialistas de estimulación definen sus propias estrategias con el uso de diferentes agentes de sostén. Para tener información precisa y monitorear el desempeño de la arena utilizada será necesario asegurar que la misma se ajusta a los requisitos que definieron.

La necesidad de la operadora de que arena cumpla con las especificaciones radica en el hecho que su uso está directamente relacionado con la economía del pozo. En este sentido, la criticidad de la provisión hace necesario desarrollar e implementar un sistema de gestión de calidad de proveedores de arena que asegure disponer de proveedores calificados, con la capacidad controlar su proceso y mantener entregas con una calidad determinada.



## **CAPÍTULO 3 – REQUISITOS PARA EL MODELO DE GESTIÓN DE CALIDAD DE PROVEEDORES DE ARENA**

La norma ISO 9001:2015 establece el pensamiento basado en riesgo para “...determinar los factores que podrían causar que sus procesos...se desvíen de los resultados planificados, para poner en marcha controles preventivos para minimizar los efectos negativos y maximizar...oportunidades...” (p. vii).

En este capítulo analizamos el proceso de la calidad en la gestión de los proveedores el que la operadora gestiona la calidad de proveedores de arena en las etapas de selección, seguimiento y evaluación, con el fin de identificar los riesgos del proceso y definir las acciones necesarias para minimizar su impacto negativo, o bien abordar las oportunidades de mejora que surjan.

### **3.1 Necesidades del proceso según gestión de riesgo**

Para definir los requerimientos y las necesidades de la gestión de calidad de proveedores de arena se plantea el análisis del proceso basado en la gestión de riesgo.

Para el análisis de gestión de riesgo se toma como marco de referencia a la norma ISO 31000:2018, la cual especifica las directrices para el análisis y la gestión de riesgo de los procesos.

Los pasos incluyen la definición del alcance, el contexto y los criterios utilizados, la evaluación del riesgo y las acciones a implementar según se requieran. Los pasos se desarrollan a continuación;

#### **3.1.1 Definición del alcance y el contexto**

El alcance de las actividades para la gestión de riesgo incluye a los subprocesos de selección de nuevos proveedores, la formalización de pedidos a través de la contratación, y las tareas de control y seguimiento sobre la gestión y entregas de los proveedores de arenas para fractura.

El análisis se realiza contemplando tanto el contexto interno de la operadora, como los aspectos externos vinculados a la provisión y la gestión de calidad de los proveedores.

### 3.1.2 Definición de criterios de evaluación del riesgo

La cuantificación de la magnitud o nivel de riesgo de cada factor de riesgo se calcula con el producto de la consecuencia o impacto (I) por la probabilidad (P) de ocurrencia estimados para cada factor. El criterio aplicado se indica en las siguientes tablas;

Tabla 3. Índice de impacto del riesgo

<b>IMPACTO</b>		
<i>Nivel</i>	<i>#</i>	<i>Variable</i>
BAJO	1	Afecta en forma insignificante a los objetivos del proceso de fractura y/o resultados esperados
MEDIO	2	Afecta en forma moderada a los objetivos del proceso de fractura y/o resultados esperados
ALTO	3	Afecta en forma significativa a los objetivos del proceso de fractura y/o resultados esperados
CRÍTICO	4	Afecta en forma total a los objetivos del proceso de fractura y/o resultados esperados

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Índice de probabilidad del riesgo

<b>PROBABILIDAD</b>		
<i>Nivel</i>	<i>#</i>	<i>Variable</i>
BAJO	1	Poco probable que ocurra. Se espera que suceda solo en casos excepcionales
MEDIO	2	Probable que ocurra. Se espera que suceda en algunos casos
ALTO	3	Altamente probable que ocurra. Se espera que suceda con frecuencia en gran parte de los casos
CRÍTICO	4	Muy probable que ocurra. Se espera que suceda en todos o casi todos los casos

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la valoración del riesgo quedará clasificado de acuerdo a la siguiente matriz;

PROBABILIDAD	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
		1	2	3	4
		<b>IMPACTO</b>			

	Riesgo Alto
	Riesgo Medio
	Riesgo Bajo

*Figura 4. Matriz de gestión de riesgo*  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3 Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo la realiza un equipo multidisciplinario conformado por personal de las áreas de Perforación y Terminación, Compras, y Control de Proveedores, que son quienes participan activamente en distintas etapas del proceso de selección, contratación y control de proveedores de arena, y aportan su conocimiento y experiencia para el análisis. Además, son quienes disponen de la autoridad necesaria para definir e implementar las acciones propuestas que surgen de la evaluación.

La identificación, el análisis, la valoración de los riesgos asociados al proceso, como así también las acciones propuestas para mitigarlos se detallan en el **Anexo I Análisis de riesgo para la gestión de calidad de proveedores de arena.**

### 3.2 Acciones para tratamiento del riesgo

Por propia definición de la operadora, se establece que los factores de riesgos que requieren tratamiento serán los medios y altos (igual o mayor a 4), siendo aceptables los riesgos bajos (menor a 4).

Como se observa en el **Anexo I Análisis de riesgo para la gestión de calidad de proveedores de arena**, si bien existen factores de riesgo que por su nivel no requerirían la implementación de acciones, esas mismas acciones son las definidas para otros factores que por su valor si requerirán tratamiento. A raíz de esto veremos que se hace necesaria la implementación de todas las acciones propuestas.

Por las características del proceso y los riesgos asociados al mismo, vemos que las acciones definidas tienen el objetivo de reducir la probabilidad de ocurrencia del riesgo.

Según lo analizado en la gestión de riesgo, las acciones a desarrollar son;

- Definir y estandarizar la metodología para la selección y validación de proveedores de arena
- Asegurar la contratación solo de proveedores validados
- Estandarizar y comunicar a los proveedores de arena sobre los requisitos para su sistema de gestión de calidad en la etapa de selección
- Definir y estandarizar el criterio y la frecuencia de control de recepción de la arena
- Definir y estandarizar la frecuencia y los requisitos del control de recepción de arena
- Definir y estandarizar la metodología para asegurar que el proveedor mantiene la provisión de acuerdo con los requisitos
- Definir y estandarizar la metodología y los criterios para la identificación y las acciones de mejora sobre desvíos
- Definir criterios de aceptación y rechazo, y el proceso de mejora de proveedores de arena
- Definir y estandarizar la metodología y el criterio para la evaluación de proveedores de arena
- Estandarizar los requisitos técnicos de la arena
- Definir las necesidades de control sobre la arena
- Definir y estandarizar la metodología y frecuencia del control de recepción de arena
- Definir y estandarizar el criterio y la metodología de evaluación, seguimiento y mejora de proveedores de arena
- Definir, estandarizar e informar los criterios de evaluación de proveedores de arena
- Definir y estandarizar el criterio para la toma de decisión sobre la continuidad de proveedores de arena

En general, las acciones propuestas están relacionadas con la definición, estandarización e implementación de la metodología necesaria en las diferentes etapas de gestión de proveedores. También, vemos como algunos de los factores de riesgo de etapas avanzadas del proceso se mitigan con acciones que son propias de las etapas iniciales. Un claro ejemplo de ello es la necesidad de contratación de proveedores validados con una metodología definida que permitirá reducir la probabilidad de ocurrencia de riesgos asociados a etapas de contratación y operación.

La definición de la metodología y estandarización de los criterios para las distintas etapas que requiere la gestión conformarán el Proceso de Gestión de Calidad de Proveedores de Arena (PGCPA) propuesto en este trabajo. Las acciones planteadas en el análisis de riesgo se contemplan para el diseño del modelo, el cual se desarrolla en el capítulo siguiente.

## **CAPÍTULO 4 – PROCESO DE GESTIÓN DE CALIDAD DE PROVEEDORES DE ARENA**

La norma ISO 9001:2015 establece el enfoque basado en procesos como lineamiento a partir del cual las organizaciones pueden planificar sus procesos y sus interacciones, y así lograr mejorar la eficiencia del sistema. También, incorpora el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) como “...enfoque dirigido a aprovechar las oportunidades y prevenir resultados no deseados” (p. vii).

Todo sistema de gestión de calidad está conformado por distintos procesos interrelacionados entre sí. La eficiencia del desarrollo de cada uno será fundamental para obtener los resultados esperados en el proceso global.

En la industria del petróleo y gas en particular, definir el proceso de gestión de calidad de proveedores de arena que establezca los criterios para la selección, contratación y evaluación de del desempeño de estos tendrá un rol fundamental en la maximización de rendimientos futuros.

### **4.1 Ciclo PHVA para la gestión de calidad de proveedores de arena**

Para definir el PGCPA de la operadora, se plantea el ciclo PHVA de Deming para establecer las etapas principales que lo componen.

En el diagrama (Figura 5) se especifican los cuatro procesos principales; selección de proveedores (Planear), contratación (Hacer), evaluación y seguimiento (Verificar), y retroalimentación y mejora (Actuar).

