



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE ARENAMIENTO DURANTE LA
PRODUCCIÓN DE CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS EN LOS
POZOS HORIZONTALES DE LA FAJA PETROLIFERA DEL ORINOCO**

REALIZADO POR:

**BENY GABRIELA MARCANO MARVAL
ROXANA MARÍA AUREA CEQUEA**

**Monografía de Investigación, en modalidad Curso Especial de Grado,
presentado ante la Universidad de Oriente para obtener el título de:
INGENIERO DE PETRÓLEO**

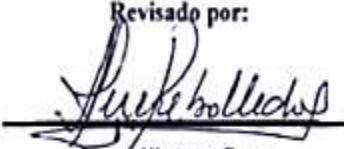
MATURÍN, OCTUBRE DEL 2020



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

**ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE ARENAMIENTO DURANTE LA
PRODUCCIÓN DE CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS EN LOS
POZOS HORIZONTALES DE LA FAJA PETROLIFERA DEL ORINOCO**

REALIZADO POR:
BENY GABRIELA MARCANO MARVAL
C.I: 24.597.804
ROXANA MARÍA AUREA CEQUEA
C.I: 25.672.953

Revisado por:

Ing. Milagros Sucre
Asesor académico

MATURÍN, OCTUBRE DEL 2020



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN/ MONAGAS/ VENEZUELA

**ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE ARENAMIENTO DURANTE LA
PRODUCCIÓN DE CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS EN LOS
POZOS HORIZONTALES DE LA FAJA PETROLIFERA DEL ORINOCO**

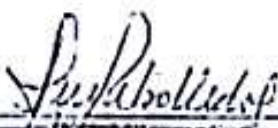
REALIZADO POR:
BENY GABRIELA MARCANO MARVAL

C.I: 24.597.804

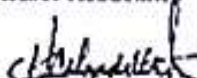
ROXANA MARÍA AUREA CEQUEA

C.I: 25.672.953

Aprobado por:



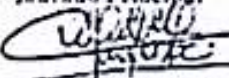
ING. Amagros Nuncio
Asesor Académico



ING. Hortensia Calzadilla
Jurado Principal



ING. Martha Espinoza
Jurado Principal



ING. Henry Martínez Lara
Jurado Principal

MATURÍN, OCTUBRE DEL 2020

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo N° 41 del Reglamento de Trabajos de Grado: “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto, a Dios quien me ha dado la vida y me ha guiado en cada paso de la misma.

A mi madre, que me ha entregado todo su tiempo y dedicación para formarme e inculcarme valores los cuales han sido de gran importancia durante mi carrera universitaria y todos los aspectos de mi vida, a esta gran mujer que me enseñó que con esfuerzo y dedicación podemos lograr nuestros sueños.

A mi padre, que no está físicamente presente, pero que vive en mi corazón y siempre ha sido de gran importancia en mi vida.

A mis hermanos y demás familiares, que siempre me han apoyado en los buenos y malos momentos, aconsejándome y brindándome su inmenso cariño.

A mis amigos, que han sido mis compañeros durante toda la carrera y con los que he compartido hermosos momentos llenos de alegrías, en especial Yuliannys Belisario, Claudia López, Moisés Requena, Sylvia Leonett, Stefani Ágreda y Gabriel Urbina.

Roxana María

DEDICATORIA

Llena de alegría dedico este proyecto, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

A mis Padres, quienes han jugado un rol importante en mi vida. La formación y valores que me inculcaron fueron fundamentales en el desarrollo de mi carrera universitaria, así como su confianza en mí fue siempre el motor que me impulsó a seguir adelante.

A mis hermanos y demás familiares, que siempre estuvieron pendientes de mí, de mis logros y tropiezos, esos que siempre estaban para darme una palabra de aliento y recordarme que con constancia y dedicación todo es posible.

A mis mejores amigas, Efigenia Narváez y Stefani Ágreda por apoyarme siempre y soportarme incluso en mis peores momentos.

A mi compañera en esta investigación, Roxana Aurea por ser mi amiga y compañera desde el inicio de nuestra carrera hasta hoy.

A mis amigos, esos que siempre estuvieron brindándome una mano en los momentos difíciles, esos que compartieron mis alegrías y también mis momentos en los que sentí desfallecer, especialmente a Moisés Requena, Sylvia Leonett. Yuliannys Belisario, Claudia López, Gabriel Urbina por acompañarme en este camino desde el primer día de clases hasta hoy.

Beny Gabriela

AGRADECIMIENTOS

Gracias principalmente a Dios, por ser mi guía, por permitirme alcanzar esta meta, por estar siempre a mi lado, por enseñarme que podemos superar cualquier prueba cuando confiamos y tenemos fe en él, por ayudarme a superar cada obstáculo y por todas sus bendiciones.

Agradezco infinitamente, a mi madre Zaritza Cequea, por creer en mí, por aconsejarme y darme su mano cuando he creído no levantarme, por apoyarme en cada decisión que he tomado y nunca juzgarme, por la educación que me ha dado y por ser mi ejemplo de lucha, esfuerzo y dedicación, siendo el pilar principal en mi vida y el motivo para seguir adelante.

A toda mi familia, y en especial a mis abuelos Rodolfo Aurea, María Moreno y Rumalda Pitre, a mis tíos Humberto Cequea y María Cequea, a mis hermanos Robert Aurea, Rodrigo Aurea, Eduardo Cequea, Elennys Cequea y a Jesús Salazar, por su apoyo incondicional y estar allí en todo momento, sin ustedes lograr esta meta no sería posible.

A la familia Díaz, y en especial a mi mejor amiga Carmen Díaz, por acompañarme durante tantos años y compartir conmigo risas y llantos, por sus consejos y por apoyarme en cualquier circunstancia.

A mi compañera en esta investigación, Beny Marcano por ser mi amiga y compañera desde el inicio de nuestra carrera, por la confianza y la ayuda que me ha brindado durante esta etapa.

Roxana María

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme alcanzar esta meta tan deseada desde que era tan sólo una niña, por todas las pruebas que me tocó enfrentar y que me hicieron acercarme cada vez más a Él y fortalecer mi Fé.

A la Virgen bajo la advocación del Valle, por guiar siempre mis pasos como sólo una madre puede hacerlo, por interceder por mí ante Dios en mis momentos difíciles y ser siempre mi ejemplo de discípula misionera del Padre.

A mis padres, especialmente a mi mamá Milva Marval, por nunca dudar de mí ni de mis capacidades, por no juzgar mis decisiones y apoyarme en todo momento, por enseñarme desde muy pequeña, con su ejemplo, lo que significa ser realmente una mujer valiente y luchadora. Por ser mi motivo a seguir adelante siempre sin importar las circunstancias que enfrente.

A la familia Andrade, especialmente a María Andrade, Jhoana Andrade y Fernando Builes Andrade, por hacerme parte de su familia y pese a las circunstancias brindarme siempre su apoyo incondicional, sin ustedes estoy segura de que esta meta no sería posible.

Al servicio de JOVENMISION por hacer de mí una mejor persona, por formarme y guiarme durante todos estos años, por mostrarme a Dios en el rostro de los más necesitados y enseñarme la enorme necesidad de proclamar el amor de Dios a quienes no le conocen.

Beny Gabriela

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESOLUCIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xii
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	7
2.2.1 Características geológicas de la Faja Petrolífera del Orinoco	7
2.2.2 Áreas de la Faja Petrolífera del Orinoco.....	8
2.2.3 Estratigrafía de la faja petrolífera del Orinoco.	9
2.3 BASES TEÓRICAS	11
2.3.1 Completación de pozos.....	11
2.3.2 Pozos horizontales	12
2.3.2.1 Ventajas.....	13
2.3.2.2 Desventajas	13
2.3.3 Producción de arena.....	13
2.3.4 Origen de la producción de arena	13
2.3.5 Geomecánica.....	15
2.3.5.1 Cohesión	15
2.3.5.2 Tensión.....	16
2.3.5.3 Colapso de poro	17
2.3.5.4 Corte o cizallamiento	17
2.3.6 Análisis granulométrico.....	18
2.3.7 Control de arena.....	21
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	21
CAPÍTULO III.....	23
DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS	23

3.1 DESCRIBIR LAS CAUSAS QUE GENERAN ARENAMIENTO DURANTE LA PRODUCCIÓN DE CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS	23
3.1.1 Grado de consolidación de las arenas	23
3.1.2 Reducción de la presión de poro.....	24
3.1.3 Viscosidad del fluido de Yacimiento.....	24
3.1.4 Aumento de la producción de agua	25
3.1.5 Migración de finos.....	26
3.2 DEFINIR LOS PRINCIPALES PROBLEMAS OCASIONADOS POR EL ARENAMIENTO DE LOS POZOS PRODUCTORES.....	31
3.2.1 Asentamiento de arenas	31
3.2.2 Colapso de la formación	32
3.2.3 Erosión.....	33
3.2.4 Corrosión	34
3.2.5 Corrosión por erosión	35
3.3 IDENTIFICAR LAS TÉCNICAS DE CONTROL DE ARENAS QUE PUEDEN SER APLICADAS.....	36
3.3.1 Técnicas Químicas.....	36
3.3.2 Técnicas mecánicas.	38
3.3.2.1 Tubería Ranurada.....	38
3.3.2.2 Rejillas	40
CAPÍTULO IV	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
4.1 CONCLUSIONES.....	45
4.2 RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
HOJAS METADATOS.....	49

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Áreas de la faja petrolífera del Orinoco.....	9
Figura 2.2 Columna estratigráfica de la faja petrolífera del Orinoco.	10
Figura 2.3 Esquema de un pozo horizontal.....	12
Figura 2.4 Cargas presentes en la roca.....	18
Figura 2.5 Distribución de los granos de arena de formación de un análisis granulométrico.....	20
Figura 3.1 Fotomicrografía de la Caolinita.	28
Figura 3.2 Diagrama esquemático de la estructura de la caolinita.....	28
Figura 3.3 Fotomicrografía de la Illita.	29
Figura 3.4 Diagrama esquemático de la estructura de la illita	29
Figura 3.5 Fotomicrografía de la Esmeclita.	30
Figura 3.6 Diagrama esquemático de la estructura de la esmeclita	30
Figura 3.7 Asentamiento de arenas en las tuberías.	32
Figura 3.8 Ejemplo de erosión en las tuberías	33
Figura 3.9 Ejemplo del problema corrosivo en las tuberías.....	34
Figura 3.10 Tubería que presenta Corrosión por erosión.....	35
Figura 3.11 Cambios de saturación durante el proceso de consolidación plástica.	38
Figura 3.12 Tuberías ranuradas.....	39
Figura 3.13 Tipos de ranuras.....	40
Figura 3.14 Rejilla expansible	41
Figura 3.15 Rejilla Pre-empacada	42
Figura 3.16 Rejilla Premium MeshRite	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Propiedades petrofísicas generales de los bloques de la faja petrolífera del Orinoco.	8
Tabla 2.2 Consideraciones de la completación de pozos.....	11
Tabla 2.3 Fracciones granulométricas	19
Tabla 2.4 Tamaño de los tamices.	20
Tabla 3.1 Porcentaje de arcillas en muestras de rocas de los diferentes bloques de la faja petrolífera del Orinoco.....	27
Tabla 3.2 Consecuencias de la producción de arena en cada nodo.....	36
Tabla 3.3 Ventajas y desventajas de las rejillas pre empacadas.	42



