

Efecto de la mineralogía y de la geología en las propiedades de arenas de fracturación

Effect of the mineralogy and geology on fracturing sand properties

Sarquís, P.
Cevinelli, H.
Castro, G, García
L., Salem, C.

Instituto de Investigaciones Mineras-UNSJ-Av. San Martín 1109 oeste-San Juan, AR-
psarquis@unsj.edu.ar



RESUMEN

Las arenas de fracturación constituyen hoy un nuevo e importante campo de aplicación para la minería argentina. Se trata de un mineral industrial de alto valor y con estrictas exigencias en cuanto a su calidad. Esta se mide mediante ensayos normalizados, determinando propiedades físicas y químicas que muy pocos recursos pueden satisfacer. Para lograr un producto apto para esta aplicación es necesario procesar a los yacimientos sedimentarios que reúnen ciertas características. La posibilidad de que una arena se adapte para este uso depende notoriamente de su mineralogía y de la geología en la que cristalizó el cuarzo. Se presentan datos en donde se vincula los procesos aplicados, la calidad del producto obtenido con las características mineralógicas y el tipo de formación geológica en la que se formó la roca primaria.

Palabras Clave: procesamiento de minerales, arenas de fracturación, mineralogía

ABSTRACT

Fracturing sands nowadays constitute a new and important field of application for mining in Argentina. It is an industrial mineral of high value and particular quality requirements. This is measured by standardized tests, determining physical and chemical properties that very few resources can satisfy. To achieve a product that is suitable for this application, it is necessary to process sedimentary deposits which have certain characteristics. The possibility of such sands to fit for this use depends on significantly of their mineralogy and geology in which quartz was crystallized. We present data that associate the applied processes, the quality of the product obtained with the mineralogical characteristics and the type of geological formation in which the primary rock was formed.

Key words: mineral processing, fracturing sands, mineralogy

INTRODUCCIÓN

El Fracking ha sido utilizado por la industria petrolera y de gas doméstico desde hace 75 años. Recientemente, el desarrollo de nuevas tecnologías de perforación horizontal mediante fracturación hidráulica, ha posibilitado la producción de los recursos de gas natural previamente irrecuperables. En Wisconsin se usa para aumentar la productividad de los pozos de abastecimiento de agua en rocas tales como el granito. También tiene potencialidad para la producción de metano a partir de yacimientos de carbón y de esquistos bituminosos. Las arenas de fracturación mejoran la producción en pozos en yacimientos de baja permeabilidad, hasta en un 300%.

Actualmente, la producción de yacimientos convencionales de gas y petróleo sigue siendo mayor, los que también se explotan mediante fracking para mejorar su rendimiento [1], [2]. En los últimos cinco años, los reservorios no convencionales han sido intensamente desarrollados en la Argentina. Estos reservorios son de muy baja permeabilidad y requieren ser estimulados hidráulicamente para producir. Las arenas que se emplean deben reunir condiciones de forma, composición química y resistencia para cumplir con la función de mantener abierta la fractura y facilitar la circulación del hidrocarburo.

Actividades y Metodologías

Las características de un yacimiento de arena o de arenisca, sobre todo la génesis de su roca de origen y los procesos posteriores de transporte y la acción del agua; definen marcadamente las propiedades de los granos y su potencialidad como recurso para el uso petrolero. El tratamiento en una planta de limpieza, mejora notablemente las características por el aumento en la liberación, eliminación de pátinas, separación de materiales arcillosos y de minerales magnéticos y finalmente pueden conducir a un producto que se ajuste a las normas.

En otros casos, cualquier tratamiento es insuficiente para mejorar la forma de los granos y su resistencia a la compresión. Por esta razón la mayor parte de las acumulaciones de arenas cuarzosas no tienen potencialidad como arenas de fracturación.

Otro parámetro que no puede descuidarse es la localización de la materia prima. La disponibilidad de agua, vías de comunicación, gas, energía eléctrica y sobre todo el costo de transporte; pueden dejar de lado materiales con características físicas destacadas.