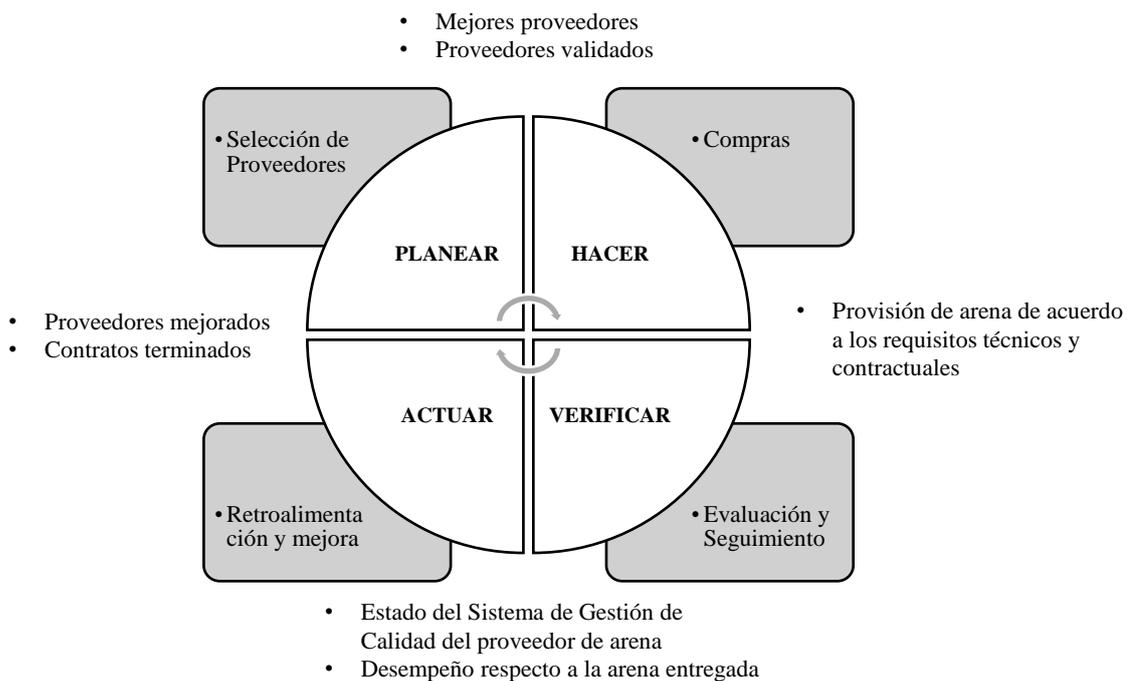


Figura 5. Ciclo PHVA para la gestión de calidad de proveedores de arena.

Fuente: Elaboración propia basado en el “Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP Fuzzy” (Herrera & Osorio, 2006)

El desarrollo y ejecución de cada etapa permitirá lograr resultados claves en la gestión de contratación y el control del aprovisionamiento de arena, como ser;

- Elección de los mejores proveedores
- Disponer de los proveedores validados de acuerdo con los requisitos de la operadora
- Provisión de arena para fractura de acuerdo con los requisitos técnicos y contractuales
- Evaluar el sistema de gestión de calidad del proveedor para asegurar el cumplimiento de los requisitos
- Evaluar el cumplimiento del proveedor de las especificaciones técnicas del producto pactadas al inicio de la contratación
- Asegurar el proceso de mejora en la gestión del proveedor y el aprovisionamiento de arenas
- Tomar decisiones sobre la continuidad de relaciones comerciales con el proveedor en base a información precisa sobre su desempeño

## 4.2 Modelo de gestión de calidad de proveedores de arena

Para representar el proceso y facilitar la identificación de las entradas, salidas y etapas que lo componen, en la Figura 6 se plantea el modelo del PGCPA.

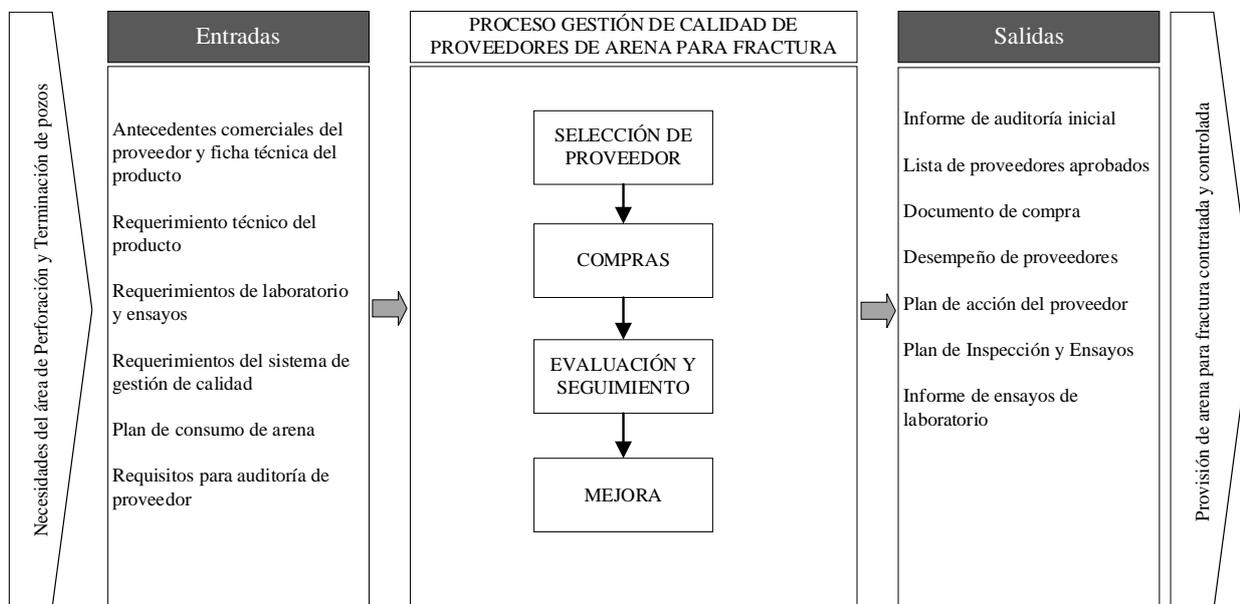


Figura 6. Proceso de Gestión de Calidad de Proveedores de Arena (PGCPA)  
Fuente: Elaboración propia.

La metodología desarrollada y los criterios definidos en cada una de las etapas del proceso contemplan las acciones planteadas en el análisis de riesgo que se definieron en el Capítulo 3.

### 4.2.1 Entradas del proceso

Las principales entradas del proceso se describen a continuación;

**Requerimiento técnico del producto.** Los especialistas del área de Terminación de pozos son quienes definen los requisitos técnicos que debe cumplir la arena, y los niveles de aceptación y rechazo de referencia para los ensayos de laboratorio.

En el proceso de selección de proveedores y el posterior seguimiento del producto entregado, es necesario que tanto los proveedores como las áreas involucradas en estas etapas del proceso tengan en claro cuáles son estos requisitos. A partir de éstos es que se determinará las mejores alternativas técnicas, en base a como se ajusta el producto ofrecido con lo pretendido.

Respecto al producto, deben estar claros los siguientes puntos;

- Identificación del producto
- Requisitos normativos aplicables
- Requisitos específicos de la operadora
- Requerimientos de ensayos

Para definir estos puntos se desarrolla un formulario de requerimiento del producto presentado en el **Anexo II Formulario de requerimientos técnicos de arena para fractura**. Este documento será el de referencia para el proceso de compras y para los controles de conformidad durante la provisión.

***Requerimientos de laboratorio y ensayos.*** Los requerimientos que debe cumplir el laboratorio del proveedor están relacionados con la capacidad de realizar los ensayos conforme a los requerimientos de la norma API 19 C. Para esto, el proveedor deberá disponer del equipamiento necesario especificado en la norma y los procedimientos que establezcan los pasos a seguir.

***Requerimientos del sistema de gestión de calidad.*** Se refiere a los requisitos mínimos que la operadora establece para los sistemas de gestión que deben disponer los proveedores. Estos requisitos son complementarios a los particulares del producto, y se definen para asegurar que el proveedor dispone de los recursos, la capacidad y competencias necesarias para garantizar la calidad de la arena. El cumplimiento de estos requisitos es verificado a través de las auditorías.

***Plan de consumo de arena.*** Corresponde a la previsión de la operadora del consumo proyectado para la fractura en un periodo determinado. Este plan de consumo será la base para contemplar las cantidades sobre las que se contratará el servicio de aprovisionamiento. Dependiendo de la capacidad de producción de los proveedores y la estrategia de compras definida, la contratación podrá ser con uno o más proveedores.

***Auditoría de proveedor.*** La auditoría tiene como fin verificar si el proveedor (potencial o existente) cumple con los requisitos del producto, el proceso y el sistema de gestión requerido por la operadora.

