



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**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**

**REALIZADO POR:  
AURA JOSEFINA VALERA RODRÍGUEZ**

**Trabajo Especial de Grado Presentado como Requisito Parcial para Optar al  
Título de:  
INGENIERO DE PETRÓLEO**

**MATURÍN, 07 DE AGOSTO DEL 2013**

## APROBADO POR:

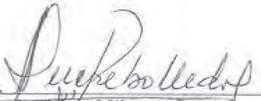


UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO

### ACTA N° 1901

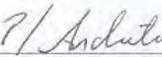
En Maturín siendo las 10:00 a.m del día 7 de agosto de 2013 reunidos en la Sala "Dr. Luis Manuel Peñalver", Campus Los Guaritos del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los profesores: **Ing. Milagros Sucre (Asesor Académico)**, **Ing. Martha Espinoza (Jurado)**, **Ing. Jaime Díaz (Jurado)**, **Ing. Nelson Peralta (Asesor Industrial)**.  
A fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado para obtener el Título de **Ingeniero de Petróleo**, se procedió a la presentación del Trabajo de Grado, titulado: **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**. Por la Bachiller: **AURA JOSEFINA VALERA RODRIGUEZ C.I. 18 386 143**. El jurado, luego de la discusión del mismo acordó calificar como APROBADO con la siguiente Mención \_\_\_\_\_

Por el Jurado:

  
Prof. Ing. Milagros Sucre  
C.I. 4 183 842  
Asesor Académico

  
Prof. Ing. Martha Espinoza  
C.I. 8 369 941  
Jurado

  
Prof. Ing. Jaime Díaz  
C.I. 16 312 449  
Jurado

  
Ing. Nelson Peralta  
C.I. 16 257 767 C.S. 16575618  
Asesor Industrial

Por la comisión de Trabajos de Grado:  
Reglamento de Trabajo de Grado  
Artículo 16. Literal J.



DEL PUEBLO VENIMOS / HACIA EL PUEBLO VAMOS

Av. Universidad, Campus Los Guaritos, Maturín Estado Monagas, Apartado Postal N° 6201.  
Teléfono 0291-3004010. e-mail: petroleo.monagas@udo.edu.ve

## **RESOLUCIÓN**

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO: *“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD, Y SOLO 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**

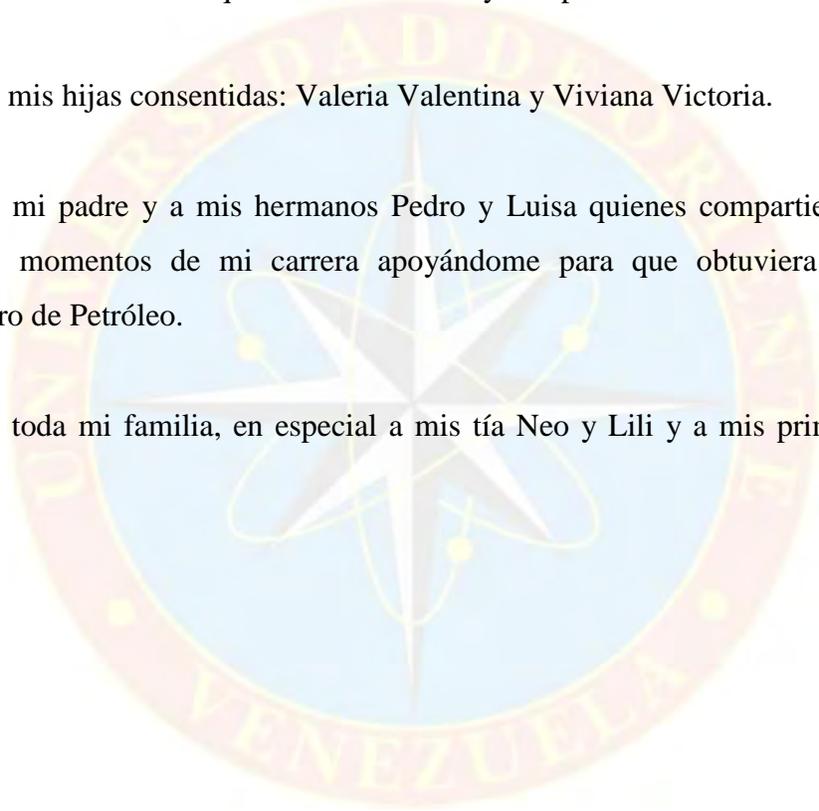
A mi Dios Todopoderoso, que nunca me abandona quien me dio la fortaleza y la dedicación que necesitaba para llevar a cabo la realización de este trabajo.

A mi Madre Bella quien es mi sustento y compañera.

A mis hijas consentidas: Valeria Valentina y Viviana Victoria.

A mi padre y a mis hermanos Pedro y Luisa quienes compartieron conmigo muchos momentos de mi carrera apoyándome para que obtuviera el título de Ingeniero de Petróleo.

A toda mi familia, en especial a mis tía Neo y Lili y a mis primas Evelyn y Kerlyn.



## AGRADECIMIENTOS

Día a día agradezco a ti Señor JEHOVA por crearme, por la vida que me regalaste, por darme una nueva oportunidad cada vez que sale el sol. Gracias Señor porque no permitiste que desistiera de mis estudios, por darme salud y por darme la oportunidad de realizar este trabajo.

A mi madre quien fue mi mayor ayuda humana agradezco con todo mi corazón. Gracias por ser mi Madre.

A toda mi familia y amigos quienes compartieron conmigo en un día a día de una vida universitaria.

A mis asesores tanto académicos como industriales quienes permitieron el éxito de este trabajo.

**Gracias a todos.**

## ÍNDICE

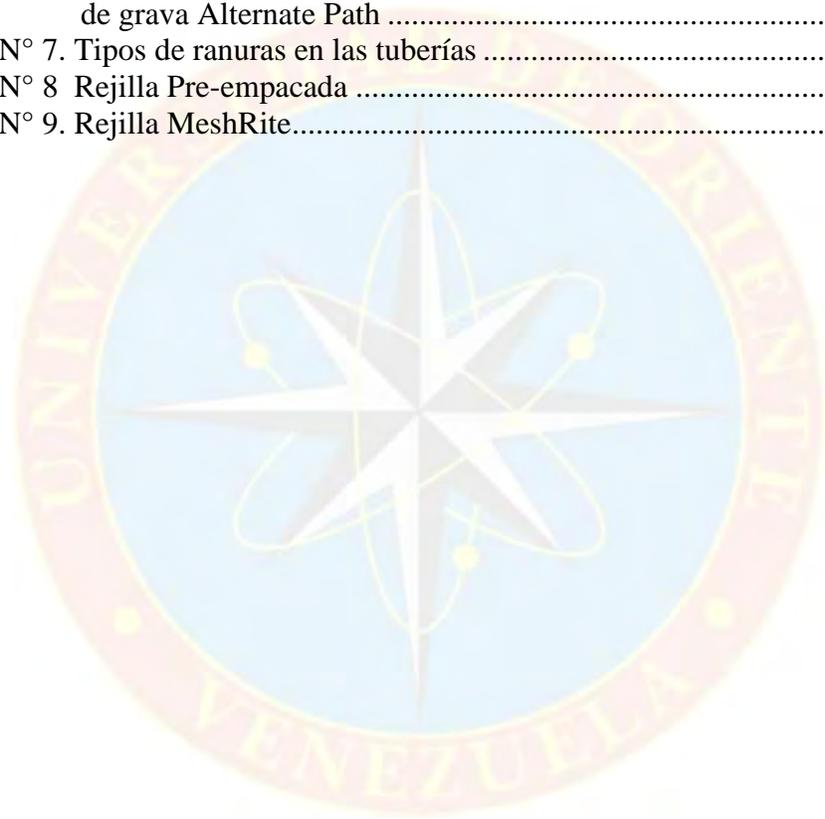
<b>APROBADO POR:</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESOLUCIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>2</b>
<b>EL PROBLEMA</b> .....	<b>2</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	5
2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	6
2.3 BASES TEÓRICAS .....	8
2.3.1 Completación de pozos.....	8
2.3.2 Pozos horizontales .....	8
2.3.3 Esquema mecánico de construcción de pozos horizontales en el Distrito Morichal.....	10
2.3.4 Control de arena.....	11
2.3.4.1 Factores que originan la producción de arena .....	12
2.3.4.2 Problemas ocasionados por la producción de arena .....	15
2.3.4.3 Influencia de las arcillas y lutitas en el control de arena .....	16
2.3.5 Métodos mecánicos de control de arena.....	17
2.3.5.1 Empaque con grava.....	18
2.3.5.2 Empaque con grava y recubrimiento de resina.....	20
2.3.5.3 Empaques de grava en pozos horizontales. ....	21
2.3.5.4 Selección de la grava: .....	26
2.3.5.5 Tubería Ranurada.....	27
2.3.5.6 Rejillas .....	29
2.3.5.7 Rejilla Premium MeshRite.....	31
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	33
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>35</b>

<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>35</b>
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	35
3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO .....	36
3.4.1 Mediciones de contenido de arena en muestras de crudo obtenidas de los pozos activos que forman parte del estudio.....	36
3.4.1.1 Procedimiento experimental .....	37
3.4.2 Identificación de la granulometría por arena a través de muestras obtenidas en superficie en comparación con muestras de núcleo .....	40
3.4.3 Determinación del método de control de arena más adecuado según arena y yacimiento donde se establezca completar los pozos, a partir de resultados obtenidos de los análisis granulométricos.....	40
3.4.4 Actualizar el procedimiento a seguir para la toma de muestras de canal requeridas para la ejecución de Análisis Granulométricos y muestras de crudo para la realización de Análisis de Sedimentos por Extracción. ....	41
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	41
3.6 RECURSOS .....	42
3.6.1 Recursos Humanos: .....	42
3.6.2 Recursos Materiales.....	42
3.6.3 Recursos Financieros:.....	42
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>43</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
4.1 MEDICIONES DE CONTENIDO DE ARENA EN LAS MUESTRAS DE CRUDO OBTENIDAS DE LOS POZOS ACTIVOS QUE FORMAN PARTE DEL ESTUDIO.....	43
4.1.1. Yacimiento OFIM CN 42.....	44
4.1.2 Yacimiento OFIM MPG 1.....	47
4.1.3 Yacimiento OFIM MPG 2.....	49
4.2 IDENTIFICAR LA GRANULOMETRÍA POR ARENA A TRAVÉS DE MUESTRAS DE CANAL OBTENIDAS EN SUPERFICIE DURANTE LA PERFORACIÓN Y REALIZAR COMPARACIONES CON MUESTRAS DE NÚCLEO. ....	51
4.2.1 Granulometría de las Arenas O-12, O-13 y O-14 del Yacimiento OFIM CNX 5. ....	52
4.2.1.1 Yacimiento OFIM CNX 5. ....	52
4.2.2 D <sub>50</sub> promedio de las arenas según análisis granulométricos de muestras de canal .....	54
4.2.3 Comparación de la granulometría de las muestras de núcleo y las muestras de canal. ....	56
4.3 DETERMINACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL DE ARENA MÁS ADECUADO SEGÚN ARENA Y YACIMIENTO DONDE SE	

ESTABLEZCA COMPLETAR LOS POZOS, A PARTIR DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS.....	61
4.3.1 Area de crudo extra pesado .....	62
4.3.1.1 Yacimiento OFIM CN 42 .....	62
4.3.1.2 Yacimiento OFIM CNX 24 .....	67
4.3.2 Área De Crudo Pesado .....	69
4.3.2.1 Yacimiento OFIM MPG 1 .....	69
4.3.2.2 Yacimiento OFIM MPG 2 .....	71
4.4 ACTUALIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE CANAL REQUERIDAS PARA LA EJECUCIÓN DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS Y MUESTRAS DE CRUDO PARA LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS POR EXTRACCIÓN.....	73
4.4.1 Muestras de canal para análisis granulométricos .....	74
4.4.2 Muestras para análisis de sedimentos por extracción.....	76
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>78</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	78
5.2 RECOMENDACIONES .....	79
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>80</b>
<b>APENDICES.....</b>	<b>81</b>
<b>HOJAS DE METADATOS .....</b>	<b>104</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Ubicación geográfica del Distrito Morichal.....	6
Figura N° 2. Campos del Distrito Morichal.....	7
Figura N° 3 Pozo Horizontal.....	9
Figura N° 4. Esquema Mecánico de Pozos Horizontales en el Distrito Morichal .....	11
Figura. N° 5 Procedimiento de instalación de un empaque de grava con agua .....	23
Figura N° 6 Procedimiento de instalación de un empaque de grava con filtros de grava Alternate Path .....	24
Figura N° 7. Tipos de ranuras en las tuberías .....	28
Figura N° 8 Rejilla Pre-empacada .....	30
Figura N° 9. Rejilla MeshRite.....	32



## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Grafica N° 4.1. ppm de Sedimentos cuantificados en las muestras de crudo pertenecientes a pozos perforados en el yacimiento OFIM CN 42. ....	45
Gráfica N° 4.2 ppm de Sedimentos cuantificados en las muestras de crudo pertenecientes a pozos perforados en el yacimiento OFIM MPG 1. ....	48
Grafica N° 4.3 ppm de Sedimentos cuantificados en las muestras de crudo pertenecientes a pozos perforados en el yacimiento OFIM MPG 2. ....	50
Gráfica 4.4. Comparación del D <sub>50</sub> promedio del análisis granulométrico de la muestra de núcleo y la muestra de canal. ....	60
Gráfica N° 4.5 Error relativo entre el D <sub>50</sub> de la muestra de núcleo y la muestra de canal. ....	61
Grafica N°: 4.6 $\Delta p$ vs ppm de sedimentos. Arena O-13 OFIM CN 42. ....	63
Gráfica N° 4.7. $\Delta p$ vs ppm de sedimentos. Arena O-14. OFIM CN 42. ....	65
Gráfica N° 4.8. $\Delta p$ vs ppm de sedimentos. Arena O-15. OFIM CNX 24. ....	68
Gráfica N°: 4.9. $\Delta p$ vs ppm de sedimentos. Arena E. OFIM MPG 1. ....	70
Gráfica N° 4.10. $\Delta p$ vs ppm de sedimentos. Arena E. OFIM MPG 2. ....	72

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla N° 3.1 Instrumentos necesarios para la realización de un Análisis de Sedimentos por Extracción.....	37
Tabla N° 4.1. Análisis de Sedimentos por Extracción. Yacimiento OFIM CN 42.....	44
Tabla N° 4.2. Análisis de Sedimentos por Extracción. Yacimiento OFIM MPG 1.....	47
Tabla N° 4.3. Análisis de Sedimentos por Extracción. Yacimiento OFIM MPG 2.....	49
Tabla N°: 4.4. D50 de la Arena O-12, O-13 y O-14 del Yacimiento OFIM CNX 5.....	54
Tabla N° 4.5. D <sub>50</sub> Promedio área Extrapesado.....	55
Tabla N° 4.6. D <sub>50</sub> Promedio Área Pesado.....	56
Tabla N° 4.7. Comparación granulométrica entre la muestra de Núcleo y la muestra de Canal de la arena O-12.....	57
Tabla N° 4.8. Comparación granulométrica entre la muestra de Núcleo y la muestra de Canal de la arena O-13.....	58
Tabla N° 4.9 Comparación granulométrica entre la muestra de Núcleo y la muestra de Canal de la arena O-14.....	59
Tabla N° 4.10. Comparación granulométrica entre la muestra de Núcleo y la muestra de Canal de la arena O-15.....	59
Tabla N° 4.11. Parámetros de producción. Pozos completados en la Arena O-13 (OFIM CN 42).....	64
Tabla N° 4.12. % de retención del equipo de control de arena instalado en los pozos estudiados y completados en la Arena O-13. (OFIM CN 42).....	64
Tabla N° 4.13. Parámetros de Producción. Pozos completados en la Arena O-14. (OFIM CN 42).....	66
Tabla N° 4.14. % de retención del equipo de control de arena instalado en los pozos estudiados y completados en la Arena O-14. (OFIM CN 42).....	67
Tabla N° 4.15. Parámetros de Producción. Pozos completados en la Arena O-15. (OFIM CNX 24).....	68
Tabla N° 4.16. % de retención del equipo de control de arena instalado en los pozos estudiados y completados en la Arena O-15 (OFIM CNX 24).....	69
Tabla N° 4.17. Parámetros de Producción. Pozos completados en la Arena E. (OFIM MPG 1).....	71
Tabla N° 4.18. % de retención del equipo de control de arena instalado en los pozos estudiados y completados en la Arena E. (OFIM MPG 1).....	71

Tabla N° 4.19. Parámetros de Producción. Pozos completados en la Arena E.  
(OFIM MPG 2)..... 72

Tabla N° 4.20. % de retención del equipo de control de arena instalado en los  
pozos estudiados y completados en la Arena E. (OFIM MPG 2) ..... 73





**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**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**

**Autor:**

AURA VALERA RODRÍGUEZ  
C.I.18.386.143

**Asesores:**

ING. MILAGROS SUCRE  
ING. NELSON PERALTA  
ING. ARQUIMEDEZ ANCHETA

07 DE AGOSTO DEL 2013

**RESUMEN**

Los objetivos fundamentales de esta investigación consistieron en medir el contenido de arena presente en la producción de crudo de 64 pozos horizontales que fueron perforados en el periodo comprendido entre enero del año 2009 y mayo del año 2011 en los campos asignados al Distrito Morichal, estimar mediante análisis granulométricos de muestras de canal el diámetro medio de los granos que conforman las arenas en que se encuentran completados estos pozos con la finalidad de lograr reducir la producción de arena en un 50%, teniendo por objetivo evaluar si el método de control de arena con el que están completados funciona de manera adecuada en cada uno de estos y poder aminorar los problemas de arenamiento presentes en el Distrito Morichal. Al finalizar esta investigación se pudo determinar que el diámetro medio de los granos que conforman las arenas estudiadas están constituidos por granos finos y medianos razón por la cual existe poco control en la producción de finos; en relación a los métodos de control de arena instalados en los pozos estudiados, según las mediciones de arena en función de la caída de presión a la que estaban sometidas los pozos a la hora de la toma de muestras, la Rejilla Mesh Rite fue la que arrojó mayor porcentaje de retención de finos. Además se calculó la desviación que presentan las muestras de canal respecto a las muestras de núcleo dando como conclusión que las muestras de canal son representativas para ser utilizadas en cualquier estudio.

## INTRODUCCIÓN

La producción de arenas es uno de los mayores problemas con el que ha tenido que enfrentarse la industria petrolera, el arenamiento ha causado 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.

El Distrito Morichal está dividido en dos áreas de explotación, el área Pesado y el área Extrapesado. La construcción de pozos horizontales ha predominado en los últimos años siendo el área Extrapesado la que ha contado con la mayor cantidad de estos pozos; en los cuales se trata de controlar la producción de arena a nivel de subsuelo mediante la utilización de tubería ranurada y recientemente con rejillas Mesh Rite. Las arenas no consolidadas predominantes en el Distrito Morichal y los altos cortes de agua presentes en algunos yacimientos del distrito son causantes de la producción de una gran cantidad de sedimentos que provocan erosión, corrosión y taponamiento de los equipos de fondo y superficie muchas veces impidiendo la conectividad pozo – yacimiento.

Los trabajos de limpieza de pozos se han incrementado en los últimos años, razón por la cual se busca minimizar la producción de arena a nivel de subsuelo para reducir los problemas operacionales y disminuir el impacto económico que tiene el distrito por los problemas de arenamiento.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El arenamiento constituye uno de los principales problemas de producción en yacimientos de arenas no consolidadas y asociado a altos cortes de agua, acelera el proceso de corrosión en los equipos de control de arena, afectando la productividad de los pozos y aumentando significativamente el presupuesto de gastos de las empresas petroleras en trabajos de rehabilitación y servicio a pozos.

El diseño de perforación en el Distrito Morichal en los últimos años se ha basado en la perforación de pozos horizontales, los cuales se han realizado principalmente en el Campo Cerro Negro de la Faja Petrolífera del Orinoco, donde la litología predominante está caracterizada por la presencia de granos finos y muy finos.

Debido a que la Faja Petrolífera del Orinoco representa la mayor reserva de crudo del país, se ha hecho énfasis en el control y manejo de arena durante la vida útil de los pozos perforados, implementando métodos para el control de arena como: tubería ranurada, con ranuras que varían entre 0,015pulg- 0,020pulg, siendo las más comunes 0,020pulg y con tecnología de Rejillas Mesh Rite.

Los principales trabajos de reactivación de pozos en el Distrito Morichal están orientados a tratar problemas de arenamiento los cuales causan declinación en la producción. En busca de una alternativa para optimar el control de producción de arena, se realizó un estudio que contempla la identificación de la granulometría de las arenas productoras pertenecientes a los campos asignados al Distrito Morichal y la

medición de sedimentos presentes en el crudo producido para así comparar la efectividad de los diferentes métodos de control de arena utilizados en los pozos horizontales para dar conclusiones y recomendaciones en cada uno de los casos estudiados.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo General**

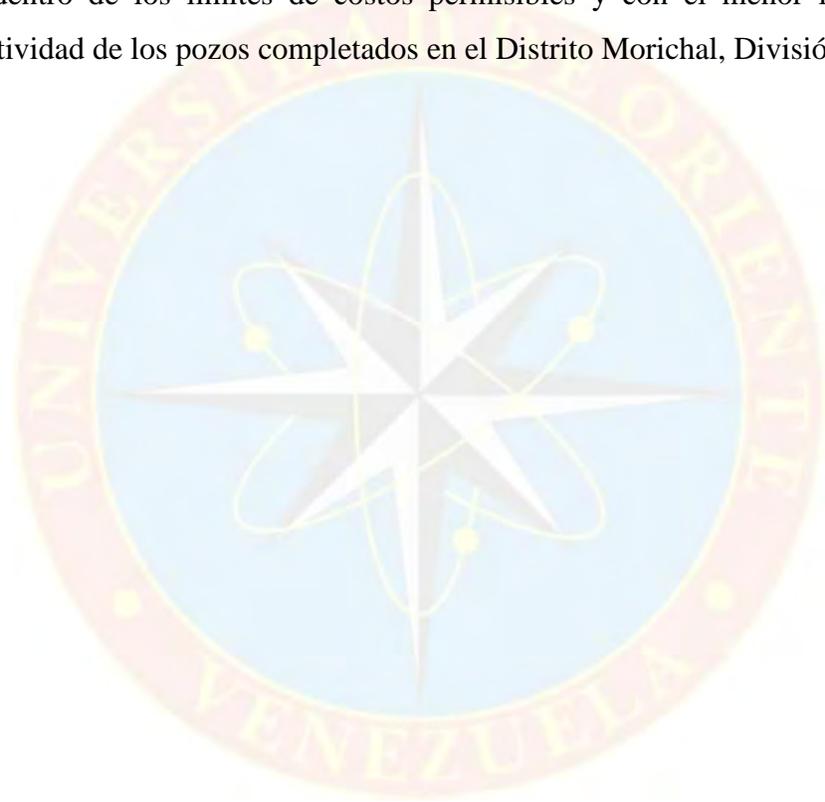
Evaluar los métodos de control de arena empleados en los pozos horizontales, perforados entre enero del 2009 y mayo del 2011 en los campos asignados al Distrito Morichal, División Carabobo.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar mediciones de contenido de arena en las muestras de crudo obtenidas de los pozos activos que forman parte del estudio.
- Identificar la granulometría por arena a través de muestras de canal obtenidas en superficie durante la perforación en comparación con muestras de núcleo.
- Determinar el método de control de arena más adecuado según arena y yacimiento donde se establezca completar los pozos, a partir de resultados obtenidos de los análisis granulométricos.
- Actualizar el procedimiento a seguir para la toma de muestras de canal requeridas para la ejecución de Análisis Granulométricos y muestras de crudo para la realización de Análisis de Sedimentos por Extracción.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados de este trabajo permitirán orientar sobre las acciones requeridas para mitigar el problema de arenamiento que viene afectando tanto la producción de los pozos como el sistema de transporte, almacenamiento y tratamiento de crudo en superficie; el cual se fundamenta en establecer métodos eficientes para el control de arena dentro de los límites de costos permisibles y con el menor impacto en la productividad de los pozos completados en el Distrito Morichal, División Carabobo.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

**Brunings, C. y Mejía, A.** (1998), presentaron un informe titulado: “**Análisis de los reempaques y caracterización de los tamaños de grava para el control de arena en los campos asociados a la producción de petróleo mediano/liviano**”. Departamento de Ingeniería de Producción, Unidad de Bombeo Mecánico/Hidráulico, Distrito San Tomé. En él se realizó un análisis granulométrico de pozos de segregación liviano/mediano y se caracterizaron los tamaños de grava por arena productora, con el fin de disminuir los costos incurridos en el muestreo y garantizar un control de arena efectivo; también se analizó la efectividad de los empaques con grava determinando la heterogeneidad de los yacimientos y la necesidad de realizar análisis granulométricos a la hora de diseñar un mecanismo de control de arena para la Unidad de Producción Mediano/Liviano.

**Lugo, A. Y Lopez, J.** (2005). Presentaron ante la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, la tesis de grado titulada: **Propuesta de Tecnología de Control de Arena en la Reactivación de Pozos del Área Jobo-02, Campo Jobo, Asignado a Petroudo, S.A**, en la cual llevaron a cabo el estudio de distintas tecnologías de control de arenas, y con la ayuda del análisis granulométrico de una muestra de núcleo perteneciente al pozo **JOA0452**, los cálculos del porcentaje de retención de los métodos de control de arena estudiados, el  $D_{10}$ ,  $D_{50}$  y  $D_{90}$  de la arena donde fue completado el pozo, propusieron el uso de rejillas con envoltura de alambre de acero inoxidable con tubería base perforada 13% cromo y empaque de grava 16/30.