Se procesaron muestras de diferentes acumulaciones de Argentina. Los muestreos y reconocimientos de los yacimientos estuvieron a cargo de empresas que luego enviaron porciones para su estudio. Las operaciones iniciales fueron la trituración y clasificación. Posteriormente se emplearon procesos para disgregar, limpiar la superficie de los granos y el hidrociclado para separar las fracciones que están fuera de rango. La separación magnética permite eliminar a las partículas de óxidos y luego se hace un fraccionamiento. Los productos finales se someten a ensayos normalizados para establecer su aptitud. El Instituto de Investigaciones Mineras ha certificado Normas ISO 9001, para hacer estos ensayos.

Muestras

Para vincular la respuesta al procesamiento y las propiedades de la arena limpia con las características mineralógicas y la génesis del yacimiento; se seleccionaron para el estudio muestras que provienen de diferentes ambientes geológicos.

Al oeste, la **Cordillera Andina**, presenta algunas acumulaciones de arena con propiedades que pueden favorecer el uso como agentes de sostén.

Tabla 1. Características de los yacimientos estudiados

Origen de las Acumulaciones	Tipos de Cuarzo Mayoritario	Resistencia a la Compresión (Rotura)	Esfericidad y Redondez	Pérdida por solubilidad en medio ácido
Sistema de Los Andes Central	Amorfo y hialino	Pérdida a 5000 psi menor a 8%	Regular a buena	Media
Sierras Pampeanas	Hialino	Pérdida a 5000 psi mayor al 15%	Mala	Alta
Cuenca Paranaense	Lechoso-Amorfo	Pérdida a 5000 psi menor a 6%	Buena	Muy baja
Sedimentarias Marinas (Patagonia)	Hialino 50% Lechoso-Amorfo 50%	Pérdida a 5000 psi menor a 8%	Regular a buena	Baja

En el escudo de Brasilia, la cuenca de los **Ríos Paraná y Uruguay** y sus afluentes contienen arenas de buena composición química y mineralógica con cuarzo amorfo y un importante transporte y lavado natural por los cursos de estos ríos. Son arenas de color amarillo pardo, de buena redondez y esfericidad constituidas por cuarzo y son muy resistentes a la compresión.

Otras muestras son provenientes del **Macizo Patagónico** incluyen acumulaciones muy importantes de depósitos de origen marino, someros, de alta a media energía. En ciertos lugares son areniscas compactas que presentan una matriz arcillosa blanca que les confiere cierta tenacidad. Los granos de cuarzo son esféricos y bien redondeados, resistentes a la rotura.

En **Sierras Pampeanas** existen algunas acumulaciones de arena formadas en épocas geológicas recientes, cuyo proceso de transporte no ha sido suficiente para redondear sus clastos y mejorar su resistencia.

Las características destacadas de los cuatro tipos de depósitos se resumen en la tabla 1.

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS

Muestra de Sistema de Los Andes Central.

Los granos están naturalmente bien clasificados con algunos

aglomerados ligados por una pasta caolinítica. En la figura 1 se puede observar la muestra procesada, lavada y clasificada granulométricamente. Se identifican granos de cuarzo monocristalino y hialino, los granos tienen regular esfericidad y redondez.

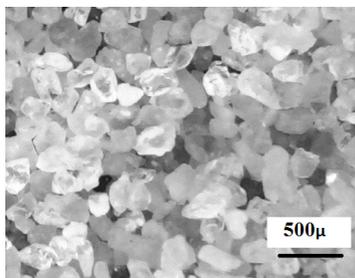


Figura 1. Muestra de los Andes Central, arena lavada y clasificada

Muestra del Macizo Patagónico

Contiene cuarzo monocristalino y ágatas de colores variados, también granos oscuros de minerales magnéticos, aglomerados de cuarzo, clastos de arenisca y partículas blancas. La esfericidad de los granos es buena y no manifiesta reacción al ácido HCl. En la figura 2 se observan los granos luego de la depuración. En esta clase cerrada se advierte cierta uniformidad en la forma y composición. Hay pocas partículas oscuras y algunos granos de cuarzo de aspecto hialino. La forma de los granos evidencia su potencialidad para su uso en fracturamiento.