La necesidad de realizar una auditoría a un proveedor puede tener diferentes orígenes;

- Desarrollo de nuevo proveedor
- Nuevo producto ofrecido (cantera o granulometría) por un proveedor existente
- Cambios relevantes en el proceso del proveedor existente
- Reclamo del cliente interno por desvío detectado
- Desvío detectado durante la evaluación y monitoreo
- Auditoría programada según cronograma

Para asegurar que se verifique el cumplimiento de todos los puntos requeridos por la operadora durante el proceso de auditoría, se confecciona el documento **Anexo III Lista de verificación de auditoría de proveedor de arena para fractura**. Esta lista será una guía para que el equipo auditor constate las exigencias que, como mínimo, debe cumplir el sistema de gestión de calidad del proveedor.

#### 4.2.2 Salidas del proceso

Las principales salidas del proceso se describen a continuación;

***Informe de auditoría.*** El informe de auditoría es el documento que resulta de la auditoría que se realiza al proveedor en la etapa inicial de selección, o en la de evaluación y seguimiento. En este documento se evidencia el cumplimiento del proveedor sobre los requisitos del sistema de gestión y del producto. Para realización de la auditoría y elaboración del informe se toma como referencia lo contrastado en el **Anexo III Lista de verificación de auditoría de proveedor de arena para fractura**. Será a partir del informe de auditoría que el proveedor presentará un plan indicando las acciones a implementar para resolver los desvíos identificados o puntos de mejora.

***Lista de proveedores aprobados.*** Corresponde al listado de aquellos proveedores que hayan cumplimentado satisfactoriamente los requisitos del producto, del proceso y del sistema de gestión durante el proceso de selección. El área de Compras de la operadora solo podrá abordar el proceso de negociación de compra de arena con aquellos proveedores que se encuentran en el listado.

**Documento de compra.** Es el documento que formaliza la contratación de un proveedor a partir del cual podrá iniciar el aprovisionamiento de arena. En este documento se especifican las condiciones contractuales en torno a la provisión, como ser; detalle del producto, precio, cantidades, plazos, condiciones de entrega, etc.

**Desempeño del proveedor.** Se refiere al desempeño que demuestra el proveedor contratado durante el tiempo que dure la relación comercial. Es una medida del grado de cumplimiento con los requisitos técnicos exigidos de la arena durante la provisión y del mantenimiento de su sistema de gestión de calidad. Se determina con el cálculo de indicadores definidos para tal fin.

**Plan de acción del proveedor.** Se trata del plan elaborado por el proveedor donde define las acciones, recursos y tiempo necesario para abordar los hallazgos que se hayan identificado durante la auditoría en el proceso de selección. En caso de ser aprobado y verificado el cumplimiento del plan, se incluirá al proveedor en la lista de proveedores aprobados.

**Plan de inspección y ensayos.** Corresponde al documento que especifica los controles del proceso de producción que realiza el proveedor para asegurar el cumplimiento de los requisitos del producto. En el mismo se especifican los controles y frecuencias, los criterios de aceptación, los registros y las responsabilidades sobre esos controles definidos. El plan de inspección y ensayos es solicitado en la etapa de selección del proveedor, luego será revisado y aprobado por la operadora, y finalmente verificado durante las auditorías iniciales o de seguimiento.

**Informe de ensayo de laboratorio.** Corresponde al informe de ensayo sobre una muestra de arena tomada durante la producción en el proceso de selección de un potencial proveedor, o bien en el proceso de evaluación de un proveedor existente. Los ensayos sobre la arena tienen como fin verificar el cumplimiento respecto a los requisitos del **Anexo II Formulario de requerimientos técnicos de arena para fractura**. Los ensayos e informes finales serán elaborados por laboratorios externos al proveedor y validados por la operadora.

### **4.3 Proceso de selección de proveedores de arena**

El primer sub proceso del PGCPA es el de selección. Este proceso comienza con el contacto inicial con un potencial proveedor, y finaliza con la incorporación de este al listado de proveedores aprobados, o bien su rechazo.

El objetivo de este proceso es determinar si el potencial proveedor cumple con los requisitos de la operadora referentes al producto, al proceso y los del sistema de gestión que debe disponer.

En primera instancia se solicitará al proveedor la presentación de los antecedentes comerciales y la ficha técnica del producto. Una vez validada esta documentación, se continuará con una auditoría inicial a partir del cual se determina el nivel de cumplimiento respecto a los requisitos del sistema de gestión y del producto. En caso de que no se cumpla alguno de los requisitos, el potencial proveedor deberá presentar un plan de acción que será revisado y validado por la operadora.

Finalmente, verificada la implementación de las acciones propuestas en el plan por parte de la operadora, el potencial proveedor pasará al listado de proveedores aprobados.

En la Figura 7 se define el diagrama de flujo de los pasos del proceso de selección de proveedores de arena.

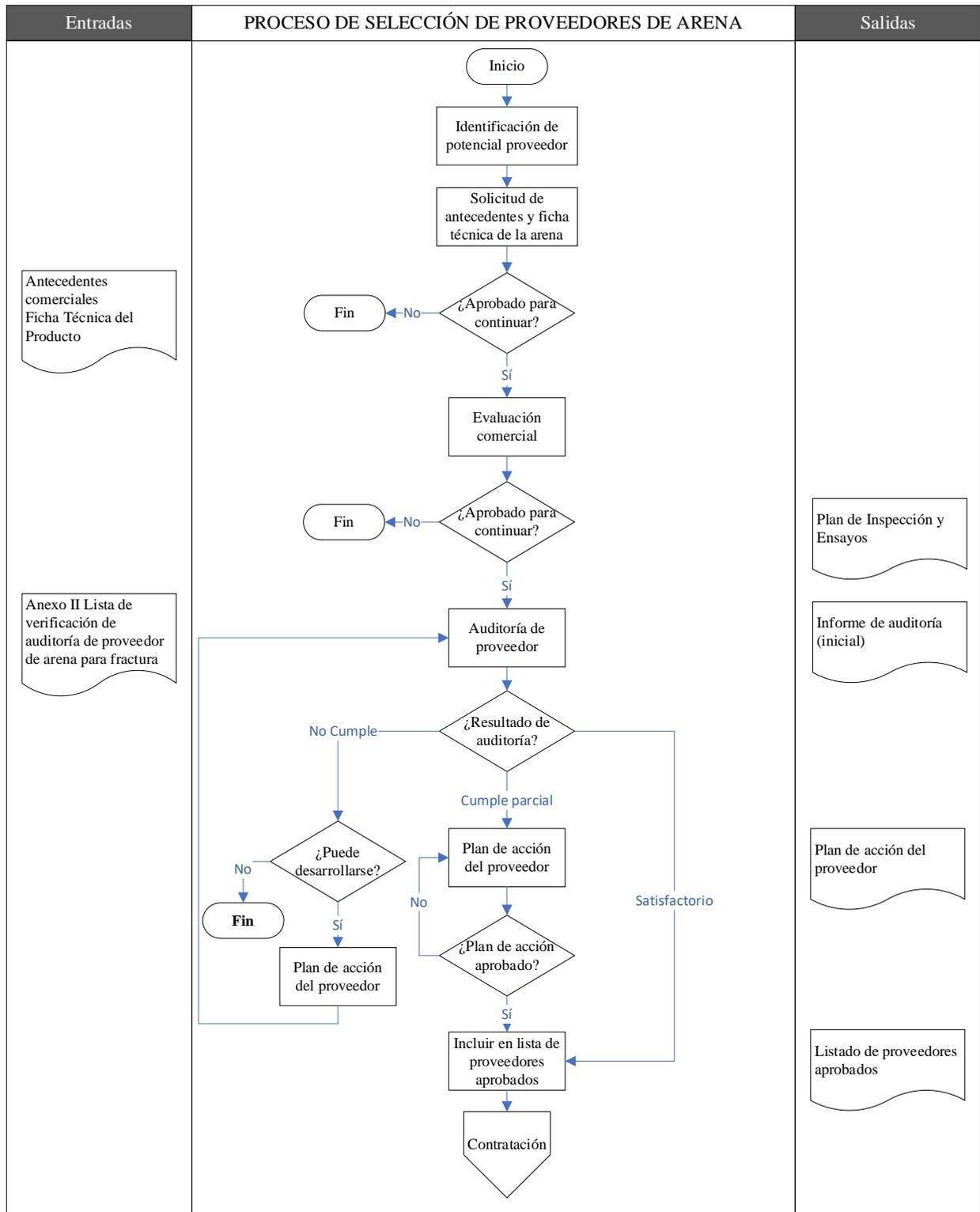


Figura 7. Proceso de selección de proveedores de arena para fractura  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Proceso de compras

Una vez validado el proveedor, el proceso de compras y contrataciones se inicia con la necesidad del área de Perforación y Terminación en función de la planificación de perforación de pozos en un periodo determinado. El objetivo del este proceso será asegurar el mejor acuerdo comercial posible para la operadora.