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE ARENAMIENTO DURANTE LA
PRODUCCIÓN DE CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS EN LOS
POZOS HORIZONTALES DE LA FAJA PETROLIFERA DEL ORINOCO**

Realizado por:

Aurea Cequea Roxana María

C.I: 25.672.953

Marcano Marval Beny Gabriela

C.I: 24.597.804

Marzo 2020

Asesorado por:

Ing. Milagros Sucre

RESUMEN

La faja petrolífera del Orinoco de acuerdo a su estratigrafía y las características de los hidrocarburos que posee acarrea durante la producción de éstos grandes índices de arenamiento, lo que da lugar a problemas de erosión, corrosión y asentamiento de arenas (tanto a nivel de fondo como de superficie). El arenamiento se refiere a la producción de pequeñas o grandes partículas de sólidos junto con los fluidos que son producidos del yacimiento, debido principalmente a la baja consolidación de la formación productora, lo que puede ocasionar pérdidas de pozos, reemplazo de tuberías y aumento de la frecuencia de trabajos de mantenimiento a pozos e instalaciones de superficie, repercutiendo altamente en las inversiones y gastos de las empresas petroleras. Por tal razón, el presente estudio se realizó con la finalidad de describir las causas que originan la producción de arenas en la faja petrolífera del Orinoco, así como también, definir los problemas que éste acarrea para así poder analizar las técnicas idóneas a emplear para el control de arenas. Se concluyó que los principales causantes del arenamiento son la baja consolidación de las arenas y las altas viscosidades del crudo causando principalmente daños a la formación y a los equipos por asentamiento de arenas. De las técnicas de control de arena que pueden ser aplicadas el empaque con grava a hoyo desnudo y el uso de tuberías ranuradas representan los más comunes y económicas sin embargo son las rejillas pre empacadas mesh rite las que brindan mejor manejo y control de arenas.

Palabras clave: Arenamiento, crudos pesados, control de arenas.

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de la tecnología de perforación de pozos horizontales se logró maximizar el contacto del pozo con la arena a drenar, permitiendo llegar a una mayor área del yacimiento aumentando así la productividad del mismo y convirtiéndose en el método por excelencia de perforación utilizado en la producción de crudos pesados y extrapesados en la faja petrolífera del Orinoco; Sin embargo, la completación de estos pozos suele ser a hoyo desnudo con lo cual se incrementa los problemas de arenamiento o producción de arena con los fluidos.

La producción de arena es uno de los problemas más frecuentes que ocurren durante la vida productiva de los pozos petroleros. Su intensidad y gravedad varían con el grado de cementación de los granos de arena productora y con la forma como están completados los pozos. Esta arena se deposita en el fondo del pozo y con frecuencia reduce la capacidad productiva del mismo.

Con los problemas que se tienen a causa de la complejidad en la composición de los fluidos, tanto la corrosión como la erosión han sido por mucho tiempo uno de los retos más grandes para el aseguramiento de flujo en líneas de producción. Las fallas mecánicas que ocurren en el sistema de producción a causa de estos problemas pueden derivar en parar la operación un largo tiempo por reparaciones mayores; en casos más graves, el deterioro de tuberías, líneas de producción y otros elementos del sistema provocan fugas de hidrocarburos y otros fluidos que ponen en riesgo al medio ambiente y al personal de operación.

Acorde a lo antes expuesto, la presente monografía tuvo como objetivo estudiar los problemas de arenamiento que ocurren durante la producción de crudos pesados y extrapesados en los pozos horizontales de la faja petrolífera del Orinoco. Dicho

estudio consistió en describir la zona de trabajo, así como también, definir los problemas de arenamiento más comunes en la producción de crudos pesados y extrapesados para de esta forma poder analizar cuáles serían las técnicas adecuadas de control de arenas que deben ser aplicadas con la finalidad de minimizar los daños ocasionados debido a esta problemática.

CAPITULO I

EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de arena es un fenómeno fácilmente apreciable en la producción de crudos de yacimientos con arenas no consolidadas, lo cual representa generalmente una disminución de la productividad de fluidos, así como también, exceso de gastos de mantenimiento a los equipos de fondo y superficie, ocasionando incluso en algunos casos fallas prematuras en el pozo y en los equipos utilizados para la producción del mismo.

La faja petrolífera del Orinoco representa la mayor reserva de crudos pesados y extrapesados del mundo, motivo por el cual la industria petrolera venezolana ha colocado su atención en establecer el mejor método que permita incrementar la producción de estos recursos, sin embargo, una de las características de las formaciones que conforman los yacimientos es que son arenas no consolidadas, es decir, que los granos de arenas tienen poca adhesión entre sí y, por lo tanto, están bastante sueltos. Esta condición de poca consolidación hace que el yacimiento en su estado virgen muestre alta porosidad y alta permeabilidad, sin embargo, al ser perforado, la pared del hoyo se vuelva bastante inestable, causando problemas de arenamiento.

El fenómeno de arenamiento tiene su origen cuando los esfuerzos desestabilizadores (esfuerzos de arrastre y gradientes de presión) son mayores que la resistencia mecánica de la formación. Cuando esto ocurre se origina una inestabilidad, que causa el desprendimiento del material de la formación ocasionando

problemas de producción y daños en los equipos asociados a problemas de erosión, corrosión y depositación de arenas.

Acorde a la problemática planteada surgió la necesidad de realizar un estudio de los problemas de arenamiento que ocurren comúnmente en la faja petrolífera del Orinoco durante la producción de crudos pesados y extrapesados con la finalidad de determinar posibles técnicas de manejo y control de arenas que puedan ser aplicadas durante la producción de crudo y de esta forma reducir los problemas ocasionados por el arenamiento.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

- Estudiar los problemas de arenamiento que ocurren durante la producción de crudos pesados y extrapesados en los pozos horizontales de la faja petrolífera del Orinoco.

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir las causas que generan arenamiento durante la producción de crudos pesados y extrapesados.
- Definir los principales problemas ocasionados por el arenamiento de los pozos productores.
- Identificar las técnicas de control de arenas que pueden ser aplicadas.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La faja petrolífera del Orinoco se caracteriza por contar con formaciones poco consolidadas y gran presencia de arcillas, lo que ocasiona un grave problema de arenamiento a medida que se producen los fluidos; por medio de la actual investigación se espera determinar técnicas de manejo y control de arenas que permitan mitigar estos problemas de arenamiento que afectan tanto la producción de los pozos, como el sistema de transporte, almacenamiento y tratamiento del crudo en superficie, de manera tal, que se puedan reducir de esta forma los costos operativos que son producto del mantenimiento o cambio de equipos durante la producción de crudos pesados y extrapesados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

García, F. (2015), realizó un trabajo de grado en la Universidad de Oriente, núcleo de Monagas para obtener el título de Ingeniero de Petróleo, titulado **“Selección del método de control de arena para la completación de los pozos del área extrapesado del Distrito Morichal”**. En él se realizó la determinación del tamaño de las partículas de arena, así como también, la caracterización granulométrica del área, para de esta forma analizar los métodos de control de arena que podían ser aplicados y evaluar su rentabilidad económica, lo que permitió seleccionar los métodos de control de arena idóneos para los pozos en estudio los cuales son: Liner 0,015; liner 0,020 y Rejilla Meshrite siendo esta última la que genera mayor inversión inicial, pero mejores resultados con el paso del tiempo.

Hernández, A (2013), realizó un trabajo de grado en la Universidad de Oriente, núcleo de Monagas titulado **“Evaluación del uso de tuberías con ranuras trapezoidales para control de arena en pozos productores del yacimiento S5.MFB-163, campo Bare, Distrito San Tomé”** para obtener el título de Ingeniero de Petróleo. El cual consistió en identificar los problemas de arenamiento ocasionados por el tipo de completación aplicado, así como también, producto del efecto de los pozos horizontales. En él se concluyó entre otras cosas que la aplicación de tubería con ranuras trapezoidales como tecnología de control de la producción de arena ofrece mayores beneficios en comparación con las tuberías ranuradas rectas a pesar de que requieren de mayor inversión.

Valera, A (2013), realizó un trabajo de grado en la Universidad de Oriente, núcleo de Monagas para optar por el título de Ingeniero de Petróleo, titulado **“Evaluación de los métodos de control de arena empleados en los pozos horizontales perforados entre los pozos 2009 y 2011 en los campos asignados al Distrito Morichal”**. En él se realizaron tomas de muestras para realizarles mediciones de contenido de arena y aplicarles un estudio granulométrico lo que permitió determinar el método de control de arena más adecuado para los pozos estudiados. Gracias a esto se concluyó que el método más recomendable cuando existe mayor caída de presión son las rejillas mesh rite ya que ofrecen mayor porcentaje de retención de sedimentos que los ranurados.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.2.1 Características geológicas de la Faja Petrolífera del Orinoco

La Faja Petrolífera del Orinoco se encuentra ubicada en la parte Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela y al Norte del río Orinoco. Abarca una extensión de 55.314 km² comprendida entre los Estados Guárico, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro. Corresponde a un sistema deltaico que genéricamente tuvo su origen en los sistemas fluviales del Macizo Guayanés.

La plataforma que se conoce con el nombre de la Faja Petrolífera del Orinoco no presenta plegamientos importantes, solo deformaciones de poca importancia que han dado origen a declives menores y está representada por un homoclinal fallado con buzamiento suave hacia el Norte.

La columna sedimentaria está representada por tres ciclos; el primero se depositó discordantemente sobre el Macizo Guayanés y contiene arenas de granos gruesos pertenecientes al Paleozoico Superior, el siguiente corresponde a una

trasgresión marina ocurrida en el Cretáceo y se caracteriza por areniscas delgadas con intercalaciones de lutitas en ambientes marinos de poca profundidad. El último ciclo se formó después de retirarse el mar dando origen a formaciones transgresivas del Terciario.

2.2.2 Áreas de la Faja Petrolífera del Orinoco

La Faja Petrolífera del Orinoco comprende cuatro grandes áreas de crudos pesados y extrapesados, denominadas Boyacá (antiguamente conocida como Machete), Junín (antes Zuata), Ayacucho (antigua Hamaca) y Carabobo (antes Cerro Negro) cada una con propiedades petrofísicas distintas tal como se muestra en la tabla 2.1. El área actual en exploración es de 11.593 Km². La figura 2.1 muestra la ubicación de estas cuatro áreas que comprende la faja petrolífera del Orinoco en el territorio nacional.

Tabla 2.1 Propiedades petrofísicas generales de los bloques de la faja petrolífera del Orinoco.

