

Elaboración de Cartuchos de Filtración para Fluidos de Completamiento en la Industria Petrolera.

Elaboration and Construction of Filter Cartridges for Completion Fluids in the Oil Industry.

Luis Humberto Orduz¹ ; Oscar Andres Weck Delgado² y Felix Augusto Serrato Tovar³

Resumen

En la industria petrolera el proceso de filtración de fluidos de completamiento se lleva a cabo con diferentes métodos entre los cuales se usan tipos de cartuchos, en esta investigación se desarrollaron dos tipos de cartuchos de filtración de tipo encordado a partir de materiales orgánicos, que generan un medio filtrante apropiado a partir del diseño y la geometría del filtro.

Los cartuchos encordados se elaboran con una máquina diseñada y fabricada para tal fin, permitiendo una tensión variable y constante en el proceso de elaboración. Las pruebas experimentales se llevaron a cabo en unidades de filtrado con fluidos de completamiento, donde las variables a monitorear fueron: volumen, caudal, presión y sólidos suspendidos. Dichas variables permitieron comparar y analizar los cartuchos desarrollados en la investigación con los diferentes prototipos utilizados en la industria petrolera.

Palabras claves: cartucho; encordado; fique.

Abstract

In the petroleum industry the process of completion fluid filtration is carried out with different types of cartridges, this research developed two types of cartridge type filter strings from organic materials, which generate an appropriate filter medium from design and geometry of the filter.

Strung cartridges are manufactured with a machine designed and manufactured for this purpose, allowing a variable voltage and constant process. The experimental tests were carried out in units of filtered completion fluids, where the variables to be monitored were: volume, flow, pressure and suspended solids. These variables possible to compare and analyze the cartridges developed in research with the different prototypes used in the oil industry.

Keywords: cartridge; strings; fique.

¹ Ingeniero de Petróleos. Docente Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1ª. l.humor@usco.edu.co

² Ingeniero de Petróleos. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1ª. oskarweck02@hotmail.com

³ Ingeniero de Petróleos. Universidad Surcolombiana Neiva. Avenida Pastrana Carrera 1ª. felix.serrato0507@hotmail.com

1. Introducción

La importancia de la filtración radica en el control y mitigación del daño de formación, proceso en el que se introducen sólidos a la zona adyacente al pozo, produciendo una disminución de la producción del mismo, ocasionada por disminución de la permeabilidad de este mismo sector.

Mediante diferentes estudios se ha determinado que durante el proceso de terminación o completamiento del pozo se genera daño a la formación. Este daño es ocasionado por los sólidos suspendidos en el fluido de completamiento; es por esta razón que se les aplica el proceso de filtración. (Ruth, 1946)

La filtración es una operación unitaria donde se consigue la separación de los sólidos que se encuentran suspendidos en un medio líquido haciendo pasar a través de un medio poroso, el cual va a retener las partículas sólidas dejando pasar el líquido. Los sólidos quedarán retenidos en función de su granulometría y según sea el tamaño de los poros. (Ruth, 1946)

Estos líquidos son llamados fluidos de completamiento de terminación o reparación, se define como cualquier fluido que entre en contacto con la formación productora durante la etapa de completamiento del pozo, hay muchas razones por las que se llevan a cabo los trabajos con estos fluidos. Entre ellas son la terminación de un yacimiento en producción, la terminación de un nuevo yacimiento, la terminación de múltiples yacimientos, el estímulo a los yacimientos existentes para que aumenten su producción, o la reparación de los problemas mecánicos que impidan la producción. (Perry, 1992)

Los fluidos de completamiento más utilizados son los de base agua como las aguas salobres y se clasifican de la siguiente forma:

Tabla 1. Tipos de salmueras

Sistema	Densidad g/cm ³
Agua dulce filtrada	1.00
Cloruro de potasio	1.16
Cloruro de sodio	1.19
Cloruro de calcio	1.39
Bromuro de sodio	1.52
Bromuro de calcio	1.70
Cloruro de calcio/bromuro de calcio	1.81
Bromuro de calcio/bromuro de zinc	2.42
Bromuro de zinc	2.50

Fuente: (Perry, 1992).