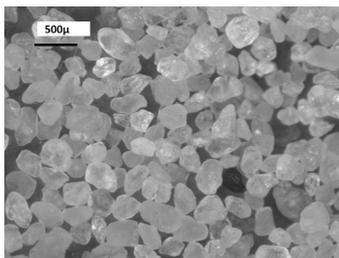


Figura 2. Muestra del Macizo Patagónico procesada, clase -40+70 # ASTM

Muestra de la Cuenca Paranaense

Contiene cuarzo monocristalino y ágatas de colores variados. También se ven granos oscuros de minerales magnéticos, aglomerados de cuarzo y clastos de ágata tamaño guija, se identifican cuarzo lechoso y hialino, pátinas ferruginosas muy finas y clastos oscuros de óxidos. En la figura 3 se muestra después de los procesos de lavado. Se observa un alto porcentaje de granos de cuarzo monocristalino y hialino redondeados y ágatas de colores, son de buena esfericidad y redondez. La resistencia a la compresión es buena y no hay reacción al ácido clorhídrico.

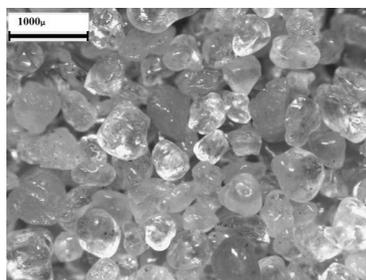


Figura 3. Muestra Cuenca Paranaense procesada

Muestra de la Región de las Sierras Pampeanas

Está formada por granos de cuarzo hialino, poco redondeados, con minerales de hierro, feldespatos y arcillas. También se ven granos oscuros de minerales magnéticos y de pórfidos. En la figura 4 se muestra la arena luego de su lavado. Se reconocen individuos de cuarzo lechoso y hialino (mayoritario) y granos blancos sueltos de aspecto sacaroide tipo arcilla. Hay algunos agregados irregulares sueltos y formando aglomerados. Estas partículas reaccionan al agregado de ácido clorhídrico evidenciado por el burbujeo de los gases.

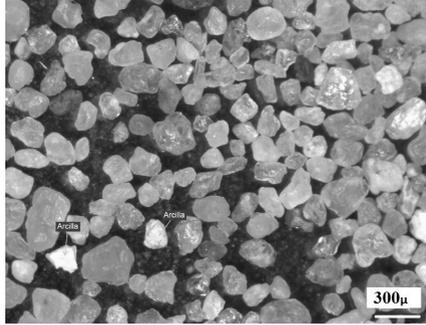


Figura 4. Arena Sierras Pampeanas depurada

ENSAYOS Y RESULTADOS

En cada caso, porciones separadas por cuartero fueron procesadas mediante limpieza superficial por agitación. Por tamizado o usando hidrociclones, se eliminaron los rechazos gruesos o finos. La separación magnética se aplicó para apartar a los óxidos y las partículas oscuras. Finalmente, a la arena limpia y seca se la fraccionó por tamizado en las clases que demanda la industria petrolera, en el rango de malla 16 a 140, ASTM (3). Las más usadas en fracturación hidráulica son la -30+70 y -40+70#, ASTM.

Muestras de la región de Los Andes.

El ensayo normalizado de compresión a 5.000 psi dio una pérdida por rotura del 5%, para la clase -40+70 #, muy aceptable si se considera el límite del 10% que indica la norma. La Densidad Absoluta es de 2.70g/cm³ [4]. La pérdida por solubilidad en ácido fue de 4% promedio de varias muestras, lo que significa que el lavado no logró eliminar totalmente las patinas de mineral arcilloso que recubre los granos y otras impurezas que generan pérdida por solubilidad.