Propiedad	Carabobo	Ayacucho	Junín	Boyacá
Porosidad (%)	33	27	28	40
Permeabilidad (Darcy)	9670	7000	17000	10102
So (%)	90	73	93,7	89,5
RGP (BN/PCN)	98	79	84	150
Py (psi)	1400	870	443	800
Ty (°C)	56	47	46	46

Fuente: Castro (2019)

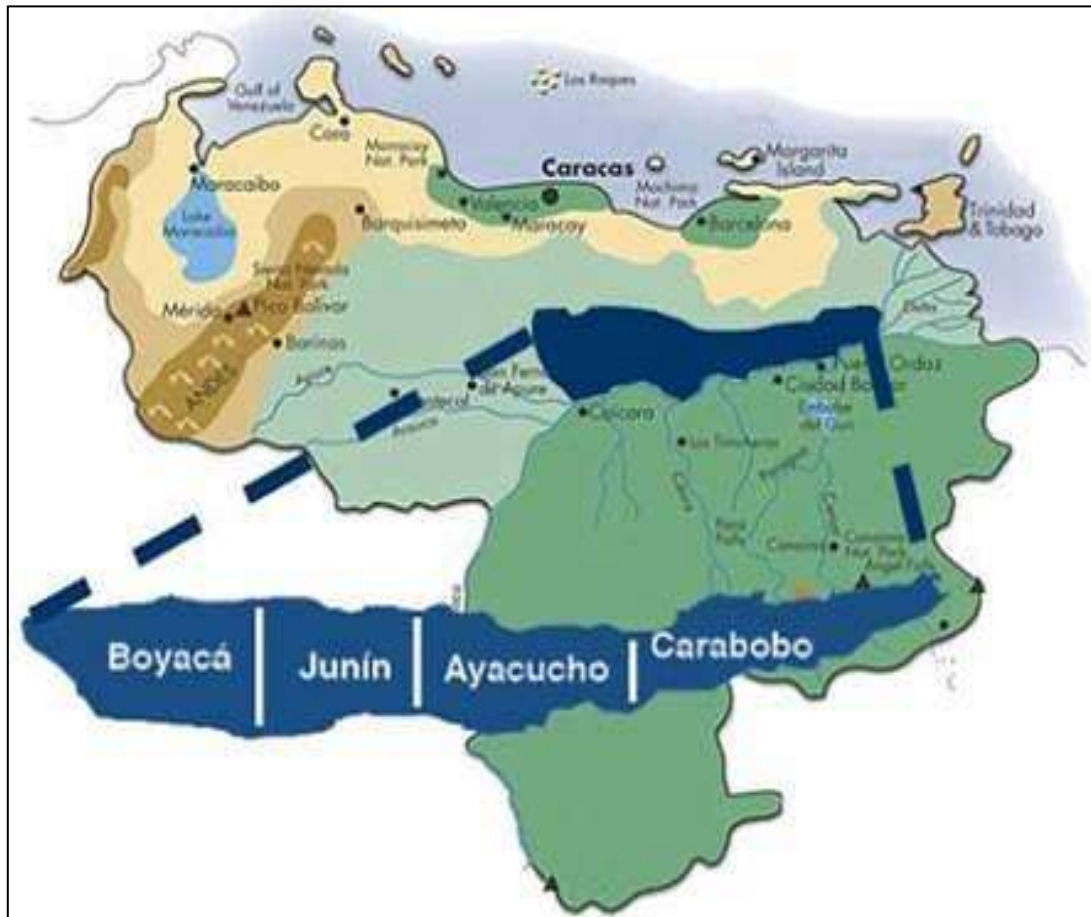


Figura 2.1 Áreas de la faja petrolífera del Orinoco.

Fuente: Dávila, (2015).

2.2.3 Estratigrafía de la faja petrolífera del Orinoco.

La columna litoestratigráfica del área incluye, de menor a mayor edad, las Formaciones: Mesa, Las Piedras, Freites, Oficina, y Merecure de Edades Pleistoceno, Plioceno, Mioceno Superior, Medio e Inferior y Oligoceno respectivamente como se puede observar en la Figura 2.2.

EDAD	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	OBSERVACIONES	
PLEISTOCENO	MESA		Conglomerados gruesos, areniscas ferruginosas	
PLIOCENO	LAS PIEDRAS		Areniscas, limolitas y lignitos	
	LAPICA			
MIOCENO	FREITES		Lutitas marinas verde oliva	
	OFICINA		Areniscas, limolitas, lutitas alternadas y algunos lignitos Los cuerpos de arenas son canales, barras y lentes característicos de ambientes fluvio-deltaicos	
OLIGOCENO	MERECURE		Areniscas masivas y lutitas carbonáceas delgadas Los cuerpos de arenas son canales amalgamados. Barras de desembocadura en la parte superior de Merecure	
EOCENO				
PALEOCENO				
CRETACEO	TIGRE		Areniscas calcáreas, limolitas glauconíticas verde gris y lutitas carbonáceas	
	CANOA		Areniscas, limolitas verde gris y lutitas carbonáceas	
BASAMENTO	PRE CRETACICO			

Figura 2.2 Columna estratigráfica de la faja petrolífera del Orinoco.

Fuente: De Freitas, (2014).

2.3 BASES TEÓRICAS

2.3.1 Completación de pozos

La completación es el conjunto de actividades que se realizan luego de correr y cementar el revestidor de producción y antes de empezar a producir. Estas actividades comprenden la instalación de los diferentes equipos y herramientas necesarias para que los fluidos del yacimiento lleguen a la superficie. Existen nuevas tecnologías que permiten realizar completaciones en pozos desviados con nuevas herramientas, buscando incrementar la producción tratando de no afectar la vida útil del pozo.

La completación abarca desde la perforación del pozo hasta que se instala a la producción. En la completación del pozo se deben tomar en cuenta ciertos aspectos tal como se explica en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Consideraciones de la completación de pozos

Aspectos	Consideraciones
Revestimiento del hoyo	Se refiere a la forma de proteger al hoyo con la tubería de revestimiento, de acuerdo con la profundidad y tipos de formaciones productoras.
Disposición del equipo de producción	Consiste en el diseño de los equipos de tuberías, empacaduras, niples, etc., que conectados entre sí permiten la producción del hidrocarburo.
Número de zonas productoras	Se refiere a la cantidad de lentes productivos en disponibilidad de ser abiertos a la producción, lo cual depende de su potencial y su profundidad.

Fuente: CIED PDVSA, (1997)

2.3.2 Pozos horizontales

Son pozos perforados horizontalmente o paralelos a los planos de estratificación de un yacimiento con la finalidad de tener mayor área de producción. También se denominan pozos horizontales aquellos cuyo ángulo de desviación sea mayor o igual a 86° , con respecto a la vertical. La longitud de la sección horizontal depende de la extensión del yacimiento y del área a drenar del mismo. Esta técnica consiste básicamente, en penetrar en forma horizontal un estrato productor. Así se aumenta el área de exposición al flujo dentro del yacimiento, reduciendo a su vez la caída de presión entre el borde exterior del mismo y el pozo. (Martínez, 2008)

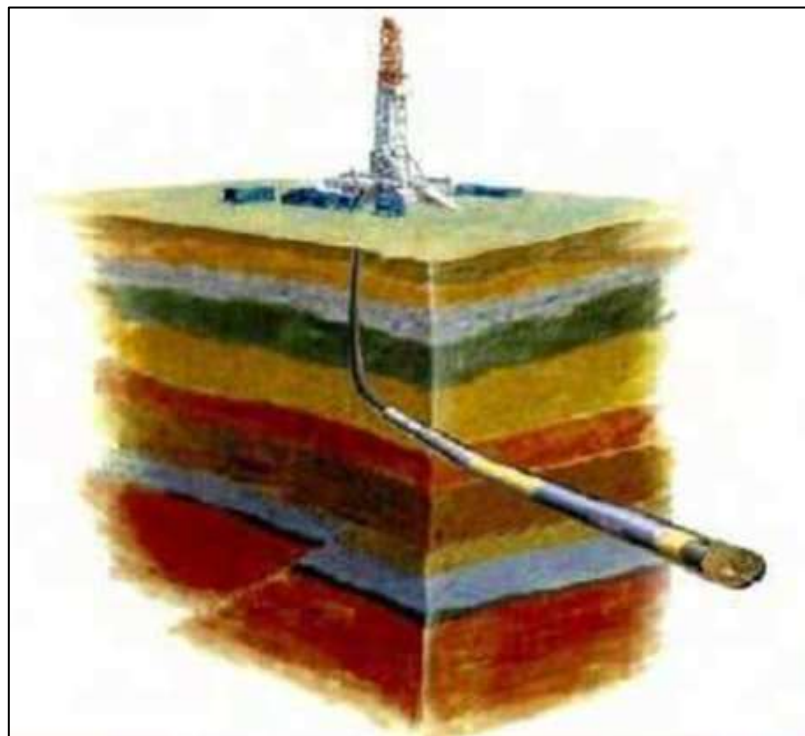


Figura 2.3 Esquema de un pozo horizontal
Fuente: PDVSA, (2011).

2.3.2.1 Ventajas

- Mejora la eficiencia de barrido.
- Incrementa la productividad del yacimiento y mejora el recobro final del mismo, debido a que se incrementa el área de contacto entre el yacimiento y el pozo.
- Reduce la conificación y/o adedamiento de los fluidos viscosos.
- Los pozos son completados en una misma arena.

2.3.2.2 Desventajas

- Altos costos de perforación, debido a que se incrementa el tiempo y el riesgo de problemas operacionales.
- Las opciones de recompletación son limitadas especialmente cuando se trata de alto corte de agua y/o alta relación gas/petróleo.
- Dificultad para bajar equipos de completación y limpieza.

2.3.3 Producción de arena

La producción de arena ocurre cuando parte del material perteneciente a la formación viaja del yacimiento al pozo y a la superficie, junto con los fluidos producidos. Este material comúnmente denominado arena, se define como toda partícula con un rango de tamaño entre 2 y 0,0625 mm de diámetro.

2.3.4 Origen de la producción de arena

El fenómeno de arenamiento tiene su origen cuando los esfuerzos desestabilizadores (esfuerzos de arrastre y gradientes de presión) son mayores que la

resistencia mecánica de la formación. Cuando esto ocurre se origina una inestabilidad, que causa el desprendimiento del material de la formación. Este desprendimiento puede ser en forma de granos individuales de arena, que se producen continuamente, o pedazos enteros de la formación. (Delgado, 2016)

Las condiciones que pueden originar la producción de arena y el estado en que probablemente se encuentra la formación detrás de la tubería de revestimiento, una vez producida dicha arena, se determinan en base a varios factores. Estos factores deben describir tanto la naturaleza del material de la formación que se produce, como las fuerzas que ocasionan la falla en la estructura de la misma, siendo ellos principalmente los siguientes:

- Cantidad y tipo de cemento que mantiene la cohesión entre los granos.
- Fuerzas de fricción existentes entre los granos.
- Presión del fluido en los poros de la roca.
- Fuerzas de presión capilar.

En base a la cantidad de arena producida, se pueden identificar tres etapas de severidad del problema de arenamiento, cada una de las cuales genera un impacto económico. La primera etapa ocurre cuando la producción de arena es baja, causando desgaste del equipo, obligando a veces, la disminución de la producción de petróleo para evitar que ocurra dicho fenómeno, creándose así un potencial de producción diferido. La segunda etapa sucede cuando la producción de arena es mediana, cuando adicionalmente al impacto técnico y económico de la primera etapa, se presenta taponamiento en la tubería, originando la inactividad del pozo, lo cual implica un mayor impacto económico por los gastos adicionales de reacondicionamiento (RA/RC) y la pérdida de producción. La tercera etapa, de mayor gravedad, ocurre cuando la producción de arena es muy alta, ocasionando todos los problemas técnicos

y económicos anteriormente descritos, pero adicionalmente la gran cantidad de arena producida deja cavernas enormes alrededor del revestidor, pudiendo éste colapsar, perdiéndose por completo el pozo.

