Estudio experimental de la Goma Xantana como viscosificante en lechadas de cemento de baja densidad

Experimental study of Xanthan Gum as a viscosifying agent in low density cement slurries

Milán, María del Carmen * [a], Martínez, Eliud [b], Martínez, Teresa del Jesús [c] y Vital, Angelica Gabriela [d]

[a] Universidad Autónoma del Carmen • IDNBW-8902-2025 • 0009-0009-7023-4957 • 579878
[b] Universidad Autónoma del Carmen • NGR-0765-2025 • 0009-0008-3521-825X • 2126758
[c] Universidad Autónoma del Carmen • MVY-1590-2025 • 0009-0008-9382-7520 • 1284619
[d] Universidad Autónoma del Carmen • Q-3779-2019 • 0000-0002-9767-6984 • 94501

Clasificación: **DOI:** https://doi.org/10.35429/H.2025.1.71.79

Área: Ingeniería
Campo: Ingeniería
Disciplina: Ingeniería petrolera y petroquímica
Subdisciplina: Ingeniería de procesos

Key Handbooks

Este capítulo de libro aborda un estudio experimental para evaluar el efecto de la goma Xantana como aditivo en lechadas de baja densidad, a partir del diseño de diversas formulaciones que permitan mejorar la viscosidad y punto de cedencia en las lechadas durante el proceso de cementación en pozos petroleros. La metodología se realizó sobre lo estandarizado en la API 10 A y API 10 B RP, lo que permitió validar los resultados para una lechada de llenado. Los análisis demostraron que la goma Xantana es altamente efectiva para mejorar las propiedades reológicas de las lechadas de cemento. Este compuesto de origen natural y baja toxicidad lo convierten en una opción sostenible en diversas aplicaciones industriales. Los investigadores forman parte de la Facultad de Química en la Universidad Autónoma del Carmen. De los cuales uno cuenta con beca SECIHTI para estudio doctoral, el 60 % cuenta con perfil de Maestría y el 40% doctorado, incorporados en la carrera de Ingeniería Petrolera y Laboratorio de Pruebas de Control de Calidad.

Área: Difusión y acceso universal a la ciencia

Citación: Milán, María del Carmen, Martínez, Eliud, Martínez, Teresa del Jesús y Vital, Angelica Gabriela. 2025. Estudio experimental de la Goma Xantana como viscosificante en lechadas de cemento de baja densidad. 71-79. ECORFAN.

* ✉ [mmilan@pampano.unacar.mx]

Handbook shelf URL: https://www.ecorfan.org/handbooks.php

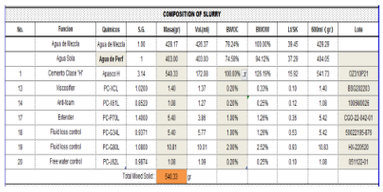
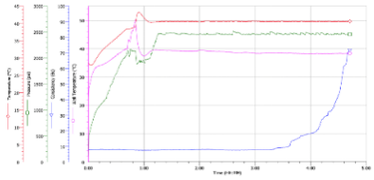
ISBN 978-607-8948-59-8 /©2009 The Authors. Published by ECORFAN-Mexico, S.C. for its Holding Mexico on behalf of Handbook HCMPDS. This is an open access chapter under the CC BY-NC-ND license [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/]

Peer Review under the responsibility of the Scientific Committee MARVID®- in contribution to the scientific, technological and innovation Peer Review Process by training Human Resources for the continuity in the Critical Analysis of International Research.

RENIECYT Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas 1702902 SECIHTI

Abstract

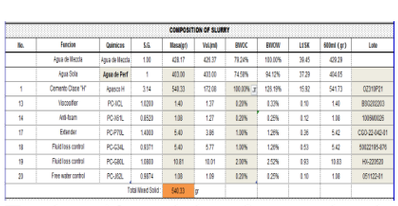
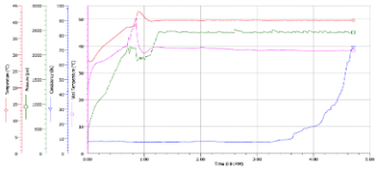
This chapter deals with an experimental analysis of alternative formulations of xanthan gum as a viscosifier in a low density slurry and its influence on rheology in relation to the conventional viscosifier. It presents a methodology section adjusted according to API 10 A and AP 10B RP criteria. The results section was channeled into selecting through laboratory tests, which of the cement slurry formulations with different xanthan gum dosages achieved an improvement in the rheological properties without causing poor or excessive viscosification. This will contribute to more effective cementing designs, improving the stability and resistance of the slurry, minimizing the risk of problems such as cement particle migration and fluid filtrate loss in the formation.