La turbidez dio valores promedio de 100 NTU, menor al máximo admitido de 250 NTU pero elevado para un proceso de limpieza en laboratorio. Este punto está relacionado con la pérdida por solubilidad

en ácido. La Esfericidad y Redondez dieron un promedio de 0.7 y 0.6 respectivamente, lo que representa valores muy aceptables. La recuperación es también admisible ya que alcanza promedios del 75-80%.

Muestra de la Cuenca Patagónica

El ensayo de compresión a 5.000 psi dio una pérdida por rotura del 4.2%, bastante por debajo del límite del 10% que indica la norma. La Densidad Absoluta es de 2.70g/cm³. La pérdida por solubilidad en la mezcla ácida del ensayo estándar fue de solamente 1.3%, también debajo del límite del 2%. La turbidez se midió en 179 NTU, menor al máximo admitido de 250 BTU. La determinación de la forma de los granos dio valores de 0.7 de Esfericidad y de 0.6 de Redondez. Otro aspecto destacable es el Rendimiento en peso del procesamiento, distintas muestras de este depósito arrojaron recuperaciones de entre 80 al 90%. Valor relativamente alto [5], [6].

Muestras de la cuenca Paranaense

En varias muestras de arena lavada se determinó una pérdida por solubilidad cercana al 1%, valor que está dentro del límite establecido en la norma. La turbidez es muy baja, de 15 a 25 NTU, esto se relaciona con lavados y acarreo que realizan los cursos de agua. En los granos se determinó un factor de Esfericidad promedio de 0.8 y de 0.7 de Redondez, que representan valores muy aceptables. La Densidad Absoluta es de 2.69 g/cm³. La recuperación en el procesamiento es alta, del orden del 85%. La rotura de los granos a una presión de 5.000 psi, es baja, oscilando entre el 3.0 y 4.0%.

Muestra de las Sierras Pampeanas

Esta arena exhibe un comportamiento totalmente distinto. El rendimiento del lavado es inaceptablemente bajo, del 20% y en casos excepcionales llega al 60%. Solamente los minerales magnéticos

representan más de un 20% en peso. Contiene feldespatos que afectan la esfericidad y especialmente la resistencia a la compresión. Los feldespatos no se eliminan con los procesos de lavado. La arena procesada está lejos de cumplir con los parámetros de la norma, a 5.000 psi, la rotura fue para distintas muestras de entre 15 y 34%. La forma de los granos tampoco se ajusta a lo límites, la Redondez promedio es de 0.3 y la Esfericidad de solo 0.5. La alta pérdida por solubilidad, en general mayor a 6%, se debe a la dificultad de eliminar por procesos de bajo costo las impurezas de feldespatos micas y arcillas.

CONCLUSIONES

La respuesta a los procesos de lavado y las características destacadas de las arenas depuradas, están directamente relacionadas a la génesis de los yacimientos que le dieron origen y a los posteriores procesos de meteorización por acarreo en cursos de agua y por el viento. Las muestras de arenas cuarcíferas con composición de sílice amorfa, que han sido sometidas a un fuerte proceso de meteorización natural, presentan las mejores condiciones para ser empleadas con AS.

REFERENCIAS

1. Demoustier A. “Contribution a la caractérisation des quartz auriferes de la région de Cabo de Gata, province d’Almería, Espagne. Pétrographie-thermoluminescence-inclusions fluides”. Travail de fin d’études, Faculté Polytechnique de Mons. 63p + Annexe. 1995
2. López. Alicia. S. “Análisis de alternativas para incrementar la producción en pozos fracturados del campo palo azul, reservorio Hollín”. 2009
3. American Society for Testing and Materials -ASTM C-778-87. Annual Book of ASTM Standards, Sec. 4.
4. David López M., Claudio Eberhardt J. – “Sustitución de arena normalizada de Ottawa por una arena estandarizada nacional”