2.3.5 Geomecánica

La geomecánica es la disciplina que estudia las características mecánicas de los materiales que conforman a las rocas de formación. Esta disciplina está basada en los conceptos y teorías de mecánica de rocas y mecánica de suelos, que relacionan el comportamiento de la formación bajo los cambios de esfuerzos producidos por las operaciones petroleras de perforación, completación y producción de pozos. (Delgado,2016)

La geomecánica es usada para entender el arenamiento, pues este fenómeno depende de la relación entre los esfuerzos desestabilizadores y la resistencia mecánica de la formación. Los mecanismos a través de los cuales se induce la producción de arena en formaciones productoras de hidrocarburos son: cohesión, tensión, corte y colapso de poros.

2.3.5.1 Cohesión

Se refiere a las fuerzas que mantienen unidos los granos de la formación y que impiden su flujo libre. La roca adquiere su cohesión a través de procesos diagenéticos (compactación, cementación, recristalización y solución de minerales). Mientras mayor sea el grado de diagénesis mayor será el grado de cohesión de la roca.

Otro factor que contribuye a la cohesión de las rocas son las fuerzas capilares que se producen entre los granos de la roca y el fluido humectante, debido a la tensión interfacial presente entre los granos, la cual crea una fuerza cohesiva en la matriz de

la roca. Esto sucede porque entre los puntos de contacto de los granos se encuentra agua, formándose un menisco que toca la superficie de los granos, donde se pone de manifiesto la tensión superficial, que generará una fuerza de adherencia entre los granos. Esta fuerza produce la cohesión aparente de la arena, originando una resistencia a la compresión y a la tracción.

Las fallas por cohesión ocurren cuando el esfuerzo normal es igual a cero, mientras que la producción de arena ocurre cuando las fuerzas de arrastre causadas por los fluidos, exceden el esfuerzo de cohesión del material. Los granos de rocas son separados y arrastrados hacia los cañoneos y por ende al pozo. (Delgado, 2016)

2.3.5.2 Tensión

Las fallas por tensión ocurren cuando la envolvente de falla intercepte el eje de las abscisas en un valor de esfuerzos de corte igual a cero (0). Las fallas por tensión pueden ocurrir, si se cumple que los esfuerzos por tensión son mayores al diferencial de presión generado alrededor del pozo. (Delgado, 2016)

$$P_{wf} \geq P + \sigma_{\theta\theta} + \sigma_t \quad (2.1)$$

Dónde:

P_{wf} = Presión de fondo fluyente (en el fondo del hoyo).

P = Presión de poro.

$\sigma_{\theta\theta}$ = Esfuerzo efectivo tangencial al hoyo.

σ_t = Esfuerzo de Tensión.

2.3.5.3 Colapso de poro

La presión de sobrecarga a la cual está sometida la formación es soportada por los granos que constituyen el esqueleto mineral del sistema, así como también por los fluidos contenidos dentro del espacio poroso. El esfuerzo al cual es sometido el esqueleto mineral es una fracción del esfuerzo total aplicado. El esfuerzo efectivo a que está sometido el material se incrementa a medida que se reduce la presión de poro. (Delgado,2016). El esfuerzo efectivo puede ser expresado analíticamente, de la siguiente manera:

$$\sigma' = \sigma + \alpha p \quad (2.2)$$

Dónde:

σ' = Esfuerzo efectivo.

σ = Esfuerzo total debido a la presión de sobrecarga.

α = Constante de Biot.

P= Presión de poro.

2.3.5.4 Corte o cizallamiento

Ocurre cuando la roca es sometida a un campo de esfuerzos de tal forma que se alcanza la resistencia al corte del material. Las fallas por corte ocurren cuando la combinación de esfuerzos intercepta la envolvente de ruptura. La resistencia de los materiales porosos es variable y aumenta con los esfuerzos compresionales. (Delgado,2016)

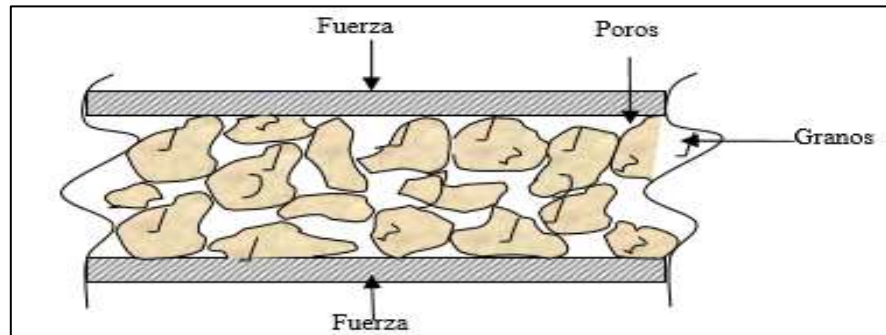


Figura 2.4 Cargas presentes en la roca
Fuente: Díaz, (2002).

2.3.6 Análisis granulométrico

Consiste en la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. El método de determinaron granulométrico más sencillo consiste en hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúen como filtros de los granos que se llaman comúnmente columna de tamices. (García, 2015)

2.3.6.1 Procedimiento para realizar análisis granulométrico.

Se recogen muestras de arena a diferentes profundidades en el momento de la perforación del pozo para llevarla al laboratorio, allí se realiza el siguiente procedimiento:

1. Verifica las profundidades de las muestras.
2. Se añade una cantidad representativa de arena en un envase enumerado.

3. Las muestras son colocadas en la campana de extracción de vapor.
4. Se agrega xileno al envase con la muestra de arena con el fin de remover el crudo de la misma. Se deja asentar y se retira el líquido presente.
5. Se vierte agua que fue calentada con anterioridad para seguir con la limpieza de las muestras, observándose que solo van resultando finos en el envase. Se retira el líquido resultante (agua mas aceite), se repite nuevamente el procedimiento cuantas veces sea necesario con agua y xileno para retirar el exceso de crudo.
6. Al observar la muestra un poco más limpia, se añade detergente líquido para ayudar al proceso de limpieza de la arena. El detergente agregado se debe retirar con agua a temperatura ambiente hasta que el líquido retirado contenga la menor cantidad de aceite posible.
7. Se llevan las muestras limpias al horno para secar, dejándose reposar por 24 horas, se realiza el procedimiento de tamizado y se pesa la muestra retenida en cada tamiz cuyos valores son graficados.

La realización del análisis granulométrico permite agrupar los suelos por tamaños, clasificandolos en fracciones gruesas que son visibles (Grava y arena) y fracciones finas microscópicas (limos y arcillas) tal como se evidencia en la tabla 2.3

Tabla 2.3 Fracciones granulométricas

Fracciones		Diámetro de las partículas (mm)	
Fracciones granulométricas gruesas	Grava (G)	Gruesa	19,00 - 75,00
		Fina	4,75 - 19,00
	Arena (S)	Gruesa	2,00 - 4,75
		Media	0,425 - 2,00
		Fina	0,075 - 0,425
Fracciones granulométricas finas	Limos (M)		Microscopio - 0,075 y 0,005
	Arcillas (C)		Microscopio electrónico - menores a 0,005

Fuente: Roca, (2009)

La figura 2.5 muestra un ejemplo de una distribución granulométrica de una muestra de arena, mientras que la tabla 2.4 muestra los tamaños de tamices utilizados para los análisis por tamiz.

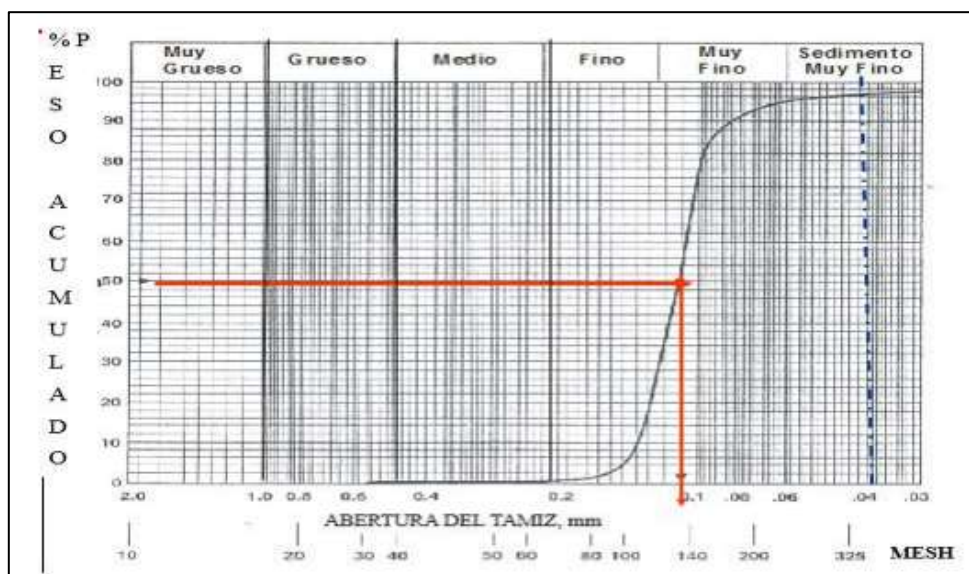


Figura 2.5 Distribución de los granos de arena de formación de un análisis granulométrico.

Fuente: Martorano, (2013).

Tabla 2.4 Tamaño de los tamices.

Número del tamiz	Abertura del tamiz (Pulg)	Abertura del tamiz (mm)
10	0,0787	2
20	0,0331	0,84
30	0,0232	0,589
40	0,0165	0,42
60	0,0098	0,25
80	0,007	0,177
100	0,0059	0,149
120	0,0049	0,124
140	0,0041	0,104
170	0,0035	0,088

Fuente: Martorano, (2013).

2.3.7 Control de arena

Se conoce así, al conjunto de técnicas mediante las cuales se disminuye, total o parcialmente, la producción de sólidos que soportan las cargas provenientes de la formación productora, los cuales se producen conjuntamente con los hidrocarburos, sin restringir la productividad del pozo. Los problemas de producción de arena suelen presentarse en aquellas formaciones no consolidadas, cuyos componentes mayoritarios son granos finos donde el material cementante no provee suficiente fuerza de cohesión como para soportar los esfuerzos ocasionados por el paso de los fluidos a través de ellos, lo que origina un desmoronamiento de la arena y por consiguiente el arrastre de las partículas más finas hacia el interior del pozo (BAKER, 1995).

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Arco de arena: arco formado alrededor de los túneles de perforación, con capacidad de soportar cargas y esfuerzos verticales. (Díaz, 2002; p105)

Arena: es el conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto por partículas cuyo tamaño varía entre 0,0625 y 2 milímetros (mm). (De Freitas, 2014; p107)

Arenamiento: Fenómeno donde el material de la formación viaja hacia el pozo y la superficie como parte de los fluidos producidos que pueden causar taponamiento. (Escobar, 2006; p20)

Arenas no consolidadas: Es un tipo de formación donde los granos de arena están en contacto uno con el otro; el material de cementación los mantiene débilmente unidos.