Experimental study of Xanthan Gum as a viscosifying agent in low density cement slurries.		
Objetivo	**Metodología**	**Contribución**
 Evaluation of the effect of Xanthan gum on rheological properties by experimental tests to improve viscosity and preserve stability in low density cement slurries.	Slurry preparation, conditioning and evaluation through laboratory tests: API filtrate, free fluid, pumpable time and compressive stress.	 This research shows that at formulated concentrations in slurry designs with XGL better results in rheology are achieved, visualizing an increase in its plastic viscosity and yield point.

Xanthan gum, slurry formulations, viscosity

Resumen

Este capítulo aborda un análisis experimental sobre alternativas de formulaciones de la goma xantana como viscosificante en una lechada de baja densidad y su influencia en la reología, con relación al viscosificante convencional. Este presenta una sección de metodología ajustada según los criterios de la API 10 A y AP 10B RP. La sección de los resultados se encauzó en seleccionar mediante pruebas de laboratorio, cuál de las formulaciones de la lechada de cemento con diferentes dosificaciones de goma xantana mejoraba las propiedades reológicas, sin causar una viscosificación deficiente o excesiva. Esto contribuirá a diseños de cementación más efectiva, mejorando la estabilidad y la resistencia de la lechada; minimizando el riesgo de problemas como la migración de partículas de cemento y la pérdida de filtrado del fluido en la formación.

Estudio experimental de la Goma Xantana como viscosificante en lechadas de cemento de baja densidad		
Objetivo	**Metodología**	**Contribución**
 Evaluación del efecto de la goma Xantana en las propiedades reológicas mediante pruebas experimentales para mejorar la viscosidad y preservar la estabilidad en lechadas de cemento de baja densidad.	Preparación de la lechada, acondicionamiento y evaluación mediante pruebas en laboratorio: filtrado API, fluido libre, tiempo bombeable y esfuerzo compresivo.	 Esta investigación demuestra que a concentraciones formuladas en diseños de lechada con XGL mejora la reología, visualizando un aumento en su viscosidad plástica y su punto cedente.

Xanthan gum, slurry formulations, viscosity

Introducción

La lechada de cemento se utiliza para diversos fines, siendo su principal función el aislamiento zonal, adicionalmente es utilizada para la fijación y sellado de tuberías de revestimiento en los pozos de petróleo y gas, así como la reparación de pozos dañados y la colocación de tapones de cemento para sellar zonas problemáticas. Esta mezcla líquida de cemento, agua y aditivos químicos en proporciones adecuados garantiza un rendimiento óptimo en diversas condiciones para mejorar propiedades como la densidad y la reología. [Shokry et al., 2024], [Sajjad et al., 2022], [Lian et al., 2020], [Perroni et al., 2020] refieren que la lechada típica se compone de cemento hidráulico, agua y diversos aditivos que incluyen retardadores, que prolongan la capacidad de bombeo, y materiales absorbentes de aceite que mejoran el aislamiento zonal al interactuar con los fluidos de perforación residuales. Sin embargo, en situaciones en las que el cemento entra en contacto con las formaciones geológicas, pueden surgir complicaciones si la lechada de cemento presenta una fluidez excesiva, ya que esta condición podría promover la infiltración en la formación y provocar oclusiones.

De igual manera si es demasiado densa, puede causar fracturas y dañar la formación. Por otra parte, la lechada de cemento puede causar problemas en el pozo si no se estabiliza adecuadamente, lo que puede llevar a la fuga de gas o líquido a través del espacio anular. [Mahmoud et al., 2024] y [Tao et al., 2020] definen la lechada de cemento para pozos petroleros como un fluido no lineal complejo que se caracteriza por sus propiedades reológicas, incluyendo viscosidad de corte, tensión de fluencia y comportamientos como viscoelasticidad y tixotropía, influenciados por factores como concentración, relación agua-cemento y aditivos.