**Pérez, D.** (2007), presentó su trabajo de grado titulado: **“Estudio y Conceptualización de Técnicas y Metodologías Para el Control de Arena en los Pozos del Área Oeste del Campo Dación, del Distrito Social San Tomé”**. Departamento de Petróleo, Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui. En este trabajo, se desarrolló una metodología basada en el cálculo de la presión crítica de arenamiento que permite la aplicación correcta del mecanismo de empaque con grava como control de arena y así cooperar a la maximización de la vida productiva de los pozos productores del área oeste del Campo Dación, mediante la continua aplicación de un mecanismo de control de arena en las arenas estudiadas, además de la determinación de la heterogeneidad en las propiedades granulométricas del área.

## 2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Distrito Morichal se encuentra ubicado a 122 km al sur de la ciudad de Maturín en el Estado Monagas. Está conformado por 4 campos como lo son Jobo, Pilón, Morichal, y Cerro Negro. La formación productora es la Formación Oficina, la cual está constituida de más antiguo a más joven por los miembros: Morichal, Yabo, Jobo y Pilón.

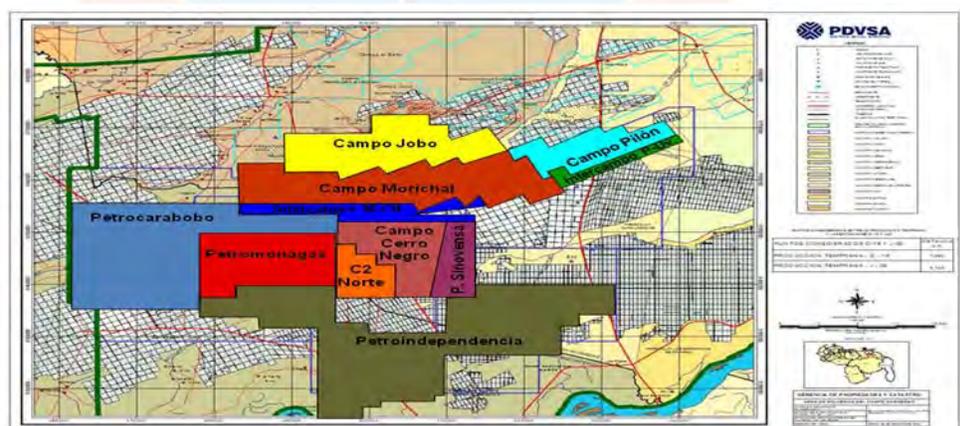


**Figura N° 1. Ubicación geográfica del Distrito Morichal**  
Fuente: PDVSA (2011)

**Campo Cerro Negro:** el campo Cerro Negro se encuentra ubicado en el área limítrofe entre los estados Anzoátegui y Monagas a 120 Km al sur de Maturín. Mide alrededor de 160 Km de largo por unos 45 Km de ancho, cubriendo un área aproximada de 7.200 Km<sup>2</sup>, limita al norte con los campos tradicionales (Morichal, Jobo y Pílon) y al sur con el río Orinoco, conforma el flanco sur de la Cuenca Oriental de Venezuela – Subcuenca de Maturín.

**Campo Morichal:** este campo está situado al suroeste del Campo Jobo, separado del mismo por una falla principal que divide a los dos yacimientos más importantes. El Campo Morichal está ubicado al sur del estado Monagas y en el flanco sur Oriental de Venezuela, cerca del límite norte de la Faja Petrolífera del Orinoco. Este límite es arbitrario, basado mayormente en la relativa gravedad del petróleo más que en razones de índole geológicas.

**Campo Pílon:** se encuentra ubicado en la Cuenca Oriental de Venezuela al sur del estado Monagas. Este campo, tiene un área aproximada de 100 Km<sup>2</sup> y orientación media este-oeste. Se encuentra ubicado al este del campo Jobo.



**Figura N° 2. Campos del Distrito Morichal**  
Fuente: PDVSA (2011)

## 2.3 BASES TEÓRICAS

### 2.3.1 Completación de pozos

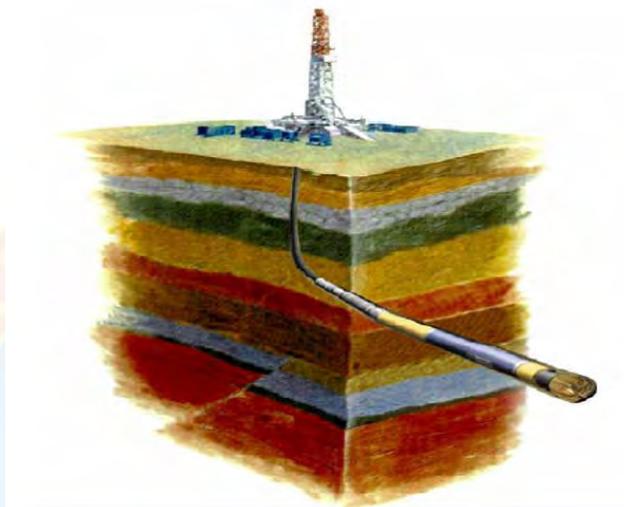
La completación es el conjunto de actividades que se realizan luego de correr y cementar el revestidor de producción y antes de empezar a producir. Estas actividades comprenden la instalación de los diferentes equipos y herramientas necesarios para que los fluidos del yacimiento lleguen a la superficie. 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. En la completación del pozo se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- **Revestimiento de pozos:** 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, empaaduras, etc., que conectados entre sí permiten la producción del hidrocarburo.
- **Número de Zonas Productoras:** se refiere a la cantidad de lentes productivos en posibilidad de ser abiertos a la producción, lo cual depende de su potencial y su profundidad.

### 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 con un ángulo de inclinación no

menor de  $86^\circ$  respecto a la vertical. La longitud de la sección horizontal depende de la extensión del yacimiento y del área a drenar en el mismo.



**Figura N° 3 Pozo Horizontal**  
**Fuente PDVSA (2011)**

**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.
- Cuando existe alta permeabilidad la cantidad de pozos para drenar un área se puede disminuir perforando pozos horizontales.

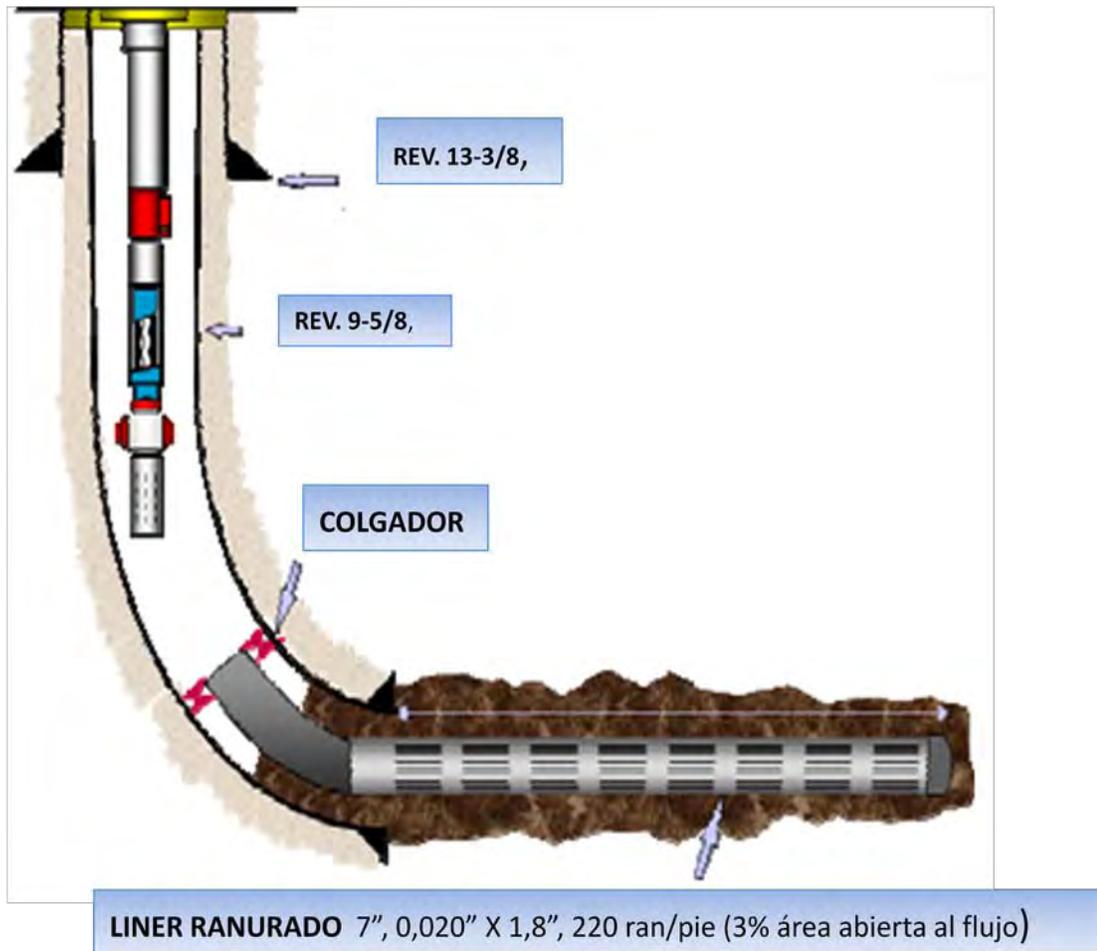
**Desventajas:**

- 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 Esquema mecánico de construcción de pozos horizontales en el Distrito Morichal.**

Los pozos horizontales persiguen drenar espesores de arenas definidas, siempre manteniendo un espaciamiento óptimo entre ellos mismos y con pozos vecinos de otras geometrías. Debido a la baja gravedad API en el Distrito Morichal se busca producir de la mejor manera posible, y los pozos horizontales han otorgado una buena alternativa para incrementar la producción en este Distrito, ya que permiten que exista una mayor área de contacto entre el pozo y el yacimiento.

En su mayoría y tal como se presenta en la Figura N° 4, los pozos del Campo Cerro Negro, Pilón y Morichal son construidos según el diseño tradicional de pozos horizontales del Distrito Morichal, es decir: un hoyo de superficie de 17-1/2" (con revestidor 13-3/8"), un hoyo intermedio de 12-1/4" (con revestidor 9-5/8") y finalmente el hoyo de producción de 8 1/2", el cual es revestido con tubería ranurada de 7" (0,020" x 1,8"; 220 ran/pie – 3% área abierta al flujo) como sistema de control de arena y en algunos casos con rejillas Mesh Rite.



**Figura N° 4. Esquema Mecánico de Pozos Horizontales en el Distrito Morichal**

#### **2.3.4 Control de arena**

Se define como el conjunto de técnicas mediante las cuales se maneja, 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 se presentan en aquellas formaciones no consolidadas, cuyos componentes mayoritarios son granos finos de arenas, donde el material cementante no provee suficiente fuerza de cohesión como para soportar los esfuerzos ocasionados por el paso de 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 fondo del pozo.

#### **2.3.4.1 Factores que originan la producción de arena**

La producción de arena se inicia en el instante que la tensión a la cual es sometida la formación, supera la resistencia de la misma. La resistencia está sustentada primordialmente en los materiales que cementan los granos de arena, además de las fuerzas cohesivas que resultan de la inmovilidad del agua de la formación. Entre muchos factores causantes de tensión destacan, la presión de poro, acontecimientos tectónicos y las fuerzas de arrastres que acompañan a los fluidos durante su producción. A continuación se mencionan diversos factores que ocasionan la producción de arena:

- **Grado de consolidación:** la capacidad de mantener túneles de perforación abiertos depende estrechamente del nivel de cohesión existente entre los granos de la 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, éstas suelen tener poco material de cementación que mantenga unidos los granos de la arena, por lo que estas formaciones pueden clasificarse en poco consolidadas y no consolidadas.
- **Reducción de la presión de poros:** a medida que se agota la presión del yacimiento a lo largo de la vida productiva del 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 la formación podrían separarse de la matriz o triturarse, lo cual generaría finos que se producen conjuntamente con los fluidos del pozo.

- **Tasa de producción:** la producción de fluidos de yacimientos genera un diferencial de presión y fuerzas de arrastre friccional que pueden combinarse para vencer la resistencia a la compresión de la formación. Esto significa que existe una tasa de flujo crítica para la mayoría de los pozos por debajo de la cual el diferencial de presión y las fuerzas de arrastre friccional no son lo suficientemente grandes como para exceder la resistencia a la compresión de la formación y ocasionar la producción de arena. La tasa de flujo crítica de un pozo podría determinarse aumentando lentamente la producción hasta que se detecte la producción de arena.
- **Viscosidad del fluido del yacimiento:** la fuerza de arrastre friccional que se ejerce sobre los granos de la arena de la formación es creada por el flujo de fluidos del yacimiento. Dicha fuerza es directamente proporcional a la velocidad del flujo de fluidos y la viscosidad del fluido del yacimiento que se está produciendo. La fuerza de arrastre friccional sobre los granos de arena de la formación es mayor en 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 API e incluso a velocidades de flujo bajas.
- **Aumento de la producción de agua:** la producción de arena podría iniciarse o incrementarse cuando comience a producirse agua o aumente el corte de la misma; posiblemente ésta se deba a dos razones: en primer lugar, en el caso de una formación de arenisca humectada por agua, la 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 a la producida, lo que disminuye las fuerzas de tensión superficial y, por ende, la cohesión intergranular.

El segundo mecanismo mediante el cual la producción de agua afecta la producción de arena está asociado a los efectos de permeabilidad relativa de 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. A las actividades de pozos que pueden causar problemas de arenamiento, ya mencionadas, se les suman las siguientes: perforación, cementaciones, cañoneos y cambios en las tasas de bombeo (arranque y parada de pozos):

**Perforación:** el daño que causa la actividad de perforación a la resistencia mecánica de la formación, es proporcional a la tasa de penetración. Adicionalmente, los fluidos de perforación pueden causar daño, por peso demasiado altos que causan rompimiento mecánico de la formación (fractura hidráulica no planificada) y problemas de invasión de fluido, originándose daño a la perforación en las inmediaciones del pozo (“skin damage”) y reduciendo además la permeabilidad en esa zona. Aunque la perforación siempre ocasionará algún daño a la formación, estas operaciones deben optimizarse para minimizar sus efectos.

**Cementación:** las actividades de cementación pueden fomentar problemas de arenamiento, especialmente si quedan canales entre la formación y el revestidor, pues estos se volverán canales preferenciales de flujo con velocidades excesivas y, por tanto, se originarán mayores fuerzas de arrastre. Adicionalmente, si el cemento no hace buen contacto con la formación, entonces, ésta no tendrá el confinamiento

óptimo y los esfuerzos efectivos serán muy bajos. Como los esfuerzos efectivos bajos producen resistencia al corte bajas, una mala cementación crearía zonas de baja resistencia alrededor del pozo, provocando un escenario propicio para el arenamiento.

**Cañoneo:** los cañoneos deben ser planificados y ejecutados para producir cavidades estables a largo plazo. Los parámetros de diseño de dichos cañoneos, tales como: diámetro, longitud, penetración, densidad, ángulo de fase, etc., deberán ser especificados en función de las propiedades mecánicas de la formación, para evitar condiciones inestables en la misma que propicien arenamiento.

**Producción:** las actividades de producción quizás sean las más perjudiciales desde el punto de vista de arenamiento. Si un pozo produce con una tasa indiscriminadamente elevada, ello puede generar graves problemas de arenamiento, ya que probablemente se pase a la tasa crítica de la formación y se generen fuerzas de arrastre excesivas. Dicho problema se agrava en aquellos pozos que sufran bruscas variaciones de tasas en cortos períodos de tiempo, bien sea por aperturas y cierres, o por cambios de reductores o equipos de superficie.

#### **2.3.4.2 Problemas ocasionados por la producción de arena**

Los problemas ocasionados por la producción de arena son perjudiciales para la productividad del pozo a corto y/o a largo plazo. Entre los problemas más comunes están:

- **Acumulación de arena en los equipos de superficie:** si la velocidad de producción es lo suficientemente rápida para transportar arena hacia la superficie, ésta podría quedar depositada en separador, el calentador-tratador o en la línea de producción. Si este volumen de arena es suficientemente grande,

será necesario remover los sólidos para que el pozo pueda producir eficientemente. Con el fin de restablecer la producción, habrá que cerrar el pozo, abrir el equipo de superficie y extraer manualmente la arena.

- **Acumulación de arena en el fondo del pozo:** si la velocidad de producción no es suficientemente elevada como para arrastrar arena hasta la superficie, ésta podría decantar o quedar atrapada en la tubería de producción, taponar el intervalo total o parcialmente y en cualquiera de los casos, la tasa de producción declinará. En pozos altamente productivos, los fluidos que circulan a gran velocidad y transportan arena pueden erosionar excesivamente tanto el equipo de fondo como el de superficie. Si la erosión es intensa u ocurre durante un lapso suficiente, el equipo de superficie y/o de fondo podría llegar a fallar totalmente, lo que generaría problemas de merma de la producción, de seguridad y ambiente.
- **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.

#### **2.3.4.3 Influencia de las arcillas y lutitas en el control de arena**

La mayoría de las formaciones productoras de hidrocarburos contienen arcillas en su composición y éstas pueden ocasionar problemas para un control efectivo de arenas. Una arena “limpia” es considerada generalmente como aquella que contiene entre 1 a 5 % de arcilla y una “sucía” la que contiene más de 5 % de arcilla.

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 las areniscas se encuentran presentes diferentes minerales de arcilla, tales como caolinita, illita, montmorillonita, etc.

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.

Las arcillas presentan mayores problemas en los tratamientos químicos que en los tratamientos mecánicos, por esto en los intervalos o zonas con elevados contenidos de este material, se recomienda usar tratamientos mecánicos en lugar de tratamientos químicos. Tanto las arcillas como las lutitas intercaladas interfieren en el control efectivo de arenas, siendo las últimas las más determinantes en dicho control.

La producción de arenas en la formación permite que las lutitas se mezclen con la arena remanente, reduciendo la permeabilidad efectiva de la formación, por esto se debe evitar en lo posible que las arcillas y lutitas se mezclen para asegurar una máxima productividad.

### **2.3.5 Métodos mecánicos de control de arena**

Estos métodos previenen la producción de arena de formación mediante la formación de un puente o filtro formado por los granos de la arena en las ranuras de la tubería, del empaque con grava o de la rejilla. Dentro de los métodos mecánicos para el control de arenas se encuentran:

### **2.3.5.1 Empaque con grava**

Es un filtro de fondo diseñado principalmente en pozos verticales para prevenir la producción no deseada de arena de formación; su éxito depende de la selección correcta del tamaño de grava y la colocación apropiada de la misma alrededor del forro ranurado o la rejilla para evitar la migración de la arena de formación, reducción de la permeabilidad efectiva y restricción de la producción.

El principio del empaque con grava es el de colocar arena gruesa o grava de un tamaño apropiado, en frente de una formación no consolidada, para evitar el movimiento de los granos de arena y permitir el flujo de petróleo libre de arena en el hoyo. El empaque con gravas es la técnica de control de arenas más comúnmente utilizada por la industria petrolera en la actualidad. Este método de control de arena utiliza una combinación de rejilla y grava para establecer un proceso de filtración en el fondo del pozo.

La rejilla es colocada a lo largo de las perforaciones y un empaque de grava con una distribución adecuada de arenas es colocada alrededor de la rejilla y en las perforaciones. Después de esto la arena del empaque de grava en las perforaciones y en el espacio anular de las rejilla-revestidor filtra la arena de la formación mientras la rejilla filtra la arena del empaque con grava. El éxito de un empaquetamiento de grava depende de la selección correcta del tamaño de grava y su colocación adecuada alrededor de la rejilla o tubería ranurada. Si el tamaño de la grava a emplearse no es seleccionado correctamente, la arena de formación no será controlada y migrará al empaquetamiento de grava, por lo cual reducirá la permeabilidad efectiva y restringirá la producción.

**Ventajas del empaque con grava:**

- Es efectivo en intervalos largos.
- Generalmente inefectivo para altos contenidos de arcilla o finos.
- Utiliza materiales no tóxicos y simples.
- No sufre degradación química.
- Mas fácil de aplicar en zonas con permeabilidad variante.
- Bajo riesgo.
- Alta productividad.

**Desventajas**

- Se restringe la boca del pozo debido a la necesidad de dejar la rejilla en el hoyo.
- Taponamiento debido a la formación de escamas cuando el agua de inyección se mezcla con el fluido de completación a base de calcio, usado durante el empaque con grava.
- Requiere el uso de un taladro para inyectar salmuera y equilibrar la presión de formación.
- Subsecuentes pérdidas de fluido al usar una salmuera de alto peso para matar el pozo.
- Requiere una inversión sustancial para el taladro, fluido de completación, el equipo de fondo de pozo, el equipo de superficie, bombeo y materiales.
- Pérdida de fluidos durante la completación podría causar daños a la formación.
- Erosión-corrosión de la rejilla debido a la arena que choca contra cualquier superficie expuesta.

- Dificultad de colocar fluidos de estimulación a través del intervalo empaquetado con grava.

### **2.3.5.2 Empaque con grava y recubrimiento de resina.**

La grava recubierta de resina es una arena de empaque con grava de alta permeabilidad, la cual está cubierta por una capa delgada de resina. Esta puede ser descrita como una técnica de filtrado mecánico en una sola etapa.

Según la especificación API, la arena cubierta de resina se bombea dentro de las perforaciones y seguidamente se llena la tubería de revestimiento. La temperatura de fondo del pozo o la inyección de vapor hace que la resina se endurezca y forme un empaque consolidado.

Después que se endurece y ha ganado resistencia a la compresión, la arena consolidada del empaque con grava colocada en la tubería de revestimiento puede ser extraída dejando las perforaciones llenas con la arena consolidada de alta permeabilidad. Los tapones de grava consolidada que quedan en las perforaciones actúan como un filtro permeable que proporciona un medio para controlar la arena de la formación durante la producción o inyección.

El uso de la grava con recubrimiento de resina puede ser una operación compleja. Lo más importante para que un trabajo sea exitoso es que las perforaciones estén completamente llenas de grava recubierta de resina, y la grava debe endurecerse. El llenar por completo las perforaciones se hace más complejo a medida que aumenta la longitud de la zona y la desviación. También hay que considerar que el endurecimiento de la grava con recubrimiento de resina depende de que exista

suficiente resistencia a la compresión. Este factor depende de la temperatura y el tiempo, se requieren temperaturas mayores a los 300F durante varios días.

### **2.3.5.3 Empaques de grava en pozos horizontales.**

Para aumentar la productividad y reducir los costos y la complejidad, los pozos horizontales se terminan con frecuencia sin tuberías de revestimiento frente a las zonas de interés. Se han utilizado tubos filtro en pozos abiertos, pero los operadores están recurriendo cada vez más al empaque de grava de largos intervalos para estabilizar los pozos, realizar terminaciones más confiables y atenuar los problemas relacionados con la producción de arena, tales como la erosión, y el manejo y la eliminación de la arena en la superficie.

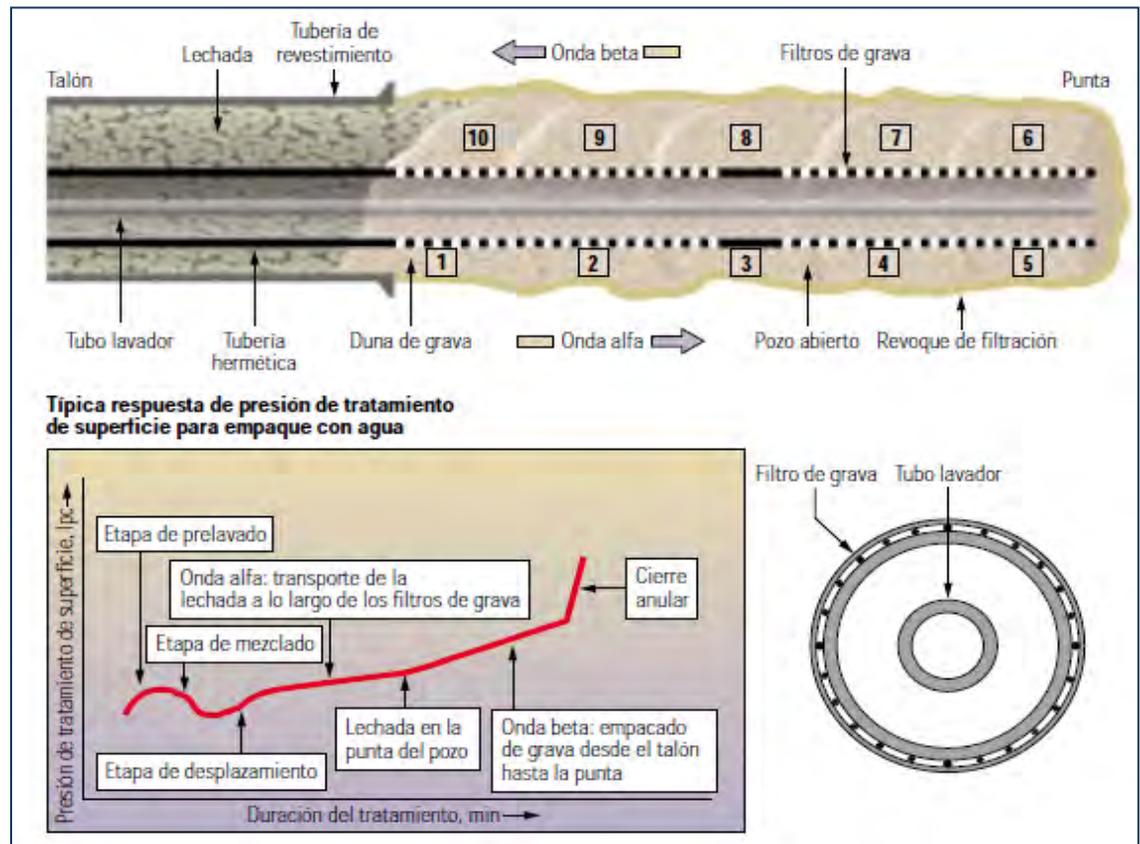
La perforación de pozos horizontales y de gran ángulo es común cuando se trata de pozos nuevos y de reentrada, incluso en los yacimientos que requieren terminaciones diseñadas para controlar la producción de arena.