Este proceso contempla las etapas de solicitud, revisión y comparativa de ofertas comerciales de los proveedores, la emisión y aprobación del contrato, y la reunión de lanzamiento para oficializar el inicio de la provisión.

En la Figura 8 se especifica el diagrama de flujo del proceso de compras.

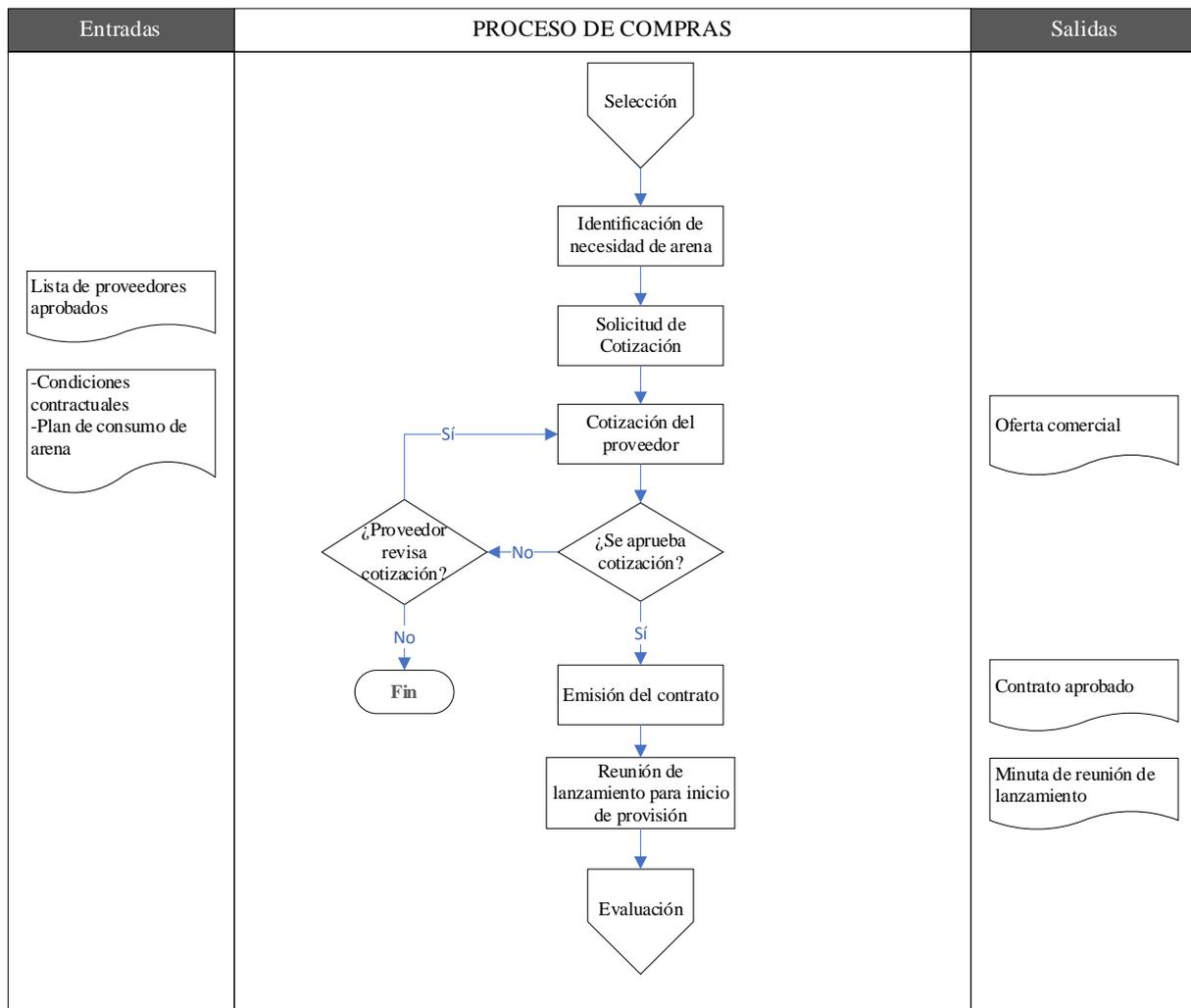


Figura 8. Proceso de compras  
Fuente: Elaboración propia.

## 4.5 Proceso de evaluación del desempeño y seguimiento de proveedores

El proceso de evaluación y seguimiento son las actividades que comprenden a determinación y medición de los criterios para establecer si el proveedor de arena mantiene la provisión conforme a los requisitos de la operadora.

El objetivo de este proceso será evaluar el desempeño del proveedor en base a las necesidades definidas sobre el producto y la gestión de la calidad.

Este proceso contempla tanto el monitoreo de los parámetros que debe cumplir el producto, como la verificación del grado de cumplimiento con los requisitos del sistema de gestión.

### 4.5.1 Determinación del desempeño del producto

La determinación del desempeño del producto son las etapas que comprende el proceso verificación, a intervalos definidos, de que el producto cumple con los requisitos.

El hecho de haberse verificado, en la etapa de selección, que el proveedor dispone de un sistema de gestión adecuado y mantiene controles de calidad efectivos, permite a la operadora definir un esquema de seguimiento de la calidad de la arena con inspecciones parciales, en vez de un control del cien por cien, reduciendo así el esfuerzo y costo de inspección al mínimo necesario.

Para la determinación del desempeño del producto se establece un modelo donde se hace necesario definir;

- Metodología y frecuencia de control
- Parámetros por controlar
- Indicador de desempeño del producto

***Metodología y frecuencia de control.*** El monitoreo de los requisitos del producto se inicia con la toma de una muestra en el punto de entrega de la arena. Para reducir el esfuerzo de inspección, pero asegurando un seguimiento y control sobre la provisión, se plantea un sistema de muestreo y control de recepción por lotes salteados.

El muestreo por lotes salteados parte de la premisa que el proveedor fue calificado en etapas de selección. Según lo establece el *Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM)* en el estándar IRAM 15-3, el resultado de la calificación supone lo siguiente;

- El proveedor mantiene un sistema documentado de control que incluye la inspección de cada lote producido y los registros de los resultados de la inspección.
- El sistema de gestión del proveedor es capaz de detectar y corregir desvíos de calidad y monitorear cambios en el proceso que puedan afectar la calidad.
- El proveedor no experimentó ningún cambio en el proceso que pueda afectar la calidad.

Considerando que la forma de provisión es mayoritariamente a granel, y con el objetivo de implementar la metodología de muestreo por lotes salteados, se define como lote<sup>(1)</sup> para control a una producción continua de 30.000T<sup>(2)</sup> de arena.

Para un proveedor nuevo, en las etapas iniciales del control se realizará 1 en 1, es decir, un control cada 30.000T entregadas. En caso de que se hayan entregado 4 lotes consecutivos sin rechazo, el control será sobre 1 de cada 2 lotes entregados. En caso de no existir rechazo luego de 4 lotes consecutivos, el régimen de control será de 1 cada 3 lotes. Cuando se alcance el control de 1 en 5 lotes y habiéndose entregado 10 lotes, el control se realizará sobre lotes al azar según el criterio de la operadora. En la Figura 9 se representa el diagrama de control de arenas por salteo de lotes.

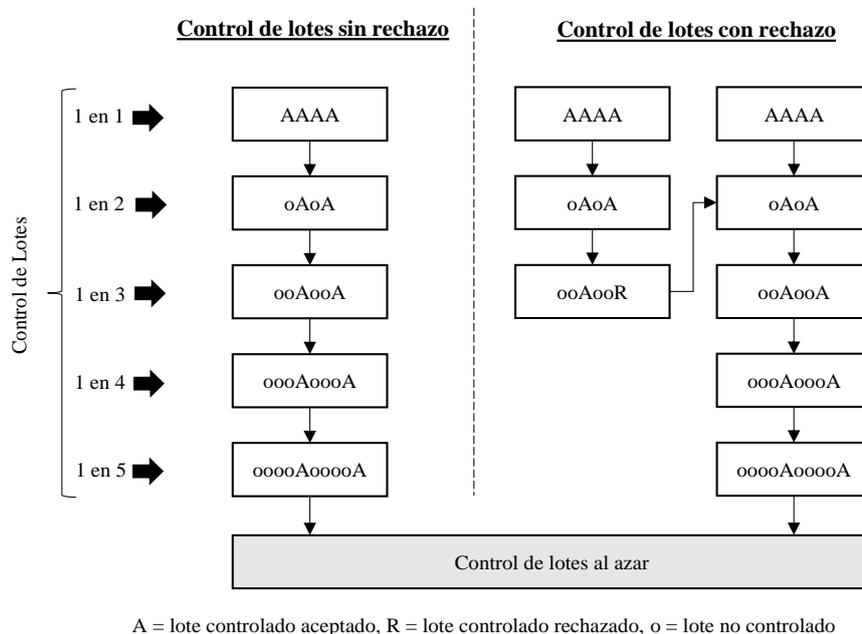


Figura 9. Diagrama de control de arena por salteo de lotes  
Fuente: Elaboración propia.