La viscosidad es una de las propiedades clave que se evalúan en una lechada, ya que garantiza que la lechada se pueda mezclar fácilmente durante la operación para que no se produzcan eventos innecesarios como son: la presencia de fluido libre o la sedimentación de los sólidos. [Majedul et al., 2024] mencionan que la viscosidad y el límite elástico de la lechada pueden verse afectados por la contaminación de los fluidos de perforación y que un aumento de la contaminación generalmente provoca una disminución de la densidad y la alteración de las propiedades mecánicas. En las lechadas de cemento de baja densidad, se utilizan viscosificantes [tabla 1] para incrementar la viscosidad y mejorar la estabilidad de la mezcla [evitar sedimentación, separación de fases y mejorar el desplazamiento del lodo. [Yang et al, 2023]; [Cadix &James, 2022], [Gaurina-Međimurec et al., 2021] y [Kang, 2020] menciona que se han desarrollado diferentes tipos de lechadas de cemento, que incluyen aditivos químicos que aumentan la viscosidad de la lechada de cemento, mejorando la suspensión de partículas y evitando la pérdida de fluido hacia la formación.

La goma xantana [XG] es un polisacárido natural producido mediante la fermentación de azúcares por la bacteria Xanthomonas campestris. Esta es utiliza ampliamente en materiales de construcción, en particular como modificador de viscosidad en lechadas de cemento. [Li et al., 2024] refiere que la goma xantana aumenta la viscosidad aparente de la lechada de cemento, especialmente a temperaturas elevadas, lo cual favorece el mantenimiento de la estabilidad durante la hidratación, mientras que [Kummar et al., 2024] confirman que la viscosidad de las soluciones de goma xantana puede variar significativamente con la concentración y la temperatura, lo que demuestra un comportamiento pseudoplástico. [Fu et al., 2022] demuestran que la suspensión de hidratos con XG, a determinadas temperaturas tiene un efecto positivo al hacer que la concentración de hidrato exhiba un comportamiento de pseudoplástico, sin embargo, para la suspensión de hidratos con CMC, la concentración de hidratos solo mejora su comportamiento de pseudoplástico a concentraciones de CMC de 0,2 y 0,3 %. [Li et al 2024], [Hammadi & Hazzab.,2023] y [Phan., 2020] mencionan que la incorporación de goma xantana puede mejorar la resistencia a la compresión del hormigón; estudios muestran un aumento de hasta un 7 % con una concentración del 2 %, sin embargo, también puede provocar una disminución de la resistencia y la densidad de la lechada endurecida, lo que indica una compensación entre la viscosidad y las propiedades mecánicas. [Shinde & Shenoy., 2022] refieren que es necesario probar las propiedades físicas y mecánicas de la lechada, y realizar ajustes según las condiciones y requisitos específicos del pozo, ya que es fundamental considerar el impacto ambiental de los materiales utilizados, así como el potencial de reducción de residuos mediante formulaciones innovadoras. Este estudio se centra en validar como utilizando la XGL como viscosificante a bajas concentraciones se logra mejorar la viscosidad plástica y punto de cedencia en una lechada de baja densidad.

El capítulo se estructuro en 5 secciones fundamentales [Introducción, Metodología, Resultados, Conclusiones y Referencias]. En la sección de Introducción se describe los antecedentes, problemas de investigación y lo que se pretende validar [hipótesis]; en la sección de metodología se detallan los materiales y métodos para analizar cada diseño experimental formulado a las concentraciones seleccionadas de XGL, así como el proceso de preparación de la lechada y mezclado, la evaluación de la reología y las pruebas a realizar según lo estandarizado por la [ANSI/API 10 A, 2010] y [ANSI/API RP 10B, 2013]. En la sección de resultados se exponen los valores obtenidos en cada prueba analizada y se discuten aspectos importantes de acuerdo con lo referenciado por otros investigadores. En las conclusiones se resumen lo más destacado y valoraciones finales del estudio, el cual fue soportado sobre la base de fuentes bibliográficas especializada mostradas en la sección de Referencias