Las terminaciones a pozo entubado son poco comunes en los pozos horizontales porque la cementación de la tubería de revestimiento es difícil, los costos de los disparos son más altos, y para lograr un empaque de grava eficiente, la limpieza de los disparos normalmente es problemática. Asimismo, los pozos horizontales abiertos son menos sensibles al daño de la perforación y de la terminación debido a que las áreas de ingreso del flujo son significativamente más grandes. Dentro de las técnicas empleadas para el control de arena con empaque con grava en pozos horizontales se encuentran:

- **Empaque con agua:** los empaques de grava con fluidos de baja viscosidad, normalmente salmuera, se basan en el depósito de grava alrededor de los filtros

de grava en el lado bajo del espacio anular, mientras que la lechada con bajas concentraciones de grava se mueve en flujo turbulento a lo largo de la parte superior. El pozo se debe sellar con un revoque de filtración del fluido de perforación del yacimiento para reducir al mínimo las pérdidas de fluido. Si la circulación se mantiene, la grava circula hacia el extremo final, o punta, de las secciones horizontales en una onda “alfa”. Si la lechada se deshidrata y cesa el empaque posterior en los intervalos con grandes pérdidas de fluido, la grava llena el espacio anular y forma una obturación. El resultado es un empaque incompleto más allá de ese punto. Después de que se produce la obturación o que la grava llega a la punta, el empaque regresa al comienzo, o talón, de una sección horizontal en una onda “beta”.

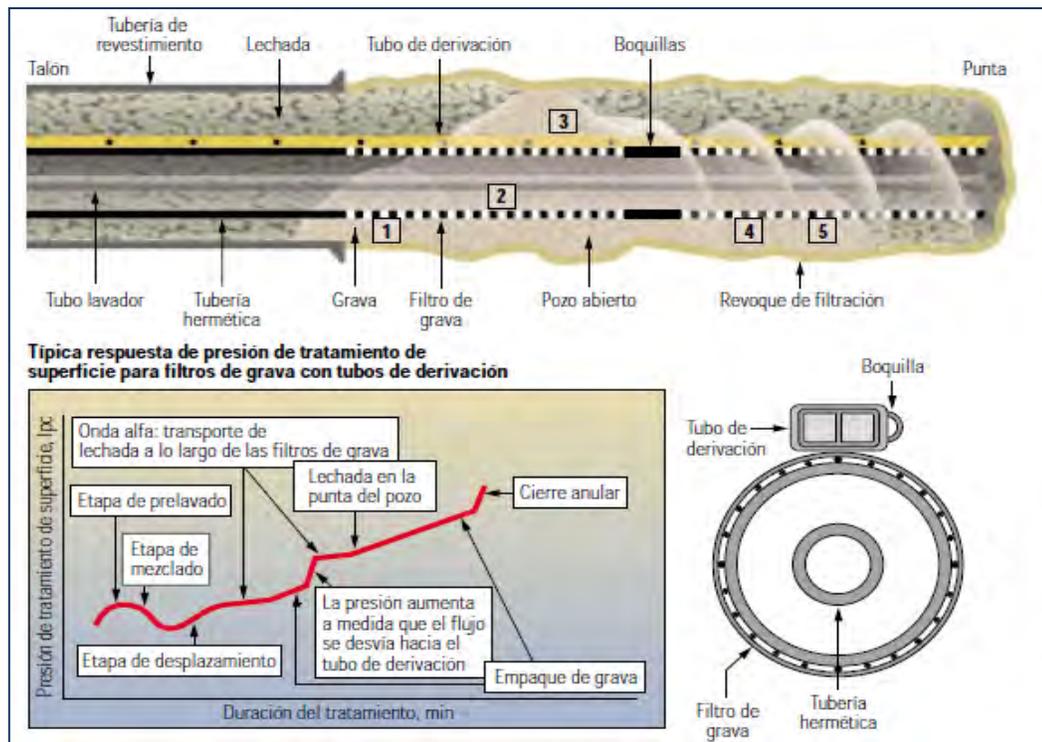
Las presiones de tratamiento de superficie brindan una indicación de la forma en que se están desarrollando los tratamientos de empaque con agua. La Figura N° 5 muestra el procedimiento del empaque de grava con agua y un ejemplo típico del comportamiento de las presiones de superficie cuando se está realizando este tipo de empaque.



**Figura. N° 5 Procedimiento de instalación de un empaque de grava con agua**

- **Empaques de grava con filtros de grava Alternate Path:** esta tecnología asegura un empaque de grava completo alrededor de los filtros de grava en una sección horizontal entera. Los tubos de derivación conectados por fuera de los filtros de grava proveen conductos para que la lechada se desvíe de las obturaciones de grava y llene los vacíos en el espacio anular. Los tubos de derivación no dependen del revoque de filtración para impedir las pérdidas de fluido. Si el espacio anular entre los filtros de grava y los empaques del pozo abierto se tapona prematuramente, la lechada se desvía hacia los tubos de derivación y el empaque de grava prosigue hacia la punta, aún cuando no haya retorno del fluido, o circulación hacia la superficie. La velocidad de bombeo

por lo general disminuye una vez que comienza el flujo a través de los tubos de derivación y aumenta la presión debido al menor diámetro de dichos tubos.



**Figura N° 6 Procedimiento de instalación de un empaque de grava con filtros de grava Alternate Path**

En las instalaciones de empaques de grava con filtros Alternate Path se utilizan tubos de derivación por fuera de los filtros de grava y altas concentraciones de grava [0,48 a 0,96 g/cm<sup>3</sup>] en fluidos de transporte viscosos, para asegurar empaques de grava completos por debajo de las obturaciones que se forman entre los filtros de grava y la tubería de revestimiento o las paredes del pozo

A diferencia del empaque con agua, esta técnica no depende de la integridad del revoque de filtración. Si se forma una obturación de grava anular, la presión en el

espacio anular aumenta y la lechada se desvía hacia los tubos de derivación, la única vía de flujo abierta.

Los tubos de derivación tienen conductos para que la lechada se desvíe del pozo colapsado, de los empacadores inflables externos, o de las obturaciones de grava anulares en la parte superior de los intervalos o junto a las zonas con altas pérdidas de fluido. La grava no gira fácilmente hacia orificios de salida pequeños, de modo que boquillas en gran ángulo que se extienden hacia la corriente de flujo reducen la tendencia a la decantación de la grava y a su concentración dentro de los tubos de derivación.

Los tubos de derivación con orificios, o boquillas, sirven como tubos de empaque. Para intervalos extremadamente largos, se conectan tubos de derivación de transporte sin orificios de salida a lo largo de todo el conjunto de filtros de grava para limitar la deshidratación de la lechada mediante la reducción de las pérdidas del fluido de transporte en el espacio anular, y dirigir la lechada hacia los tubos de empaque a razón de 4 a 6 bbl/min [0,6 a 0,9 m<sup>3</sup>/min].

Los tubos de transporte se conectan a los tubos de empaque mediante un tubo distribuidor en cada empalme de los filtros de grava. La lechada fluye hacia abajo por los tubos de empaque o desde los tubos de transporte hacia los tubos de empaque y sale a través de boquillas de carburo resistentes al desgaste, para empaquetar los vacíos detrás de los filtros de grava a 0,5 a 2 bbl/min [0,08 a 0,3 m<sup>3</sup>/min]. También se pueden conectar tubos de transporte a la tubería hermética que se encuentra en la parte de arriba de un conjunto de filtros de grava, para que la lechada pueda pasar en caso de que el orificio colapse o se forme una obturación de grava en la parte superior del intervalo.

#### 2.3.5.4 Selección de la grava:

Con el fin de seleccionar la grava más adecuada para formar un buen filtro y prevenir la migración de arena de formación hacia el pozo, es necesario obtener muestras representativas de la formación.

Las muestras de arena de canal se obtienen durante el lavado de las perforaciones o del relleno encontrado dentro del liner durante la ampliación de un hoyo. Estos métodos son los menos indicados para tal fin, se debería, en una etapa temprana de desarrollo de campo, tomar núcleos en las diferentes arenas productoras o muestras de pared, para realizar análisis de las mismas y lograr una estandarización de la grava.

Mediante la realización de análisis granulométricos de las muestras de arena tomadas al pozo durante la perforación se prosigue a la selección de la grava, para ello se utilizan dos métodos, los cuales se diferencian por la producción diaria del pozo.

- **Método de saucier o de máxima productividad:** define la relación grava-arena como la razón existente entre la grava de 50 percentil y la arena de 50 percentil. Sus trabajos de investigación fueron enfocados hacia el efecto de la relación grava- arena en la permeabilidad del empaque.
- **Método de Schwartz:** este método es utilizable en yacimientos de alta presión y producción de fluidos (un pozo productor de 1000 BPD o más). Schwartz recomendó usar un tamaño crítico de los granos de formación. Schwartz considera que una relación grava- arena mayor o igual a cinco produciría un empaque estable, un valor de seis es usado como óptimo y uno de ocho es

considerado máximo. Para estudios Schwartz consideró la velocidad de flujo y la uniformidad de la formación.

### **2.3.5.5 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.

La tubería ranurada actúan como filtros de superficie entre la formación y el pozo, puesto que el material de la formación se puentea a la entrada del ranurado. La tubería ranurada 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.

Las ranuras horizontales se utilizan con poca frecuencia hoy en día, ya que estas reducen la resistencia a la tensión de los tubos, dentro de las ranuras verticales realizadas a la tubería se encuentran:

- Ranuras de 1,8" de largo en un patrón de líneas rectas.
- Ranuras de 1,8" en patrón múltiples.
- Ranuras de 2,0" de largo en patrón interpuesto.



**Figura N° 7. Tipos de ranuras en las tuberías**

**Ventajas de la Tubería Ranurada:**

- Generalmente menos costosos que las rejillas de igual diámetro.
- Aplicable tanto en pozos verticales como desviados.
- Fácil instalación.
- Existen diferentes anchos de ranura aplicables para tuberías.

**Desventaja de la Tubería Ranurada:**

- Corrosión de las ranuras antes de que ocurra el puenteo.
- Poca área abierta al flujo.
- Facilidad de taponamiento de las ranuras de la tubería debido al rompimiento de los puentes de arena y a la reorganización de los granos de la arena de formación.

- Sensible a las deformaciones de las ranuras mediante la instalación.

### 2.3.5.6 Rejillas

Las rejillas son nuevas tecnologías de métodos mecánicos de control de arena las cuales ofrecen un mayor área abierta al flujo en comparación con la tubería ranurada. Las rejillas poseen un medio filtrante y son aplicadas en pozos donde métodos de control de arena como los empaques con grava son difíciles de instalar. Existe una gran gama de rejillas entre las que se encuentran:

**Rejillas pre-empacadas:** estas rejillas son filtros de dos etapas con envolturas externas e internas que entrapan el medio filtrante el cual 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 más grandes.

La grava utilizada en el pre-empaque de estas rejillas es sintética, y es distribuida uniformemente en toda la rejilla a través de un proceso vibratorio. El espesor de la capa de grava puede ser variado para alcanzar necesidades especiales mediante las cuales se debe adaptar a las necesidades del pozo y su diseño. Este tipo de rejilla es un método de gran provecho para el control de arenas en pozos verticales, horizontales y multilaterales, eliminando la necesidad de equipos especializados, ahorrando tiempo y dinero en su instalación.

Debido a la variación de diámetros de las rejillas presentes en el mercado pueden ser utilizadas como reliner, ya que pueden ser bajadas en casing de menor diámetro.



**Figura N° 8 Rejilla Pre-empacada**

**Ventajas de las rejillas pre-empacadas:**

- A pesar de ser pre-empacadas no se aumenta el radio externo de las rejillas.
- En algunos casos son menos costosas que las tuberías ranuras de gran diámetro.
- Poseen mayor capacidad de flujo por pie.

**Desventajas del método:**

- Es muy propensa a daños físicos durante su asentamiento en el pozo.

- La grava consolidada es poco resistente a la erosión.
- La grava consolidada al igual que los sistemas de consolidación plástica son poco resistentes a la acción de ácidos, vapor, etc.
- Productividad de los pozos se reduce cuando las aberturas se taponan.

La utilización de las rejillas pre-empacadas implica tener presente dos posibles problemas:

**Taponamiento:** si la rejilla no se encuentra protegida es muy probable que la misma se tapone con finos de la Formación durante el proceso de la formación del puente de arena.

**Daños de la grava pre-empacada:** si el pozo es demasiado inclinado, o las rejillas se colocan en pozos horizontales de radio corto se generan fracturas en la grava consolidada que generarán un bajo desempeño de la misma.

#### 2.3.5.7 Rejilla Premium MeshRite

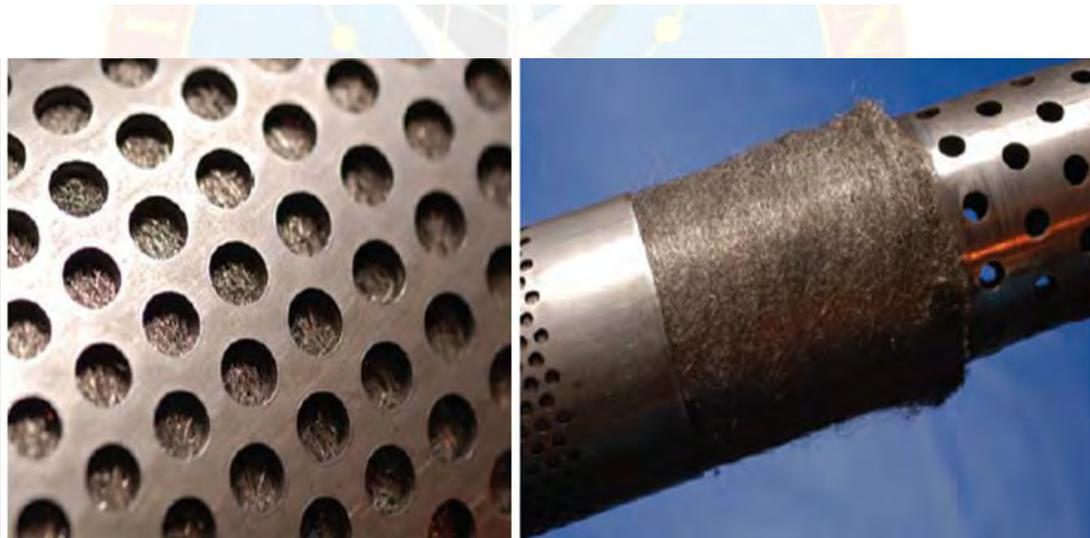
Estas rejillas son de fibras de acero inoxidable altamente comprimidas utiliza una tecnología patentada para el control de arena en los pozos de petróleo, gas y pozos térmicos. Pueden ser utilizadas tanto como rejillas instaladas en pozos de hoyo abierto (desnudo), entubado con o sin empaque de grava y pozos que manejen altas temperaturas.

A diferencia de las demás rejillas y los tradicionales sistemas de control de arena, que dependen exclusivamente de la determinación de una sola medida en los tamaños de los poros, ya que requieren de la formación de arcos y puentes, las rejillas Premium MeshRite controlan el taponamiento aun cuando las partículas producidas, llegan a penetrar la capa de fibras comprimidas, estas partículas, en una nueva

distribución de tamaños, se estabilizan dentro de la capa de fibras comprimidas y las vías de flujo o trayectorias permanecen sin obstrucciones.

La construcción mecánica de las rejillas Premium MeshRite parte de un tubo base que se perfora para alcanzar áreas abiertas desde 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 del 40% de área abierta recubre y protege esta capa de fibra comprimida.



**Figura N° 9. Rejilla MeshRite**

**Características principales:**

- Controla la producción de arena durante el tiempo de vida del pozo.

- Minimiza la caída de presión a lo largo de la sección completada y evita daños a la formación.
- La distribución del tamaño del poro es mayor que la distribución del tamaño de las partículas.
- Mayor área de Influjos (15-25%), alta porosidad (92%) y máxima permeabilidad lo cual conlleva a maximizar la capacidad de caudal y a aumentar la resistencia al taponamiento.
- Puede ser usada dentro de las completaciones existentes y puede ser usado en hoyo abierto, como mecanismo individual (stand alone) o complemento de un empaque de grava, para garantizar la mayor retención de la más amplia distribución de tamaños de partículas.
- Diseño resistente, permitiendo una instalación segura y eficiente. Puede colocarse en hoyo abierto sin operaciones de acondicionamiento.

## 2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Daño de formación:** es una disminución de la productividad, por efectos de restricciones en la vecindad del pozo, en las perforaciones o en el yacimiento. (CIED, Completación y Reacondicionamiento de Pozos. 1997. Pág. 6-4)

**Daño mecánico:** es el colapso de la formación productora alrededor del pozo. (CIED Daño a la Formación. 1997. Pág. 33).

**Finos:** partículas o material precipitado que se mueve por los canales porales de la formación y que entran en los canales porales de un empaque de grava, estas partículas varían dentro del rango de 0,0083 a 0,0015.pulgadas. (Barberi, Efraín. “El Pozo Ilustrado”. FONCIED, PDVSA, Caracas 2001. Pág. 98).

**Granulometría:** rama de la petrografía que trata de la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos. (Luzardo, Manuel. Geología Básica, Lagoven, S.A. 1976. Pág. 15)

**Grava:** arena natural o material sintético suficientemente pequeño como para excluir los granos y algunas partículas finas de los fluidos producidos, pero lo suficientemente grande como para mantenerse en su lugar mediante rejillas. (Luzardo, Manuel. Geología Básica, Lagoven, S.A. 1976. Pág. 25)

**Matriz:** representa el material denso o sólido que rodea los espacios vacíos que están ocupados por fluidos en las rocas en el subsuelo. (Prácticas de Ingeniería de Yacimientos Petrolíferos, 2004, Pág. 32)

**Núcleo:** muestra cilíndrica larga de la formación que sirve para determinar las características y estratigrafía de los estratos en los pozos así como del petróleo que se encuentra dentro de sus poros. (Geología Básica para Ingenieros, UCV, Caracas, 1964. Pág. 48).

**Pozos activos:** son aquellos que se encuentran abiertos a producción, pueden producir de forma natural o a través de métodos de producción artificial, su aporte es constante. (Manual de Definiciones y Normas de Las Reservas de Hidrocarburos, 2000. Pág. 102).

**Pozos inactivos:** son aquellos pozos que se encuentran cerrados por diversas causas y pueden ser reactivados o no nuevamente a producción dependiendo de la magnitud de la causa que motivó su cierre. (Manual de Definiciones y Normas de Las Reservas de Hidrocarburos, 2000. Pág. 102).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según Arias, F (2004, p. 22) “la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento”. De acuerdo a la problemática que se planteó y en función de sus objetivos, esta investigación es de carácter descriptivo, ya que se partirá de acontecimientos realizados; por lo tanto, los datos tendrán fundamento en hechos cumplidos.

#### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se apoya en información que proviene de observaciones directas en los pozos al obtener las muestras de arena, por esto la investigación es documental y de campo; en este tipo de investigación se tiene contacto directo con la variable a estudiar y no se altera (en este caso son muestras de arena), pero si se analizan y determinan propiedades granulométricas que para el desarrollo del estudio son esenciales. De acuerdo a lo indicado anteriormente, Sabino (1992, p. 36) menciona lo siguiente al respecto: “En los diseños de campo los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo”.

#### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Según Arias, F. (2004, p. 98) “La población es el conjunto de elementos con características comunes que son objeto de análisis y para los cuales serán válidas las

conclusiones de la investigación”. La población de esta investigación está representada por 63 pozos horizontales pertenecientes al Distrito Morichal los cuales poseen análisis granulométricos provenientes de muestras tomadas durante la perforación y fueron perforados desde el año 2009 hasta mayo del 2011.

“La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población conformada en atención a un determinado número de variables que se van a estudiar, variables que lo hacen un subconjunto particular con respecto al resto de los integrantes del universo o de la población.” (Ramírez, T. 1994, p.87). En este caso, la misma está integrada por todos los elementos de la población.

### **3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

#### **3.4.1 Mediciones de contenido de arena en muestras de crudo obtenidas de los pozos activos que forman parte del estudio.**

Para realizar las mediciones del contenido de arena en los pozos se tomaron muestras de crudo en el múltiple de prueba y fueron llevadas al laboratorio para ser estudiadas a través del análisis de sedimentos por extracción el cual está regido por la norma ASTM-473, y es utilizado para cuantificar el contenido de arena presente en el crudo. Para determinar el contenido de arena presente en el crudo se tomó una muestra representativa en el múltiple de prueba la cual se coloca en un dedal refractario y se extrae con tolueno caliente hasta que el residuo alcance la masa constante. La masa del residuo se calcula como porcentaje, y es expresado como sedimento por extracción. Para la realización de los análisis de sedimentos por extracción se utilizaron los siguientes instrumentos:

**Tabla N° 3.1 Instrumentos necesarios para la realización de un Análisis de Sedimentos por Extracción.**

<b>EQUIPOS / MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Baño de recirculación termostático.	1
Matraz de Extracción de 1 L.	2
Condensador.	2
Dedal de Extracción.	2
Cesta del Dedal	2
Copa de Agua	2
Estufa de Calentamiento.	1
Recipiente Desecador (sin desecante).	1
Fuente de Calor (plancha de calentamiento).	2
Balanza analítica.	1
Mezcla de Aireación (mezclador)	1
Cepillo de Cerda.	1
Beaker de 250 ml.	1
Cilindro graduado de 250 ml	1
Equipos de protección personal: (bata manga larga, guantes de nitrilo, lentes, máscara contra vapores).	Los necesarios.

#### **3.4.1.1 Procedimiento experimental**

1. El crudo debe ser caracterizado. Se debe calcular el % AyS mediante el método de la centrífuga y medir la gravedad API de cada muestra.
2. Se debe medir la densidad de la muestra a 30°C.
3. Los dedales de extracción deben ser preparados. Si son dedales nuevos se debe frotar la superficie exterior con papel de lija fino y retirar el material aflojado

con un cepillo duro. Posteriormente se deben someter los dedales a una extracción preliminar con tolueno permitiendo que el solvente gotee del dedal por lo menos 1 hora. Luego se procede a secar el dedal en el horno a una temperatura de 120 °C por una hora para ser enfriados en un desecador sin desecante por 1 hora más. Luego de este procedimiento se deben pesar los dedales y repetir hasta que la diferencia de masas no sea mayor a 0.2 mg.

4. Agregar 150 a 200 ml de tolueno en el matraz de extracción.
5. La muestra de crudo debe ser agitada durante 10 minutos para homogenizar la mezcla.
6. Se toma el peso del dedal vacío.
7. Se pesan 10 g de muestra en el dedal.
8. Se colocan los dedales contenedores de las muestras en las cestas del aparato de extracción. Al colocar los dedales en las cestas se debe evitar roce con las paredes de esta debido a que le resta peso y causa errores en las mediciones.
9. Se colocan las copas de agua.
10. Se encienden las planchas de calentamiento a un nivel entre 3 y 4 y se activa el baño de recirculación, la temperatura del agua del baño no debe exceder los 25 °C debido a las propiedades del tolueno. Se debe realizar lavado por 2 horas en la primera extracción, para las extracciones sucesivas el lavado debe tener un lapso de una hora.
11. Hay que prestar suma atención a los primeros 30 minutos de lavado, ya que existe el riesgo de que la muestra se derrame y se pierdan sedimentos, esto sucede cuando existe contenido de agua en el crudo. Si la muestra comienza a elevarse dentro del dedal se debe retirar de la plancha y esperar que baje su temperatura y el nivel del crudo para volver a aplicar calor. Se debe repetir el

procedimiento hasta que ya no haya riesgo de desbordamiento o hasta que el crudo haya sido extraído del dedal.

12. Después de que se termine el proceso de lavado los equipos deben ser apagados y retiradas las copas de agua. Los dedales se deben dejar reposar por 15 minutos.
13. Los dedales se deben trasladar al horno y someter a 120 °C por un lapso de una hora para ser secados.
14. Luego se deben colocar en el desecador sin desecante por una hora.
15. Posteriormente, se procede a pesar los dedales en la balanza analítica.
16. La cantidad de sedimentos se calcula con el peso del dedal después del proceso de extracción menos el peso del dedal vacío.
17. Repetir los pasos del N° 8 al N° 15 hasta que el peso del dedal difieran en menos de 0,2 mg. Cuando la diferencia de peso de los sedimentos registrados en dos extracciones seguidas es menor o igual a 0,2 mg, se debe detener el proceso de extracción y proceder a realizar los cálculos finales.
18. El %m/m se realiza mediante la multiplicación del peso del sedimento obtenido por 100 el cual representa la constante del porcentaje y el resultado es dividido entre el peso de la muestra de crudo.
19. Para el cálculo de %v/v se divide el %m/m entre dos y se multiplica por la densidad del crudo.
20. El cálculo de los ppm (mg/L) se realiza multiplicando la relación %m/m por 10.000 y el resultado por la densidad del crudo.
21. El reporte debe contener: fecha del reporte, nombre del pozo, ubicación del pozo (macolla o campo), nombre del laboratorio donde se realizó el análisis, fecha de la muestra, hora de la muestra, %AyS, °API, densidad, %m/m, %v/v, ppm (mg/L), fecha del análisis, nombre del analista y nombre del supervisor.

### **3.4.2 Identificación de la granulometría por arena a través de muestras obtenidas en superficie en comparación con muestras de núcleo**

Se identificó la granulometría de las arenas mediante los resultados de los análisis granulométricos obtenidos de los archivos pertenecientes al Laboratorio de Corrosión de PDVSA Distrito Morichal, los cuales mostraron la distribución del tamaño de los granos en el  $D_{50}$  presente en una profundidad específica según la profundidad de toma de la muestra en la sección horizontal de los pozos en estudio. Se calculó un  $D_{50}$  promedio para cada arena, debido a que se enfocó este estudio en minimizar por lo menos el 50% de los sedimentos que pueda producir un pozo. Para la realización de los análisis granulométricos se utilizaron muestras de canal. Debido a que las muestras tomadas en superficie sufren alteraciones por el traslado desde el fondo del pozo hasta la superficie, se realizó una comparación con análisis granulométricos realizados a muestras de núcleo con el fin de estimar un error relativo entre ambos tipos de muestras.