La fuerza de cohesión entre los granos no es lo suficientemente fuerte para resistir la fuerza de arrastre ocasionada por los fluidos. (Díaz, 2002; p105)

Caolinita: $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$, tipo de mineral de la arcilla perteneciente al grupo de caolín que se forma a través del desgaste de feldespato y mica, minerales pertenecientes al grupo. (Díaz, 2002; p106)

Grava: se denomina así a las rocas de tamaño comprendido entre 2 y 64 milímetros (mm). (De Freitas, 2014; p107)

Finos: Son aquellas partículas que poseen un tamaño entre e rango de 44 a 74 micrones. (Roca, 2009; p101)

Illita $[K_1-1.5^{+14}(Si_7-6.5Al_1- 1.5 O_{20}) (OH)_4]$: perteneciente al grupo de minerales de arcilla y se forman durante la alteración de minerales de silicato, tales como los feldespatos y la mica. (Díaz, 2002; p108)

Rehabilitación de Pozos (RA/RC): operación programada que se realiza con fines de reestablecer y/o mejorar la capacidad del intervalo productor de un pozo, o de cambiar el horizonte de producción por otro ubicado a mayor o menor profundidad. Presenta el esfuerzo requerido para ejecutar trabajos de estimulaciones, reparaciones, recañoneo y/o terminación a pozos. (Díaz, 2002; p109)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS

3.1 DESCRIBIR LAS CAUSAS QUE GENERAN ARENAMIENTO DURANTE LA PRODUCCIÓN DE CRUDOS PESADOS Y EXTRAPESADOS

La arena es producida normalmente de la formación cerca del pozo cuando las fuerzas de unión de las partículas de arena son reducidas o no hay. Para una buena predicción de la producción de arena en un campo, las causas de la producción de arena tienen que ser entendidas.

3.1.1 Grado de consolidación de las arenas

La capacidad de mantener túneles de perforación abiertos depende estrechamente del nivel de cohesión existente entre los granos de arena. La cementación de la arenisca suele constituir un proceso geológico secundario y, por lo general, los sedimentos más antiguos tienden a estar más consolidados que los más recientes. Esto significa que la producción de arena constituye normalmente un problema cuando se origina en formaciones sedimentarias terciarias que son superficiales y geológicamente más jóvenes. Las formaciones terciarias jóvenes suelen poseer poco material de matriz (material de cementación) que mantenga unidos los granos de arena, por lo que, estas formaciones suelen calificarse de "poco consolidadas" o "no consolidadas".

La Faja Petrolífera del Orinoco (FPO) cuenta con yacimientos someros con profundidades aproximadas entre 2000 y 5000 pies, que se encuentran desarrollados sobre penillanuras erosionales y los cuales se ubican principalmente en los sedimentos del terciario (arenas no consolidadas de origen deltaico) especialmente en

los de la edad del Mioceno de la Formación y escasamente en los sedimentos del Grupo Merecure y la Formación La Pascua.

Los yacimientos de la faja petrolífera del Orinoco (FPO) están constituidos por areniscas friables y poco consolidadas, las cuales son pobremente escogidas, con un tamaño de grano fino a muy grueso, subangulares y con cantidades viables de arcilla intersticial que, de acuerdo con los análisis de núcleos realizados en el área, consta principalmente de caolinita e illita (Schlumberger, 2002).

3.1.2 Reducción de la presión de poro

La presión del yacimiento sustenta parte del peso de la roca suprayacente, a medida que se agota la presión del yacimiento a lo largo de la vida productiva de un pozo, se pierde parte del soporte que poseía la roca suprayacente. La disminución de la presión del yacimiento genera una cantidad creciente de esfuerzo en la arena de formación. En un momento determinado, los granos de arena de formación podrían separarse de la matriz o triturarse, lo cual generaría finos que se producen conjuntamente con los fluidos del pozo. La compactación de la roca yacimiento por reducción de la presión de poro puede ocasionar el fenómeno de subsidencia de la superficie.

3.1.3 Viscosidad del fluido de Yacimiento

La fuerza de arrastre friccional que se ejerce sobre los granos de arena de la formación es creada por el flujo de fluido del yacimiento. Dicha fuerza es directamente proporcional a la velocidad del flujo de fluido y la viscosidad del fluido de yacimiento que se está produciendo. La fuerza de arrastre friccional sobre los granos de arena de la formación es mayor en el caso de fluidos de yacimiento de elevada viscosidad, en comparación con los de viscosidad baja. La influencia del

arrastre por viscosidad induce la producción de arena en yacimientos de crudo pesado, donde se encuentran crudos altamente viscosos de poca gravedad incluso a velocidades de flujo bajas.

Los crudos que conforman la faja petrolífera del Orinoco se caracterizan por presentar altas viscosidades, lo que genera una mayor fuerza de arrastre friccional que la originada durante la producción de crudos medianos o livianos. Aún cuando la velocidad de flujo de los crudos medianos es mucho mayor que la de los crudos pesados y extrapesados es la viscosidad la que representa el factor más influyente capaz de ocasionar producción de arena.

3.1.4 Aumento de la producción de agua

La producción de arena podría incrementarse o iniciarse cuando comience a producirse agua o aumente el corte de agua debido, posiblemente, a dos razones. En primer lugar, en el caso de una formación de arenisca mojada en agua, parte de la cohesión existente entre los granos se deriva de la tensión superficial del agua de formación que rodea a cada grano. Al inicio de la producción de agua, el agua de formación tiende a adherirse al agua producida, lo que disminuye las fuerzas de tensión superficial y, por ende, la cohesión intergranular. Se ha demostrado que la producción de agua restringe severamente la estabilidad del arco de arena que rodea una perforación, lo que a su vez da inicio a la producción de arena.

El segundo mecanismo mediante el cual la producción de agua afecta la producción de arena está asociado a los efectos de la permeabilidad relativa. A medida que aumenta el corte de agua, disminuye la permeabilidad relativa al crudo, por lo cual, se requiere un diferencial de presión mayor para producir crudo a la misma velocidad. Todo aumento del diferencial de presión en la zona cercana a la cara de la formación genera una fuerza de cizallamiento mayor en los granos de arena

de la formación. También en este caso, el aumento de los esfuerzos puede desestabilizar el arco de arena alrededor de cada perforación y, por ende, iniciar el proceso de producción de arena.

3.1.5 Migración de finos

Ocasionalmente, el fenómeno de migración de finos es confundido con el fenómeno de arenamiento. Con la palabra finos se definen aquellas partículas que pasan a través del tamiz #200, que son partículas con tamaño menor a 0,074 mm (74 micras). Los finos están compuestos por limos, partículas con tamaños entre 0,074 mm y 0,002mm, y por arcillas, partículas con tamaños menores de 0,002 mm.

El problema de arenamiento es radicalmente distinto al problema de migración de finos, desde el punto de vista del mecanismo que causa el desprendimiento de las partículas, aunque ambos están relacionados con el transporte de partículas desde la formación hacia el pozo. El desprendimiento de partículas en el arenamiento es causado por una interacción física entre los fluidos y sólidos de la formación, debido a las fuerzas de arrastre y gradientes de presión que actúan sobre el esqueleto mineral.

La migración de finos es causada, principalmente, por una interacción química entre los fluidos y sólidos de la formación, como consecuencia de cambios químicos que ocurren en los fluidos originando el desprendimiento de partículas de arcillas; caso distinto es el de los limos, los cuales no se separan de la formación, debido a que los mismos no reaccionan con los fluidos y sólidos de la formación. Las partículas de arcillas migran y pueden causar taponamiento de los poros, aumentando considerablemente el daño a la formación. Muchas veces la migración de finos y el arenamiento están relacionados, ya que al movilizarse las partículas de finos se pueden crear espacios lo suficientemente grandes, como para permitir que se muevan partículas de arena.

Como se puede observar en la tabla 3.1 las arcillas presentes en la faja petrolífera del Orinoco son Caolinita, Ilita, Ilita-esmectita y esmectita siendo la Caolinita la que se encuentra en mayor proporción.

Tabla 3.1 Porcentaje de arcillas en muestras de rocas de los diferentes bloques de la faja petrolífera del Orinoco.

	Carabobo	Ayacucho	Junín	Boyacá
Caolinita (%)	100	79	0	86
Ilita (%)	0	21	0	7
Ilita – Esmectita (%)	0	0	0	1
Esmectita (%)	0	0	0	1

Fuente: Castro, (2019)

a) Caolinita : Es el tipo de arcilla que se encuentra con mayor frecuencia en las formaciones productoras de la faja petrolífera del Orinoco. Es un aluminosilicato hidratado, $\{Al_2Si_2O_5(OH)_4\}$, muy estable. Incluye variedades polimórficas, tales como caolinita, dickita nacrita, endelita y halosita. Se caracteriza por poseer un gran tamaño (5-30 micrones en diámetro), por lo general sus cristales se presentan como un agregado de “platos o libros” pseudohexagonales débilmente adheridos a los granos lo que ocasiona una gran migración de finos de la formación. La forma de los cristales de esta arcilla cuando se desplazan hacia los poros de la formación ocasiona muchas veces una reducción de la garganta poral aumentando así los efectos desestabilizadores que dan origen al arenamiento.

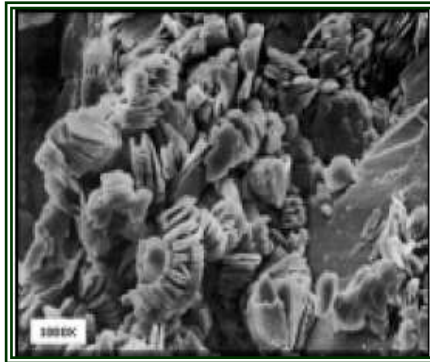


Figura 3.1 Fotomicrografía de la Caolinita.

Fuente: Cesín, K., Gómez, G. (2013)

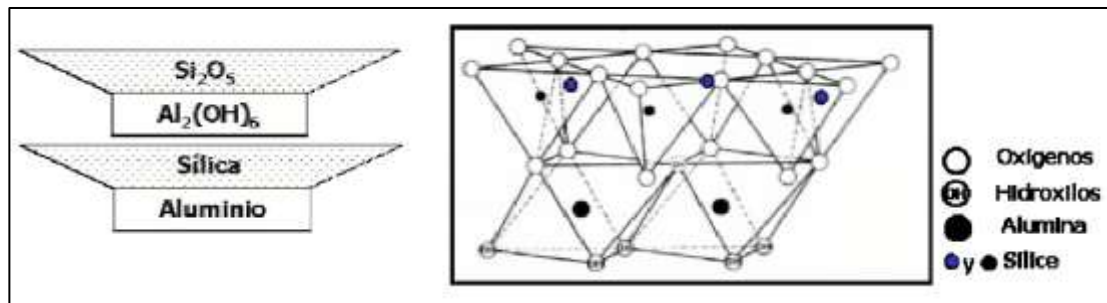


Figura 3.2 Diagrama esquemático de la estructura de la caolinita

Fuente: Cesín. (2013)

b) Iilita: La iilita es un grupo de mineral de arcillas con una estructura cristalina similar a la de la esméctica, es el segundo tipo de arcillas que se presenta en mayor proporción en la faja petrolífera del Orinoco, después de la Caolinita. Es un aluminosilicato de composición química general $(H_3O,K)_y(Al_4.Fe_4.Mg_4.Mg_6)(Si_{8-y}Al_y)O_{20}(OH)_4$. Existen dos tipos: la iilita autigénica que crece en los poros como masa de largas fibras similares a pelos y la iilita detrítica que se presenta como una masa floculada. La iilita que se encuentra en la faja es principalmente de tipo autigénica ocasionando problemas debido a sus características o forma.