Metodología

La lechada de cemento se preparó usando cemento Clase H, agua del grifo, aditivos [anti- espumante, controlador de filtrado y extendedor], goma xantana liquida y equipos de laboratorio tales como: mezcladora, viscosímetros y consistometro presurizado atmosférico. El objetivo de este procedimiento es evaluar las propiedades de la lechada bajo condiciones controladas que simulan las del pozo, como la densidad, resistencia a la compresión y el tiempo bombeable. Para esta investigación se usó XGL en la lechada de llenado [densidad de 1.60 g/cm^3], a fin de obtener un diseño de lechada con mayor viscosidad y en consecuencia mejores reologías. Este aditivo se formuló para un diseño de la mezcla con modificaciones en la composición de cada lechada a las cantidades de XGL de 0.35 l/sac ,0.10 l/sac ,0.20 l/sac 0.08 l/sac siguiendo el procedimiento experimental descrito por [Bell, D.R &Nelson., E.B 1990] y lo estandarizado por la [ANSI/API RP 10 B., 2013].

Para la preparación de la lechada se pesaron cemento, agua y aditivos de acuerdo con las concentraciones formuladas para cada concentración seleccionada. Para el mezclado se añaden los aditivos al agua en el orden establecido en el diseño, posteriormente se agrega el cemento a 4,000 RPM ± 250 RPM observando una correcta homogeneidad que genere un vórtice, finalizando el mezclado con 12,000 RPM ± 250 RPM La evaluación de las propiedades reologicas se realizan al finalizar el mezclado, donde la lechada es acondicionada en el cosistometro atmosférico durante 30 minutos a temperatura de condiciones de pozo, para posteriormente tomar las lecturas en el viscosímetro rotacional para evaluar el esfuerzo de corte a diferentes revoluciones por minuto [RPM], de igual manera se calcula el punto de cedencia y su viscosidad plástica, así, como se toman los geles a 10¨ y 10´. La evaluación de las pruebas de laboratorio consistió en un filtrado API, donde se colocó la lechada en la celda de filtrado, posteriormente se conecta el nitrógeno a la válvula superior y se aplican 1000 ± 50 psi presurizando la celda, manteniendo la temperatura y presión, se abre la válvula inferior para comenzar la prueba y se empieza a recolectar el filtrado durante 30 minutos, si se observa que sale nitrógeno en un tiempo menor de los 30 minutos se registra el volumen recolectado y el tiempo que duro la prueba al momento de la descarga de nitrógeno.

Para la prueba de fluido libre se vierte la lechada previamente acondicionada a condiciones de pozo, en una probeta de 250 ml de manera que esta quede estática durante 2 hrs simulando la desviación del pozo se pondrá la probeta a los grados de inclinación que se requieran, todo para evaluar la estabilidad de la lechada de cemento para evitar presencia de fluido libre en la parte superior de la probeta. La siguiente prueba es el tiempo bombeable para la lechada de cemento, esta se realizó simulando condiciones de pozo con presión y temperatura a la cual va estar expuesta la lechada durante su bombeo dentro del pozo, con la unidad de medición bearden de consistencia [Bc] esto monitorea el tiempo en que la lechada sigue fluida para bombear, la lechada usando un cilindro equipado con un conjunto de paleta estacionaria, todo esto dentro del consistometro presurizado capaz de mantener las presiones y temperaturas simuladas, este recipiente que contiene la lechada gira a una velocidad de 150 ±15 rpm.

Por último, la prueba del esfuerzo compresivo para identificar si el cemento está fraguando, por un equipo que trasmite una señal sónica donde el cemento es evaluado en 24 hrs, el tiempo de tránsito de la señal puede ser correlacionado con las propiedades del cemento tales como el tiempo bombeable junto con su desarrollo del esfuerzo compresivo, el esfuerzo compresivo es simulado a presión y temperatura de condiciones del pozo.