Para realizar la comparación se tomó como referencia el diámetro medio o  $D_{50}$  de las muestras de canal así como de las muestras de núcleo y se estableció un rango del tamaño de granos para cada arena, el cual fue expresado en pulgadas, para luego calcular un error relativo y estimar la desviación que existe entre los resultados.

### **3.4.3 Determinación del método de control de arena más adecuado según arena y yacimiento donde se establezca completar los pozos, a partir de resultados obtenidos de los análisis granulométricos**

Para la determinación del método de control de arena óptimo a ser utilizado según la arena o yacimiento a completar, se tomaron en cuenta las comparaciones de la granulometría de cada arena, el porcentaje de retención del método de control de arena, la producción de crudo y de sedimentos que se obtienen del pozo, con el fin de

correlacionar la mayor cantidad de variables posibles. También se realizaron mediciones de contenido de arena presente en el crudo variando las caídas de presiones donde se evaluó el comportamiento de los métodos de control de arena.

#### **3.4.4 Actualizar el procedimiento a seguir para la toma de muestras de canal requeridas para la ejecución de Análisis Granulométricos y muestras de crudo para la realización de Análisis de Sedimentos por Extracción.**

Se elaboró un instructivo basado en los procedimientos avalados por PDVSA para la toma de muestras de canal y de crudo y se complementó con las recomendaciones del personal delegado a estas actividades; de igual manera se consideraron las observaciones realizadas por el personal del laboratorio de análisis especiales y del laboratorio de corrosión para lograr que las muestras recolectadas sean lo más representativas posible.

### **3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

Las técnicas que se utilizaron fueron: la revisión documental, que se basó en la recolección de información acerca de los métodos de control de arenas en las bases de datos, informes técnicos, tesis, guías e internet. Dentro de los instrumentos se contó con programas como:

- **Centinela:** es un sistema de información operacional oficial para soportar los procesos de extracción, control y contabilidad del crudo, agua y gas de los pozos productores de PDVSA.
- **Copyr:** es una herramienta que permite visualizar todos los eventos que han presentado los pozos, tales como: perforación, servicios, reparaciones, reacondicionamientos permanentes, entre otros.

- **Oil Field Manager (OFM):** es una aplicación que desarrolla un eficiente método para visualizar, relacionar o analizar datos de producción y yacimiento.

### 3.6 RECURSOS

**3.6.1 Recursos Humanos:** dentro de los recursos humanos que se utilizaron para la elaboración de este proyecto, se contó con el apoyo del personal de la Gerencia de Yacimientos, Laboratorio de Petróleo, Laboratorio de Corrosión y el personal del Laboratorio de Análisis Especiales. La metodología de este proyecto fue orientada por profesores pertenecientes a la Escuela de Ingeniería de Petróleo de la Universidad de Oriente Núcleo de Monagas e Ingenieros integrantes de la Gerencia de Yacimientos de PDVSA Distrito Morichal.

**3.6.2 Recursos Materiales:** estos recursos estarán conformados por todos las herramientas que proporcionó la empresa PDVSA correspondientes a equipos de oficina como: computadoras, fotocopiadoras, manuales, herramientas de aplicación (Copyr, Centinela, Oil Field Manager OFM), entre otros.

**3.6.3 Recursos Financieros:** el gasto que resultó en el desarrollo de esta investigación, fue responsabilidad del grupo de la Gerencia de Yacimientos, PDVSA Distrito Morichal, División Carabobo.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1 MEDICIONES DE CONTENIDO DE ARENA EN LAS MUESTRAS DE CRUDO OBTENIDAS DE LOS POZOS ACTIVOS QUE FORMAN PARTE DEL ESTUDIO.**

Para llevar a cabo las mediciones de contenido de arena se tomaron muestras de crudo en el múltiple de prueba de los pozos pertenecientes al estudio por lo cual las muestras recolectadas se encontraban diluidas y se utilizó un procedimiento experimental denominado Análisis de Sedimentos por Extracción, el cual mediante la utilización de diversos equipos y materiales de alta sensibilidad que son mostrados y descritos en el apéndice A, permitiendo cuantificar los ppm de sedimentos presentes en cada muestra.

Se realizaron Análisis de Sedimentos por Extracción a 51 pozos perforados en los yacimientos OFIM CN 42, OFIM CNX 24, OFIM CNX 5, OFIM MPG 1, OFIM MPG 2 y OFICINA 1, cuyos resultados son mostrados en su totalidad en el Apéndice C. De los pozos en estudio su mayoría producen mediante el bombeo de cavidad progresiva a excepción de los pozos PC0162 y PM0144 perforados en el yacimiento OFICINA 1 los cuales producen mediante levantamiento artificial con gas (L.A.G) y Dilugas respectivamente.

A continuación se mostraran los resultados de los Análisis de Sedimentos por extracción realizados a 19 pozos pertenecientes al Yacimiento OFIM CN 42 del área de crudo extrapesado y 6 pozos pertenecientes a los Yacimientos OFIM MPG 1 y OFIM MPG 2 del Área de crudo pesado.

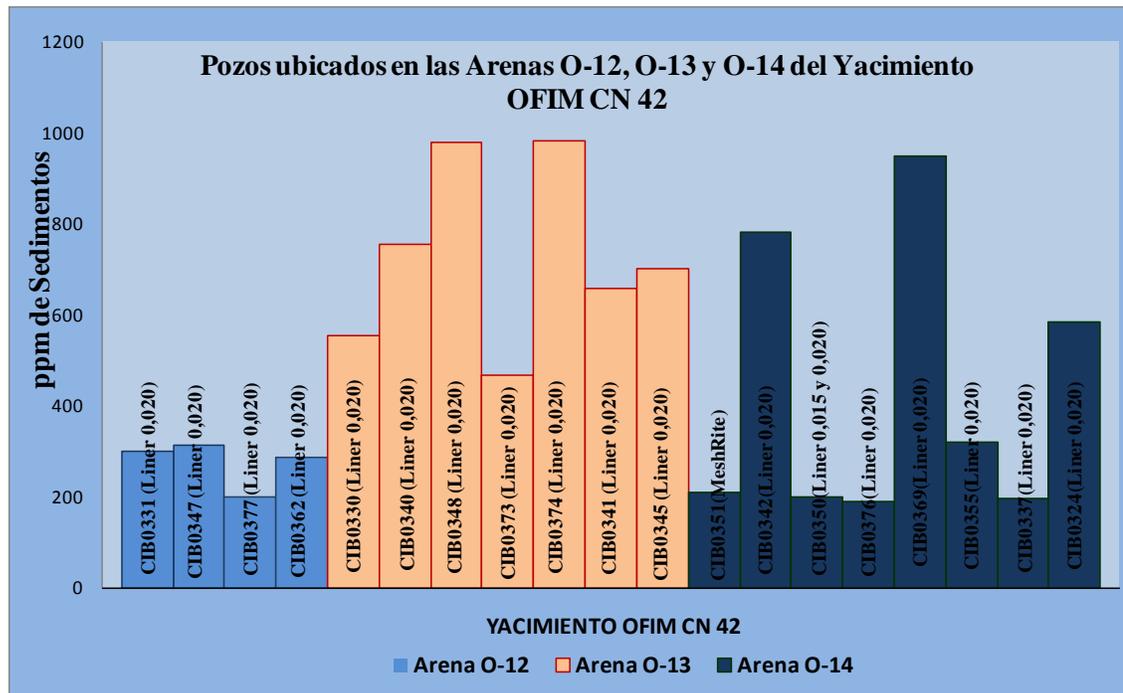
## ÁREA DE CRUDO EXTRAPESADO.

### 4.1.1. Yacimiento OFIM CN 42.

De los pozos estudiados en este yacimiento se encuentran completados 4 en la Arena O-12, 7 en la Arena O-13 y 8 en la Arena O-14. Tal como se muestra en la tabla N° 4.1.

**Tabla N° 4.1. Análisis de Sedimentos por Extracción. Yacimiento OFIM CN 42.**

YACIMIENTO OFIM CN 42								
ARENA O-12								
POZO	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	g sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS
CIB0331 (Liner 0,020)	L-18-1	0,01	0,03	300	48	16,4	0,94631	4,2
CIB0347 (Liner 0,020)	L-18-1	0,02	0,03	315	50	18,1	0,94139	12,0
CIB0377 (Liner 0,020)	L-19-2	0,01	0,02	200	32	21,0	0,93257	0,4
CIB0362 (Liner 0,020)	L-19-2	0,01	0,03	288	46	18,3	0,95846	0,8
ARENA O-13								
POZO	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	g sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS
CIB0330 (Liner 0,020)	L-18-1	0,03	0,06	554	89	12,6	0,92349	6,2
CIB0340 (Liner 0,020)	L-18-1	0,04	0,08	755	121	18,0	0,94321	18,0
CIB0348 (Liner 0,020)	L-18-1	0,05	0,10	980	157	18,9	0,94659	12,0
CIB0373 (Liner 0,020)	L-18-2	0,02	0,05	468	75	16,0	0,93567	5,0
CIB0374 (Liner 0,020)	L-18-2	0,05	0,10	983	157	15,0	0,98324	12,0
CIB0341 (Liner 0,020)	M-18-1	0,03	0,07	658	105	18,4	0,94063	8,0
CIB0345 (Liner 0,020)	M-18-1	0,04	0,07	700	112	16,2	0,95156	2,2
ARENA O-14								
POZO	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	g sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS
CIB0351 (MeshRite)	L-18-1	0,01	0,02	210	34	12,9	0,95881	2,4
CIB0342 (Liner 0,020)	L-18-1	0,04	0,08	782	125	13,3	0,97723	0,8
CIB0350 (Liner 0,015 y 0,020)	L-18-1	0,01	0,02	200	32	15,7	0,95732	1,2
CIB0376 (Liner 0,020)	L-18-1	0,01	0,02	192	31	14,4	0,97436	2,0
CIB0369 (Liner 0,020)	L-18-2	0,05	0,10	950	152	20,1	0,94587	1,0
CIB0355 (Liner 0,020)	L-19-2	0,02	0,03	320	51	17,2	0,99351	0,2
CIB0337 (Liner 0,020)	M-18-1	0,01	0,02	196	31	12,6	0,98224	0,9
CIB0324 (Liner 0,020)	M-18-1	0,03	0,06	586	94	13,6	0,95200	1,0



**Grafica N° 4.1. ppm de Sedimentos cuantificados en las muestras de crudo pertenecientes a pozos perforados en el yacimiento OFIM CN 42.**

De acuerdo a lo que se puede apreciar en la grafica N° 4.1 los pozos completados en la arena O-13 son los que presentaron mayor cantidad de sedimentos en sus muestras de crudo lo cual se debe a que el corte de agua de estos pozos es mayor que los completados en las arenas O-12 y O-14 y también cabe destacar que la granulometría de la arena O-13 está formada por granos más finos que la de las arenas O-12 y O-14 como se puede observar en la sección 4.2.3.

Los pozos que presentaron menor cantidad de ppm de sedimentos fueron cuatro pozos completados en la arena O-14 (CIB0351, CIB0350, CIB0376 y CIB0337) y un pozo completado en la arena O-12 (CIB0377) dentro de estos pozos se tiene que 3 están completados con tubería ranurada de 0,020pulg, 1 con tubería ranurada de 0,020pulg y 0,015pulg y el otro con rejilla Meshs Rite.

Los pozos estudiados y completados en la arena O-12 presentaron porcentajes masa/masa menores a 0,05% por lo cual la cantidad de ppm de sedimentos registrada para cada uno es baja. Cabe destacar que al momento de la toma de las muestras de crudo pertenecientes a estos pozos los cortes de agua eran bajos y los gramos de arena por barril se establecieron no mayores a los cincuenta gramos por cada barril producido como se puede apreciar en la tabla N° 4.1.

Las mediciones de sedimentos hechas en las muestras pertenecientes a pozos completados en la arena O-13 indicaron que existe una producción de arena mayor en comparación con la que se registró en la arena O-12 de este mismo yacimiento, esto es debido a que los %AyS de los pozos son mayores, como se puede observar en la tabla N° 4.1.

La Tabla 4.1 muestra que seis de los ocho pozos estudiados en la arena O-14 produjeron entre 31 y 94 gramos de sedimentos por barril y se estimó que su corte de agua era bajo, por su parte los pozos CIB0342 y CIB0369 registraron contenidos de arena entre 125 y 152 gramos de arena por barril aunque su %AyS al momento de la toma de la muestra fueron 0,8 y 1,0 respectivamente.

Las muestras de crudo tomada en los pozos CIB0342 y CIB0369 arrojaron 782 y 950 miligramos de sedimentos por cada litro de crudo producido por estos pozos en las mismas condiciones de producción bajo las que fueron tomadas las muestras, cantidades justificables por la producción de crudo y las condiciones de presión que presentaban esos pozos al momento del muestreo tal como es explicado en la sección 4.3.1. Analizando el porcentaje masa/masa de los pozos CIB0342 y CIB0369 la producción de sedimentos según lo establecido en la norma ASTM-473 no fue suficientemente elevada como para ser indicativo de un arenamiento en estos pozos.

## ÁREA DE CRUDO PESADO.

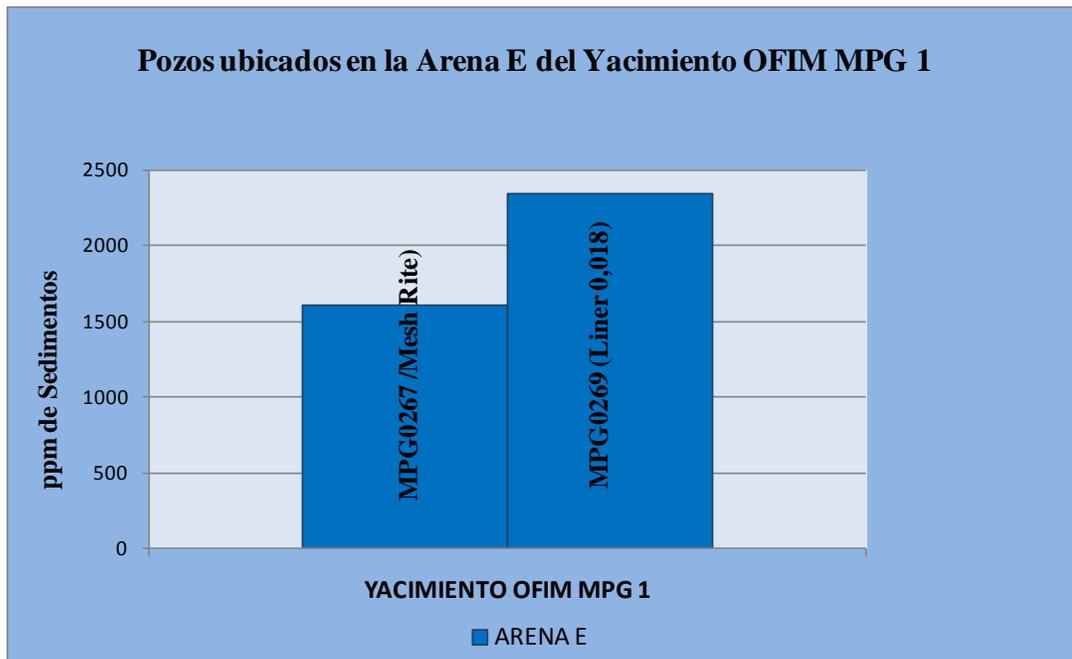
### 4.1.2 Yacimiento OFIM MPG 1.

Las mediciones de contenido de arena realizadas en los dos pozos indicados en la tabla N° 4.2 mostraron que al momento de la toma de muestra existió una producción de sedimentos no mínimas según lo establecido en la norma ASTM-473 la cual indica que si el %m/m es mayor a 0,05 la cantidad de arena deja de ser insignificante.

**Tabla N° 4.2. Análisis de Sedimentos por Extracción. Yacimiento OFIM MPG 1.**

YACIMIENTO OFIM MPG 1								
ARENA E								
POZO	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS
MPG0267 (Mesh Rite)	M-18	0,08	0,17	1613	26	14,3	0,94864	12,0
MPG0269 (Liner 0,018)	M-16	0,12	0,24	2340	37	14,5	0,97520	28,0

En la gráfica N° 4.2 se puede observar que mediante los análisis de sedimentos por extracción se calculó una producción de 1613 y 2340 miligramos de arena por litro de crudo producido por los pozos MPG0267 y MPG0269 respectivamente.



**Gráfica N° 4.2 ppm de Sedimentos cuantificados en las muestras de crudo pertenecientes a pozos perforados en el yacimiento OFIM MPG 1.**

La medición de contenido de arena en estos dos pozos fue repetida para cerciorar los resultados y se corroboró que para el pozo MPG0267 la producción de sedimentos se mantuvo igual en la segunda muestra, mientras que para el pozo MPG0269 se registró un leve aumento por lo que el %m/m mostrado en la Tabla N°: 4.2 es un promedio entre las dos muestras.

El pozo MPG0269 presento 28% de corte de agua al momento de la toma de las muestras y genero un %m/m de 0,24 el cual puede aumentar considerablemente ante un aumento de producción.

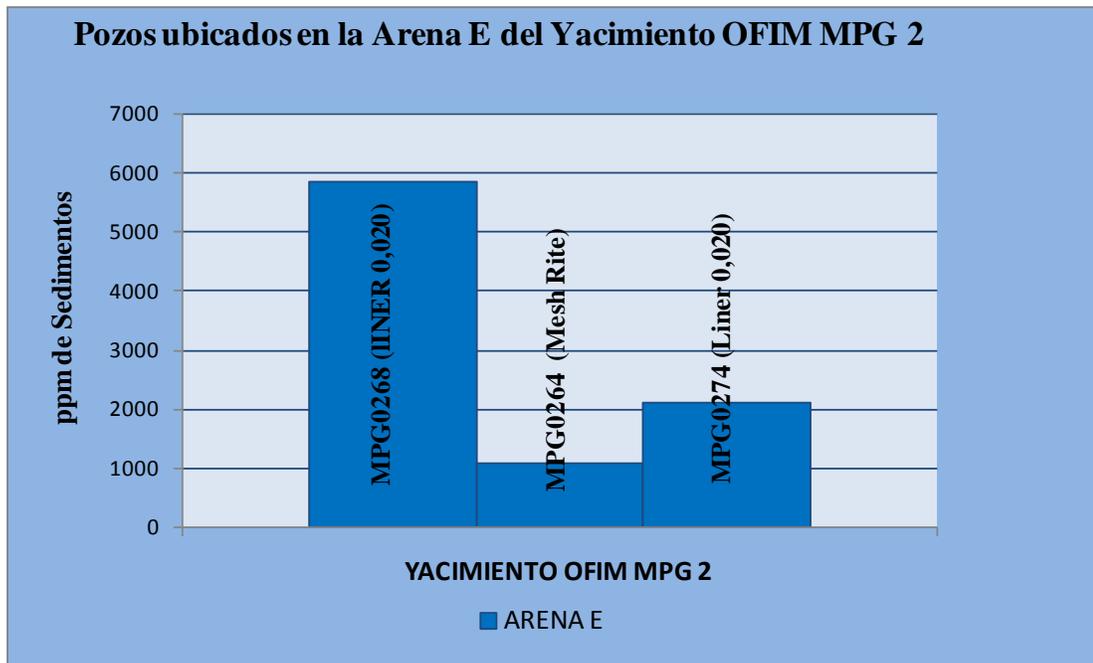
### 4.1.3 Yacimiento OFIM MPG 2.

Dos de los cuatro pozos mostrados en la tabla N° 4.3 (MPG0264 y MPG0275) arrojaron poco contenido de sedimento, en cambio los pozos MPG0268 y MPG0274 manifestaron una producción de arena considerable en especial el pozo MPG0268 al cual se le registró un corte de agua de 32% y un %m/m de 0,60 lo que indica que produce 931 gramos de sedimento por cada barril de fluido que llega a superficie.

La cantidad de sedimentos contabilizados en la muestra del pozo MPG0268 es producto de que el método de control de arena instalado en este pozo no funciona de la mejor manera o no es el adecuado para controlar los finos que está produciendo este pozo.

**Tabla N° 4.3. Análisis de Sedimentos por Extracción. Yacimiento OFIM MPG 2.**

YACIMIENTO OFIM MPG 2								
ARENA E								
POZO	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	g sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS
<b>MPG0268 (Liner 0,020)</b>	M-18	0,29	0,60	5856	94	13,7	0,97598	32,0
<b>MPG0264 (Mesh Rite)</b>	M-14	0,05	0,11	1096	18	9,5	0,99597	24,0
<b>MPG0274 (Liner 0,020)</b>		0,11	0,22	2124	34	16,6	0,96523	15,0



**Grafica N° 4.3 ppm de Sedimentos cuantificados en las muestras de crudo pertenecientes a pozos perforados en el yacimiento OFIM MPG 2.**

La grafica N° 4.3 indica que la muestra a la que se le cuantificó menor contenido de arena a pesar de que al momento de la toma de muestra presentó un corte de agua de 24% fue la perteneciente al pozo MPG0264 el cual se encuentra completado con una rejilla Mesh Rite como método de control de arena, razón por la cual presentó una producción de 175 gramos de arena por cada barril de fluido que produce el pozo.

#### **4.2 IDENTIFICAR LA GRANULOMETRÍA POR ARENA A TRAVÉS DE MUESTRAS DE CANAL OBTENIDAS EN SUPERFICIE DURANTE LA PERFORACIÓN Y REALIZAR COMPARACIONES CON MUESTRAS DE NÚCLEO.**

Para la realización de este objetivo se utilizaron 418 análisis granulométricos de muestras de canal los cuales fueron suministrados por el personal del Laboratorio de Corrosión, y son pertenecientes a 58 pozos horizontales los cuales permitieron describir el Diámetro medio ( $D_{50}$ ) de los granos de 15 arenas distribuidas en 6 yacimientos del área de Pesado y Extrapesado del Distrito Morichal. El  $D_{50}$  se calculó utilizando el 50% de peso acumulado registrado en los análisis granulométricos y se utilizó el diámetro en pulgadas correspondientes a esa acumulación.

La descripción granulométrica permitió establecer un promedio del tamaño medio de la partícula expresado en pulgadas para cada una de las arenas. Para la identificación del  $D_{50}$  o diámetro medio se tomó un rango entre el  $D_{50}$  menor de todos los análisis y el  $D_{50}$  mayor para luego promediar el rango y obtener un valor promedio. En la identificación del tamaño del grano perteneciente a los  $D_{50}$  calculados en este estudio se consideró como referencia los rangos establecidos en los análisis granulométricos.

Los cálculos realizados en este objetivo se basaron en un diámetro medio de los granos que conforman las arenas debido a que una de las finalidades de este estudio es poder recomendar un método de control de arena que evite por lo menos en un 50% la producción de arena.

#### **4.2.1 Granulometría de las Arenas O-12, O-13 y O-14 del Yacimiento OFIM CNX 5.**

Para la descripción del área extrapesado se emplearon los resultados de los análisis granulométricos de 49 pozos los cuales suman un total de 375 y permitieron describir 10 arenas distribuidas en 3 yacimientos del Campo Cerro Negro. Los yacimientos estudiados fueron OFIM CN 42, OFIM CNX 24 y OFIM CNX 5.

En el área pesado se estudiaron 3 yacimientos (OFIM MPG 1, OFIM MPG 2, y OFICINA 1) dentro de los cuales se analizaron 5 arenas. Se utilizaron 43 análisis granulométricos correspondientes a 9 pozos ubicados en los campos Morichal y Pilón.

A continuación se mostrara la identificación granulométrica de las arenas O-12, O-13 y O-14 del Yacimiento OFIM CNX 5. Los resultados de la granulometría de las arenas pertenecientes a los yacimientos OFIM CN 42, OFIM CNX 24 y OFIM MPG 2, y OFICINA 1 del área extrapesado y pesado respectivamente se encuentran ubicados en el apéndice B.

##### **4.2.1.1 Yacimiento OFIM CNX 5.**

En este yacimiento se estudiaron tres arenas las cuales fueron identificadas granulométricamente mediante el diámetro medio de los granos que la conforman los cuales poseen un tamaño ubicado entre la clasificación de grano fino, medio y grueso, siendo este yacimiento el que evidenció mayor tamaño en los granos de las arenas.

La Arena O-12 posee un diámetro medio ubicado en el rango de grano fino y medio. Sólo se dispuso de 18 análisis pertenecientes a dos pozos para realizar la identificación, la información obtenida se muestra en la tabla N° 4.4. Los rangos

mostrados por los resultados de los análisis granulométricos realizados a los dos pozos muestran que la desviación entre el  $D_{50}$  de los dos pozos es muy poca indicando poca variación en el tamaño de la partícula ubicada en el rango del  $D_{50}$ .

En la tabla N° 4.4, se observa que el rango del  $D_{50}$  de los pozos estudiados para la identificación del tamaño del grano de la Arena O-13. En cinco de los seis pozos muestreados se observa una tendencia parecida en el cálculo del  $D_{50}$  y ubica la arena entre el rango de granos finos y medios, sin embargo los análisis hechos a la muestra tomada del pozo CDB0080 extienden el límite superior y reubica la descripción granulométrica de la arena indicando que el diámetro medio de la partícula está ubicado entre granos finos, medios y grueso.

Coincidiendo con la clasificación otorgada a la arena O-13, la arena O-14 se ubica según el diámetro medio obtenido de los análisis granulométricos realizados a los pozos mostrados en la tabla N° 4.4 como una arena conformada en su  $D_{50}$  por granos finos, medios y gruesos. La composición de las partículas de rango del  $D_{50}$  es muy variante, ya que existe una diferencia de 0,014 pulgadas entre el grano más pequeño y el más grande.

De las tres arenas estudiadas en el yacimiento OFIM CNX 5 se puede observar que la arena O-12 posee un  $D_{50}$  conformado por granos de menor diámetro con respecto al  $D_{50}$  de las arenas O-13 y O-14.