<sup>1</sup> Lote de control no debe confundirse con el lote del proveedor. Se define el lote de control porque el criterio para definir el tamaño de lotes varía entre distintos proveedores.

<sup>2</sup> Dado que para cada operación de fractura la provisión de arena es continua, la frecuencia de control cada 30.000T es aproximada.

En caso de que en el control por salteo de lotes surja un rechazo, la frecuencia de control pasará al estadio anterior (control de lotes con rechazo en la Figura 9). La aparición de un lote fuera de especificación (rechazado) implica la emisión de una no conformidad según se indica en el proceso de mejora.

Para asegurar la confiabilidad del proceso, la toma de muestra será realizada por un inspector de calidad de tercera parte asignado por la operadora. Posteriormente, la muestra será rotulada y enviada a un laboratorio externo al proveedor para el análisis de los parámetros de control.

***Parámetros por controlar.*** Se refiere a las características requeridas del producto que serán evaluadas. A partir de la muestra tomada, los parámetros a controlar a través de ensayos de laboratorio serán; granulometría, esfericidad y redondez, turbidez, solubilidad al ácido, densidad bulk y aparente, y resistencia a la compresión.

El documento de referencia para verificar el cumplimiento de las características técnicas del producto será el **Anexo II Formulario de requerimientos técnicos de arena para fractura.**

***Indicador del desempeño del producto.*** El desempeño del producto se determina con los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio externos al proveedor. En caso de que alguno de los parámetros esté fuera de especificación, el lote controlado se indicará como no conforme. La conformidad del producto implica que todos los parámetros estén dentro de especificación.

El indicador del desempeño del producto será la relación entre los lotes dentro de especificación sobre los lotes controlados, como se indica en la siguiente fórmula;

$$\text{Proporción de lotes en especificación} = \frac{\text{Cantidad de lotes en especificación}}{\text{Cantidad de lotes controlados}}$$

Si bien el desvío en un lote implica la emisión de una no conformidad para análisis del caso, el indicador del desempeño permitirá evaluar al proveedor en forma global considerando entregas sucesivas.

#### 4.5.2 Evaluación del sistema de gestión de calidad

La evaluación del sistema de gestión de calidad del proveedor es el proceso que determina si el mismo cumple con los requisitos mínimos establecidos por la operadora.

La evaluación se realizará conforme a un programa de auditorías con el objetivo de verificar si el proveedor mantiene su sistema de gestión de acuerdo con los requerimientos, tal como fue verificado en la etapa de selección.

Las etapas para evaluar el sistema de gestión a través de las auditorías programadas serán; planificación, ejecución y análisis de resultados e indicadores.

**Planificación.** Las auditorías serán planificadas a través de un programa de auditorías que contemplará, al menos, una por año para cada proveedor.

En caso de alguno de los involucrados en el proceso de tratamiento de arenas detecte un desvío relacionado con la provisión, la operadora definirá si se requiere realizar una auditoría fuera del programa original. En este caso, el programa deberá ser revisado y actualizado.

**Ejecución.** Las auditorías serán conducidas y efectuadas por un equipo auditor designado por la operadora. De igual forma que en la etapa de selección del proveedor, el documento guía de referencia para realizarla será el **Anexo III Lista de verificación de auditoría de proveedor de arena para fractura.**

La lista de verificación de auditoría se confecciona como una guía que permita al equipo auditor indagar sobre el cumplimiento de todos los aspectos requeridos sobre el sistema de gestión de calidad y los aspectos técnicos relacionados con los controles del producto y del proceso. La verificación de la conformidad de cada uno de los puntos de consulta indicados en la lista será la base para la confección del informe de auditoría.

Para la confección de la lista de verificación se tuvieron en cuenta los requisitos de la operadora sobre el desarrollo y cumplimiento del sistema de gestión que debe poseer el proveedor. Entre estos se definieron algunos requerimientos con referencia a la norma ISO 9001:2015, los requisitos de la norma API 19C:2018 y los particulares de la operadora adicionales a las normas.

**Análisis de resultados e indicadores.** La auditoría resultará en un informe que especifica el grado de conformidad con los requisitos del sistema de gestión. El informe contendrá la siguiente información;

- Alcance y objetivos de la auditoría
- Auditores actuantes y auditados
- Criterios de auditoría
- Resumen de la auditoría
- No conformidades y/o oportunidades de mejora
- Conclusión del equipo auditor

Con el conteo de los puntos conformes auditados y especificados en el informe, se calcula un indicador para determinar en forma global el cumplimiento del sistema de gestión del proveedor, como se indica a continuación;

$$\text{Conformidad del sistema de gestión (\%)} = \frac{\text{Puntos conformes}}{\text{Total de puntos auditados}} \times 100\%$$

Dependiendo de la gravedad de los hallazgos de la auditoría, la operadora solicitará al proveedor la presentación de un plan de acción para solucionarlo. Por su parte, cálculo del indicador del sistema de gestión permitirá identificar la evolución del proveedor en auditorías sucesivas.

#### **4.6 Proceso de retroalimentación y mejora**

El proceso de retroalimentación y mejora tiene como fin asegurar que el proveedor implemente las acciones correctivas necesarias en caso de que se verifique que su sistema de gestión o el producto provisto no cumpla con las especificaciones.

En función de la eficiencia de las acciones implementadas, la repetividad en los desvíos detectados y/o la voluntad de mejora del proveedor, este proceso resultará en la decisión sobre la continuidad de este como tal en caso de que haya una evidente desmejora.

La información requerida en este proceso se obtiene del resultado de la etapa de evaluación del proveedor luego del seguimiento del desempeño del producto y de las auditorías sobre el sistema de gestión.

Los desvíos detectados durante los controles del producto, las auditorías del sistema de gestión, o bien si no se cumplieron los objetivos planteados, podrán dar origen a la emisión de una no conformidad.

**No conformidades y acciones correctivas.** Los casos de incumplimiento que pueden dar origen a la emisión de una no conformidad al proveedor pueden ser;

- Incumplimiento de un requisito crítico durante las auditorías de seguimiento programadas.
- Identificación de producto fuera de especificación durante el control por salteo de lotes y ensayos de laboratorio.
- Incumplimiento de los objetivos fijados para los indicadores definidos.

El proceso de emisión, seguimiento y cierre de las no conformidades y acciones correctivas es el que se define en el manual de calidad de la operadora.

**Monitoreo de indicadores.** Tal como se definió en la etapa de evaluación, los indicadores definidos para el seguimiento del desempeño global de proveedores serán;

- Proporción de lotes en especificación
- Conformidad del sistema de gestión (%).

Para cada indicador la operadora definirá y acordará con el proveedor un valor objetivo en función de sus necesidades, y así asegurar que los requisitos de calidad de la provisión sean cumplidos.

La definición y monitoreo de los indicadores permitirán tener una visión global sobre el desempeño del proveedor, y cuantificar su evolución en el tiempo respecto a los requisitos que deben cumplir.

Una vez actualizado el indicador, y en caso de verificarse que el proveedor no haya alcanzado los objetivos fijados, se emitirá una no conformidad en donde deberá hacer un análisis global del sistema considerando el resultado del indicador, además del análisis sobre el caso puntual de desvió.

En la Figura 10 se especifica el diagrama de flujo que incluye el proceso de evaluación y el de retroalimentación y mejora.