Resultados

Para comprobar la posibilidad de prescindir del suspensor de sólido, las pruebas fueron realizadas para muestras sin controlador de filtrado y con controlador de filtrado. El objetivo de esta última comprobación era reducir costo, a la vez que se mejoraba la reología y otros parámetros de control de la lechada. En todas las formulaciones evaluadas se mantuvieron cantidades iniciales idénticas de los componentes en suspensión líquida de la mezcla, solo variando las concentraciones de XGL [0.35 l/sac, 0.20 l/sac y 0.10 l/sac], a fin de evaluar el efecto de su concentración en las características funcionales de la lechada en las mezclas. Sin embargo, las muestras Xant 1, Xant 2 y Xant 3 [sin suspensor de sólidos] no arrojaron resultados satisfactorios, por lo que se concluyó que no es posible eliminar dicho componente de la mezcla, específicamente a concentraciones de XGL [0.35 l/sac]. [Tabla 2]. [Hadjer et al, 2024] y [Fut et al, 2020] coinciden que las propiedades reológicas, como la pseudoplástico y el límite elástico, se ven influenciadas por la concentración de goma xantana en emulsiones con concentraciones inferiores al 0,2 % en peso estabilizan la mezcla, mientras que concentraciones más altas pueden desestabilizarla. Para las muestras: Xant 4, Xant 5, Xant 6 se realizaron formulaciones en cantidades iniciales idénticas de los componentes en suspensión líquida de la mezcla, variando las concentraciones de XGL [0.20 l/sac, 0.10 l/sac y 0.08 l/sac] con un controlador de filtrado con una concentración de 0.53 l/sac para una lechada de llenado 1.60g/cm^3 . En el mezclado de Xant 4 [0.20 l/sac], se obtuvo un mezclado de 16 segundos, con buena homogeneidad. Los resultados obtenidos en la reología demuestran que con el controlador de filtrado y con el uso de la goma xantana para este diseño de mezcla hubo cambio significativo con respecto a lo estandarizado para estas pruebas [Vp 50 Cp y Pc de 15 lbf/100ft^2] ya que presento Vp de 52.5 cp y Pc de 27.5 lbf/100ft^2 lo que se evidencia en la prueba de control de fluidos donde no se observa sedimentación al tomar el gel de 10 minutos, [Wu et al, 2025] y [Xu et al, 2022] sustentan que el uso de agentes de suspensión avanzados puede mejorar la estabilidad de las lechadas de cemento, garantizando que los sólidos en suspensión se distribuyan uniformemente y no sedimenten prematuramente. En la prueba de filtrado se obtuvo un filtrado de 484 ml, lo que sugiere diferencia significativa con respecto a las muestras que no usaron suspensor de sólido, sin embargo, sigue sin adecuarse a lo estandarizado por la [API 10 B RP, 2013], por lo que se descartó este diseño. En la evaluación del mezclado para Xant 5 se logró el mezclado en 33 segundos, con buena homogeneidad [vórtice definido en la mezcladora]. La reología, mostró una Vp de 63 Cp y un Pc de 35 lbf/100ft^2, representando un incremento de 31% y 5 % en la viscosidad plástica y el punto de cedencia con respecto a lo normado. Este diseño no presentó sedimentación, sin embargo, como el tiempo de mezclado está ligeramente elevado se procedió con la prueba de filtrado donde se obtuvo un filtrado de 350 ml observándose una mejoría significativa con respectos las muestras anteriores. [Li et al, 2024] y [Quitian et al, 2024] coinciden que la adición de XG con controladores de fluidos aumenta la viscosidad aparente de la lechada de cemento, especialmente a temperaturas elevadas mejorando su comportamiento, lo que permite una mejor suspensión de sólidos y mejores características de flujo.