**Tabla N°: 4.4. D50 de la Arena O-12, O-13 y O-14 del Yacimiento OFIM CNX 5.**

YACIMIENTO OFIM CNX 5					
ARENA O-12					
POZO	MACOLLA	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50 (pulg)	CANT	ARENA/D50 pulg	D50 PROMEDIO pulg
CDB0069	N-20-1	0,009-0,012	10	0,008-0,012	0,01
CDB0083	N-20-1	0,008-0,010	8		
ARENA O-13					
POZO	MACOLLA	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50 (pulg)	CANT	ARENA/D50 pulg	D50 PROMEDIO pulg
CDB0080	N-19-1	0,006-0,023	14	0,006-0,023	0,0145
CDB0068	N-20-1	0,008-0,014	12		
CDB0066	N-20-1	0,007-0,014	8		
CDB0071	N-20-1	0,010-0,014	9		
CDB0063	N-20-1	0,007-0,010	9		
CDB0065	N-20-1	0,008-0,012	4		
ARENA O-14					
POZO	MACOLLA	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50 (pulg)	CANT	ARENA/D50 pulg	D50 PROMEDIO pulg
CDB0064	N-20-1	0,007-0,010	7	0,007-0,021	0,014
CDB0058	N-20-1	0,011-0,017	4		
CDB0072	N-20-1	0,014-0,021	8		
CDB0070	N-20-1	0,011-0,017	8		

#### 4.2.2 D<sub>50</sub> promedio de las arenas según análisis granulométricos de muestras de canal.

Una vez identificados los rangos del D<sub>50</sub> para cada una de las arenas se procedió a calcular un promedio con el límite inferior y el límite superior, obteniendo un diámetro promedio de las partículas para cada una de las arenas según los yacimientos estudiados, como se muestra en las tablas N° 4.5 y N° 4.6. Mediante los promedios se obtuvo que las arenas poseen un diámetro medio con poca variación entre ellas, salvó la arena A y la arena D del área pesado pertenecientes al yacimiento

OFICINA 1 y OFIM MPG 1 respectivamente que presentaron un  $D_{50}$  menor a la tendencia de las otras arenas y la arena O-14 del área extrapesado del yacimiento OFIM CN 42 que ubicó el diámetro medio de sus partículas por encima de las demás arenas estudiadas en el área de extrapesado en una diferencia de más de 0,005pulg. Los promedios indican que todas las arenas estudiadas poseen un  $D_{50}$  clasificado en el rango del grano de tamaño medio.

**Tabla N° 4.5.  $D_{50}$  Promedio área Extrapesado**

<b>ARENAS <math>D_{50}</math> (Extrapesado)</b>			
<b>Cerro Negro/Ofim Cn 42</b>			
<b>Arena</b>	<b>Campo</b>	<b><math>D_{50}</math> pulg</b>	<b><math>D_{50}</math> Promedio pulg</b>
O-12	Cerro Negro	0,006-0,020	0,0130
O-13	Cerro Negro	0,007-0,018	0,0125
O-14	Cerro Negro	0,006-0,031	0,0185
<b>Cerro Negro/Ofim Cnx 24</b>			
<b>Arena</b>	<b>Campo</b>	<b><math>D_{50}</math> pulg</b>	<b><math>D_{50}</math> Promedio pulg</b>
O-12	Cerro Negro	0,006-0,013	0,010
O-13	Cerro Negro	0,006-0,009	0,012
O-14	Cerro Negro	0,006-0,020	0,0130
O-15	Cerro Negro	0,006-0,020	0,0130
<b>Cerro Negb/Ofim Cnx 5</b>			
<b>Arena</b>	<b>Campo</b>	<b><math>D_{50}</math> pulg</b>	<b><math>D_{50}</math> Promedio pulg</b>
O-12	Cerro Negro	0,008-0,012	0,0100
O-13	Cerro Negro	0,006-0,023	0,0145
O-14	Cerro Negro	0,007-0,021	0,0140

**Tabla N° 4.6. D<sub>50</sub> Promedio Área Pesado**

<b>ARENAS D/50 (Pesado)</b>				
<b>Arena</b>	<b>Yacimiento</b>	<b>Campo</b>	<b>D/50 pulg</b>	<b>D/50 Promedio pulg</b>
E	Morichal/Ofim Mpg 1	Morichal	0,006-0,030	0,0130
E	Morichal/Ofim Mpg 2	Morichal	0,007-0,017	0,0120
D	Morichal/Ofim Mpg 1	Morichal	0,004-0,010	0,0070
D	Pilon/Oficina 1*	Pilon	0,004-0,014	0,0090
A	Pilon/Oficina 1*	Pilon	0.006-0.010	0,0080

#### **4.2.3 Comparación de la granulometría de las muestras de núcleo y las muestras de canal.**

Debido a que las muestras de canal sufren alteraciones (reducción del tamaño del grano por erosión) en el traslado desde el fondo del pozo hasta la superficie se realizó una comparación con una muestra de núcleo del mismo yacimiento y de las mismas arenas para poder estimar la desviación entre las muestras de canal y los análisis hechos a la muestra de núcleo.

Para la comparación se utilizó el análisis de núcleo del pozo CIB007E a las arenas O-12, O-13, O-14 y O-15 pertenecientes al yacimiento OFIM CNX 24, al cual se le estimó un D<sub>50</sub> para cada una de las profundidades de cada arena y luego se realizó un rango con el valor menor y el valor mayor antes de ser promediado. La finalidad de esta comparación es estimar un error relativo de los análisis hechos a las muestras de canal.

**Arena O-12:** la Tabla N° 4.7, muestra que la desviación entre las dos muestras existió en el límite superior del rango, ubicando el D<sub>50</sub> promedio del análisis de la

muestra de canal 0,0015 pulgadas por debajo del  $D_{50}$  promedio de la muestra de núcleo indicando que los granos de arena de la muestra de canal sufrieron cierta reducción en el traslado fondo-superficie lo que condujo a un error relativo de 9,09% con respecto a la muestra de núcleo.

**Tabla N° 4.7. Comparación granulométrica entre la muestra de Núcleo y la muestra de Canal de la arena O-12.**

POZO CIB007E/YACIMIENTO OFIM CNX 24 (ARENA O-12)										
ARENA	PROF. (pies)	TAMIZ (mm)	RETENIDO ACUMULADO (%)	D50 (mm)	D50 (pulg)	D50 rango (pulg)	D50 prom. (pulg)	D50 rango (Anál.Granul.)	D50 prom. (Anál.Granul.)	ERROR RELATIVO
O-12	2817	0,180	45,120	0,174	0,007	0,006-0,015	0,011	0,006-0,013	0,010	9,09
		0,125	90,800							
	2820	0,180	33,120	0,162	0,006					
		0,125	85,080							
	2821	0,355	47,560	0,341	0,014					
		0,300	57,360							
	2861	0,425	42,760	0,335	0,013					
		0,125	62,920							
	2867	0,425	32,480	0,373	0,015					
		0,355	56,280							
	2877	0,180	45,160	0,174	0,007					
		0,125	90,840							
	2881	0,425	29,800	0,364	0,015					
		0,355	52,880							
	2885	0,425	35,760	0,382	0,015					
		0,355	58,840							
2904	0,250	17,800	0,207	0,008						
	0,180	69,720								

**Arena O-13:** en esta arena se aprecia como los granos más grandes pertenecientes al rango del  $D_{50}$  disminuyen 0,002 pulgadas en el límite superior indicando que los granos más pequeños no sufrieron alteraciones, los comportamientos granulométricos de las dos muestras se observan en la tabla N° 4.8 Debido a la reducción de los granos más grandes se obtuvo un error relativo de 7,69% indicando la desviación de la muestra de canal.

**Tabla N° 4.8. Comparación granulométrica entre la muestra de Núcleo y la muestra de Canal de la arena O-13.**

POZO CIB007E/YACIMIENTO OFIM CNX 24 (ARENA O-13)										
ARENA	PROF. (pies)	TAMIZ (mm)	RETENIDO ACUMULADO (%)	D50 (mm)	D50 (pulg)	D50 rango (pulg)	D50 prom. (pulg)	D50 rango (anál.Granul.)	D50 prom. (anál.Granul.)	ERROR RELATIVO
O-13	2911	0,500	48,360	0,490	0,020	0,006-0,020	0,013	0,006-0,018	0,012	7,69
		0,425	60,680							
	2966	0,250	26,880	0,216	0,009					
		0,180	74,120							
	2967	0,250	21,600	0,211	0,008					
		0,180	72,360							
O-13	2968	0,250	21,680	0,208	0,008					
		0,180	69,360							
	2982	0,250	20,320	0,208	0,008					
		0,180	69,760							
	2994	0,250	30,400	0,216	0,009					
		0,180	70,600							
	3011	0,180	19,480	0,142	0,006					
		0,125	63,680							
	3013	0,250	38,680	0,205	0,008					
		0,180	56,430							

**Arena O-14:** la Tabla 4.9 muestra que a diferencia de la arena O-12 y la O-13 en la arena O-14 si existió reducción del tamaño de los granos del límite inferior del  $D_{50}$ , dando como resultado un error relativo de 15,38% el cual representó el porcentaje más alto de error en comparación con las otras tres arenas estudiadas.

El tamaño de las partículas del límite superior del  $D_{50}$  también registró reducción lo cual creó una diferencia de 0,002pulg entre los  $D_{50}$  promedio de los análisis granulométricos de las muestras de canal y la muestra de núcleo. Las reducciones obtenidas tanto en el límite superior como en el inferior se debieron al desgaste de los granos producto del arrastre fondo – superficie de la muestra de la arena.

**Tabla N° 4.9 Comparación granulométrica entre la muestra de Núcleo y la muestra de Canal de la arena O-14.**

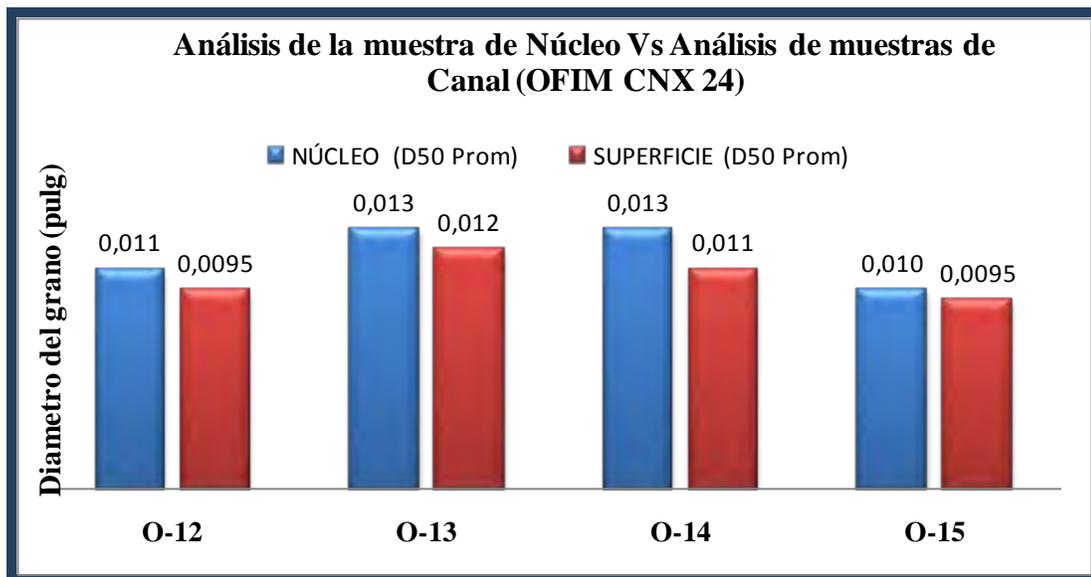
POZO CIB007E/YACIMIENTO OFIM CNX 24 (ARENA O-14)										
ARENA	PROF. (pies)	TAMIZ (mm)	RETENIDO ACUMULADO (%)	D50 (mm)	D50 (pulg)	D50 rango (pulg)	D50 prom. (pulg)	D50 rango (anál.Granul.)	D50 prom. (anál.Granul.)	ERROR RELATIVO
O-14	3046	0,3550	44,160	0,336	0,013	0,008-0,017	0,013	0,006-0,016	0,011	15,38
		0,3000	61,520							
	3070	0,4250	27,720	0,357	0,014					
		0,3550	50,760							
	3071	0,5000	33,650	0,434	0,017					
		0,4250	52,290							
	3091	0,3550	48,760	0,349	0,014					
		0,3000	60,680							
	3096	0,1800	13,960	0,145	0,008					
		0,1250	70,840							

**Arena O-15:** la arena O-15 fue la que mostró menor desviación en los análisis granulométricos de la muestra de canal arrojando un error relativo de 5%. A diferencia de las otras arenas los granos que sufrieron reducción de 0,001 pulgada fueron los que marcaron el límite inferior del rango del D<sub>50</sub> como se observa en la tabla N° 4.10.

**Tabla N° 4.10. Comparación granulométrica entre la muestra de Núcleo y la muestra de Canal de la arena O-15.**

POZO CIB007E/YACIMIENTO OFIM CNX 24 (ARENA O-15)										
ARENA	PROF. (pies)	TAMIZ (mm)	RETENIDO ACUMULADO (%)	D50 (mm)	D50 (pulg)	D50 rango (pulg)	D50 prom. (pulg)	D50 rango (anál.Granul.)	D50 prom. (anál.Granul.)	ERROR RELATIVO
O-15	3114	0,300	37,040	0,229	0,009	0,007-0,013	0,010	0,006-0,013	0,0095	5
		0,250	46,160							
	3116	0,355	43,480	0,305	0,012					
		0,300	50,720							
	3133	0,355	44,240	0,318	0,013					
		0,300	52,720							
	3134	0,180	39,180	0,168	0,007					
		0,125	88,720							
	3138	0,355	41,530	0,314	0,013					
		0,300	52,930							
	3179	0,250	23,840	0,192	0,008					
		0,180	55,600							

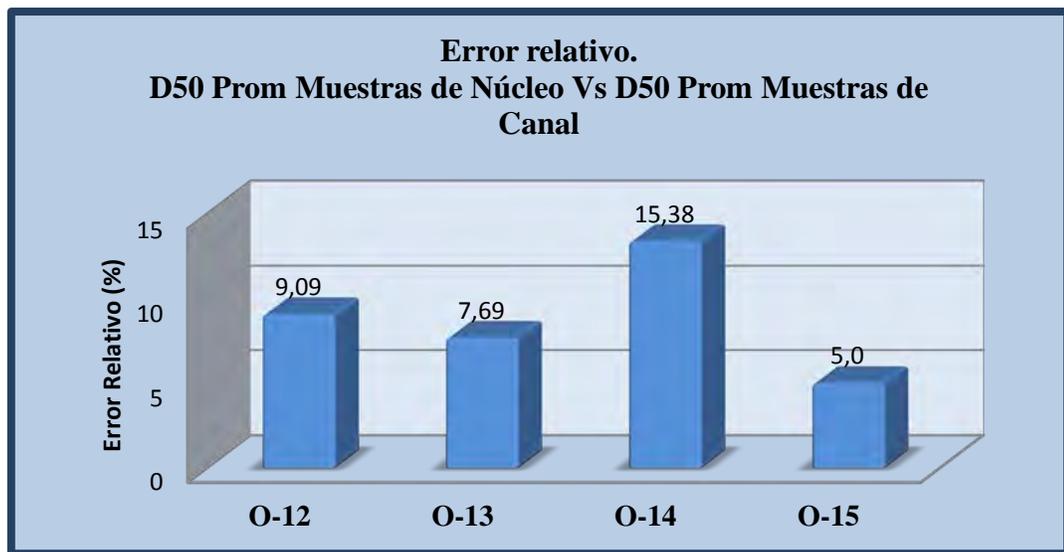
La Gráfica N° 4.4 muestra los  $D_{50}$  promedio de los análisis granulométricos realizados a las muestras de núcleo y a las muestras de canal indicando que en todas las arenas existió una reducción del diámetro de la partícula media. La mayor reducción de tamaño en los granos existió en la arena O-14 y la muestra que sufrió menos alteración fue la de la arena O-15.



**Gráfica 4.4. Comparación del  $D_{50}$  promedio del análisis granulométrico de la muestra de núcleo y la muestra de canal.**

Las muestras de núcleo son las muestras más representativas para la granulometría existente en las arenas del yacimiento, debido a que estas son tomadas en la cara de la arena mediante la utilización de herramientas especiales, mientras que las muestras de canal sufren alteraciones en el traslado fondo-superficie y pueden existir errores en la toma de la muestra por malos cálculos del fondo arriba. Por esta razón se identificó la desviación que existe entre las dos muestras, donde el error relativo mayor apreciado fue de 15, 38% y perteneció a la muestra de la arena O-14, tal y como se muestra en la Gráfica N 4.5.

Los errores relativos calculados indicaron que las muestras de canal sirven para identificar la granulometría de las arenas siempre y cuando se tenga en cuenta la desviación que éstas puedan tener ante una muestra de núcleo y que sean tomadas bajo cálculos fondo arriba correctos y con los instrumentos adecuados.



**Gráfica N° 4.5 Error relativo entre el D<sub>50</sub> de la muestra de núcleo y la muestra de canal.**

#### **4.3 DETERMINACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL DE ARENA MÁS ADECUADO SEGÚN ARENA Y YACIMIENTO DONDE SE ESTABLEZCA COMPLETAR LOS POZOS, A PARTIR DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS**

De los pozos horizontales pertenecientes al estudio sólo se evaluaron dos métodos de control de arena existentes en los mismos, Tubería Ranurada y las Rejillas Mesh Rite. La evaluación se realizó según la arena donde se encontraba completado cada pozo, utilizando los análisis granulométricos y el contenido de arena presente en el crudo a diferentes caídas de presión se identificó el comportamiento de

cada uno de estos métodos. Los valores de las caídas de presión utilizados para llevar a cabo el desarrollo de este objetivo fueron suministrados por el personal del Departamento de Optimización del Distrito Morichal.

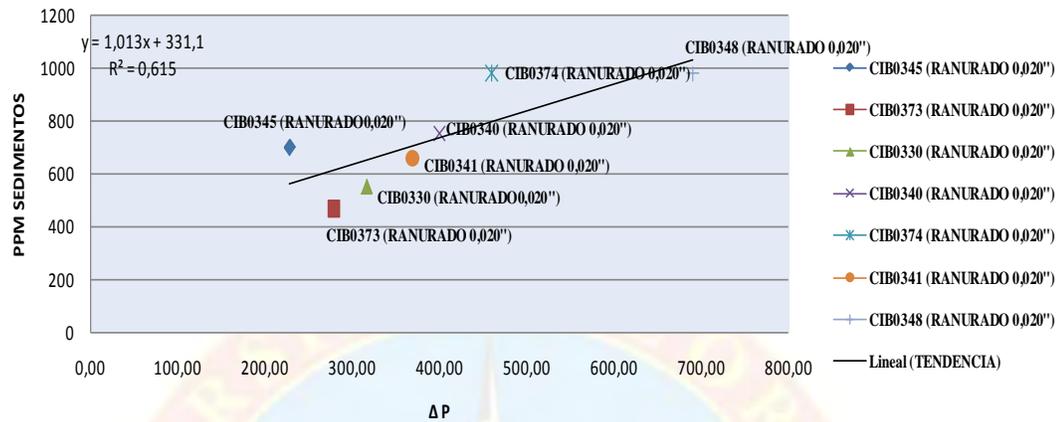
#### **4.3.1 Area de crudo extra pesado**

##### **4.3.1.1 Yacimiento OFIM CN 42**

En este yacimiento se evaluaron 3 arenas (O-12, O-13 y O-14) y 19 pozos de los cuales 17 están completados con tubería ranurada de 0,020 pulg, 1 con ranurados combinado de 0,015 y 0,020 pulg y 1 con rejilla Mesh Rite. A continuación se muestra el comportamiento de los métodos de control de arena instalados en los pozos completados en las arenas O-13 y O-14 de este yacimiento, los resultados obtenidos para los pozos completados en la arena O-12 son mostrados en el Apéndice B.

**Arena O-13:** todos los pozos estudiados en esta arena contaron con el mismo método de control de arena y el mismo método de levantamiento artificial (B.C.P), la Gráfica N° 4.6 indica que la producción de sedimentos aumenta con el aumento de la caída de presión. Los pozos CIB0345 y CIB0348 indicaron un leve desvío referente a la tendencia seguida por los cinco pozos restantes, esto se debió a que tanto en el procedimiento de toma de muestra como en la extracción de sedimentos de la misma existe la probabilidad de incidir en valores un poco desviados debido a factores que pueden afectar en estos procedimientos como son el clima, los utensilios utilizados para tomar la muestra, entre otros.

### ARENA O-13 (OFIM CN 42)



**Grafica N°: 4.6 Δp vs ppm de sedimentos. Arena O-13 OFIM CN 42.**

Debido a que dentro de los pozos estudiados en la arena O-13 se contó con completaciones hechas con tubería ranurada de 0,020pulg no existió la oportunidad de realizar o estudiar otro método de control de arena, por lo que sólo se puede objetar que en esta arena los ranurados de 0,020pulg funcionan obedeciendo la teoría que cita que mientras mayor es la caída de presión mayor es la producción de sedimento. Según el porcentaje de retención del ranurado de 0,020pulg para la granulometría de esta arena es muy bajo ofreciendo máximo de 22% de retención en la producción de finos de esta arena como se puede observar en la Tabla N° 4.11.

**Tabla N° 4.11. Parámetros de producción. Pozos completados en la Arena O-13 (OFIM CN 42).**

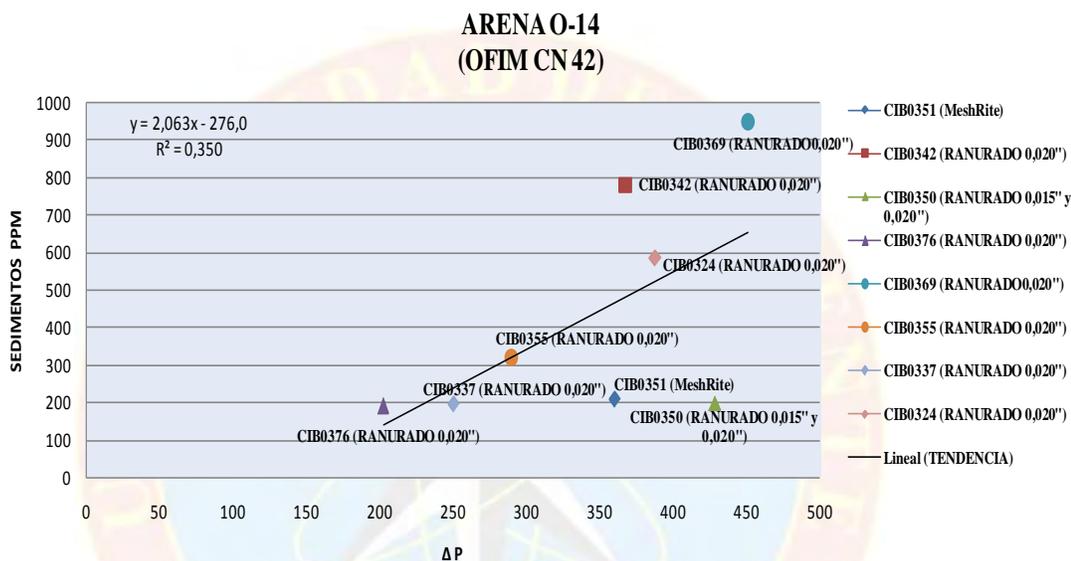
ARENA O-13. (OFIM CN 42)							
POZO	ΔP	PPM SEDIMENTOS	B TPD	BBPD	BDPD	%AyS	°API
CIB0345 (Ranurado 0,020pulg)	228,00	700	909	419	490	2,2	16,2
CIB0373 (Ranurado 0,020pulg)	279,00	468	1424	900	524	5,0	16,0
CIB0330 (Ranurado 0,020pulg)	316,20	554	1282	837	445	6,2	12,6
CIB0340 (Ranurado 0,020pulg)	400,00	755	899	432	467	18,0	18,0
CIB0374 (Ranurado 0,020pulg)	459,50	983	891	461	430	12,0	15,0
CIB0341 (Ranurado 0,020pulg)	369,00	658	587	337	250	8,0	18,4
CIB0348 (Ranurado 0,020pulg)	690,00	980	1589	1029	560	12,0	18,9

**Tabla N° 4.12. % de retención del equipo de control de arena instalado en los pozos estudiados y completados en la Arena O-13. (OFIM CN 42)**

ARENA O-13 OFIM CN 42						
POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (pulg)	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CIB0330	L-18-1	B.C.P.	Ranurado	0,020	6,3	6,3
CIB0340	L-18-1	B.C.P.	Ranurado	0,020	6,37- 6,00- 10,26- 24,37- 23,52- 13,83- 3,30- 13,88	12,7
CIB0348	L-18-1	B.C.P.	Ranurado	0,020	17,66- 22,58- 39,72- 10,04-	21,6
CIB0373	L-18-2	B.C.P.	Ranurado	0,020	33,99	33,9
CIB0374	L-18-2	B.C.P.	Ranurado	0,020	5,83- 1,39- 11,98- 30,12- 1,66- 41,76- 33,13- 41,14	16,7
CIB0336	L-19-1	B.C.P.	Ranurado	0,020	10,27- 2,13- 0,23- 1,39- 2,66- 1,72- 10,66	10,75
CIB0335	L-19-1	B.C.P.	Ranurado	0,020	3,75- 6,59- 10,28- 6,57- 8,57- 6,30- 3,30- 16,45- 13,42	8,4
CIB0341	M-18-1	B.C.P.	Ranurado	0,020	18,35- 5,04- 0,86- 0,48- 0,54- 1,84- 13,62- 8,45- 8,60- 8,16- 19,42- 8,59- 12,83	8,2
CIB0345	M-18-1	B.C.P.	Ranurado	0,020	12,70- 8,56- 14,34- 10,03- 9,23- 11,24- 5,42- 2,81- 0,82	8,4

**Arena O-14:** En esta arena se analizó el comportamiento de 8 pozos en cuanto a producción de sedimentos se refiere, de los cuales seis fueron completados con tubería ranurada de 0,020pulg, uno con ranurado combinado de 0,015pulg y 0,020pulg y uno con rejilla Mesh Rite, igualmente todos producen bajo el bombeo de

cavidad progresiva. Como muestra la Gráfica N° 4.7 los pozos completados con ranurado combinado y rejilla MeshRite se encuentran por debajo de la tendencia seguida por los pozos restantes a pesar de las caídas de presión a las que están sometidos estos pozos.