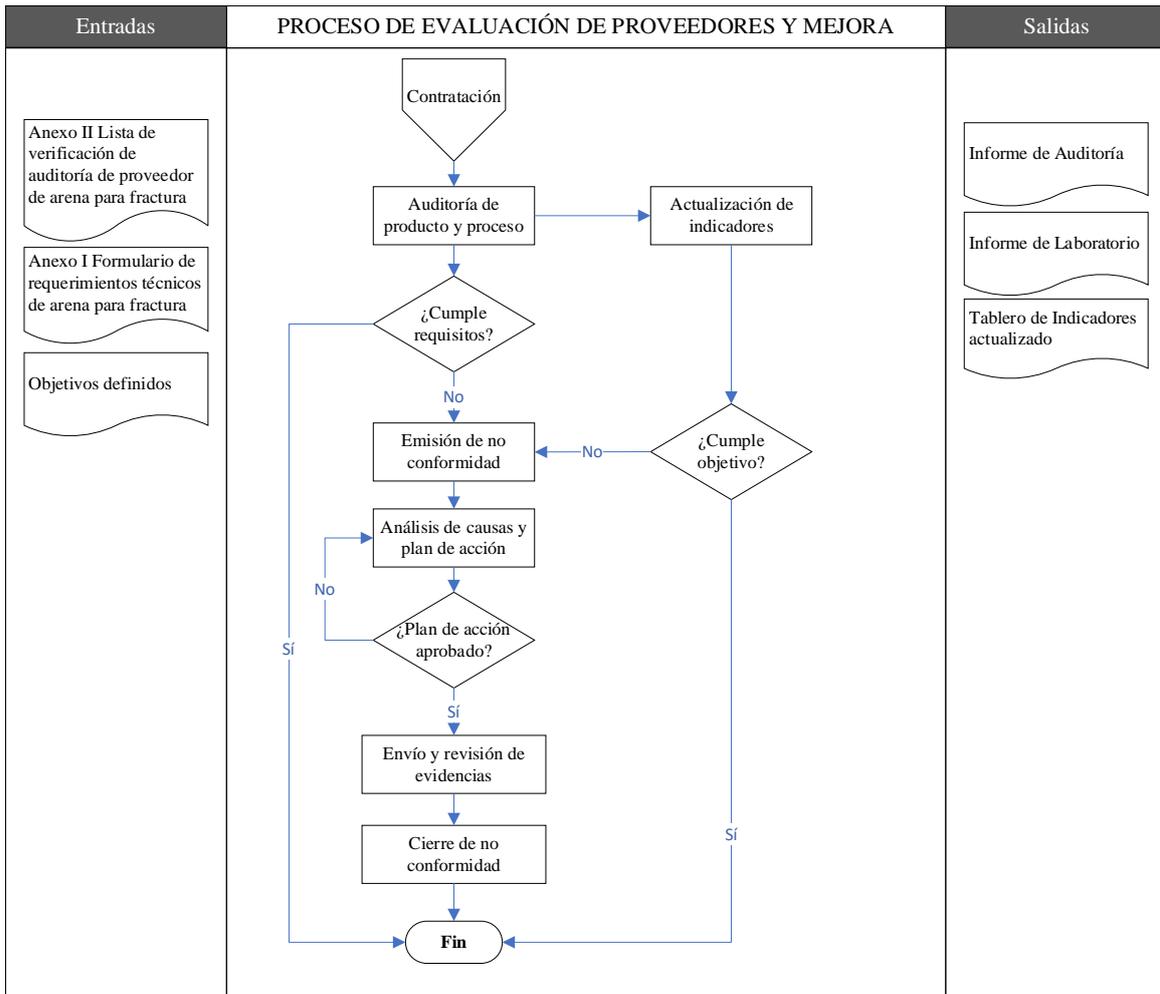


Figura 10. Proceso de evaluación y mejora de proveedores.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7 Resultados del proceso de gestión de calidad de proveedores de arena

El enfoque a procesos y el ciclo PHVA utilizado para el planteo para el modelo de gestión de calidad de proveedores de arena establecen en forma evidente el valor agregado y el resultado esperado de cada etapa del proceso.

En forma cíclica, el modelo de gestión se enfoca en satisfacer las necesidades del cliente interno a través de un proceso más eficiente para la selección, la evaluación y seguimiento del desempeño de proveedores, y con una clara visión con foco en el aseguramiento de la calidad y la mejora continua.

## Conclusiones

La arena silícea es un insumo tanto indispensable como estratégico para la industria del petróleo y gas. Los grandes volúmenes requeridos para la estimulación hidráulica del reservorio y el impacto que tendrá en el rendimiento futuro del pozo - por su uso como agente de sostén - ameritan que las empresas operadoras encomienden a sus especialistas la evaluación y desarrollo de mejores alternativas para potenciar su aprovechamiento.

En Argentina las arenas para fractura eran históricamente importadas, pero el desarrollo de proveedores nacionales de los últimos años está teniendo un rol fundamental en la explotación de los yacimientos no convencionales como el de Vaca Muerta. El hecho de haber desarrollado localmente arenas que cumplen los requisitos técnicos permitió a las operadoras reducir enormemente los costos de explotación de pozos, y así lograr un mejor equilibrio técnico económico para la obtención de los hidrocarburos.

La importancia del suministro de arena en la industria y el desarrollo de proveedores locales, derivaron en la necesidad de una operadora para asegurarse que dispone de proveedores con la capacidad de proporcionar el producto de acuerdo con sus requisitos. Bajo esta premisa, y con los lineamientos de la norma ISO 9001 para el control de los productos suministrados, en este trabajo se propuso definir el proceso que establezca las etapas y los criterios para la selección y evaluación del desempeño de proveedores de arena.

En la instancia inicial se identificaron los requisitos técnicos de la arena y los ensayos aplicables, los cuales son definidos por el *Instituto Americano de Petróleo* en su estándar API 19C. Además, se relevó que las operadoras pueden definir sus propias especificaciones (diferentes al estándar) según sus estrategias para estimulación hidráulica, en la búsqueda de un mejor equilibrio técnico económico de la producción. Esto resultó en el desarrollo de un formulario con el que la operadora podrá estandarizar los requisitos del producto, y que será de referencia para el proveedor y los controles de cumplimiento.

Luego, se analizó el proceso con el que la operadora gestiona a sus proveedores en los términos relacionados a la calidad del producto y los controles del proceso. Considerando el enfoque basado en riesgo recomendado por la norma ISO 9001, se aplicó la metodología sugerida en el estándar ISO 31000, lo que permitió identificar los riesgos en la etapa de selección, durante la provisión y en la evaluación del desempeño de los proveedores, para luego definir las mejoras necesarias del proceso para mitigar el impacto de los riesgos asociados.

Para el desarrollo de las mejoras, se propuso darles un enfoque orientado a prevenir los resultados no deseados. Para esto, se planteó el ciclo PHVA recomendado por la norma ISO 9001, lo que permitió identificar y establecer los cuatro pasos del modelo; selección, compras, evaluación del desempeño y los criterios para la mejora. Luego, con las etapas definidas y aplicando el enfoque basado en procesos, se estableció el proceso de gestión de calidad de proveedores de arena de la operadora.

Modelar un proceso de gestión de calidad de proveedores de arena le permite a la organización asegurar un desempeño eficaz del proceso para disponer de proveedores desarrollados en base a evaluaciones estructuradas según las necesidades. Además, permite lograr un mejor entendimiento y relación entre las partes alineando los requisitos de la operadora con los esfuerzos de los proveedores para cumplirlos, y mantener así el camino de la mejora continua.



## Referencias Bibliográficas

- American Petroleum Institute (2018). *Measurement of and Specifications for Proppants Used in Hydraulic Fracturing and Gravel-packing Operations* (API STANDARD 19 C).
- Celada, M. y Mari, E. (1994). *Arenas para la industria del vidrio. Características y procesos de purificación*. Publicación Técnica INTEMIN N°1: Instituto Nacional de Tecnología Minera, Servicio Geológico Minero Argentino. Buenos Aires.
- Gozalvez, M., Herrmann, C. y Zappettini, E. (2004). *Minerales Industriales de la República Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Anales 39, 371 p. Buenos Aires.
- Herrera, M. y Osorio, J. (2006). *Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso*. Estudios Gerenciales, núm. 99, pp. 69-88. Universidad ICESI. Cali, Colombia
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2010). *Sistema de muestreo para la inspección por atributos. Parte 3 – Sistema de muestreo por lotes salteados* (IRAM 15-3).
- Krumbein, W. C. & Sloss, L. L. (1963). *Stratigraphy and Sedimentation*, 2nd edition, W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- Organización Internacional de Normalización (2015). *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001)*.
- Organización Internacional de Normalización (2018). *Gestión de riesgo. Directrices. (ISO 31000)*.  
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>
- Peñaranda, V. (2014). *Arenas más allá del acatamiento a las normas*. Petrotecnia. Junio 2014.  
<http://www.petrotecnia.com.ar/junio14/Petro/Arenas.pdf>
- Secretaría de Gobierno de Energía, Ministerio de Hacienda, Presidencia de la Nación (2019). *Balance de Gestión en Energía 2016-2019*.  
[https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis\\_balance/2019-12-09\\_Balance\\_de\\_Gestion\\_en\\_Energia\\_2016-2019\\_final\\_y\\_anexo\\_pub\\_.pdf](https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis_balance/2019-12-09_Balance_de_Gestion_en_Energia_2016-2019_final_y_anexo_pub_.pdf)