La característica de los fluidos de completamiento es por no tener sólidos en su formulación, el agua usada puede aportar sólidos a la salmuera lo que hace indispensable la filtración de las mismas, implementado con cartuchos de filtración. La baja presencia de sólidos la hacen ideal para mantener la permeabilidad del pozo y no taponar los poros. (Perry, 1992)

2. Metodología

2.1 Proceso de producción de filtros

Se fabricaron cartuchos de filtración del tipo encordado con dos materiales diferentes, los cartuchos fabricados se desarrollaron con las especificaciones necesarias para ser aplicados a unidades de filtración estándar de la industria petrolera. El proceso de encordado fue realizado por una maquina encordadora la cual enrolla el hilo en el núcleo filtrante.

El diseño de los filtros consistió en variar la tensión y el desplazamiento del hilo al ser encordado, ambos parámetros manejables con la maquina diseñada para encordar. El desplazamiento del hilo se variaba con el aumento o disminución de la velocidad del eje de distribución. En la etapa de desarrollo, las variables de diseño manipuladas permitió generar diferentes tipos de prototipo, de los cuales se seleccionó el que tuviera mayor resistencia de encordado, lo cual permitiría que sus hilos no se desacoplara del filtro, para que resistiera las presiones manejadas por las unidades de filtrado.

2.1.1 Materiales

Los cartuchos desarrollados en esta investigación, fueron fabricados a partir de algodón y fique (El fique es una fibra natural biodegradable con hojas en forma de pirámide triangular un poco acanalada, de color verde oscuro) como medio filtrante. El algodón es un material de muy buena absorbencia, con un buen comportamiento a la presencia de los solventes orgánicos utilizados en lo fluidos de completamiento. Su pH operacional concuerda con el de las salmueras y abarca rangos de temperatura elevados, suficiente para ser utilizado como medio filtrante.

El material utilizado fue hilo, que es un algodón de nombre comercial pabilo de 1.92 mm de diámetro y que se caracteriza por poseer las siguientes características:

Tabla 2. Propiedades del algodón

Propiedades físicas de la fibra		
Nombre comercial		Algodón
Peso específico (gr/cm3)		1.52
Resistencia especifica	Seco	3.5
		4.0
Temperatura de operación constante °C		95
Temperatura de pico con tiempo no superior a dos horas °C		120
Resistencia a la abrasión		Buena
Absorbencia (%)		7-11
Recuperación elástica (%)		75
Elongación (%)	Seco	3
		3
Resistencia a la luz solar		Buena
pH de operación normal		7-11
Efectos de los solventes orgánicos		Resistente

Fuente: (Dickenson, 1997)

Entre otras propiedades del algodón se puede afirmar que su módulo de elasticidad (GPa) es de 4,98 a 10,92, resistencia tracción (MPa) 264-654 y alargamiento a rotura (%) es de 3,0-7,0.

El fique fue utilizado en un diámetro de 0.92mm, se caracteriza por tener una composición química de: cenizas: 1.58 %, fibras: 1.58 %, pentosas: 17.65 %, lignina: 15.47 % Celulosa: 62.70 %.

El fique es un material de color habano, con un brillo opaco y una textura dura. Tiene resistencia ante los álcalis y disolventes orgánicos, ante los ácidos tienen mal efecto y su reacción ante los oxidantes es variable.

Los hilos de fique utilizados en esta investigación, son de una estructura de un cabo, biodegradable, con una densidad lineal de 210 m/kg, con resistencia mínima a la tensión de 59 kgf, su elongación máxima a la tensión es del 7%, con buen comportamiento a altas temperaturas por sus propiedades térmicas.