En la prueba de fluido libre se obtuvo un resultado de 0 %, con respecto a lo estandarizado [menor 1.5%] por lo que se consideró un buen resultado. En el mezclado para Xant 6 se obtuvo un tiempo de 20 segundos y buena homogeneidad en la mezcla [figura 1]. Los resultados de la reología observados en la [tabla 12] muestran una Vp de 81 Cp y un Pc de 26 lbf/100ft^2 representando un incremento de viscosidad plástica y punto cedente de 40.5 % y 3.9% respectivamente. Este diseño no presentó sedimentación, y se obtuvo un filtrado de 276 ml en 16 minutos [figura 2], lo que representa un filtrado controlado con respecto a lo especificado en la norma [menor al 2%]. [Mahmoud, 2024] revela que los lodos pueden presentar una cantidad significativa de agua libre después de 24 horas, algo que la prueba estándar de 2 horas no logra capturar. [Cadix et al, 2023] que el uso de goma xantana en combinación con otros aditivos puede mejorar la suspensión de sólidos, pero se debe tener cuidado para evitar los efectos antagónicos que podrían surgir de altas concentraciones como se observa en la figura 3 en la prueba de fluido libre no hay presencia de fluido en la superficie del cemento reportándose valor de 0% lo que representa un valor ideal para fluidos libre permitido en lechadas Clase H En la prueba del tiempo bombeable se obtuvo un tiempo bombeable de 71 Bc @ 4:43 horas [figura 4]. Lo que representa, un tiempo alto para cementaciones intermedias [3hrs] y adecuadas para cementaciones de liners o largos desplazamientos más profundas [4 hrs]. El esfuerzo compresivo se midió a la velocidad ultrasónica que indica las diferentes fases de la lechada, esto hace que la velocidad de tránsito disminuya y el esfuerzo compresivo aumente conforme va solidificando [tabla 3]. En la gráfica de la [figura 5] se observa el cómo el esfuerzo compresivo de la lechada se mantiene uniforme en el cemento fraguado durante 24 hrs. Entre todas las muestras de goma xantana evaluadas, las Xant 5 y Xant 6, destacaron por su rendimiento excepcional en comparación con las demás [tabla 4].

Estas muestras demostraron un incremento en la viscosidad plástica [19-24.5%]. Este aumento impacta positivamente en el comportamiento de las lechadas de llenado, ya que contribuye significativamente a minimizar los problemas asociados con la sedimentación de partículas, favoreciendo la gelificación de las lechadas, mejorando su estabilidad y evitando la segregación en el proceso de preparación de lechadas de baja densidad

Conclusiones

La goma xantana proporciona una mayor estabilidad a las lechadas de cemento al evitar la segregación de los componentes sólidos. Esto se debe a su capacidad para formar una estructura de gel que retiene los sólidos, lo cual mejora la consistencia en la lechada para evitar la sedimentación prematura durante el proceso de bombeo.

Comparado con otros aditivos de viscosidad o estabilizantes, la goma xantana tiene un costo competitivo, lo que la convierte en una opción económica para mejorar las propiedades de las lechadas sin aumentar considerablemente el costo total de la mezcla.

Existen algunas limitaciones asociadas al uso de XGL que pueden impactar en las lechadas de baja densidad, por lo que se requiere una agitación previa debido a la posible sedimentación del aditivo y su tendencia a alargar el tiempo bombeable, por consiguiente, se debe prestar atención al momento de ajustar la formulación.

Otro aspecto para considerar es que, a concentraciones elevadas, la goma xantana puede inducir tixotropía y gelificación, lo que puede afectar la eficiencia del proceso. Por último, su aplicabilidad está restringida a temperaturas inferiores a los 120°C, lo que limita su uso en ambientes de alta temperatura. A pesar de estas desventajas, tal como se observó a menores concentraciones formuladas [0.08 y 0.1 l/sac] con respecto a las concentraciones del viscosificante convencional [CMC] se logra mejores resultados en la toma de las lecturas reologicas, aumentando su viscosidad plástica y su punto cedente, lo que permite el incremento del gel para evitar la sedimentación en la lechada de cemento.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Declaraciones

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. No tienen intereses financieros o relaciones personales que pudieran haber influido en este libro.

Contribución de los autores

Milán-Cárdenas María del Carmen: Contribuyó en la búsqueda de las técnicas y el desarrollo de la metodología experimental.

Martinez-Vaqueiro, Eliud: Contribuyó al desarrollo experimental y la aplicación de técnicas estandarizadas.

Martinez-Ceballos, Teresa del Jesús: Contribuyó en la búsqueda de las técnicas y el desarrollo de la metodología experimental.

Vital-Ocampo Angelica Gabriela: Contribuyó en el análisis y la discusión de los resultados.