### Anexo I: Análisis de riesgo para la gestión de calidad de proveedores de arena

Etapa del proceso	Riesgo	Causa potencial	Valoración				Tratamiento
			P	I	Nivel de Riesgo		Acción propuesta
1. Selección de nuevos proveedores	Tiempo perdido con un proveedor cuya arena no cumple los requisitos técnicos	Requisitos del producto no estandarizados y/o formalizados	2	1	2	Bajo	Estandarizar y comunicar los requisitos técnicos de la arena
	Tiempo perdido con un proveedor que no dispone de procesos estandarizados y controlados	Requisitos del sistema de gestión no definidos y/o estandarizados	2	1	2	Bajo	Estandarizar y comunicar los requisitos del sistema de gestión de calidad de proveedores de arena
	Proveedor validado o rechazado incorrectamente	Proceso de validación de proveedores poco claro y/o no estandarizado	3	3	9	Alto	Definir y estandarizar la metodología para la selección y validación de proveedores de arena
	No disponer de los mejores proveedores de arena del mercado	Proceso de selección y validación de proveedores no estandarizados y/o formalizados	2	2	4	Medio	Definir y estandarizar la metodología para la selección y validación de proveedores de arena
2. Contratación	Adjudicación a un proveedor sin capacidad técnica de gestión / Adjudicación basada solo en costos	Criterio técnico de evaluación de ofertas poco claros y/o no estandarizado	2	3	6	Medio	Definir y estandarizar la metodología de selección y validación de proveedores de arena, y asegurar la contratación solo de proveedores validados
	Contratos terminados antes de tiempo	Disconformidad del proveedor por desconocimiento de requisitos adicionales	2	3	6	Medio	Estandarizar y comunicar a los proveedores de arena sobre los requisitos para su sistema de gestión de calidad en la etapa de selección
3. Operación	Uso de arena en fractura fuera de especificación	Desconocimiento de las propiedades reales de la arena recibida por falta de control	2	3	6	Medio	Definir y estandarizar el criterio y la frecuencia de control de recepción de la arena
	Insatisfacción del cliente interno por la calidad de la arena recibida	Controles de recepción y frecuencia no definidos y/o estandarizados, o insuficientes	3	4	12	Alto	Definir y estandarizar el criterio y la frecuencia de control de recepción de la arena

Etapa del proceso	Riesgo	Causa potencial	Valoración				Tratamiento
			P	I	Nivel de Riesgo		Acción propuesta
3. Operación	Altos costos de control de recepción por frecuencia excesiva o falta de controles sobre la arena recibida	Frecuencia y requisitos de control de recepción no definidos	3	2	6	Medio	Definir y estandarizar la frecuencia y los requisitos del control de recepción de arena
	Recepción de arena de calidad irregular en el tiempo	Proveedor no posee un sistema de gestión de calidad capaz de monitorear el proceso e identificar desvíos	3	3	9	Alto	Definir y estandarizar la metodología de selección y validación de proveedores de arena, y asegurar la contratación solo de proveedores validados
		Criterio de control y mejora del proveedor no definido y/o estandarizado	3	3	9	Alto	Definir y estandarizar la metodología para asegurar que el proveedor mantiene la provisión de acuerdo con los requisitos
4. Evaluación del desempeño y seguimiento de proveedores	Inacción ante incumplimiento del proveedor	Motivos de rechazo poco claros o no estandarizados	3	2	6	Medio	Definir criterios de aceptación y rechazo, y el proceso de mejora de proveedores de arena
	Proveedor evaluado incorrectamente	Metodología y criterio de evaluación no definida y estandarizada	3	2	6	Medio	Definir y estandarizar la metodología y el criterio para la evaluación de proveedores de arena
	Control de recepción de la arena irregular y/o criterio poco claro	Características y necesidades de control no definidas	3	2	6	Medio	Estandarizar los requisitos técnicos de la arena
							Definir las necesidades de control sobre la arena
							Definir y estandarizar la metodología y frecuencia del control de recepción de arena
	Proveedor no mejorado en el tiempo	Criterio de evaluación y seguimiento del proveedor no definido	3	3	9	Alto	Definir y estandarizar el criterio y la metodología de evaluación, seguimiento y mejora de proveedores de arena
Proveedor desconoce los criterios con los que se lo evalúa y los requisitos para la provisión		3	3	9	Alto	Definir, estandarizar e informar los criterios de evaluación de proveedores de arena	
Toma de decisión sobre continuidad del proveedor equivocada	Falta información y criterio de evaluación del proveedor	3	3	9	Alto	Definir y estandarizar el criterio para la toma de decisión sobre la continuidad de proveedores de arena	

## Anexo II: Formulario de requerimientos técnicos de arena para fractura

(EMPRESA)	<b>Arena para Fractura Hidráulica Requerimiento del Producto</b>							Rev.00
								Pag. 1 / 1
Aspectos Generales								
<b>Producto:</b>	Arena Silíceea Natural							
<b>Norma de Ensayos Aplicable:</b>	API 19C: 2018 / ISO 13503-2:2006							
<b>Forma de Provisión:</b>	Granel / Big Bag							
Tamaños reconocidos de arena ASTM								
12/20	16/30	20/40	30/70	40/70	50/120	50/140	60/140	70/140
Tamices ASTM recomendados para el análisis*1								
8	12	16	20	30	40	40	50	50
12	16	20	30	40	50	50	60	70
14	18	25	40	45	70	70	70	80
16	20	30	50	50	80	100	100	100
18	25	35	60	60	100	120	120	120
20	30	40	70	70	120	140	140	140
30	40	50	100	100	170	200	200	200
Fondo	Fondo	Fondo	Fondo	Fondo	Fondo	Fondo	Fondo	Fondo
Ensayo		Especificaciones*2						
		Requisitos API 19C			Requisitos Operadora			
<b>Distribución Granulométrica</b> (% peso retenido)		Tamiz Superior	< 0,1 %	Según API 19C				
		En Rango	≥ 90 %	Según API 19C				
		Fondo	< 1 %	Según API 19C				
<b>Factores de Forma</b> (Krumbein)	<b>Esfericidad</b>	≥ 0,6			≥ 0,5			
	<b>Redondez</b>	≥ 0,6			≥ 0,5			
<b>Solubilidad Acida</b> (% en peso)*3	Tamaño 12/20 a 30/50	≤ 2 %			≤ 2 %			
	Tamaño 30/70 a 70/140	≤ 3 %			≤ 3 %			
<b>Turbidez (NTU)</b>		≤ 250			Según API 19C			
<b>Densidad</b> (gm/cm3)	<b>Bulk</b>	Para caracterizar			N/A			
	<b>Aparente</b>	Para caracterizar			N/A			
	<b>Absoluta</b>	Para caracterizar			N/A			
<b>Resistencia a la Compresión*4</b> (% en peso de finos)	<b>Tamaño ASTM</b>	<b>Factor K</b>	<b>Factor K requerido</b>					
	Tamaño 12/20 a 16/30	Para caracterizar			3k			
	Tamaño 20/40	Para caracterizar			4k			
	Tamaño 30/70 a 70/140	Para caracterizar			6k			
Notas:								
*1 Los tamices indicados para el análisis corresponden a lo recomendado por la norma para tamaños 12/20, 16/30, 20/40, 40/70 y 70/140, y los utilizados habitualmente para arenas nacionales 30/70, 50/120, 50/140 y 60/140, pudiendo utilizarse otras medidas según disponibilidad en el laboratorio de ensayos.								
*2 En caso de que los requerimientos de la Norma API 19C y los de la Operadora sean distintos, se considerarán los de la Operadora como criterio de aceptación o rechazo.								
*3 Para el ensayo de Solubilidad Ácida se requiere uso de solución 12:3 HCl:HF.								
*4 Se indica el mínimo Factor K de clasificación al 10% (en peso de finos) de rotura requerido por la Operadora.								
Elaboró:			Revisó:			Aprobó:		

**Anexo III: Lista de verificación de auditoría de proveedor de arena para fractura**

(LOGO)	<b>Lista de Verificación de Auditoría de Proveedor Procesamiento de Arenas para Fractura Hidráulica</b>	Hoja 1 de 4
--------	---	----------------

Empresa Auditada	Auditor/es	Fecha

**Nota 1:** los requisitos particulares de la operadora (\*) corresponden a documentos (procedimientos u otros) que debe disponer el proveedor para especificar la metodología para llevar a cabo una actividad.  
**Nota 2:** entiéndase como servicio al servicio de aprovisionamiento de arenas para fractura.