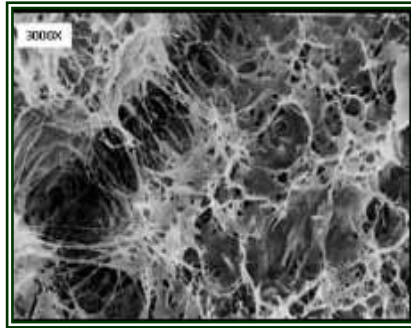


Figura 3.3 Fotomicrografía de la Illita.
Fuente: Cesín. (2013)

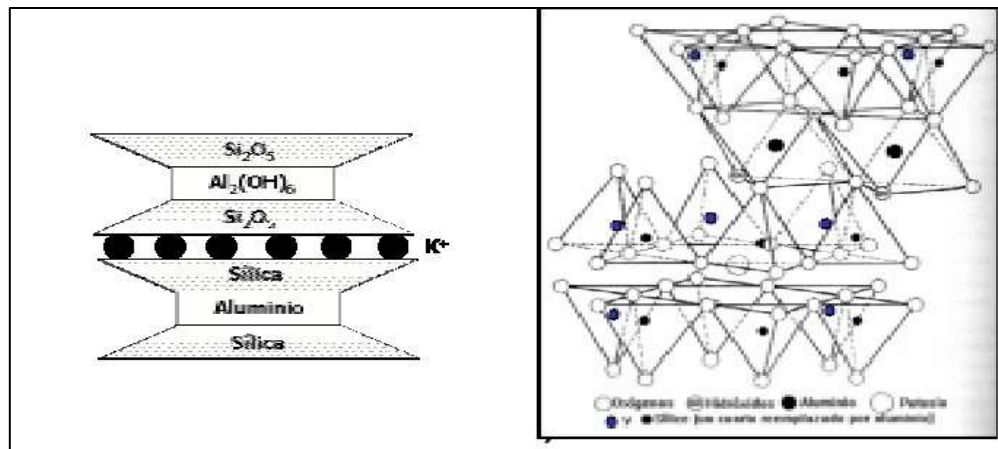


Figura 3.4 Diagrama esquemático de la estructura de la illita
Fuente: Cesín. (2013)

- c) **Esmectita:** Este término comprende un amplio grupo de arcillas sensibles al agua como la montmorillonita, nontronita, saponita, hectorita, beidelita, estevensita y vermiculita, conocidas comúnmente como montmorillonita. Representa el tercer grupo de arcillas que se encuentran presentes en la faja petrolífera del Orinoco aún cuando el contenido de ésta se encuentra en muy baja proporción en comparación con las cantidades de Caolinita e illita. (Ver tabla 3.1)

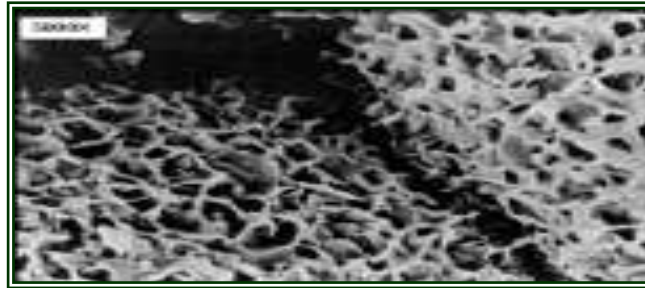


Figura 3.5 Fotomicrografía de la Esmeclita.
Fuente: Cesín. (2013)

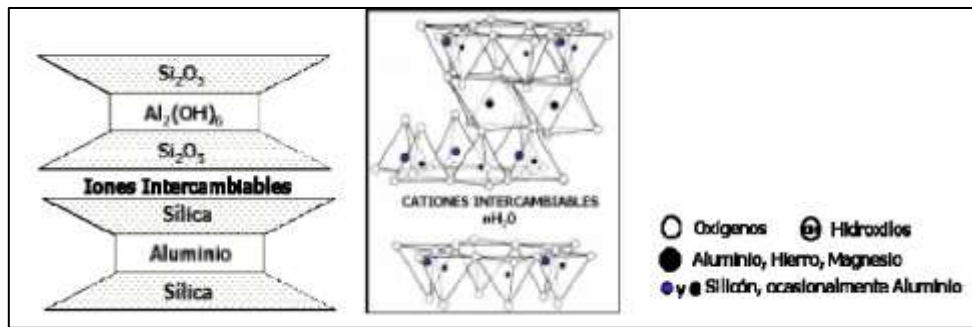


Figura 3.6 Diagrama esquemático de la estructura de la esmeclita
Fuente: Cesín. (2013)

El mejor método para la determinación del contenido de arcillas en una formación es la obtención de una muestra representativa de arena de ésta, y análisis de espectroscopía electrónica de barrido, petrografía de secciones finas y difracción de Rayos "X".

En el control de arenas, realmente no importa tanto el tipo de arcilla presente como su cantidad y ubicación. El daño a la formación por arcillas hidratables es un problema tan importante en el control de arenas como lo es en cualquier otro tratamiento.

3.2 DEFINIR LOS PRINCIPALES PROBLEMAS OCASIONADOS POR EL ARENAMIENTO DE LOS POZOS PRODUCTORES.

Los efectos de la producción de arena son casi siempre perjudiciales para la productividad a corto y/o a largo plazo del pozo. Si bien algunos pozos normalmente experimentan una producción de arena dentro de límites “manejables”, estos pozos constituyen la excepción y no la regla. En la mayoría de los casos, tratar de manejar los efectos de una producción severa de arena a lo largo de la vida del pozo no representa una opción operativa económicamente atractiva o prudente. (EXXON, 1995)

La producción de arena en los pozos puede ocasionar múltiples inconvenientes, los cuales están relacionados con las grandes inversiones para el mantenimiento y reparación de los equipos afectados, tanto en el sub-suelo como en la superficie. Los problemas más comunes son:

3.2.1 Asentamiento de arenas

Puede ocurrir tanto en los equipos de superficie como en el fondo del pozo. Cuando la velocidad de producción es lo suficientemente rápida para transportar arena hacia arriba por la tubería de producción, esta arena se queda atrapada en el separador, la caldera o la tubería de producción (Figura 2.5). Si el volumen de arena que permanece atrapada en alguna de estas áreas es suficientemente grande, será necesario efectuar una limpieza para que el pozo pueda producir eficazmente. Con el fin de restablecer la producción, habrá que cerrar el pozo, abrir el equipo de superficie y extraer manualmente la arena. En este caso, no solo deberán considerarse los costos de limpieza, sino también aquellos que genera el diferimiento de la producción.

Por otro lado, cuando la velocidad de producción no es suficientemente elevada como para arrastrar arena hasta la superficie, ésta queda bloqueada en la tubería de producción o cae y empieza a llenar el interior de la tubería de revestimiento. Tarde o temprano, el intervalo productor podría quedar totalmente cubierto de arena. Cualquiera que sea el caso, la tasa de producción disminuirá hasta que el pozo este totalmente arenado y la producción se detenga. En situaciones como ésta, se requiere adoptar medidas correctivas para limpiar el pozo y restablecer la producción.



Figura 3.7 Asentamiento de arenas en las tuberías.
Fuente: Wikipedia.

3.2.2 Colapso de la formación

Los fluidos producidos podrían arrastrar consigo grandes volúmenes de arena hacia afuera de la formación. Si la velocidad de producción de arena es suficientemente elevada y el proceso se extiende por un lapso largo, se desarrollará un vacío detrás de la tubería de revestimiento, ampliándose continuamente a medida que se produce más arena. Cuando el vacío es lo suficientemente grande, la lutita o formación suprayacente podría colapsar hacia él, debido a la falta de material que proporcione el soporte (BAKER, 1995)

3.2.3 Erosión

La erosión se refiere al desgaste de un material, que puede ser roca o acero, debido a la acción abrasiva continua de una lechada cargada con sólidos. Para que se produzca erosión, se requiere una alta velocidad de fluido, del orden de los cientos de pies por segundo, y algún contenido de sólidos, especialmente arena (Schlumberger, 2020).

Los factores que determinan la relación de erosión conforme con las partículas de arena son:

- La velocidad de flujo de arena y la forma en la que es transportada a través de la tubería.
- La velocidad, la viscosidad y la densidad del fluido a través de los componentes.
- El tamaño, la forma y la dureza de las partículas.



Figura 3.8 Ejemplo de erosión en las tuberías
Fuente: Delgado, J. (2016)

3.2.4 Corrosión

La corrosión se refiere a la pérdida de metal debido a reacciones químicas o electroquímicas, la cual, a la larga, podría destruir una estructura. La corrosión puede producirse en cualquier lugar del sistema de producción, ya sea en el fondo del pozo o en las líneas y el equipamiento de la superficie. El índice de corrosión variará con el tiempo según las condiciones particulares del campo de petróleo, tales como la cantidad de agua producida, las operaciones de recuperación secundaria y las variaciones de presión (Schlumberger, 2020).

La corrosión es un fenómeno natural que ocurre cuando el metal reacciona al medio ambiente donde se encuentra. En un flujo puramente corrosivo, sin partículas en éste, los componentes de tuberías nuevas normalmente son corroídos muy rápidamente hasta que se forma una capa frágil desarrollada sobre la superficie expuesta al fluido. Después de esta capa que se ha desarrollado entre el metal y el fluido que sustancialmente reduce la relación de penetración.



Figura 3.9 Ejemplo del problema corrosivo en las tuberías.

Fuente: Delgado. (2016)

3.2.5 Corrosión por erosión

La corrosión por erosión, tiene generalmente el aspecto de pequeños hoyos lisos. El ataque también puede exhibir un patrón direccional relacionado con la trayectoria tomada por el corroyente, al igual que por movimientos sobre la superficie del metal. La corrosión por erosión prospera en condiciones de alta velocidad, turbulencia de choque, etc. De manera frecuente, aparecen en bombas, mezcladores, tuberías, particularmente en curvas y codos. Las partículas en suspensión duras también son frecuentes causantes de problemas. Esto se evita mediante cambios en el diseño o seleccionando un material más resistente: Este material, además de ser más duro, generalmente debe presentar una resistencia a la corrosión superior incluso en condiciones estancadas o sin movimiento de fluidos. (Barton, 2003).

En la figura 3.10 se puede observar claramente una tubería la cual presenta un gran daño debido a los efectos de corrosión por erosión. En la tabla 3.2 se visualizan el tipo de daño o problema ocasionado por la producción de arena en cada uno de los nodos desde el yacimiento hasta el tanque de almacenamiento.



Figura 3.10 Tubería que presenta Corrosión por erosión
Fuente: Delgado. (2016)

Tabla 3.2 Consecuencias de la producción de arena en cada nodo.

	Yacimiento- Fondo	Fondo- Cabezal	Cabezal- Separador	Separador- Tanque
Consecuencias	Daño a la formación	-Erosión de los equipos de producción en fondo. -Colapsos de tubería	Pérdidas de producción	-Erosión de equipos y facilidades de superficie. -Disposición ambiental de las arenas.

Fuente: Delgado, (2016)

3.3 IDENTIFICAR LAS TÉCNICAS DE CONTROL DE ARENAS QUE PUEDEN SER APLICADAS.

La selección de un método de control de arena depende de varios factores operativos, de campo y económicos. Estas técnicas pueden ser clasificadas como mecánicas, químicas y mecánicas/químicas. Las mecánicas previenen la producción de arena con tuberías ranuradas, rejillas o empaque con grava, que detienen los granos de gran tamaño de la arena de formación y estos, a su vez, detienen los granos más pequeños. La técnica de control química envuelve la inyección de materiales cementantes dentro de formación para consolidar los granos de la arena.