Disponibilidad de datos y materiales

Los datos y materiales de esta investigación están disponible en el repositorio de la Dirección de Bibliotecas de la Universidad Autónoma del Carmen

Financiación

Esta investigación no recibió ningún tipo de financiación.

Agradecimientos

Agradecimiento a: SECIHTI, a la Dirección General de Investigación y Postgrado de la Universidad Autónoma de Carmen, al laboratorio de Control de Calidad del Agua y al Centro de Investigación Servicios Petroleros y protección Ambiental.

Abreviaturas

API	American Petroleum Institute
Bc	Bearden de consistencia
Cp	Centipoise
ft^2	Pie cuadrado
lbf	Libra masa fuerza
RPM	Revoluciones Por Minuto
Pc	Punto de cedencia
Vp	Viscosidad plástica
XGL	Xanthan Gum

Referencias

Antecedentes

Cadix, A., & James, S. [2022]. Chapter 5 - Cementing additives, *In Oil and Gas Chemistry Management Series, Fluid Chemistry, Drilling and Completion*, Gulf Professional Publishing, Pages 187-254, ISBN 9780128227213

Fu, W., Chen, B., Zhang, K., Liu, J., Sun, X., Huang, B., & Sun, B. [2022]**.** Rheological Behavior of Hydrate Slurry with Xanthan Gum and Carboxmethylcellulose under High Shear Rate Conditions. *Energy & Fuels*, 36[6], 3169–3183.

Gaurina-Međimurec, N., Pašić, B., Mijić, P. y Medved, I. [2021]. Diseño de fluidos de perforación y lechadas de cemento para yacimientos fracturados naturalmente. *Ciencias Aplicadas,* 11 [2], 767.

Hammadi, L., & Hazzab, A. [2023]. Impact of the Xanthan Gum on Rheological and Mechanical Properties of Slip of Ceramic. *Materials Science Forum*, *1086*, 49–58.

Kang, S.-H., Hong, S.-G., & Moon, J. [2020]. Performance Comparison between Densified and Undensified Silica Fume in Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Concrete. *Materials,* 13[17], 3901.

Kummar, S., Dull, N. R., Helsper, S., & Liberatore, M. W. [2024]. Effect of shear rate, temperature, and salts on the viscosity and viscoelasticity of semi-dilute and entangled xanthan gum. *Journal of Applied Polymer Science,* 142[3], 56372.

Li, X., Wang, Z., Liu, Y., Liu, R., Wang, Z., Zhang, C., Zhu, Z., & Yan, J. [2024]. Properties of cement grout doped with xanthan gum and welan gum at high hydration temperatures. *Construction and Building Materials*, Volume 420, 135664, ISSN 0950-0618.

Majedul Islam Khan, Pranta Das, Md. Abu Mogira, M. Farhad Howladar, Sushmita Sarker Chnapa, Mohammad Saeiduj Jaman Chowdhury, [2024] Drilling mud contamination effect on wellbore cement strength: An experimental investigation, *Heliyon*,Volume 10, Issue 15,e35622,ISSN 2405-8440.

Phan, V. T. [2020]. Evaluation of Some Rheological Properties of Xanthan Gum. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, *10*[5], 6172–6175.

Yang, Kunpeng, Shi, Weiji, Sun, Xiaojie, Hou, Wei, Hu, Jinjun, Zhao, Mingyue, Zeng, Jianguo, and Jianlong Zou [2023] "Research and Application of Ultra-Low Density and Low Friction Cement Slurry Technology." *ISOPE, Paper* number-I-23-011.

Básicos

Lian, Wei, Li, Jun,Tao, Qian, Liu, Gonghui, Wang, Wei, Ren, Kai [2020] Sealing Failure Mechanism and Control Method for Cement Sheath during Hydraulic Fracturing, *ACS Omega*, VL 5,32, pp19978-19994, American Chemical Society.

Mahmoud, Ahmed Abdulhamid, Abdalrahman, Eslam M., Nje, Lobe, Almadani, Abdallah, Al Ramadan, Mustafa, Elkatatny, Salaheldin, and Abdullah Sultan [2024]. "Challenges of Cementing in Extreme Environments." *GOTECH*, SPE, Paper Number: 219144-MS.