Tabla 3. Propiedades mecánicas de la fibra de fique

Propiedad	Promedio	Mínimo	Máximo
Resistencia a la Tensión (MPa)	305,15	200,00	625,20
Módulo de Elasticidad (GPa)	7,52	5,50	25,50
Porcentaje de elongación a la Fractura (%)	4,96	3,20	5,70

Fuente : (Ruth, 1946)

Como soporte del medio filtrante se empleó poli-cloruro de vinilo PVC de in diámetro exterior de 3.3 mm y un diámetro interior 2.8 mm Con perforaciones de 0.598 mm 0.534 separadas a 0.6 mm en intercalado 0.5 mm. El área del soporte es de 525 cm² y el área efectiva es de flujo es de 127.7 cm² equivalente a 24 % del área del núcleo filtrante. El núcleo filtrante fue reciclado de cartuchos de filtración utilizados en la industria petrolera.



Figura 1. Núcleo filtrante reciclado

2.2 Equipos de fabricación

Para la fabricación de los cartuchos encordados, se diseñó y fabricó una máquina capaz de encordar el material en el diámetro y longitud estandarizados por los equipos de filtración. En la figura 2 se presenta la fotografía de la maquina encordadora, en la cual se destaca el eje de distribución, el cual transmite el movimiento al eje sin fin o tornillo de repartición y porta cartucho de filtración, que a su vez genera el movimiento de enrollado del cartucho.

El acople de la primer polea permiten disminuir las revoluciones en 80.8%, ocasionado por un diámetro uno de polea de 2 centímetros y el segundo de 10,4 centímetros y en el eje de distribución, el sistema de polea vertical, cuenta con un diámetros de 13,3 centímetros y 5.8 centímetro, transmitiendo el movimiento al tornillo de repartición, aumentando las revoluciones en 229 %.

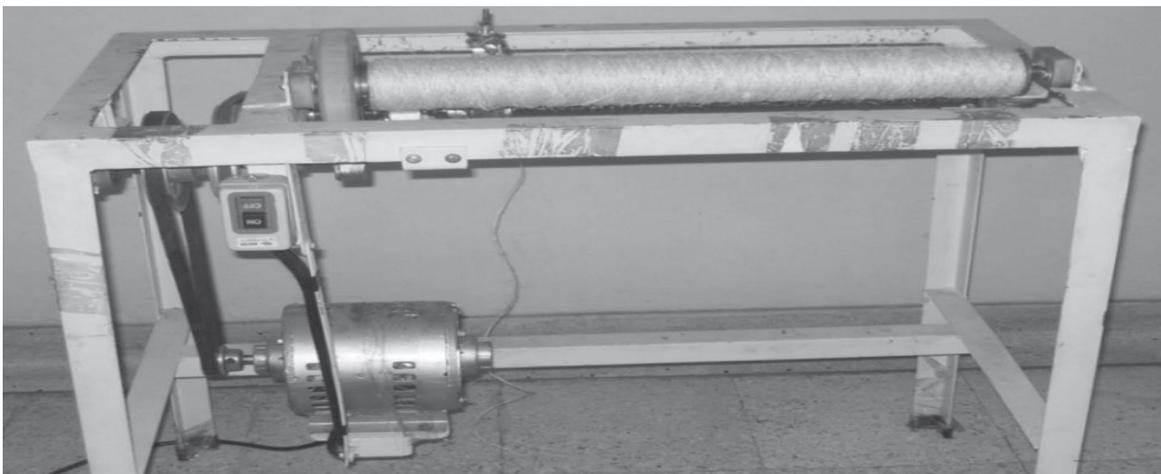


Figura 2. Maquina encordadora

2.3 Procedimiento De Fabricación De Cartuchos Encordados

La fabricación de los cartuchos se realizó en un equipo diferente al utilizado por los filtros industriales, diferencia transmitida al encordado y al paso o distancia entre cuerda para un giro, es de resaltar que dicho paso se desarrolló mediante el proceso de experimentación buscando una geometría única y resistente a las presiones manejadas que permitiera excelentes caudales de filtración.

El encordado fue realizado con una maquina diseñada especialmente para tal fin, encordando fique y algodón ambos con forma de hilo. Los cartuchos tienen una longitud de 50.8 cm, con un diámetro interno de 2.8 cm y externo de 5.9 cm.