**Gráfica N° 4.7. Δp vs ppm de sedimentos. Arena O-14. OFIM CN 42**

El pozo CIB0351 para el momento de la toma de muestra manejaba una producción de 1750 BTPD con una caída de presión de 360 lpc y el pozo CIB0350 producía 1559 BTPD sometido a un ΔP de 428 lpc tal como muestra la Tabla N 4.13. Bajo estas condiciones, estos dos pozos no presentaron cantidades elevadas de sedimentos por lo que se puede incidir en que en la arena O-14 del yacimiento OFIM CN 42 tanto la rejilla MeshRite como el ranurado combinado de 0,020pulg y 0,015pulg funcionan de manera similar, según la cantidad de sedimentos cuantificados en las muestras de crudo el control de arena realizado por estos dos métodos fue superior al mostrados en los pozos que solo contaban con tubería

ranurada de 0,020pulg que presentando algunos de estos, producción y caída de presión menor a los otros dos pozos, arrojaron mayor cantidad de ppm de sedimentos.

**Tabla N° 4.13. Parámetros de Producción. Pozos completados en la Arena O-14. (OFIM CN 42)**

ARENA O-14. (OFIM CN 42)							
POZO	$\Delta P$	PPM SEDIMENTOS	BTPD	BBPD	BDPD	%AyS	°API
<b>CIB0351 (MeshRite)</b>	360	210	1750	1098	652	2,4	12,9
<b>CIB0342 (Ranurado 0,020pulg)</b>	367	782	1434	924	510	0,8	13,3
<b>CIB0350 (Ranurado 0,015pulg y 0,020pulg)</b>	428	200	1559	909	650	1,2	15,7
<b>CIB0376 (Ranurado 0,020pulg)</b>	202	192	1577	983	594	2,0	14,4
<b>CIB0369 (Ranurado 0,020pulg)</b>	451	950	1174	732	442	1,0	20,1
<b>CIB0355 (Ranurado 0,020pulg)</b>	290	320	1927	1232	695	0,2	17,2
<b>CIB0337 (Ranurado 0,020pulg)</b>	250	196	1254	877	377	0,9	12,6
<b>CIB0324 (Ranurado 0,020pulg)</b>	388	586	1398	791	607	1,0	13,6

En esta arena se evaluaron tres métodos de control de arena los cuales fueron: tubería ranurada de 0,020pulg, ranurado combinado de 0,015pulg y 0,020pulg y la rejilla Mesh Rite, para los cuales se calculó el porcentaje de retención que ofrece cada uno según el diámetro de los granos que conforman esta arena. Los resultados mostrados en la Tabla N° 4.14 indicaron que tanto el ranurado combinado como el ranurado de 0,020pulg pueden retener un máximo de 30% de los sedimentos que puedan producir los pozos estudiados en esta arena, por su parte la rejilla MeshRite marcó un porcentaje de retención mayor al 50% el cual al ser comparado con el porcentaje de sedimento medido en el pozo CIB0351 se incidió en que la rejilla Mesh Rite puede controlar en mayor porcentaje la producción de finos en los pozos completados en la arena O-14 del yacimiento OFIM CN 42.

**Tabla N° 4.14. % de retención del equipo de control de arena instalado en los pozos estudiados y completados en la Arena O-14. (OFIM CN 42)**

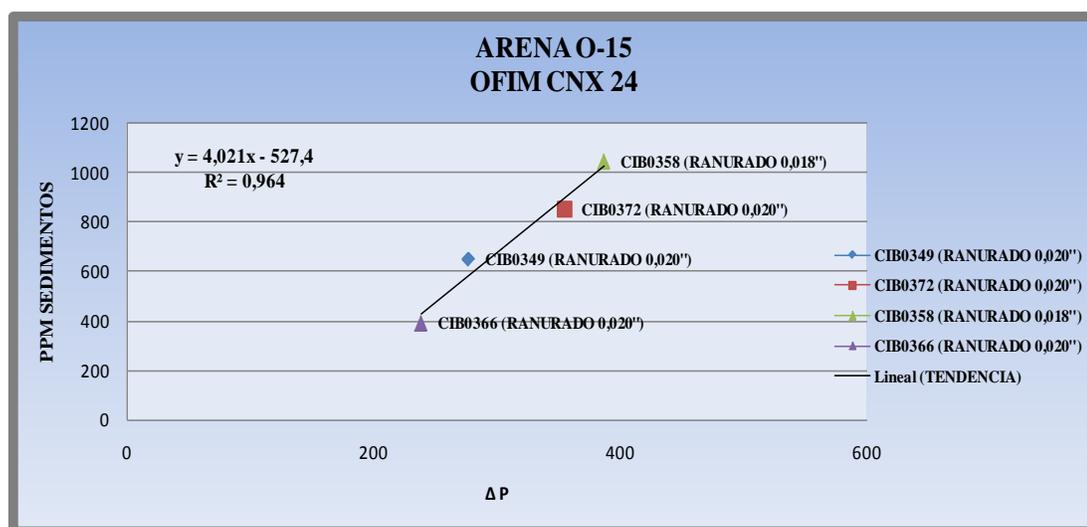
ARENA O-14 OFIM CN 42						
POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (pulg)	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CIB0332	L-19-1	B.C.P.	RANURADO	0,020	9,47-7,67- 27,27- 4,85- 7,17- 7,04- 6,13- 8,54	9,77
CIB0328	L-18-1	B.C.P.	RANURADO	0,020	29,29- 31,05- 51,56- 22,79- 16,44- 38,84- 44,50- 33,59- 11,82- 62,35- 13,01- 20,03	31,27
CIB0351	L-18-1	B.C.P.	REJILLA MeshRite	0,00058- 0,025/0,010	65,48- 48,42- 55,41- 51,71- 67,19- 50,38	56,43
CIB0342	L-18-1	B.C.P.	RANURADO	0,020	2,17- 12,45- 8,41- 5,67- 5,21- 1,36- 14,68- 4,80	6,84
CIB0350	L-18-1	B.C.P.	RANURADO COMBINADO	0,015 - 0,020	38,20- 19,78- 48,44- 37,00- 18,09- 18,27	29,96
CIB0369	L-18-2	B.C.P.	RANURADO	0,020	24,86- 23,77- 11,65- 27,16- 26,82- 3,52- 20,15	19,7
CIB0376	L-18-1	B.C.P.	RANURADO	0,020	21,22- 19,59- 13,12- 23,87- 28,37- 28,37- 26,11- 18,42	22,38
CIB0362	L-19-2	B.C.P.	RANURADO	0,020	1,06- 18,01- 35,27- 5,09- 7,28- 4,87- 19,63	13,03
CIB0337	M-18-1	B.C.P.	RANURADO	0,020	30,86- 26,23- 4,53- 15,16- 13,82	18,12
CIB0324	M-18-1	B.C.P.	RANURADO	0,020	0,20- 7,86- 7,14- 11,83- 0,80- 0,32	4,69

#### 4.3.1.2 Yacimiento OFIM CNX 24

Las arenas O-12, O-13, O-14 y O-15 fueron las seleccionadas para ser evaluadas en el yacimiento OFIM CNX 24, debido a que en ellas se encuentran algunos pozos cuyas completaciones constan de tubería ranurada de 0,020pulg y otros con tubería ranurada de 0,018pulg los cuales permitieron realizar comparaciones y análisis que se muestran a continuación. Los resultados obtenidos para los pozos completados en las arenas, O-12, O-13 y O-14 son mostrados en el Apéndice B.

**Arena O-15:** para esta arena se analizaron muestras de crudo pertenecientes a cuatro pozos las cuales mostraron aumento de sedimento en función del aumento de la caída de presión correspondiente a cada pozo al momento de la toma de la muestra, tal como se observa en la Gráfica N° 4.8, tres de los cuatro pozos están completados con tubería ranurada de 0,020pulg y uno con tubería ranurada de 0,018pulg, pero esta

diferencia de diámetro en las ranuras de las tuberías no causó ningún efecto en la tendencia mostrada en la gráfica, dando en conclusión que el comportamiento del ranurado de 0,020pulg y el de 0,018pulg funcionan de manera similar en el área de control de sedimentos para la arena O-15 del yacimiento OFIM CNX 24.



**Gráfica N° 4.8. Δp vs ppm de sedimentos. Arena O-15. OFIM CNX 24**

Los ranurados de 0,020pulg como de 0,018pulg ofrecieron en esta arena un porcentaje de retención máximo de 23% lo que indica que su comportamiento es similar y poco efectivo para la arena O-15 de yacimiento OFIM CNX 24.

**Tabla N° 4.15. Parámetros de Producción. Pozos completados en la Arena O-15. (OFIM CNX 24)**

ARENA O-15. (OFIM CNX 24)							
POZO	ΔP (Lpc)	PPM SEDIMENTOS	BTPD	BBPD	BDPD	%AyS	°API
CIB0366 (Ranurado 0,020')	258,30	392	926	586	340	1,6	12,8
CIB0349 (Ranurado 0,020')	276,90	652	1621	1136	485	0,2	12,4
CIB0372 (Ranurado 0,020')	354,90	853	1468	978	490	0,3	15,9
CIB0358 (Ranurado,018")	386,40	1046	1043	670	373	0,3	15,7

**Tabla N° 4.16. % de retención del equipo de control de arena instalado en los pozos estudiados y completados en la Arena O-15 (OFIM CNX 24).**

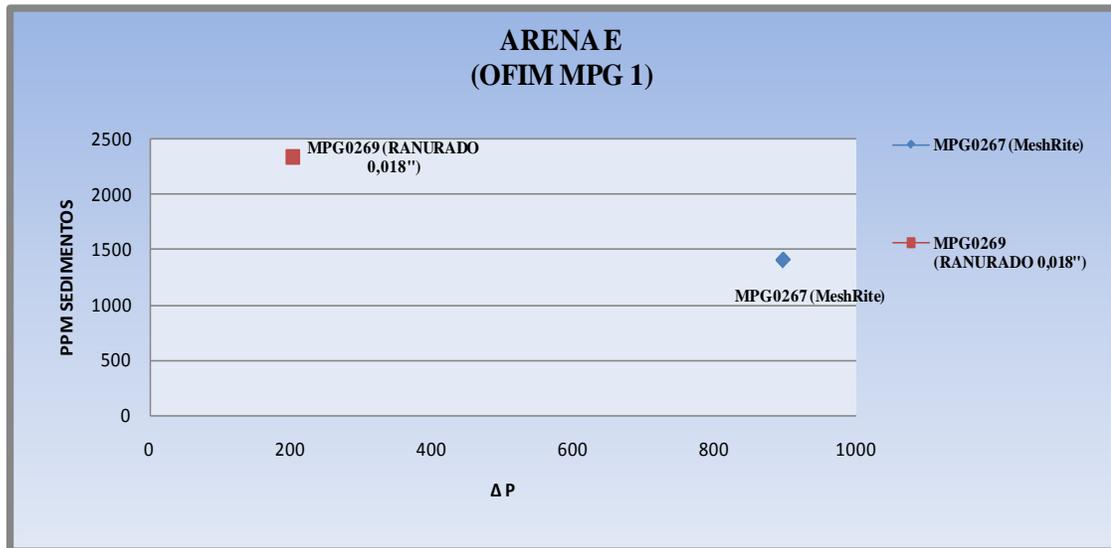
ARENA O-15 OFIM CNX 24						
POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (Pulg)	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CIB0372	M-18-2	B.C.P.	RANURADO	0,020	15,24- 2,13- 3,90- 3,03- 11,87- 3,33- 2,35- 25,33	8,39
CIB0358	M-20-1	B.C.P.	RANURADO	0,018	28,38- 50,44-11,87- 2,38	23,27
CIB0366	N-18-1	B.C.P.	RANURADO	0,020	11,77- 28,87- 13,59- 37,32- 10,04- 14,89- 19,13- 10,11	18,22
CIB0349	M-18-1	B.C.P.	RANURADO	0,020	2,60- 3,53- 14,39- 4,29- 10,03- 8,03- 9,23- 12,59- 11,24- 10,11- 5,42- 7,80- 2,81- 8,97- 0,82- 22,90- 14,47	8,83

### 4.3.2 Área De Crudo Pesado

#### 4.3.2.1 Yacimiento OFIM MPG 1

En este yacimiento solo se evaluó el comportamiento de los métodos de control de arena (ranurado de 0,018pulg y rejilla Mesh Rite) en la arena E y se muestrearon dos pozos los cuales fueron el MPG0269 y MPG0267.

**Arena E:** para esta arena se analizaron muestras de crudo pertenecientes a dos pozos uno completado con ranurado de 0,018pulg y el otro con rejilla MeshRite, produciendo ambos mediante el bombeo de cavidad progresiva. En la Gráfica N° 4.9 se observa que el pozo completado con rejilla Mesh Rite produce menor cantidad de sedimento a pesar de su alta caída de presión en comparación con el pozo completado con ranurado el cual estaba sometido a un  $\Delta P$  bajo.



**Gráfica N°: 4.9.  $\Delta p$  vs ppm de sedimentos. Arena E. OFIM MPG 1**

Comparando la producción ofrecida de los pozos al momento que se realizó la toma de la muestra para el análisis, se registró que el pozo MPG0267 completado con rejilla MeshRite ofrecía una producción de crudo de 161 BTPD por encima de la arrojada por el pozo MPG0269 tal y como muestra la Tabla N° 4.17.

Debido a que la cantidad de pozos estudiados en esta arena fue poca y el porcentaje de retención de arena fue parecido en los dos métodos como se observa en la Tabla N° 4.18 no se puede aseverar con firmeza que el comportamiento de la rejilla Mesh Rite en cuanto a manejo de producción de finos se refiere sea igual en otras arenas o en comparación con otros métodos de control de arena. Pero tomando como base el estudio hecho en estos dos pozos tanto la rejilla Mesh Rite como el ranurado de 0,018pulg ofrecen porcentajes de retención muy bajos para la granulometría que conforma esta arena ya que el porcentaje máximo de retención ofrecido por ambos fue de 16,7%.

**Tabla N° 4.17. Parámetros de Producción. Pozos completados en la Arena E. (OFIM MPG 1)**

ARENA E. (OFIM MPG 1)							
POZO	$\Delta P$ (Lpc)	PPM SEDIMENTOS	BTPD	BBPD	BDPD	%AyS	°API
MPG0267 (MeshRite)	897,0	1613	697	568	129	12,0	14,3
MPG0269 (Ranurado 0,018pulg)	220,0	2340	536	436	100	28,0	14,5

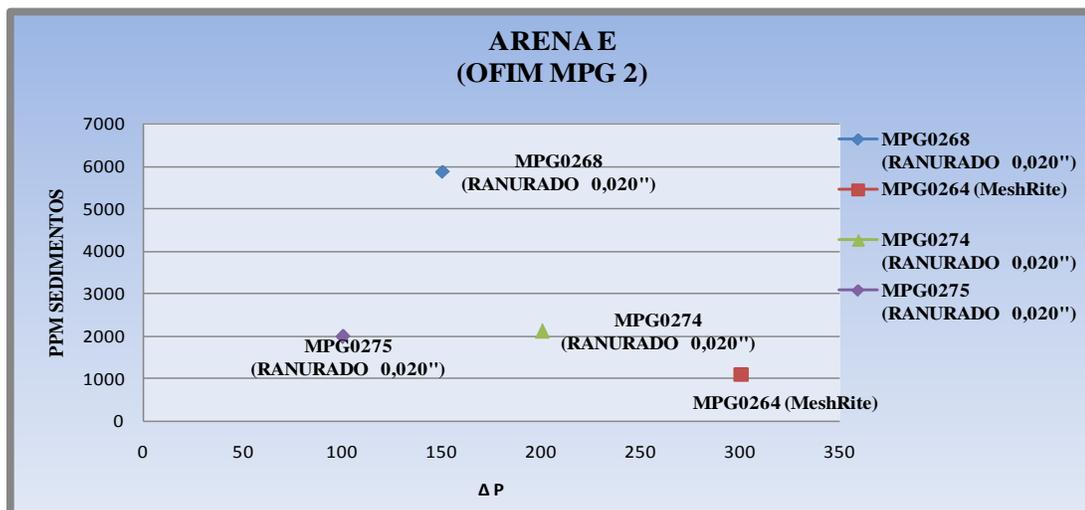
**Tabla N° 4.18. % de retención del equipo de control de arena instalado en los pozos estudiados y completados en la Arena E. (OFIM MPG 1)**

ARENA E OFIM MPG 1						
POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (Pulg)	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
MPG0267	M-18	B.C.P.	REJILLA MeshRite	0,00058- 0,025/0,010	11,32 -9,85-13,48- 12,45- 11,05- 42,34	16,74
MPG0269	M-16	B.C.P.	Ranurado	0,018	16,85- 17,61- 16,19- 14,95	16,4

#### 4.3.2.2 Yacimiento OFIM MPG 2

En este yacimiento la arena E fue la seleccionada para el estudio debido a que en ella se encuentran cuatro pozos perforados entre el año 2009 y 2011 dentro de los cuales existe uno completado con rejilla Mesh Rite.

**Arena E:** para esta arena se muestrearon cuatro pozos dentro de los cuales tres están completados con ranurado de 0,020pulg y uno con rejilla Mesh Rite. La Gráfica N° 4.10, muestra que no existe una tendencia en el comportamiento de la producción de sedimentos perteneciente a estos pozos. La muestra de crudo perteneciente al pozo MPG0264 completado con rejilla Mesh Rite arrojó menor cantidad de ppm de sedimentos a pesar de que la caída de presión a la que estaba sometido el pozo era mayor a la de los tres pozos restantes.



**Gráfica N° 4.10. Δp vs ppm de sedimentos. Arena E. OFIM MPG 2**

La desviación indicada por el pozo MPG0268 se debió a que el corte de agua de este pozo es de 32% como se aprecia en la Tabla N° 4.19. En comparación con los otros dos pozos completados con el mismo método de control de arena, este corte de agua es bastante elevado. Para esta arena la rejilla Mesh Rite representó la mejor opción para el control de arena, ya que el pozo en estudio poseedor de una Mesh Rite arrojó una cantidad de sedimentos menor a la de los pozos MPG0268 y MPG0274 a pesar de que manejó mayor caída de presión, un %AyS de 24 y una inyección de diluyente menor al resto de los pozos.

**Tabla N° 4.19. Parámetros de Producción. Pozos completados en la Arena E. (OFIM MPG 2)**

ARENA E. (OFIM MPG 2)							
POZO	ΔP (Lpc)	PPM SEDIMENTOS	BTPD	BBPD	BDPD	%AyS	°API
MPG0268 (Ranurado 0,020'')	150,0	5856	646	509	137	32,0	13,7
MPG0264 (MeshRite)	300,0	1096	457	388	69	24,0	9,5
MPG0274 (Ranurado 0,020'')	200,0	2124	487	356	131	15,0	16,6
MPG0275 (Ranurado 0,020'')	100,0	98	159	56	103	9,8	12,5

En la Tabla N° 4.20 se indica como la Mesh Rite triplica el porcentaje de retención frente al que ofrece el ranurado de 0,020 pulg para los granos formadores de esta área, aunque la retención no alcanza el nivel deseado para recomendar la rejilla como el método de control de arena adecuado para manejar los sedimentos de esta arena se puede acotar que fue la que reflejó mejor comportamiento en la restricción de finos en la arena E del yacimiento OFIM MPG 2.

**Tabla N° 4.20. % de retención del equipo de control de arena instalado en los pozos estudiados y completados en la Arena E. (OFIM MPG 2)**

ARENA E OFIM MPG 2						
POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (Pulg)	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
MPG0268	M-18	B.C.P.	RANURADO	0,020	27,88- 5,09- 3,31- 15,42- 3,90	11,12
MPG0264	M-14	B.C.P.	REJILLA MeshRite	0,00058- 0,025/0,010	32,49- 35,34- 30,60- 61,02- 27,75	37,44
MPG0274		B.C.P.	RANURADO	0,020	0,18- 0,06- 0,14- 0,07- 0,52	0,19
MPG0275		B.C.P.	RANURADO	0,020	12,57- 9,31- 15,24- 8,56- 13,64- 22,93	13,71

#### **4.4 ACTUALIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE CANAL REQUERIDAS PARA LA EJECUCIÓN DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS Y MUESTRAS DE CRUDO PARA LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS POR EXTRACCIÓN.**

A cada pozo se le debe tomar muestras del crudo que este produce, por lo mínimo dos veces al mes y en casos especiales cuantas se requieran. El muestreo de pozos en el proceso de producción de petróleo permite determinar la calidad de la producción del crudo en el pozo, además se puede realizar una evaluación y seguimiento continuo para evitar trabajos y reparaciones innecesarias.

Las muestras de canal ayudan a identificar la granulometría de las arenas, la cual es una información valiosa para poder elegir una completación adecuada para el pozo y disminuir los trabajos futuros de reparación en los mismos.

#### **4.4.1 Muestras de canal para análisis granulométricos**

El análisis granulométrico, conocido también como análisis del tamizado, es una rutina de laboratorio que suele realizarse con una muestra de arena de formación. El análisis del tamizado consiste en colocar una muestra de la formación encima de una serie de tamices, cuyos tamaños de malla son progresivamente más pequeños.

Los granos de arena de la muestra original del pozo atravesarán los tamices hasta encontrar uno a través del cual ese tamaño de granos no pueda pasar, porque las aperturas son más pequeñas que estos. Al pesar los tamices antes y después del tamizado, podrá determinarse el peso de muestra de formación que cada tamiz ha retenido.

Dentro de los materiales necesarios para la toma de muestras de canal se encuentran:

- Bolsas plásticas tipo ziploc con cierre mágico.
- Envases plásticos herméticos.
- Marcador indeleble de color negro o rojo.
- Etiquetas identificadoras.
- Bandeja recolectora de muestra.
- Cuchara de albañil.
- Cartas de colores de rocas.
- Mascarillas.
- Guantes de propileno y guantes de tela.

- Sobres pequeños de papel para muestras secas.
- Cajas plásticas para guardar muestras.
- Bandejas de metal para colocar las muestras a analizar.
- Tirro de embalar.

**Procedimiento para la toma de muestras de canal:**

- Colocar la bandeja recolectora de muestra en el equipo de control de sólidos.
- Establecer un intervalo de muestreo tomando en cuenta la profundidad del hoyo y evaluando que no afecte la rata de penetración. Es recomendable tomar por lo menos 6 muestras a diferentes profundidades de la arena productora.
- Estar al pendiente del fondo arriba pidiendo apoyo al ingeniero de lodo o cabina mudlogging.
- Verificar los tiempos de retardo calculados o fondo arriba por lo menos una vez al día, usando carburo.
- Se debe limpiar la bandeja recolectora cada vez que se tome la muestra de canal.
- Tomar una cantidad representativa para poder realizar las pruebas necesarias en el laboratorio. Aproximadamente 1 Kg.
- Embalar la muestra en una bolsa tipo ziplock o en un envase plástico hermético con su respectiva identificación.
- La etiqueta de identificación debe llevar nombre del campo, pozo y profundidad en pies.
- Colocar los envases contenedores de las muestras en una caja hermética para el envío de la misma al laboratorio, las cajas deben estar identificadas con un número, cantidad de muestras, el nombre del campo, pozo y profundidades en pies.

#### **4.4.2 Muestras para análisis de sedimentos por extracción.**

El análisis de Sedimentos por Extracción es una prueba de laboratorio que permite cuantificar los ppm de arena presentes en el crudo. Los instrumentos y materiales necesarios para la toma de muestra para realizar este análisis son:

- Equipos de protección personal (guantes, casco, mascarilla, braga, botas de seguridad, lentes).
- Envases plásticos de 1 galón totalmente limpios con sello y tapa.
- Marcadores indelebles de color negro o rojo.
- Etiquetas identificadoras.
- Material para limpiar los envases (Estopa).

#### **Procedimientos para la toma de muestras para análisis de sedimentos por extracción:**

- Identificar si la válvula de toma de muestra es del tipo compuesta o media vuelta.
- Conectar el niple en la válvula del toma muestra.
- Se debe ubicar el envase receptor en el punto de muestreo, sujetándolo firmemente con una mano.
- Introducir el niple en el envase receptor.
- Abrir lentamente la válvula de muestreo de la línea correspondiente al pozo que se le requiere tomar la muestra.
- Se deja drenar los residuos estimando que la cantidad de residuos y crudo a drenar sea proporcional a la capacidad de retención de las conexiones.
- Se procede a colocar el galón y a recolectar la muestra evitando que el crudo se derrame fuera del envase.