3.3.1 Técnicas Químicas

Se basan en la consolidación de los granos de arena de formación, a través de la inyección de resina, la cual cubre los granos de arena y propicia la unión entre ellos. Luego de ser inyectada la resina, se deja cierto tiempo de manera que se seque y así

cementará los granos de arena uno a uno proporcionando una especie de red de granos compactos.

Se pueden mencionar como técnica química la consolidación plástica la cual envuelve el proceso de inyectar resina a la formación naturalmente poco consolidada para proporcionar cementación de los granos mientras todavía se mantiene suficiente permeabilidad. De ser exitoso el empleo de esta técnica, el aumento de la resistencia a la compresión de la formación será suficiente para soportar las fuerzas de arrastre generadas mientras se realiza la producción de crudos pesados. Un tratamiento de consolidación plástica es exitoso si logra:

- Adición de resistencia a la formación.
- Mantenimiento de la permeabilidad de la formación.

La técnica de consolidación plástica origina el aumento en la resistencia a la compresión de la formación, lo cual permite seguir produciendo a las tasas deseadas. Existen tres tipos de resinas utilizadas: epóxicas, furanos y fenólicas puras, éstas al entrar en contacto con la formación, se encuentran en estado líquido y mediante un catalizador se logra la consolidación. Estos catalizadores pueden ser internos o externos.

Los catalizadores internos se mezclan con la solución de resina en la superficie y requieren tiempo y/o temperatura para endurecer la resina, la desventaja que se presenta al utilizar este tipo de catalizadores, es la posibilidad de que se produzca un endurecimiento prematuro en la sarta de trabajo. Los catalizadores externos se inyectan después que la resina está en su lugar.

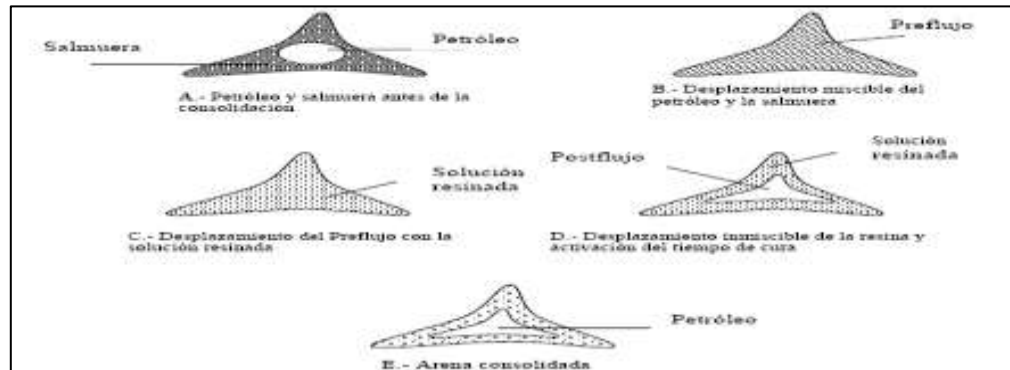


Figura 3.11 Cambios de saturación durante el proceso de consolidación plástica.
Fuente: Wikipedia.

3.3.2 Técnicas mecánicas.

Estas técnicas o métodos previenen la producción de arena de formación mediante el uso de rejillas o tuberías ranuradas y empaquetamiento con grava, ellos se basan en la formación de un puente o filtro, de manera que los granos de mayor diámetro son punteados en las ranuras de tuberías ranuradas o rejillas y/o en los empaquetamientos con grava y estos a su vez sirven de puente a los granos más pequeños de la formación.

3.3.2.1 Tubería Ranurada

Esta técnica consiste en colocar un tubo ranurado frente a la formación productora. Estos tubos son generalmente tubulares API, en los cuales se ha cortado ranuras verticales u horizontales con un tamaño determinado.

Constituyen la manera más sencilla de controlar la producción de arena en pozos horizontales dependiendo lógicamente del grado de consolidación de la arena a producir. Este mecanismo debe emplearse, solo si se tiene una arena bien distribuida y limpia, con un tamaño de grano grande, porque de lo contrario la rejilla o forro

terminaría taponándose. Las tuberías actúan como filtros de superficie entre la formación y el pozo, puesto que el material de la formación se puentea en la entrada del liner. Las tuberías ranuradas previenen la producción de arena basados en el ancho de las ranuras o aperturas para el flujo, denominado también calibre, creando así un filtro que permite la producción de petróleo (Hernández, 2013).

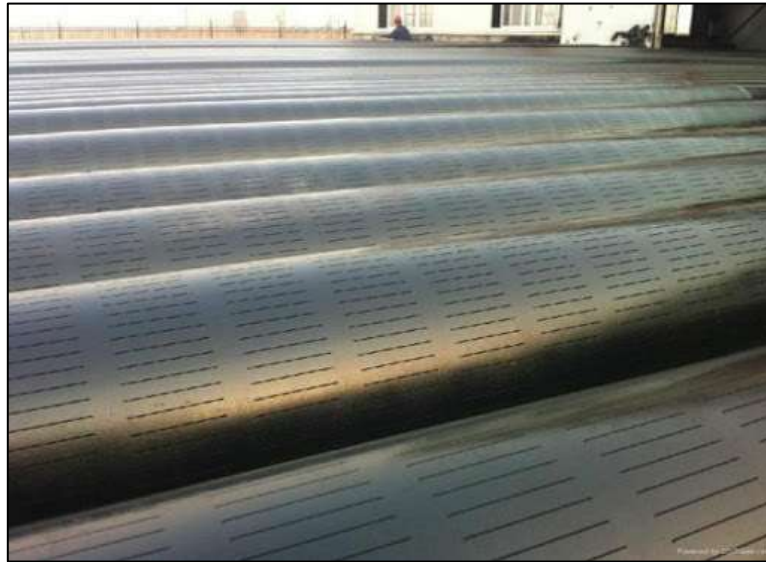


Figura 3.12 Tuberías ranuradas

Fuente: Valera. (2013).

Entre las tuberías ranuradas se pueden encontrar tuberías con ranuras rectas o trapezoidales de acuerdo a su uso y a las características de los pozos que se están completando (ver figura 3.14). La ranura en forma de trapecio es más estrecha en la cara exterior del tubo, en comparación con la parte interior y tiende menos a taponarse, porque las partículas pasan a través de la ranura en el diámetro exterior y no se quedan alojadas dentro de la ranura. La implementación de este tipo de ranuras, se recomienda para formaciones donde se requiera mayor control en la producción de arenas debido a su capacidad auto-limpiante que ayuda a prevenir obstrucciones por finos.

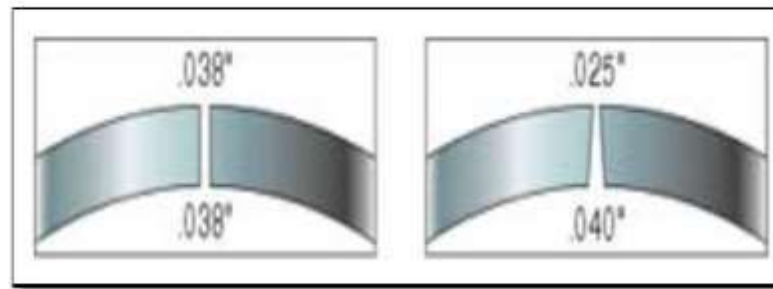


Figura 3.13 Tipos de ranuras
Fuente: www.tietca.com/files/0201.htm

3.3.2.2 Rejillas

Las rejillas son nuevas tecnologías de métodos mecánicos de control de arena las cuales ofrecen una mayor área abierta al flujo en comparación con la tubería ranurada. Las rejillas poseen un medio filtrante y son aplicables en pozos donde métodos de control de arena tales como empaque con grava son difíciles de instalar. (Valera, 2013).

a) Rejillas a hoyo desnudo:

Las rejillas a hoyo desnudo se refieren a la instalación de rejillas para retener la producción de arena de formación sin la utilización de un empaque con grava entre la rejilla y la formación. Esto debido a que la colocación de un empaque con grava aumenta los costos de completación. Cuando la rejilla es instalada como una rejilla a hoyo desnudo y la arena es producida, la arena se empaquetará alrededor de la rejilla y generará una caída de presión adicional a medida que el flujo fluye a través de la arena.

b) Rejillas expansibles:

Constan de un diámetro reducido que se expande contra la pared del pozo, después de bajarse al mismo. La geomecánica indica que, si los filtros de grava ejercen fuerza contra las paredes del pozo, los de grava expansibles pueden prevenir la producción de arena ya que se requieren de mayores fuerzas de compactación para iniciar las fallas en las rocas y comenzar la producción de arena en la interfaz formación – pared del pozo. Para reducir el diámetro inicial, las capas superpuestas de los filtros quedan sobre un tubo base ranurado y una cubierta protectora de este con agujeros perforados.

Luego de que se bajan los filtros de grava al pozo, se empuja un mandril a través del ensamblaje expandiendo las ranuras del tubo base, los filtros y los agujeros de la cubierta externa de la pared del pozo, con el fin de proporcionar integridad al control de la producción de arena. Las capas de los filtros se abren deslizándose una encima de la otra y el diámetro externo aumenta casi un 50%.



Figura 3.14 Rejilla expansible

Fuente: Halliburton, (2005)

c) Rejillas pre-empacadas:

Las rejillas pre-empacadas son un filtro de dos etapas, con las envolturas externas e internas de la rejilla que entrapan el medio filtrante. El medio filtrante (típicamente grava) no deja pasar los granos de la formación más pequeños, esta arena actúa como agente puenteante cuando se produce arena de formación mientras que la envoltura exterior de la rejilla filtra los granos de la formación mas grandes, las rejillas pre-empacadas se aplican en zonas donde la utilización del empaque con grava es difícil (zonas largas, pozos muy desviados, pozos horizontales y formaciones heterogéneas) (Mantilla, 2009).



Figura 3.15 Rejilla Pre-empacada

Fuente: Wikipedia.

La tabla 3.3 refleja los beneficios que se obtienen gracias al empleo de este tipo de rejillas pre empacadas así como también refleja las limitantes por las cuales en algunos casos no representan la técnica idónea de control de arena a emplear.

Tabla 3.3 Ventajas y desventajas de las rejillas pre empacadas.

Beneficios	Limitaciones
A pesar de ser pre-empacadas no se aumenta el radio externo de las rejillas.	Es muy propensa a daños físicos durante su asentamiento en el pozo.
En algunos casos son menos costosas que las tuberías ranuradas de gran diámetro.	La grava consolidada es poco resistente a la erosión.
Poseen mayor capacidad de flujo por pie.	La grava consolidada al igual que los sistemas de consolidación plástica son poco resistentes a la acción de ácidos, vapor, etc
	La productividad de los pozos se reduce cuando las aberturas se taponan.

Fuente: Mantilla. (2009)

d) Rejillas premium MeshRite

Según De Freitas (2014) “las rejillas MeshRite son un tipo de rejilla premium la cual es una alternativa al empaque con grava que permite un control de arena, productividad óptima y reduce los costos de completación”.