Durante la fabricación se aplica una tensión para mejorar el encordado del hilo, dicha tensión es generada por la fricción de dos platinas con el hilo una en la parte superior y la otra en la inferior. Las platinas son de forma circular y aplanada horizontalmente permitiendo que el hilo se ubique en el intermedio.

La tabla 4. Presenta la tensión que se aplicó a cada tipo de cartucho fabricado para las diferentes pruebas.

Tabla 4. Tensión de fabricación cartuchos encordados

Prueba	Tensión de fabricación Cartuchos (lbf)	
Algodón	1	0.4
	2	0.5
	3	0.6
Fique	1	0.4
	2	0.5

Fuente: (Shaw and Rugg 1974)

2.3 Procedimiento De Las Pruebas

Las pruebas se desarrollaron en el laboratorio de la compañía BRINADD DE LOS ANDES S.A con sede Neiva, permitiendo obtener datos reales y comparables con los obtenidos con filtros industriales. Los equipos utilizados para las pruebas se relacionan a continuación.

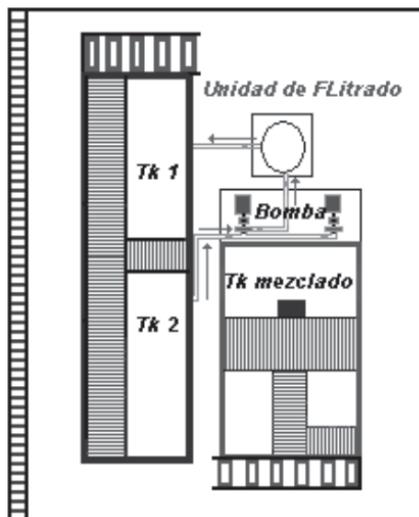


Figura 3. Esquema laboratorio BRINADD DE LOS ANDES S.A

La prueba de filtración se realizó con una unidad de quince cartuchos, a temperatura ambiente, en promedio de 28°C. El tipo de salmuera de las pruebas es de cloruro de sodio y formiato de sodio, con densidad de 11 lb/gal.

Se prepara la salmuera con cloruro de sodio hasta 9 lb/gal de densidad, se adiciona formiato de sodio hasta alcanzar una densidad de 11 .lb/gal

La tabla 5 especifica los volúmenes de salmuera preparada para las pruebas, los gastos de agua y sal hasta alcanzar el volumen especificado en la segunda columna. La tabla presenta el gasto de cloruro sodio para alcanzar una densidad de 9 lb/gal y la masa de formiato de sodio que se adiciono posteriormente para alcanzar una densidad de 11 lb/gal y el volumen especificado de salmuera.

Tabla 5. Composición de la salmuera

Prueba	Vol. salmuera Bbbs	Vol. agua Bbbs	NaCl Kg	Vol. Salmuera NaCl Bbbs	HCOONa Kg	Vol. HCOONa Bbbs
1 algodón+ 1 fique	300	242.3	4852.3	255	17180.3	45
2 algodón+ 2 fique	300	242.3	4852.3	255	17180.3	45
3 algodón	250	201.9	4043.2	212.5	14316.9	37.5

Fuente: (Norden and Petteri, 1994.)

Se realizaron cinco pruebas, dos para el fique y tres para el algodón. Las pruebas uno y dos se desarrollaron en un periodo de tiempo de 30 minutos, tomando cada 5 minutos muestras y registro de las variables, la prueba tres se realiza el muestreo y el registro de variables durante 60 minutos cada 10 minutos. Las muestras fueron tomadas para su posterior análisis de sólidos suspendidos totales (SST) y al mismo tiempo se registró: presión y volumen, variables que permitieron determinar caudal y variación de volumen filtrado para los periodos de tiempo especificados anteriormente.