Shokry, Amir, Mahmoud, Ahmed Abdulhamid, and Salaheldin Elkatatny [2024]. "*Review of Remedial Cementing: Techniques, Innovations, and Practical Insights."* *GOTECH,* SPE, Paper Number: -219250-MS.

Perroni, Dominic, Medvedev, Anatoly, Kolchanov, Petr, Makarychev-Mikhailov, Sergey, and Justin Roye [2020]. "Cement-Conveyed Technology Improves Zonal Isolation and Stimulation Efficiency." *International Petroleum Technology Conference,* Paper Number: IPTC-19779-MS

Sajjad Mozaffari, Omeid Rahmani, Ali Piroozian, Zaman Ziabakhsh-Ganji, Hossein Mostafavi, [2022] Oil-well lightweight cement slurry for improving compressive strength and hydration rate in low-temperature conditions, *Construction and Building Materials, Volume* 357,129301, ISSN 0950-0618

Tao, C., Kutchko, B., Rosenbaum, E., & Massoudi, M. [2020]. A Review of Rheological Modeling of Cement Slurry in Oil Well Applications. *Energies,* 13[3], 570.

Soporte

ANSI/API 10 A, [2010]. *"Specification for Cements and Materials for Well Cementing, American Petroleum Institute"*, *ISO* 10426-1 [Identical].

ANSI/API RP 10 B, [2013] "Recommended Practice for Testing Well Cements, American Petroleum Institute"

Bell, D.R &Nelson., E.B [1990]. B Laboratory Testing, Evaluation, and Analysis of Well Cements, Editor[s]: Erik B. Nelson, Developments in Petroleum Science, *Elsevier,* Volume 28, Pages B-1-B-16, ISSN 0376-7361, ISBN 9780444887511.

Shinde, A. R., & Shenoy, V. [2022]. Cementing of an oil well using VBA. Nucleation and Atmospheric *Aerosols.* AIP Conference Proceedings, 2469[1], 020008.

Diferencias

ANSI/API RP 10 B, [2013]. "Recommended Practice for Testing Well Cements, American Petroleum Institute"

Mahmoud, A. A. [2024]. Critical Evaluation of API Free Water Test Addressing Gaps in Lightweight Cement Slurries Testing. *ADIPEC,* SPE, Paper Number: 222839-MS.

Discusión

Cadix, A., Zhang, S. P., Molina, J. C., & Parker, C. O. [2023]. Temperature Activated Modified Natural Polymer for High Temperature Cement Slurry Rheology Control. *SPE International Conference on Oilfield Chemistry,* SPE, Paper Number: 213833-MS [1].

Fu, W., Wang, Z., Sun, B., Xu, J., Chen, L., & Wang, X. [2020]. Rheological Properties of Methane Hydrate Slurry in the Presence of Xanthan Gum. *SPE Journal,* 25[05], 2341–2352.

Hadjer, D., Hammadi, L., & Abdelkrim, L. [2024]. Effect of Xanthan gum on rheological properties of water - crude oil emulsions. *Brazilian Journal of Technology*, *7*[4], e76330.
Li, X., Wang, Z., Liu, Y., Liu, R., Wang, Z., Zhang, C., Zhu, Z., & Yan, J. [2024]. Properties of cement grout doped with xanthan gum and welan gum at high hydration temperatures. *Construction and Building Materials*, 420 [135664].

Quitian Ardila, L. H., García-Blanco, Y. J., Daza-Barranco, L. M., Schimicoscki, R. S., Andrade, D. E. V., & Franco, A. T. [2024]. Improving the rheological and thermal stability of water-based drilling fluids by incrementing xanthan gum concentration. *Physics of Fluids*, 36[10].

Wu, L., Zhao, B., Zou, J., Wei, H., Shi, L., Dong, Z., Zou, S., Lu, H., Ao, K., Tian, L., & Guo, Y. [2025]. Preparation and performance evaluation of cationic hydrophobically associating suspension agent for cementing. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 1–12.

Xu, S., Cao, H., Zhu, Y. P., Sun, H., Lu, J., & Shi, J. [2022]. Mechanism of Filtration Behaviors of Cement-Based Grout in Saturated Sand under Different Grouting Conditions. *Geofluids*, 2022 [1], 1–12.