Requisitos ISO 9001:2015 / API 19C:2018 / (*) Particulares de la Operadora	Cumple		Observaciones
	Sí	No	
<b>5.3 Roles, responsabilidades y autoridades</b>			
¿Existe evidencia de la definición de los roles, sus autoridades y responsabilidades para asegurar el cumplimiento de los requisitos del servicio?			
¿Son comprendidos por todo el personal de la empresa involucrado con el servicio?			
¿Ha asignado la dirección un representante para el aseguramiento del cumplimiento de los requisitos del servicio y el correcto funcionamiento de la planta y los procesos de apoyo?			
<b>6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades</b>			
¿Se identifican los riesgos y oportunidades que pueden afectar el sistema de gestión y el cumplimiento de los requisitos del servicio?			
¿Se evalúan esos riesgos y oportunidades para determinar el impacto potencial sobre el sistema de gestión y el cumplimiento de los requisitos del servicio?			
¿Se planifican acciones para abordar los riesgos y oportunidades para prevenir o reducir los efectos no deseados sobre el sistema de gestión y los requisitos del servicio?			
<b>7.1 Recursos</b>			
<b>7.1.2 Personas</b>			
¿Se han determinado y proporcionado las personas necesarias para la implementación eficaz del sistema de gestión, y para la operación y control de los procesos de acuerdo con los requisitos del servicio?			
¿Se dispone de un organigrama que represente la estructura organizativa necesaria para la operación de la planta y los controles necesarios de acuerdo con los requisitos del servicio?			
<b>7.1.3 Infraestructura</b>			
¿Se encuentran identificados los equipos críticos necesarios para la operación de la planta, y asegurar la conformidad de la arena y los requisitos del servicio? Los equipos críticos pueden incluir hornos, zarandas, mallas de seguridad, cintas transportadoras, silos, etc.			
¿Se dispone de un procedimiento escrito para el mantenimiento de los equipos críticos que asegure la operación y el cumplimiento de los requisitos para la arena y del servicio? (*)			
¿Se define la frecuencia y los controles necesarios para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos? (*)			

¿Se dispone de evidencia que demuestren los controles realizados (revisión o cambio) sobre los equipos críticos para la operación? Por ejemplo; mallas de seguridad, controladores de temperatura de hornos, silos de acopio, mallas de zarandas, etc. (*)			
<b>7.1.5 Recursos de seguimiento y medición (Equipamiento de Laboratorio)</b>			
¿Se dispone del equipamiento necesario para realizar la toma de muestra y los ensayos de laboratorio conforme a lo especificado por la Norma API 19 C en su última revisión? El equipamiento debe incluir, como mínimo:			
<b>Muestreo</b> (4.3.3) Cuarteador (sample splitter) para preparación de la muestra.			
<b>Ensayo granulométrico</b> (6.3) Tamizadora para realizar ensayo de granulometría (Ro-Tap u otra) Tamices correspondientes según las mallas que se fraccionan Balanza con precisión de 0,01g o superior Cepillo de nylon o similar Tamices de calibración			
<b>Esfericidad y redondez</b> (7.3) Lupa con aumento entre 10x y 40x			
<b>Solubilidad al ácido</b> (8.3) Solución de ácido clorhídrico y fluorhídrico (12:3 HCl:HF) Baño de agua termostático (60°C) Balanza con precisión de 0,0001g o superior Horno (105°C) Vaso de precipitado, matraz aforado y filtros			
<b>Turbidez</b> (9.3) Turbidímetro			
<b>Densidad bulk</b> (10.3.1) Equipamiento para determinar la densidad bulk (soporte, embudo, cilindro de bronce) Balanza con precisión de 0,01g o superior (ídem 6.3) Termómetro de precisión ±0.5°C Agua destilada			
<b>Densidad aparente</b> (10.4.1) Pícnometro Kerosene o similar Balanza con precisión de 0,01g o superior (ídem 6.3) Termómetro de precisión ±0.5°C Embudo y recipiente			
<b>Densidad absoluta</b> (10.5.2) Porosímetro de gas			
<b>Resistencia a la compresión</b> (11.3) Prensa hidráulica con capacidad de compresión igual o mayor a 15.000psi. Celda de Carga. Balanza con precisión de 0,01g o superior (ídem 6.3) Pluviómetro.			
¿Los equipos de laboratorio están correctamente identificados para determinar su estado? (7.1.5.2)			
¿Las verificaciones y calibraciones se realizan en intervalos planificados y especificados? ¿Se dispone de un cronograma de calibraciones? (7.1.5.2)			
¿En la frecuencia de calibración de la prensa hidráulica se considera un intervalo igual o menor a un año? ¿O bien ante modificaciones o reparaciones? (11.3.1)			

¿Se dispone de registros de verificación y calibración del equipamiento de laboratorio? ¿Las calibraciones se encuentran vigentes? (7.1.5.1)			
Cuando corresponda, ¿las calibraciones son trazables a patrones nacionales y/o internacionales? (7.1.5.2)			
¿Se dispone de un procedimiento que especifique la metodología para realizar las verificaciones y/o calibraciones del equipamiento de laboratorio? (*)			
<b>7.2 Competencia</b>			
¿Están definidas las competencias necesarias de los referentes técnicos del servicio y del personal que realiza los ensayos de laboratorio?			
¿El personal de laboratorio demuestra conocimiento en la realización de los ensayos conforme a la Norma API 19C en su última revisión y el mantenimiento de los equipos?			
¿Existen evidencias documentadas que demuestren la competencia necesaria?			
<b>8.5 Producción</b>			
<b>8.5.1 Control de la producción (ensayos de laboratorio)</b>			
¿Están definidos los controles necesarios en las distintas etapas del proceso para asegurar el cumplimiento de los requisitos del producto y del servicio? ¿Están considerados los requisitos de la Norma API 19C en su última revisión y los requisitos particulares del servicio?			
¿Se dispone de un Plan de Inspección y Ensayos que especifica los controles para asegurar el cumplimiento de los requisitos del producto según la Norma API 19C y los particulares del servicio?			
¿Existe evidencia de los controles y ensayos realizados?			
<b>4 Muestreo</b>			
¿Se dispone de un procedimiento que defina la metodología para el realizar la toma de muestra de arena? ¿El procedimiento incluye el producto a granel, big bags y/u otros según corresponda al proveedor?			
¿La toma de muestra se realiza cada 9T procesadas o cantidades inferiores? (4.4.1)			
<b>6 Granulometría</b>			
¿Se realiza el ensayo de granulometría conforme a la metodología definida por la norma API 19C? (6.4)			
¿Se dispone de un procedimiento escrito que especifique la metodología para realizar el ensayo? (*)			
¿La metodología incluye el cálculo del diámetro medio ( $d_{50}$ )? (6.5.4)			
<b>7 Esfericidad y redondez</b>			
¿Se determina la esfericidad y redondez conforme a la metodología definida por la norma API 19C? (7.4)			
¿Se dispone de un procedimiento escrito que especifique la metodología para determinar la esfericidad y redondez? (*)			
<b>8 Solubilidad al ácido</b>			
¿Se realiza el ensayo de solubilidad al ácido conforme a la metodología definida por la norma API 19C? (8.4)			
¿Se dispone de un procedimiento escrito que especifique la metodología para determinar la Solubilidad al Ácido? (*)			
<b>9 Turbidez</b>			

¿Se determina la <b>turbidez</b> conforme a la metodología definida por la norma API 19C? (9.5)			
¿Se dispone de un procedimiento escrito que especifique la metodología para determinar la Turbidez? (*)			
<b>10 Densidad bulk, densidad aparente y densidad absoluta</b>			
¿Se determina la densidad bulk y aparente conforme a la metodología definida por la norma API 19C? (10.3.3) (10.4.2)			
¿Se dispone de un procedimiento escrito que especifique la metodología para determinar la densidad bulk y aparente? (*)			
¿Se determina la densidad absoluta conforme a la metodología definida por la norma API 19C? (10.5.3)			
¿Se dispone de un procedimiento escrito que especifique la metodología para determinar la densidad absoluta? (*)			
<b>11 Resistencia a la compresión</b>			
¿Se determina la resistencia a la compresión conforme a la metodología definida por la norma API 19C? (11.4) (11.5) (11.6)			
¿Se dispone de un procedimiento escrito que especifique la metodología para determinar la Resistencia a la Compresión? (*)			
<b>8.5.2 Identificación y trazabilidad</b>			
¿Existen métodos adecuados para asegurar la identificación y trazabilidad de los lotes de arena procesados?			
En caso de que aplique el acopio en big bags, ¿Los mismos tienen identificación de número de lote, la fecha de producción y el número de malla?			
(*) ¿Se dispone de un procedimiento que especifique la metodología, los medios y los responsables para la identificación y trazabilidad de los lotes liberados?			
<b>8.5.4 Preservación</b>			
Cuando aplique el acopio a granel, ¿Los silos permiten la preservación del producto libre de contaminación y/o humedad?			
Cuando aplique el acopio en big bags y/o silobolsa, ¿Las zonas de acopio permiten la preservación del producto libre de contaminación y/o humedad?			
<b>8.6 Liberación del producto</b>			
¿Los resultados de ensayo de laboratorio sobre la arena fraccionada evidencian que la misma cumple con la especificación del formulario de requerimientos técnicos de arena para fractura?			
¿Se dispone de certificados de ensayo que evidencien la conformidad del producto? ¿Los certificados de ensayo disponen, al menos, de la siguiente información? <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación del lote</li> <li>- Fecha de ensayo</li> <li>- Referencia a la Norma API 19C en su última revisión</li> <li>- Criterio de aceptación conforme a la norma API 19C y/o otros requisitos aplicables.</li> <li>- Registro de resultados de ensayos satisfactorios</li> <li>- Nombre y firma del técnico de laboratorio</li> </ul>			
<b>8.7 Control de producto no conforme</b>			
¿En caso de que se verifique que la arena no cumple las especificaciones, la misma es identificada para prevenir la entrega no intencionada?			

¿Se emprenden las acciones necesarias sobre la arena no conforme: reprocesado, segregación o descarte?			
¿Se mantienen registros como evidencia de las acciones tomadas sobre la arena no conforme?			