3. Resultados

Se desarrollaron cinco pruebas, dos para el fique y tres para el algodón, la tercera prueba se desarrolló con los cartuchos de algodón por presentar los mejores resultados de retención de sólidos y para analizar el comportamiento de los mismo para un periodos más extensos de filtrado.

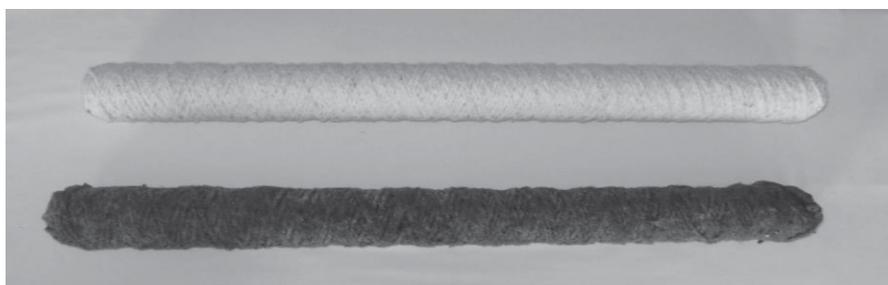


Figura 4. Imagen de cartuchos de algodón antes y después de ser usados en la prueba

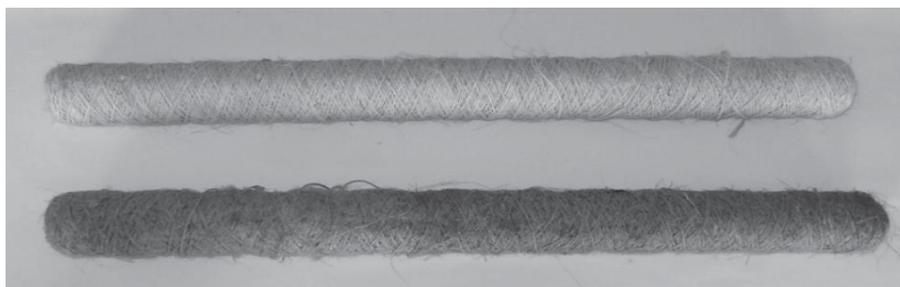


Figura 5. Imagen de cartuchos de fique antes y después de ser usados en la prueba

Para facilitar el análisis e interpretación de los sólidos retenidos por los filtros, la relación de sólidos retenidos se expresa en porcentaje, lo cual permite comparar la capacidad de retención de sólidos de los filtros.

Los sólidos suspendidos promedios a la entrada de la unidad de filtrado para cada prueba se registra en el tabla 6. Las pruebas uno, dos y tres se desarrollaron con diferentes concentraciones de sólidos.

Tabla 6. SST de la salmuera de entrada a la unidad de filtrado.

Prueba		SST promedio Entrada (ppm)
Algodón	1	218
	2	249
	3	228
Fique	1	218
	2	249

Tabla 7. Promedios de la variable por prueba

Prueba		Caudal Bls/min	sólidos retenidos (ppm)	Presión psi	%Sólidos promedio por prueba
Algodón	1	126,83	41,82	4,1	41,82
	2	124,50	50,00	3,93	50,00
	3	101,00	58,257	3,18	58,257
fique	1	196,83	9,71	4,7	9,71
	2	210,83	15,33	4,60	15,33

Los caudales y porcentajes de sólidos promedios obtenidos en las pruebas son:

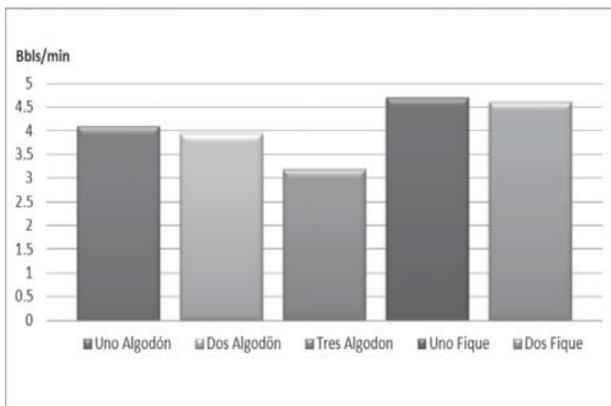


Figura 6. Caudales promedio

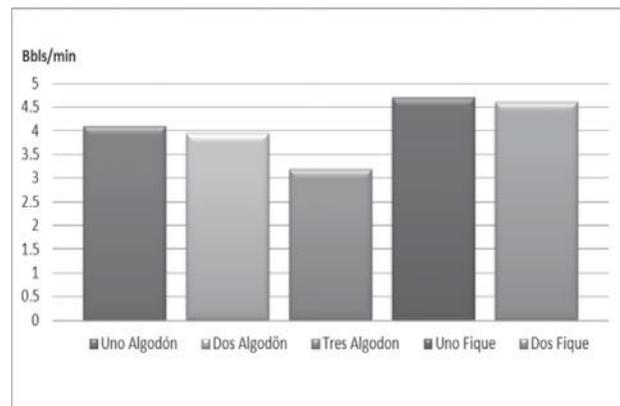


Figura 7. Porcentaje promedio de sólidos retenidos

Durante el proceso de filtración no se generó retorta, lo cual no permitió aplicar los modelos matemáticos desarrollados, en los cuales se determina el comportamiento del caudal a partir de la presión, viscosidad del fluido y resistencia de la torta y el medio filtrante.

La resistencia del medio filtrante es equivalente a la presión inicial al comenzar el proceso de filtración. Los cartuchos fabricados de algodón son los que opusieron mayor resistencia inicial al filtrado.

A pesar de las limitaciones enunciadas en el apartado anterior, los resultados obtenidos proporcionan un indicio del comportamiento de las variables medidas durante las pruebas. A continuación se describirá el comportamiento de las siguientes variables: volumen, caudal, presión y porcentaje de sólidos retenidos extraídos en las pruebas.

4. Conclusiones

El fique como medio filtrante en los cartuchos encordados no presente buenos resultados de retención de sólidos y si excelentes rangos de caudal, volumen y presión, para el proceso de filtración, demostrando que este material no puede ser aplicado al desarrollo de filtros encordados como único material componente del medio filtrante de un filtro de cartucho encordado. Una mezcla de un material con excelente capacidad de retención de sólidos con el fique podrá presentar muy buenos resultados.

Los cartuchos encordados de algodón nos permitió determinar mejores resultados de retención de sólidos durante el proceso de filtración, con un promedio del 58.2 % de retención de sólidos desde el inicio de la prueba hasta el final de esta.

El algodón puede ser utilizado para la fabricación de cartuchos de filtración del tipo encordado, permitiendo desarrollar nuevas geometrías de encordado, con diferente diámetro de hilo y valores de tensión de fabricación.

La retención de sólidos promedio para los cartuchos fabricados con fique fue menor al 25% de sólidos retenidos y para los filtros de algodón oscilo entre 40% y 70%, lo cual nos permite concluir que el algodón es el elemento filtrante con más aproximación a los rangos obtenidos en la industria petrolera que pueden alcanzar hasta un 70% de retención de sólidos.

5. Referencias Bibliográficas

1. Christopher Dickenson, 1997. Elsevier Filters and Filtration Handbook.
2. Norden, Harry V. and Kauppinen, Petteri, 1994. "Application of Volume Balances and the Differential Diffusion Equation to Filtration" Separation Science and Technology 29(10):1319-1334
3. Perry, Robert H., 1992. Manual del Ingeniero Químico, 3ª ed., vol. 2, PP. 19-81
4. Ruth, B., 1946. Correlating Filtration Theory with Industrial Practice. Industrial and Engineering Chemistry, 38:6, pp. 564-571
5. Sanabria, Y Contreras, M.F. 2008. Fibra de fique como refuerzo para materiales compuestos - Universidad de los Andes.
6. Shaw, CR and Rugg, 1974, Formation Damage Control, New Orleans, Consultado febrero 7-8 de 2010, SPE 4778.