- Se debe llenar el galón hasta las dos terceras partes de la capacidad total del envase. Se cierra la válvula del toma muestra.
- Se agita el envase contenedor de la muestra para que el gas disuelto en el petróleo se libere y baje el nivel de crudo en el envase.
- Se debe evitar que la muestra se contamine, no se puede agitar con implementos sucios ni recolectar en envases reutilizados.
- Se vuelve a llenar el galón hasta que tenga un peso aproximado de 1 Kg o un llenado representativo de dos tercios de la capacidad total del envase.
- Se debe verificar que la válvula del toma muestra esté totalmente cerrada.
- El galón debe limpiarse por fuera y colocársele el sello y la tapa.
- Se identifica el galón con el nombre del pozo y la macolla.
- La etiqueta debe ser llenada con el nombre del pozo, lugar del muestreo, fecha, hora, nombre del operador por quien fue tomada la muestra, además se debe identificar como una muestra para análisis de sedimentos por extracción.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Los pozos perforados en el Área Pesado producen mayor cantidad de sedimentos que los perforados en el Área Extrapesado.
- La producción de arena en los pozos PC 0162 y PM 0144 pertenecientes a las arenas D y A, respectivamente, del yacimiento OFICINA 1 fueron los mayores productores de sedimentos y con mayor posibilidad de presentar un arenamiento.
- Todas las arenas estudiadas en su  $D_{50}$  están conformadas por granos de tamaño medio a excepción de la arena A del yacimiento OFICINA 1 la cual conforma su  $D_{50}$  con granos finos.
- Las muestras de canal son representativas para ser utilizadas en la caracterización granulométrica de las arenas, dado que la desviación máxima presentada por la muestra de canal respecto a la de núcleo fue de 15,38%.
- Los Ranurados permiten el paso de mayor cantidad de sedimentos a medida que se aumenta la caída de presión o el corte de agua del pozo donde están instalados.
- El comportamiento de los ranurados de 0,020pulg y de 0,018pulg son similares en cuanto a control de arena se refiere.
- Las rejillas Mesh Rite controlan el paso de sedimentos a medida que las caídas de presión son aumentadas.
- Las rejillas Mesh Rite ofrecen mayor porcentaje de retención que los ranurados.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Cumplir de manera cuidadosa los requerimientos para la toma de muestra tanto para los análisis granulométricos como para los de sedimentos por extracción.
- Tomar las muestras de crudo para los análisis de extracción de sedimentos en el cabezal del pozo y diluirla en el laboratorio.
- Manipular con cuidado los equipos y materiales para realizar los análisis de sedimentos por extracción.
- Evitar realizar los análisis de sedimento por extracción en momentos donde la humedad ambiental aumente.
- Repetir los análisis de extracción por lo menos dos veces para cada pozo con muestras diferentes para corroborar mediciones de contenido de arena y no incurrir en errores.
- Evaluar el comportamiento de los métodos de control de arena bajo diversas caídas de presión.
- Ubicar arenas donde se hayan instalado diversos métodos de control de arena para lograr un estudio más específico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARIAS, F. (2004). **“El Proyecto de Investigación”** (4<sup>ta</sup> ed.), Editorial Episteme, Caracas, Venezuela, pp. 15-99.

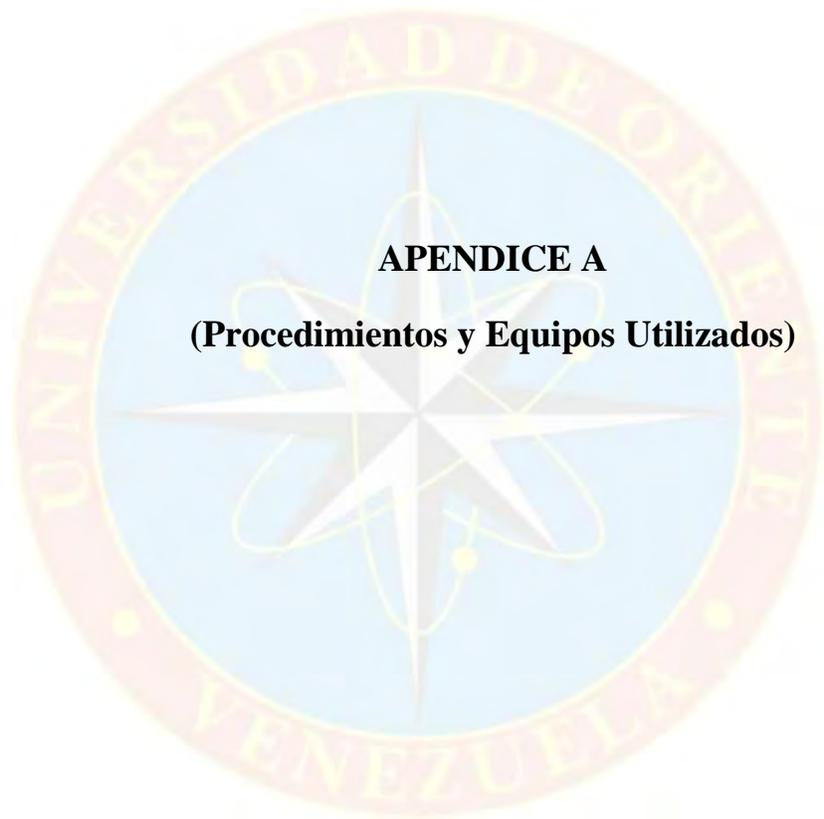
BRUNINGS, C., y MEJÍA A. (1.988), **“Análisis de los reempaques y caracterización de los tamaños de grava para control de arena en los campos asociados a la producción de petróleo Liviano/Mediano”**. Departamento de Ingeniería de Producción. San Tomé.

MOYA, J. (2.006). **“Procedimiento Para Empaque con Grava”**. PDVSA Exploración y Producción. San Tomé.

PÉREZ, D. (Agosto 2007) Tesis de Grado. **“Estudio y Conceptualización de Técnicas y Metodologías para el Control de Arena en los Pozos del Área Oeste del Campo Dación, del Distrito Social San Tomé”**. Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui.



# **APENDICES**



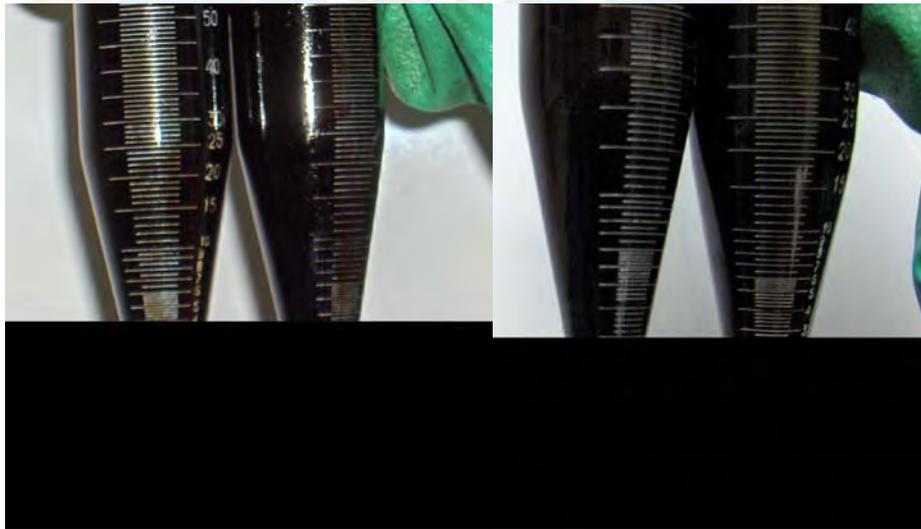
**APENDICE A**  
**(Procedimientos y Equipos Utilizados)**

## **A.1 Procedimiento para la realización del análisis de sedimentos por extracción.**

Este análisis permite cuantificar la cantidad de sedimentos que está produciendo el pozo, para cuantificar la arena presente en el crudo se deben utilizar diversos equipos e instrumentos y seguir un procedimiento como se muestra a continuación.

### **Procedimiento experimental**

- 22.** El crudo debe ser caracterizado. Se debe calcular el % AyS mediante el método de la centrifuga y medir la gravedad API de cada muestra.



Por el método de la centrifuga se obtiene la cantidad de agua emulsionada y los sedimentos presentes en la muestra de crudo, para

- 23.** Se debe medir la densidad de la muestra a 30°C.

- 24.** Los dedales de extracción deben ser preparados. Si son dedales nuevos se debe frotar la superficie exterior con papel de lija fino y retirar el material aflojado con un cepillo duro. Posteriormente se deben someter los dedales a una extracción preliminar con tolueno permitiendo que el solvente gotee del dedal por lo menos 1 hora. Luego se procede a secar el dedal en el horno a una temperatura de 120 °C por una hora para ser enfriados en un desecador sin desecante por 1 hora más. Luego de este procedimiento se deben pesar los dedales y repetir hasta que la diferencia de masas no sea mayor a a.2mg.
- 25.** Agregar 150 a 200ml de tolueno en el matraz de extracción.
- 26.** La muestra de crudo debe ser agitada durante 10 minutos para homogenizar la mezcla.
- 27.** Se toma el peso del dedal vacío.
- 28.** Se pesan 10g de muestra en el dedal.
- 29.** Se colocan los dedales contenedores de las muestras en las cestas del aparato de extracción. Al colocar los dedales en las cestas se debe evitar rosarlos con las paredes de esta debido a que esto le resta peso y puede causar errores en el procedimiento.
- 30.** Se colocan las copas de agua.
- 31.** Se encienden las planchas de calentamiento a un nivel entre 3 y 4 y se activa el baño de recirculación, la temperatura del agua del baño no debe exceder los 25°C debido a las propiedades del tolueno. Se debe realizar lavado por 2 horas en la primera extracción, para las extracciones sucesivas el lavado debe tener un lapso de una hora.
- 32.** Hay que prestar suma atención a los primeros 30 minutos de lavado ya que existe el riesgo de que la muestra se derrame y se pierdan sedimentos, esto

sucede cuando existe contenido de agua en el crudo. Si la muestra comienza a elevarse dentro del dedal se debe retirar de la plancha y esperar que baje su temperatura y el nivel del crudo para volver a aplicar calor. Se debe repetir el procedimiento hasta que ya no haya riesgo de desbordamiento o hasta que el crudo haya sido extraído del dedal.

- 33.** Después que se termine el proceso de lavado los equipos deben ser apagados y retiradas las copas de agua. Los dedales se deben dejar reposar por 15 minutos.
- 34.** Los dedales se deben trasladar al horno y someter a 120°C por un lapso de una hora para ser secados.
- 35.** Luego de se deben colocar en el desecador sin desecante por una hora.
- 36.** Posteriormente se procede a pesar los dedales en la balanza analítica.
- 37.** El procedimiento de extracción debe ser repetido hasta que las masas del dedal mas sedimento después de dos extracciones consecutivas no diferencien por más de 0.2mg.
- 38.** La cantidad de sedimentos se calcula con el peso del dedal después del proceso de extracción menos el peso del dedal vacío.
- 39.** El %m/m se realiza mediante la multiplicación del peso del sedimento obtenido por 100 el cual representa la constante del porcentaje y el resultado es dividido entre el peso de la muestra de crudo. El valor obtenido es el %m/m.
- 40.** Cuando la diferencia de peso de los sedimentos registrados en dos extracciones seguidas es menor o igual a .0,2 mg, se debe detener el proceso de extracción y proceder a realizar los cálculos finales.

41. Para el cálculo de %v/v se divide el %m/m entre dos y se multiplica por la densidad.
42. El cálculo de los ppm (mg/L) se realiza multiplicando el %m/m por 10.000 y el resultado por la densidad.
43. El reporte debe contener: fecha del reporte, nombre del pozo, ubicación del pozo (macolla o campo), nombre del laboratorio donde se realizó el análisis, fecha de la muestra, hora de la muestra, %AyS, API, densidad, %m/m, %v/v, ppm(mg/L), fecha del análisis, nombre del analista y nombre del supervisor.





**APENDICE B**  
**(Base de Datos)**

## B.1 Base de datos de los Análisis de Sedimentos por Extracción.

Esta base de datos contiene los resultados arrojados por el análisis de sedientos por extracción para cada pozo perteneciente al estudio, la caracterización del crudo (%AyS y °API) en el momento de la toma de muestra y la fecha en que fue tomada dicha muestra.

ÁREA CRUDO EXTRAPESADO										
ARENA O-12 OFIM CN 42										
POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
CIB0331 (Liner 0,020)	O-16	L-18-1	0,01	0,03	300	5	16,4	0,94631	4,2	24/08/2011
CIB0347 (Liner 0,020)	O-16	L-18-1	0,02	0,03	315	5	18,1	0,94139	12,0	17/10/2011
CIB0377 (Liner 0,020)	O-16	L-19-2	0,01	0,02	200	3	21,0	0,93257	0,4	17/10/2011
CIB0362 (Liner 0,020)	O-16	L-19-2	0,01	0,03	288	5	18,3	0,95846	0,8	17/10/2011
ARENA O-13 OFIM CN 42										
POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
CIB0330 (Liner 0,020)	O-16	L-18-1	0,03	0,06	554	9	12,6	0,92349	6,2	24/08/2011
CIB0340 (Liner 0,020)	O-16	L-18-1	0,04	0,08	755	12	18,0	0,94321	18,0	24/08/2011
CIB0348 (Liner 0,020)	O-16	L-18-1	0,05	0,10	980	16	18,9	0,94659	12,0	17/10/2011
CIB0373 (Liner 0,020)	O-16	L-18-2	0,02	0,05	468	7	16,0	0,93567	5,0	17/10/2011
CIB0374 (Liner 0,020)	O-16	L-18-2	0,05	0,10	983	16	15,0	0,98324	12,0	17/10/2011
CIB0341 (Liner 0,020)	O-16	M-18-1	0,03	0,07	658	11	18,4	0,94063	8,0	17/10/2011
CIB0345 (Liner 0,020)	O-16	M-18-1	0,04	0,07	700	11	16,2	0,95156	2,2	17/10/2011
ARENA O-14 OFIM CN 42										
POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
CIB0351(MeshRite)	O-16	L-18-1	0,01	0,02	210	3	12,9	0,95881	2,4	15/08/2011
CIB0342(Liner 0,020)	O-16	L-18-1	0,04	0,08	782	13	13,3	0,97723	0,8	24/08/2011
CIB0350(Liner 0,015 y 0,020)	O-16	L-18-1	0,01	0,02	200	3	15,7	0,95732	1,2	15/08/2011
CIB0376(Liner 0,020)	O-16	L-18-1	0,01	0,02	192	3	14,4	0,97436	2,0	24/08/2011
CIB0369(Liner 0,020)	O-16	L-18-2	0,05	0,10	950	15	20,1	0,94587	1,0	17/10/2011
CIB0355(Liner 0,020)	O-16	L-19-2	0,02	0,03	320	5	17,2	0,99351	0,2	17/10/2011
CIB0337(Liner 0,020)	O-16	M-18-1	0,01	0,02	196	3	12,6	0,98224	0,9	17/10/2011
CIB0324(Liner 0,020)	O-16	M-18-1	0,03	0,06	586	9	13,6	0,95200	1,0	17/10/2011
ARENA O-12 OFIM CNX 24										
POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
CIB0354 (Liner 0,018)	J-20	M-20-1	0,09	0,19	1799	29	16,4	0,94660	0,5	19/04/2011
CIB0360 (Liner 0,020)	O-16	N-18-1	1,12	0,25	2456	39	11,1	0,98259	22,0	30/05/2011

**ÁREA CRUDO EXTRAPESADO (Continuación)**

**ARENA O-13 OFIM CNX 24**

POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
<b>CIB0326 (Liner 0,020)</b>	O-16	M-18-1	0,04	0,08	747	12	18,8	0,93355	2,8	17/10/2011
<b>CIB0375 (Liner 0,020)</b>	O-16	M-18-2	0,01	0,03	289	5	15,8	0,96286	1,4	22/07/2011
<b>CIB0357 (Liner 0,020)</b>	O-16	N-18-1	0,02	0,05	484	8	13,1	0,96855	3,0	30/05/2011

**ARENA O-14 OFIM CNX 24**

POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
<b>CIB0353 (Liner 0,020)</b>	O-16	M-18-1	0,03	0,06	578	9	15,8	0,96289	1,4	21/10/2011
<b>CIB0352 (Liner 0,020)</b>	O-16	M-18-1	0,03	0,07	677	11	11,9	0,96741	0,5	17/10/2011
<b>CIB0368(Liner 0,020)</b>	O-16	M-18-2	0,08	0,17	1625	26	16,7	0,95568	0,7	13/07/2011

**ARENA O-15 OFIM CNX 24**

POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
<b>CIB0349 (Liner 0,020)</b>	O-16	M-18-1	0,03	0,07	652	10	12,4	0,93125	0,2	16/10/2011
<b>CIB0372 (Liner 0,020)</b>	O-16	M-18-2	0,01	0,02	853	14	15,9	0,96286	0,3	13/07/2011
<b>CIB0358 (Liner 0,018)</b>	J-20	M-20-1	0,05	0,11	1046	17	15,7	0,95122	0,3	20/04/2011
<b>CIB0366 (Liner 0,020)</b>	O-16	N-18-1	0,02	0,04	392	6	12,8	0,97881	1,6	07/06/2011

**ARENA O-12 OFIM CNX 5**

POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
<b>CDB0069</b>	O-16	N-20-1	0,01	0,01	97	2	14,4	0,97112	0,2	24/08/2011
<b>CDB0083</b>	O-16	N-20-1	0,02	0,05	486	8	15,7	0,97264	0,1	30/08/2011

**ARENA O-13 OFIM CNX 5**

POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
<b>CDB0080</b>	O-16	N-19-1	0,02	0,04	395	6	17,0	0,98675	0,1	07/10/2011
<b>CDB0068</b>	O-16	N-20-1	0,01	0,01	97	2	14,3	0,97016	0,2	23/09/2011
<b>CDB0071</b>	O-16	N-20-1	0,01	0,07	672	11	14,2	0,95931	0,7	06/09/2011
<b>CDB0063</b>	O-16	N-20-1	0,01	0,01	97	2	15,4	0,96966	0,5	13/09/2011
<b>CDB0065</b>	O-16	N-20-1	0,03	0,07	671	11	18,3	0,95883	0,6	03/10/2011

**ARENA O-14 OFIM CNX 5**

POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	% AyS	FECHA DE MUESTRA
<b>CDB0064</b>	O-16	N-20-1	0,01	0,01	96	2	17,2	0,95943	0,7	12/09/2011
<b>CDB0058</b>	O-16	N-20-1	0,01	0,01	97	2	15,1	0,96721	0,2	23/09/2011
<b>CDB0072</b>	O-16	N-20-1	0,01	0,01	97	2	15,8	0,96662	0,5	31/08/2011
<b>CDB0070</b>	O-16	N-20-1	0,01	0,01	97	2	14,0	0,96844	0,4	31/08/2011

ÁREA CRUDO PESADO										
ARENA E OFIM MPG 1										
POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS	FECHA DE MUESTRA
MPG0267 (Mesh Rite)	MOR-1	M-18	0,08	0,17	1613	26	14,3	0,94864	12,0	02/08/2011
MPG0269 (Liner 0,018)	MOR-1	M-16	0,12	0,24	2340	37	14,5	0,97520	28,0	17/08/2011
ARENA E OFIM MPG 2										
POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS	FECHA DE MUESTRA
MPG0268 (Liner 0,020)	MOR-1	M-18	0,29	0,60	5856	94	13,7	0,97598	32,0	10/08/2011
MPG0264 (Mesh Rite)	MOR-2	M-14	0,05	0,11	1096	18	9,5	0,99597	24,0	15/08/2011
MPG0274 (Liner 0,020)	MOR-1		0,11	0,22	2124	34	16,6	0,96523	15,0	10/08/2011
MPG0275 (Liner 0,020)	MOR-2		0,01	0,01	98	2	12,5	0,97512	9,8	15/08/2011
ARENA D OFIM MPG 1										
POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS	FECHA DE MUESTRA
MPG0272	MOR-2	M-15	0,04	0,09	853	14	16,6	0,94793	6,0	02/08/2011
ARENA D OFICINA 1										
POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS	FECHA DE MUESTRA
PC00162 (Liner 0,015)	PC-1		0,32	0,64	6319	101	16,6	0,98733	34,0	25/07/2011
ARENA A OFICINA 1										
POZO	E.F	MACOLLA	% v/v	% m/m	mg/l	Kg sed/Barril	API	DENSIDAD	%AyS	FECHA DE MUESTRA
PM00144 (Liner 0,020)	PM-2	M-19	0,35	0,71	6948	111	16,6	0,97865	65,0	25/07/2011



## B.2 Base de datos de los Análisis Granulométricos.

La siguiente tabla contiene todos los datos de ubicación de cada pozo estudiado, el equipo de control de arena instalado en cada uno, la longitud efectiva, la cantidad de análisis granulométricos realizados en la sección horizontal y el rango D<sub>50</sub> calculado para cada arena según las muestras de canal tomadas en las perforaciones de cada pozo.

ÁREA CRUDO EXTRAPESADO										
ARENA O-12 OFIM CN 42										
POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
CIB0377	O-16	L-19-2	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3811-4257 4345-7861	14/06/2010	0,010-0,020	7
CIB0355	O-16	L-19-2	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3761-4503 4642-5327 5373-5522 5841-6584 6858-7759	11/04/2011	0,010-0,017	8
CIB0331	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3752 - 4211 4618 -7459	29/04/2009	0,007-0,011	11
CIB0347	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3979-4320 4453-4497 4766-5337 5424-8389	26/12/2009	0,006-0,017	9
CIB0339	O-16	L-19-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	4207-5165	10/09/2009	0,006-0,011	7
ARENA O-13 OFIM CN 42										
POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
CIB0330	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3814 -4186 4545 - 7810	27/04/2009	0,014	1
CIB0340	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3644 -3936 4225 - 6834	11/09/2009	0,007-0,013	8
CIB0348	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3754-4602 4964-6039 6326-7310	29/12/2009	0,007-0,018	5
CIB0373	O-16	L-18-2	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	836-3258	05/02/2011	0,015	1
CIB0374	O-16	L-18-2	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	4084-5146 5266-6101	12/02/2011	0,007-0,017	8
CIB0336	O-16	L-19-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3607-5506,92	06/08/2009	0,008-0,011	7
CIB0335	O-16	L-19-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3973 -6732	06/07/2009	0,009-0,011	9
CIB0341	O-16	M-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	4415 -8156	16/09/2009	0,007-0,013	13
CIB0345	O-16	M-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	4315-8279	11/11/2009	0,012	9

ÁREA CRUDO EXTRAPESADO (Continuación)

ARENA O-14 OFIM CN 42

POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
CIB0332	O-16	L-19-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	4265 -6644	13/05/2009	0,009-0,014	8
CIB0328	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	4043-8054	23/04/2009	0,013-0,031	13
CIB0351	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	REJILLA MeshRite	0.00058-0,025/0,010	4058 -7155	10/01/2010	0,014-0,019	6
CIB0342	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	4199 -6610 6922 - 8234	28/10/2009	0,006-0,013	8
CIB0350	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER COMBINADO	0,015 0,020	3996-6134	31/12/2009	0,010-0,016	6
CIB0369	O-16	L-18-2	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3950-6263	15/12/2010	0,008-0,014	7
CIB0376	O-16	L-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3899-6913	21/03/2011	0,011-0,015	8
CIB0362	O-16	L-19-2	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	3767-6340 6430-7779	16/03/2010	0,007-0,016	7
CIB0337	O-16	M-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	4005 -6150 6192 - 8301	18/08/2009	0,007-0,014	5
CIB0324	O-16	M-18-1	Cerro Negro/Ofim Cn 42	B.C.P.	LINER	0,020	4491-4651 5134-7648	25/02/2009	0,010	6

ARENA O-12 OFIM CNX 24

POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
CIB0354	J-20	M-20-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,018	3803-4899 5103-7716	14/03/2010	0,006	12
CIB0360	O-16	N-18-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	4571-6593 6995-8058	11/05/2010	0,007-0,013	6

ARENA O-13 OFIM CNX 24

POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
CIB0326	O-16	M-18-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	4047-4841 5061-6109 6419-7033	11/04/2009	0,008	2
CIB0375	O-16	M-18-2	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	3606-5227 5378-6675	02/03/2011	0,008-0,010	7
CIB0357	O-16	N-18-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	4087-5818 6303-7689	15/04/2010	0,010-0,018	8
CIB0323	O-16	N-18-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	3663-3959 4139-6682	01/03/2009	0,006	1

ARENA O-14 OFIM CNX 24

POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
CIB0368	O-16	M-18-2	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	4180-5249 5296-7173	17/11/2010	0,010	6
CIB0353	O-16	M-18-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	4126-7280	23/02/2010	0,006-0,015	8
CIB0352	O-16	M-18-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	4257-4837 4927-6405 6490-6992 7071-8270	21/01/2010	0,010-0,016	10

ÁREA CRUDO EXTRAPESADO (Continuación)

ARENA O-15 OFIM CNX 24

POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO /D50	CANT
CIB0372	O-16	M-18-2	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	3881-7394	31/01/2011	0,006-0,013	8
CIB0358	J-20	M-20-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,018	3866-5871	16/04/2010	0,010-0,012	4
CIB0366	O-16	N-18-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	4240-4278 4676-7500 7920-8575	12/09/2010	0,008-0,013	8
CIB0349	O-16	M-18-1	Cerro Negro/Ofim Cnx 24	B.C.P.	LINER	0,020	4477-8497	28/12/2009	0,009-0,013	17

ARENA O-12 OFIM CNX 5

POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO /D50	CANT
CDB0069	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	4371-8982	14/10/2009	0,009-0,012	10
CDB0083	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	4761-5024 5134-8703	15/04/2011	0,008-0,010	8

ARENA O-13 OFIM CNX 5

POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO /D50	CANT
CDB0080	O-16	N-19-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	4038-8044	13/09/2010	0,006-0,023	14
CDB0068	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	3912-4.448 4.537 - 4.713 4.757 -7.263	21/09/2009	0,008-0,014	12
CDB0066	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	3826-5909 5952 -7005 7299 -7807	16/06/2009	0,007-0,014	8
CDB0071	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	3876-6360	20/01/2010	0,010-0,014	9
CDB0063	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	3909-4130 4219-8533	31/03/2009	0,007-0,010	9
CDB0065	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	4581-7397	25/05/2009	0,008-0,012	4

ARENA O-14 OFIM CNX 5

POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO /D50	CANT
CDB0064	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	3716-7214	23/04/2009	0,007-0,010	7
CDB0058	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	4046-5162	17/07/2009	0,011-0,017	4
CDB0072	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER COMBINADO	0,015 0,020	4415-7237 7322-8048	14/02/2010	0,014-0,021	8
CDB0070	O-16	N-20-1	Cerro Negb/Ofim Cnx 5	B.C.P.	LINER	0,020	3951-6439	28/10/2009	0,011-0,017	8