Son pre-empacadas con una lana de acero que ofrece un revolucionario sistema de control de arena, tan efectivo como los empaques con grava y tan económico como el sistema de rejillas convencionales. Su funcionamiento se basa en los principios de estabilización de partículas de arena y en la optimización del colchón de lana metálica. Mediante la compresión de la lana metálica una amplia variedad de tamaño de poros es obtenida, y muchos tamaños de arena (incluso de formación) se empaican alrededor de la rejilla disminuyendo el efecto de daño, evitando el taponamiento y logrando a su vez la estabilización de partículas.

La construcción mecánica de estas rejillas parte de un tubo base que se perfora para alcanzar áreas abiertas desde el 15% hasta 25% de la superficie. Las fibras de acero inoxidable extruido en forma triangular se comprimen en una operación que permite la formación de espacios angulares en un rango desde 15 micrones hasta 600 micrones. La geometría tridimensional maximiza la porosidad y la permeabilidad dentro del medio filtrante. Una camisa de acero con más de 40% de área abierta recubre y protege esta capa de fibra comprimida (Figura 2.11).

Los filtros MeshRite son adecuados para la producción convencional y de petróleo pesado (caliente o frío) en pozos horizontales largos, especialmente donde la arena no está bien definida y puede variar del talón a la punta. Pozos con ciclo de vapor y pozos con drenaje gravitacional asistido por vapor, que se completan con MeshRite, requieren menos acondicionamiento que los filtros con tejido poroso. Además, posee una alta capacidad de flujo para pozos de agua y gas.

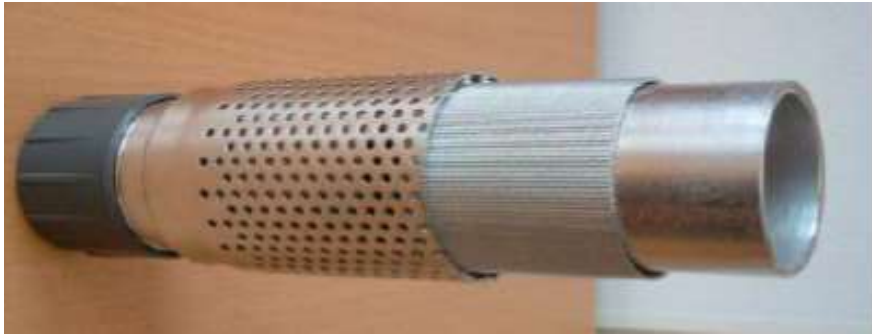


Figura 3.16 Rejilla Premium MeshRite

Fuente: Valera. (2013)

Aplicaciones de las rejillas Premium MeshRite

- Pozos horizontales de radio corto.
- Reservorios con múltiple tamaño de arena.
- Pozos de petróleo o gas con arenas no consolidadas.
- Pozos para inyección de vapor.
- Pozos a hoyo desnudo.
- Completaciones a hoyo desnudo o empacadas.

Ventajas de MeshRite en aplicación de empaque con grava.

- Se ha probado en aplicaciones de hoyo abierto, donde si el empaque no es del 100%, aún existe un efectivo control de arena.
- Puede recurrirse a completación hoyo desnudo si se encuentran problemas con el hoyo.
- Efectiva con cualquier tamaño de grava, solo se requiere tener un tipo de rejilla en inventario.
- Es más resistente, por lo que puede colocarse en hoyo abierto con condiciones críticas, sin operaciones de acondicionamiento.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Venezuela posee la acumulación de crudos pesados y extrapesados más grande del mundo, concentrándose la mayoría de estas reservas en la faja petrolífera del Orinoco.
- La producción de hidrocarburos en la faja petrolífera del Orinoco lleva consigo una gran producción de arena en conjunto con los fluidos.
- La migración de finos es una de las principales causantes de la producción de arenas en la faja petrolífera del Orinoco.
- El arenamiento representa un factor no deseado durante la producción de hidrocarburos debido a los costos que acarrea.
- Las tuberías ranuradas con ranuras trapezoidales constituyen la manera más sencilla y eficaz de controlar la producción de arena en pozos horizontales.
- El uso de rejillas premium mesh-rite representan una herramienta eficiente de control de arena en los yacimientos de crudos pesados y extra pesados con baja consolidación de arenas.

4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar estudios que consideren la geología de la faja petrolífera del Orinoco, así como también, las características de los hidrocarburos que en ésta están contenidos para de esta forma escoger el mejor plan de producción.
- Ampliar el conocimiento acerca de las arcillas, especialmente la Caolinita que es la que se encuentra en mayor proporción en la faja petrolífera del Orinoco.

- Evaluar la rentabilidad económica de la producción actual en relación con los gastos operativos asociados al manejo y mantenimiento de equipos dañados ocasionado por la producción de arena.
- Realizar un estudio económico que facilite la escogencia de las técnicas de control de arena en el cual se analicen los gastos de aplicación y beneficios a obtener a corto, mediano y largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER HUGHES INTEQ. (1995). “Tecnología de completación para formaciones inconsolidadas”. España
- CASTRO, Y. SÁNCHEZ, D. VILORIA, A. (2019). “Efecto de composición mineral de arenas sobre generación de gases ácidos en crudos pesados a condiciones de inyección de Vapor”. Revista de Ingeniería UC, Vol. 26, N°1
- CIED PDVSA (1997). “Completación y reacondicionamiento de pozos”. p.02
- CIED PDVSA (1999). “Rehabilitación de pozos”. p.110
- CORROSIÓN. (2020). [Página web en línea]. Disponible en: <https://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/c/corrosion.aspx>
- DÁVILA, E. (2015). “Factibilidad técnico-económica de la aplicación de los dispositivos de control de flujo autónomos y el impacto del arenamiento en su desempeño a ser evaluadas en las arenas “d” de la formación oficina, bloque Junín”. Tesis de grado. Departamento de petróleo, Universidad Central de Venezuela.
- DE FREITAS, P. RUBINO, F. (2014). “Evaluación de la terminación de pozos en la faja petrolífera del Orinoco para el control de arena en las fases fría y térmica”. Tesis de grado. Departamento de petróleo, Universidad Central de Venezuela.
- DELGADO, J. (2016). “Estudio del problema de arenamiento en pozos productores de gas, Propuesta de modelo”. Trabajo De grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma De México.
- DÍAZ, C. DÍAZ, Y. (2002). “Diagnóstico del problema de producción de arena y desarrollo de una metodología para la selección del método más adecuado para su control en el área mayor de Socororo”. Tesis de grado. Departamento de petróleo, Universidad Central de Venezuela.
- EROSIÓN. (2020). [Página web en línea]. Disponible en: <https://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/e/erosion.aspx>
- ESCOBAR, F. (2006). “Fundamentos de Ingeniería de yacimientos” Colombia: Guadalupe.

- EXXON. (1995). Manual de completación. Tecnologías de completación para formaciones no consolidadas.
- GARCÍA, F. (2015). “Selección del método de control de arena para la completación de los pozos del área extrapesado del Distrito Morichal”. Tesis de grado. Departamento de petróleo, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas.
- HERNÁNDEZ, A. (2013). “Evaluación del uso de tubería con ranuras trapezoidales para control de arena en pozos productores del yacimiento S5 MFB-163, campo Bare, Distrito San Tomé”. Tesis de grado, Departamento de petróleo, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas.
- JOE, A. (2004). “Métodos prácticos de manejo de la producción de arenas”. Artículo de SPE.
- MANTILLA, M. (2009). “Evaluación de los mecanismos de control de arena en los pozos productores de petróleo del área Dación este del Distrito San Tomé”. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas.
- MARTÍNEZ, E. (2008). “Evaluar el comportamiento de producción de los pozos horizontales completados en la arena masiva del bloque III en el campo Uracoa”. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas.
- ROCA, E. (2009). “Evaluación de las técnicas de control de arenas aplicables a los pozos horizontales del campo cerro negro, Distrito Morichal, Estado Monagas”. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería y ciencias aplicadas. Universidad de Oriente, Núcleo Monagas.
- VALERA, A. (2013). “Evaluación de los métodos de control de arena empleados en los pozos horizontales perforados entre 2009 y 2011 en los campos asignados al Distrito Morichal”. Tesis de grado, Departamento de petróleo, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas.

HOJAS METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	Estudio de los problemas de arenamiento durante la producción de crudos pesados y extrapesados en los pozos horizontales de la faja petrolífera del Orinoco
---------------	--

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Aurea Cequea, Roxana María	CVLAC	C.I: 25.672.953
	e-mail	Roxanamary6929@gmail.com
Marcano Marval, Beny Gabriela	CVLAC	C.I: 24.597.804
	e-mail	Gaby39bg@gmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

Palabras o frases claves:

arenamiento
crudos pesados
control de arenas
curso especial de grado

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y ciencias aplicadas	Ingeniería de Petróleo

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

Resumen (Abstract):

La faja petrolífera del Orinoco de acuerdo a su estratigrafía y las características de los hidrocarburos que posee acarrea durante la producción de éstos grandes índices de arenamiento, lo que da lugar a problemas de erosión, corrosión y asentamiento de arenas (tanto a nivel de fondo como de superficie). El arenamiento se refiere a la producción de pequeñas o grandes partículas de sólidos junto con los fluidos que son producidos del yacimiento, debido principalmente a la baja consolidación de la formación productora, lo que puede ocasionar pérdidas de pozos, reemplazo de tuberías y aumento de la frecuencia de trabajos de mantenimiento a pozos e instalaciones de superficie, repercutiendo altamente en las inversiones y gastos de las empresas petroleras. Por tal razón, el presente estudio se realizó con la finalidad de describir las causas que originan la producción de arenas en la faja petrolífera del Orinoco, así como también, definir los problemas que éste acarrea para así poder analizar las técnicas idóneas a emplear para el control de arenas. Se concluyó que los principales causantes del arenamiento son la baja consolidación de las arenas y las altas viscosidades del crudo causando principalmente daños a la formación y a los equipos por asentamiento de arenas. De las técnicas de control de arena que pueden ser aplicadas el empaque con grava a hoyo desnudo y el uso de tuberías ranuradas representan los más comunes y económicas sin embargo son las rejillas pre empacadas mesh rite las que brindan mejor manejo y control de arenas.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail		
Ing. Milagros Sucre	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☐	
	CVLAC	C.I. 4183842	
	e-mail	milagrossucre@gmail.com	
Ing. Martha Espinoza	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☐	
	CVLAC	C.I. 8396941	
	e-mail	espinozamrel@hotmail.com	
Ing. Hortensia Calzadilla	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☐	
	CVLAC	C.I. 11781853	
	e-mail	horte@hotmail.com	
Ing. Henry Martínez Lara	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☐	
	CVLAC	C.I. 8359836	
	e-mail	henryudo@gmail.com	

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad).. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2020	10	22

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa

Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
NMOCTG_ACRM2020

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: inespacial
Temporal: intemporal

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero de Petróleo

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo:

Ingeniería

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Tecnología y Ciencias Aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30
Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLANOS CURELO
Secretario



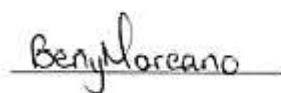
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/manja

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 6/6

De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.



Beny Marciano

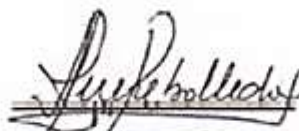
C.I: 24.597.804



Roxana Aurea

C.I: 25.672.953

Autor (es)



Ing. Milagros Sucre

Asesor académico