ÁREA CRUDO PESADO										
ARENA E OFIM MPG 1										
POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
MPG0267	MOR-1	M-18	Morichal/Ofim Mpg 1	B.C.P.	REJILLA MeshRite	0,00058-0,025/0,010	4458-6178	21/04/2010	0,006-0,010	6
MPG0269	MOR-1	M-16	Morichal/Ofim Mpg 1	B.C.P.	LINER	0,018	4592-6109	30/05/2010	0,011-0,030	4
ARENA E OFIM MPG 2										
POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
MPG0268	MOR-1	M-18	Morichal/Ofim Mpg 2	B.C.P.	LINER	0,020	4871-5225 5358-6889	19/05/2010	0,008-0,015	5
MPG0264	MOR-2	M-14	Morichal/Ofim Mpg 2	B.C.P.	REJILLA MeshRite	0,00058-0,025/0,010	4573-4878 5148-6560	01/02/2010	0,007-0,017	5
MPG0274	MOR-1		Morichal/Ofim Mpg 2	B.C.P.	LINER	0,020	4521-6020	01/11/2010	0,005-0,009	5
MPG0275	MOR-2		Morichal/Ofim Mpg 2	B.C.P.	LINER	0,020	4583-6189	05/12/2010	0,008	6
ARENA D OFIM MPG 1										
POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
MPG0272	MOR-2	M-15	Morichal/Ofim Mpg 1	B.C.P.	LINER	0,020	4832-4988 5078-5890 6114-6270	22/08/2010	0,004-0,010	5
ARENA D OFICINA 1										
POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
PC 0162	PC-1		Pilon/Oficina 1*	L.A.G.	LINER	0,015	4704-5339	18/02/2011	0,012-0,014	3
ARENA A OFICINA 1										
POZO	E.F.	MACOLLA	CAMPO/YAC	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	ANALISIS GRANULOMÉTRICO / D50	CANT
PM 0144	PM-2	M-19	Pilon/Oficina 1*	D.G.	LINER	0,020	4027-5146	13/11/2010	0,006-0,010	4

### B.3 Base de datos. D<sub>50</sub> promedio para cada arena.

Con el rango del D<sub>50</sub> calculado con las muestras de canal de cada pozo se realizo un promedio con el límite inferior y superior del rango obtenido para cada arena como se muestra a continuación:

<b>ARENAS D/50 (Extrapesado)</b>			
<b>Cerro Negro/Ofim Cn 42</b>			
<b>Arena</b>	<b>Campo</b>	<b>D/50</b>	<b>D/50 Promedio</b>
O-12	Cerro Negro	0,006-0,020	0,0130
O-13	Cerro Negro	0,007-0,018	0,0125
O-14	Cerro Negro	0,006-0,031	0,0185
<b>Cerro Negro/Ofim Cnx 24</b>			
<b>Arena</b>	<b>Campo</b>	<b>D/50</b>	<b>D/50 Promedio</b>
O-12	Cerro Negro	0,006-0,013	0,010
O-13	Cerro Negro	0,006-0,009	0,012
O-14	Cerro Negro	0,006-0,020	0,0130
O-15	Cerro Negro	0,006-0,020	0,0130
<b>Cerro Negb/Ofim Cnx 5</b>			
<b>Arena</b>	<b>Campo</b>	<b>D/50</b>	<b>D/50 Promedio</b>
O-12	Cerro Negro	0,008-0,012	0,0100
O-13	Cerro Negro	0,006-0,023	0,0145
O-14	Cerro Negro	0,007-0,021	0,0140

ARENAS D/50 (Pesado)				
Arena	Yacimiento	Campo	D/50	D/50 Promedio
E	Morichal/Ofim Mpg 1	Morichal	0,006-0,030	0,0130
E	Morichal/Ofim Mpg 2	Morichal	0,007-0,017	0,0120
D	Morichal/Ofim Mpg 1	Morichal	0,004-0,010	0,0070
D	Pilon/Oficina 1*	Pilon	0,004-0,014	0,0090
A	Pilon/Oficina 1*	Pilon	0.006-0.010	0,0080

**B.4 Base de datos: % de retención de los métodos de control de arena instalados en cada pozo según la granulometría de las arenas estudiadas.**

Cada método de control de arena tiene una capacidad de retención de finos, el porcentaje de retención se obtuvo mediante los análisis granulométricos con una comparación del diámetro de los granos que conforman las arenas y la capacidad de retención de cada método de control de arena.

ÁREA CRUDO EXTRAPESADO									
ARENA O-12 OFIM CN 42									
POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO	
CIB0377	L-19-2	B.C.P.	LINER	0,020	3811-4257 4345-7861	14/06/2010	3,70- 0,94- 27,80- 2,70- 10,66- 1,68- 0,62	6,9	
CIB0355	L-19-2	B.C.P.	LINER	0,020	3761-4503 4642-5327 5373-5522 5841-6584 6858-7759	11/04/2011	20,50- 13,12- 38,79- 16,08- 14,98- 32,26- 34,22- 31,56	25,2	
CIB0331	L-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	3752 – 4211 4618 –7459	29/04/2009	0,17 -0,17- 0,68- 1,22- 3,97- 5,11- 13,69- 3,72- 7,80-	4,3	
CIB0347	L-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	3979-4320 4453-4497 4766-5337 5424-8389	26/12/2009	0,46- 0,52- 8,86- 7,80- 26,12- 10,87- 42,35- 7,47- 20,97	13,1	
CIB0339	L-19-1	B.C.P.	LINER	0,020	4207-5165	10/09/2009	7,96- 4,72- 7,63- 2,41- 3,54- 1,78-	4,3	

**ÁREA CRUDO EXTRAPESADO (Continuación)**

**ARENA O-13 OFIM CN 42**

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CIB0330	L-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	3814 -4186 4545 - 7810	27/04/2009	6,3	6,3
CIB0340	L-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	3644 -3936 4225 - 6834	11/09/2009	6,37- 6,00- 10,26- 24,37- 23,52- 13,83- 3,30- 13,88	12,7
CIB0348	L-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	3754-4602 4964- 6039 6326-7310	29/12/2009	17,66- 22,58- 39,72- 10,04- 18,33	21,6
CIB0373	L-18-2	B.C.P.	LINER	0,020	836-3258	05/02/2011	33,99	33,9
CIB0374	L-18-2	B.C.P.	LINER	0,020	4084-5146 5266- 6101	12/02/2011	5,83- 1,39- 11,98- 30,12- 1,66- 41,76- 33,13- 41,14	167
CIB0336	L-19-1	B.C.P.	LINER	0,020	3607-5506,92	06/08/2009	10,27- 2,13- 0,23- 1,39- 2,66- 1,72- 10,66	10,75
CIB0335	L-19-1	B.C.P.	LINER	0,020	3973 -6732	06/07/2009	3,75- 6,59- 10,28- 6,57- 8,57- 6,30- 3,30- 16,45- 13,42	8,4
CIB0341	M-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4415 -8156	16/09/2009	18,35- 5,04- 0,86- 0,48- 0,54- 1,84- 13,62- 8,45- 8,60- 8,16- 19,42- 8,59- 12,83	8,2
CIB0345	M-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4315-8279	11/11/2009	12,70- 8,56- 14,34- 10,03- 9,23- 11,24- 5,42- 2,81- 0,82	8,4

**ARENA O-14 OFIM CN 42**

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COM P. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CIB0332	L-19-1	B.C.P.	LINER	0,020	4265 -6644	13/05/2009	9,47-7,67- 27,27- 4,85- 7,17- 7,04- 6,13- 8,54	9,77
CIB0328	L-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4043-8054	23/04/2009	29,29- 41,05- 71,56- 22,79- 16,44- 38,84- 44,50- 33,59- 11,82- 62,35- 13,01- 20,03	33,8
CIB0351	L-18-1	B.C.P.	REJILLA MeshRite	0.00058- 0.025/0,010	4058 -7155	10/01/2010	65,48- 48,42- 55,41- 51,71- 67,19- 50,38	56,43
CIB0342	L-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4199 -6610 6922 - 8234	28/10/2009	2,17- 12,45- 8,41- 5,67- 5,21- 1,36- 14,68- 4,80	6,84
CIB0350	L-18-1	B.C.P.	LINER COMBINADO	0,015 - 0,020	3996-6134	31/12/2009	38,20- 19,78- 48,44- 37,00- 18,09- 18,27	29,96
CIB0369	L-18-2	B.C.P.	LINER	0,020	3950-6263	15/12/2010	24,86- 23,77- 11,65- 27,16- 26,82- 3,52- 20,15	19,7
CIB0376	L-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	3899-6913	21/03/2011	21,22- 19,59- 13,12- 23,87- 28,37- 28,37- 26,11- 18,42	22,38
CIB0362	L-19-2	B.C.P.	LINER	0,020	3767-6340 6430- 7779	16/03/2010	1,06- 18,01- 35,27- 5,09- 7,28- 4,87- 19,63	13,03
CIB0337	M-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4005 -6150 6192 - 8301	18/08/2009	30,86- 26,23- 4,53- 15,16- 13,82	18,12
CIB0324	M-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4491-4651 5134- 7648	25/02/2009	0,20- 7,86- 7,14- 11,83- 0,80- 0,32	4,69

**ÁREA CRUDO EXTRAPESADO (Continuación)**

**ARENA O-12 OFIM CNX 24**

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CIB0354	M-20-1	B.C.P.	LINER	0,018	3803-4899 5103-7716	14/03/2010	3,22- 0,68- 60,33-13,04- 31,12- 29,45-12,64- 1,65- 33,30-29,57- 23,27- 24,13	21,87
CIB0360	N-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4571-6593 6995-8058	11/05/2010	18,29- 1,28- 1,47-1,19- 6,70- 12,02	6,83

**ARENA O-13 OFIM CNX 24**

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CIB0326	M-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4047-4841 5061-6109 6419-7033	11/04/2009	1,50- 4,37	2,94
CIB0375	M-18-2	B.C.P.	LINER	0,020	3606-5227 5378-6675	02/03/2011	10,56- 15,93- 14,86-9,92- 18,97- 2,47-8,85	11,65
CIB0357	N-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4087-5818 6303-7689	15/04/2010	17,26- 18,98- 16,88-58,38- 4,63- 14,07-5,78- 6,62	17,83

**ARENA O-14 OFIM CNX 24**

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CIB0368	M-18-2	B.C.P.	LINER	0,020	4180-5249 5296-7173	17/11/2010	4,24- 10,47- 2,44-3,26- 10,07- 25,69	9,26
CIB0353	M-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4126-7280	23/02/2010	13,29- 17,30- 6,74-6,03- 10,83- 26,52-27,13- 31,21	17,38
CIB0352	M-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4257-4837 4927-6405 6490-6992 7071-8270	21/01/2010	17,07- 29,71- 49,47-28,62- 25,77- 8,98-13,71- 16,53- 15,08-21,37	22,63

**ARENA O-15 OFIM CNX 24**

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CIB0372	M-18-2	B.C.P.	LINER	0,020	3881-7394	31/01/2011	15,24- 2,13- 3,90-3,03- 11,87- 3,33-2,35- 25,33	8,39
CIB0358	M-20-1	B.C.P.	LINER	0,018	3866-5871	16/04/2010	28,38- 50,44-11,87-2,38	23,27
CIB0366	N-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4240-4278 4676-7500 7920-8575	12/09/2010	11,77- 28,87- 13,59-37,32- 10,04- 14,89-19,13- 10,11	18,22
CIB0349	M-18-1	B.C.P.	LINER	0,020	4477-8497	28/12/2009	2,60- 3,53- 14,39-4,29- 10,03- 8,03-9,23- 12,59- 11,24-10,11- 5,42- 7,80-2,81- 8,97- 0,82-22,90- 14,47	8,83

**ÁREA CRUDO EXTRAPESADO (Continuación)**

**ARENA O-12 OFIM CNX 5**

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CDB0069	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	4371 -8982	14/10/2009	20,58- 6,84- 11,60- 4,24- 2,66- 2,25- 1,87- 1,47- 2,58-	7,86
CDB0083	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	4761-5024 5134- 8703	15/04/2011	0,96- 16,20- 8,46- 3,43- 3,15- 12,08- 3,45- 2,04	6,22

**ARENA O-13 OFIM CNX 5**

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CDB0080	N-19-1	B.C.P.	LINER	0,020	4038 -8044	13/09/2010	37,56- 36,55- 64,43- 1,62- 1,49- 63,17- 3,62- 12,97- 14,11- 12,40- 8,71- 8,51- 11,35- 20,01	15,61
CDB0068	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	3912-4.448 4.537 - 4.713 4.757 - 7.263	21/09/2009	9,03- 26,22- 7,10- 6,57- 8,67- 17,55- 13,54- 17,40- 13,98- 17,30- 7,83- 13,60	13,23
CDB0066	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	3826-5909 5952 - 7005 7299 -7807	16/06/2009	17,70- 10,67- 8,67- 10,87- 10,01- 0,53- 6,47- 5,17	8,76
CDB0071	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	3876-6360	20/01/2010	6,32- 24,19- 16,74- 5,84- 9,54- 9,48- 4,91- 4,60- 13,97	10,62
CDB0063	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	3909-4130 4219- 8533	31/03/2009	3,60- 0,56- 0,05- 1,09- 7,75- 10,45- 0,18- 2,47- 1,25	3,04
CDB0065	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	4581-7397	25/05/2009	0,19- 0,08- 0,43- 7,01	1,93

**ARENA O-14 OFIM CNX 5**

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
CDB0064	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	3716 -7214	23/04/2009	4,76- 13,56- 8,68- 4,32- 6,61- 0,72- 0,44	6,87
CDB0058	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	4046 - 5162	17/07/2009	6,03- 19,96- 21,15- 38 13	21,32
CDB0072	N-20-1	B.C.P.	LINER COMBINADO	0,015 - 0,020	4415-7237 7322- 8048	14/02/2010	43,44- 39,07- 38,83- 33,62- 28,76- 46,69- 49,10- 54,71	41,78
CDB0070	N-20-1	B.C.P.	LINER	0,020	3951-6439	28/10/2009	19,19- 19,85- 3,69- 17,38- 11,38- 5,68- 7,73- 9,75	11,83

## ÁREA CRUDO PESADO

### ARENA E OFIM MPG 1

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
MPG0267	M-18	B.C.P.	REJILLA MeshRite	0,00058-0,025/0,010	4458-6178	21/04/2010	11,32-9,85-13,48-12,45-11,05-42,34	16,74
MPG0269	M-16	B.C.P.	LINER	0,018	4592-6109	30/05/2010	16,85-17,61-16,19-14,95	16,4

### ARENA E OFIM MPG 2

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
MPG0268	M-18	B.C.P.	LINER	0,020	4871-5225 5358-6889	19/05/2010	27,88-5,09-3,31-15,42-3,90	11,12
MPG0264	M-14	B.C.P.	REJILLA MeshRite	0,00058-0,025/0,010	4573-4878 5148-6560	01/02/2010	32,49-35,34-30,60-61,02-27,75	37,44
MPG0274		B.C.P.	LINER	0,020	4521-6020	01/11/2010	0,18-0,06-0,14-0,07-0,52	0,19
MPG0275		B.C.P.	LINER	0,020	4583-6189	05/12/2010	12,57-9,31-15,24-8,56-13,64-22,93	13,71

### ARENA D OFIM MPG 1

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
MPG0272	M-15	B.C.P.	LINER	0,020	4832-4988 5078-5890 6114-6270	22/08/2010	11,76-6,30-4,83-4,12-27,83	10,97

### ARENA D OFICINA 1

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
PC 0162		L.A.G.	LINER	0,015	4704-5339	18/02/2011	58,96-46,92-42,01	49,3

### ARENA A OFICINA 1

POZO	MACOLLA	MET	EQUIPO CONTROL DE ARENA	TAMAÑO RANURAS (FT)	LONGITUD EFECTIVA (FT)	PERF/COMP. ORIGINAL	% RETENCIÓN	% RETENCIÓN PROMEDIO
PM 0144	M-19	D.G.	LINER	0,020	4027-5146	13/11/2010	0,22-5,36-0,87-1,01	1,87

### B.5 Base de datos: Producción del pozo, contenido de sedimentos y $\Delta P$ .

En esta base de datos se muestra la producción presente en cada pozo y la caída de presión a la que estaba sometido al momento en que fue tomada la muestra de crudo, y la cantidad de sedimentos cuantificados en dichas muestras.

<b>ÁREA CRUDO EXTRAPESADO</b>							
<b>ARENA O-12. (OFIM CN 42)</b>							
<b>POZO</b>	<b><math>\Delta P</math></b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CIB0362 (Liner 0,020)</b>	300,00	288	1502	960	542	0,8	18,3
<b>CIB0347 (Liner 0,020)</b>	335,40	315	960	578	382	12,0	18,1
<b>CIB0331 (Liner 0,020)</b>	320,00	300	887	562	325	4,2	16,4
<b>CIB0377 (Liner 0,020)</b>	519,50	200			0	0,4	21,0
<b>ARENA O-13. (OFIM CN 42)</b>							
<b>POZO</b>	<b><math>\Delta P</math></b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CIB0345 (Liner 0,020)</b>	228,00	700	909	419	490	2,2	16,2
<b>CIB0373 (Liner 0,020)</b>	279,00	468	1424	900	524	5,0	16,0
<b>CIB0330 (Liner 0,020)</b>	316,20	554	1282	837	445	6,2	12,6
<b>CIB0340 (Liner 0,020)</b>	400,00	755	899	432	467	18,0	18,0
<b>CIB0374 (Liner 0,020)</b>	459,50	983	891	461	430	12,0	15,0
<b>CIB0341 (Liner 0,020)</b>	369,00	658	587	337	250	8,0	18,4
<b>CIB0348 (Liner 0,020)</b>	690,00	980	1589	1029	560	12,0	18,9
<b>ARENA O-14. (OFIM CN 42)</b>							
<b>POZO</b>	<b><math>\Delta P</math></b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CIB0351 (MeshRite)</b>	360	210	1750	1098	652	2,4	12,9
<b>CIB0342 (Liner 0,020)</b>	367	782	1434	924	510	0,8	13,3
<b>CIB0350 (Liner 0,015 v 0,020)</b>	428	200	1559	909	650	1,2	15,7
<b>CIB0376 (Liner 0,020)</b>	202	192	1577	983	594	2,0	14,4
<b>CIB0369 (Liner 0,020)</b>	451	950	1174	732	442	1,0	20,1
<b>CIB0355 (Liner 0,020)</b>	290	320	1927	1232	695	0,2	17,2
<b>CIB0337 (Liner 0,020)</b>	250	196	1254	877	377	0,9	12,6
<b>CIB0324 (Liner 0,020)</b>	388	586	1398	791	607	1,0	13,6

<b>ÁREA CRUDO EXTRAPESADO (Continuación)</b>							
<b>ARENA O-12. (OFIM CNX 24)</b>							
<b>POZO</b>	<b>ΔP</b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CIB0354 (Liner 0,018)</b>	112,60	1799	570	263	307	0,5	16,4
<b>CIB0360 (Liner 0,020)</b>	129,20	2456	809	592	217	22,0	11,1
<b>ARENA O-13. (OFIM CNX 24)</b>							
<b>POZO</b>	<b>ΔP</b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CIB0326 (Liner 0,020)</b>	405,60	747	789	559	230	2,8	18,8
<b>CIB0375 (Liner 0,020)</b>	534,60	289	1165	717	448	1,4	15,8
<b>CIB0357 (Liner 0,020)</b>	607,40	484	761	421	340	3,0	13,1
<b>ARENA O-14. (OFIM CNX 24)</b>							
<b>POZO</b>	<b>ΔP</b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CIB0353 (Liner 0,020)</b>	16,6	578	1246	729	517	1,4	15,8
<b>CIB0352 (Liner 0,020)</b>	232,7	677	1481	937	544	0,5	11,9
<b>CIB0368 (Liner 0,020)</b>	380,2	1625	1260	712	548	0,7	16,7
<b>ARENA O-15. (OFIM CNX 24)</b>							
<b>POZO</b>	<b>ΔP</b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CIB0366 (Liner 0,020)</b>	258,30	392	926	586	340	1,6	12,8
<b>CIB0349 (Liner 0,020)</b>	276,90	652	1621	1136	485	0,2	12,4
<b>CIB0372 (Liner 0,020)</b>	354,90	853	1468	978	490	0,3	15,9
<b>CIB0358 (Liner 0,018)</b>	386,40	1046	1043	670	373	0,3	15,7
<b>ARENA O-12. (OFIM CNX 5)</b>							
<b>POZO</b>	<b>ΔP</b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CDB0083 (Liner 0,020)</b>	601,30	486	1458	908	550	0,1	15,7
<b>CDB0069 (Liner 0,020)</b>	708,60	97	1302	836	466	0,2	14,4
<b>ARENA O-13. (OFIM CNX 5)</b>							
<b>POZO</b>	<b>ΔP</b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CDB0063 (Liner 0,020)</b>	572,80	97	1426	896	530	0,5	15,4
<b>CDB0068 (Liner 0,020)</b>	613,10	97	1610	949	661	0,2	14,3
<b>CDB0065 (Liner 0,020)</b>	632,10	671	1072	592	480	0,6	18,3
<b>CDB0071 (Liner 0,020)</b>	647,20	672	1550	989	561	0,7	14,2
<b>CDB0080 (Liner 0,020)</b>	695,90	395	1603	1152	451	0,1	17,0
<b>ARENA O-14. (OFIM CNX 5)</b>							
<b>POZO</b>	<b>ΔP</b>	<b>PPM SEDIMENTOS</b>	<b>BTPD</b>	<b>BBPD</b>	<b>BDPD</b>	<b>%AyS</b>	<b>API</b>
<b>CDB0064 (Liner 0,020)</b>	52,6	96	1453	908	545	0,7	17,2
<b>CDB0072 (Liner 0,015 y 0,020)</b>	277,9	97	1647	1052	595	0,5	15,8
<b>CDB0070 (Liner 0,020)</b>	347,0	97	1807	1107	700	0,4	14,0
<b>CDB0058 (Liner 0,020)</b>	610,0	97	1975	1175	800	0,2	15,1

ÁREA CRUDO PESADO							
ARENA E. (OFIM MPG 1)							
POZO	ΔP	PPM SEDIMENTOS	BTPD	BBPD	BDPD	%AyS	API
MPG0267 (MeshRite)	897,0	1613	697	568	129	12,0	14,3
MPG0269 (Liner 0,018)	220,0	2340	536	436	100	28,0	14,5
ARENA E. (OFIM MPG 2)							
POZO	ΔP	PPM SEDIMENTOS	BTPD	BBPD	BDPD	%AyS	API
MPG0268 (Liner 0,020)	150,0	5856	646	509	137	32,0	13,7
MPG0264 (MeshRite)	300,0	1096	457	388	69	24,0	9,5
MPG0274 (Liner 0,020)	200,0	2124	487	356	131	15,0	16,6
MPG0275 (Liner 0,020)	100,0	98	159	56	103	9,8	12,5



## HOJAS DE METADATOS

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

<b>Título</b>	<b>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</b>
<b>Subtítulo</b>	

#### Autor(es):

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Valera Rodríguez Aura Josefina	<b>CVLAC</b>	18.386.143
	<b>e-mail</b>	aura_valera_@hotmail.com
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	

#### Palabras o frases claves:

Control de arena
Pozos horizontales
Tubería Ranurada
Empaque de grava en pozos horizontales
Rejillas Rite Mesh

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

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
TECNOLOGÍA APLICADAS	CIENCIAS PETRÓLEO

### Resumen (Abstract):

Los objetivos fundamentales de esta investigación consistieron en medir el contenido de arena presente en la producción de crudo de 64 pozos horizontales que fueron perforados en el periodo comprendido entre enero del año 2009 y mayo del año 2011 en los campos asignados al Distrito Morichal, estimar mediante análisis granulométricos de muestras de canal el diámetro medio de los granos que conforman las arenas en que se encuentran completados estos pozos con la finalidad de lograr reducir la producción de arena en un 50%, teniendo por objetivo evaluar si el método de control de arena con el que están completados funciona de manera adecuada en cada uno de estos y poder aminorar los problemas de arenamiento presentes en el Distrito Morichal. Al finalizar esta investigación se pudo determinar que el diámetro medio de los granos que conforman las arenas estudiadas están constituidos por granos finos y medianos razón por la cual existe poco control en la producción de finos; en relación a los métodos de control de arena instalados en los pozos estudiados, según las mediciones de arena en función de la caída de presión a la que estaban sometidas los pozos a la hora de la toma de muestras, la Rejilla Mesh Rite fue la que arrojó mayor porcentaje de retención de finos. Además se calculó la desviación que presentan las muestras de canal respecto a las muestras de núcleo dando como conclusión que las muestras de canal son representativas para ser utilizadas en cualquier estudio.

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

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
<b>ASESOR:</b> Sucre De Rebolledo Milagros	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	4.183.842
	<b>e-mail</b>	milagrossucre@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
<b>JURADO:</b> Espinoza López Martha Rosa	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	8.369.941
	<b>e-mail</b>	espinozamrel_@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
<b>JURADO:</b> Díaz Yegrez Jaime José	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	16.312.449
	<b>e-mail</b>	Diazj.udo@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2013	08	07

**Lenguaje:** spa

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

**Archivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>	<b>Tipo MIME</b>
<b>Tesis Aura Valera</b>	

**Título o Grado asociado con el trabajo:**

**Ingeniería**

---

**Nivel Asociado con el  
trabajo:**

**Ingeniería de Petróleo**

---

**Área de Estudio:**

**INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

---

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

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE MONAGAS**

---

---

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU N° 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.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNVELO  
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/YGC/manuja

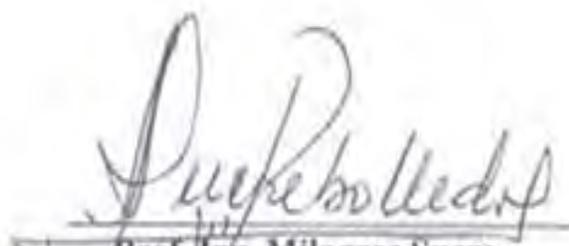
## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6

### Derechos:

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): "Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización".



AUTOR



ProL. Ing. Milagros Sucre  
C.I. 4 183 842  
Asesor Académico

