

**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA IMPORTACIÓN DE
CENTRÍFUGAS DECANTADORAS DE ALTA CAPACIDAD EN LA INDUSTRIA
DE PETRÓLEO Y GAS**

ADRIANA DEL PILAR SALGADO MUÑOZ

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN NEGOCIOS INTERNACIONALES E INTEGRACIÓN
ECONÓMICA
BOGOTÁ D.C.
2016**

**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA IMPORTACIÓN DE
CENTRÍFUGAS DECANTADORAS DE ALTA CAPACIDAD EN LA INDUSTRIA
DE PETRÓLEO Y GAS**

ADRIANA DEL PILAR SALGADO MUÑOZ

**Monografía para optar por el título de Especialista en
Negocios Internacionales e Integración Económica**

**Orientador:
ALEXANDER SELLAMÉN GARZÓN
Economista**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN NEGOCIOS INTERNACIONALES E INTEGRACIÓN
ECONÓMICA
BOGOTÁ D.C.
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del Calificador

Bogotá, D.C., Agosto de 2016

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrado

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Especialización en Negocios Internacionales e Integración Económica

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

To my mom and my beaver

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

- Sebastián Arboleda, Ingeniero Físico y Director de este proyecto de grado, por su guía y apoyo durante su desarrollo.
- Alexander Sellamén, asesor de este proyecto de grado por su interés y apoyo en los aspectos técnicos del proyecto.
- Energía Renovables de los Andes, por haber dispuesto los recursos financieros y el tiempo requerido para llevar a buen término el presente proyecto.
- Ian Correo, Ingeniero de campo por su disposición para resolver las preguntas del autor del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	24
1. GENERALIDADES DE LAS CENTRÍFUGAS DECANTADORAS PARA LA INDUSTRIA DE PETRÓLEO Y GAS	25
1.1 INTRODUCCIÓN	25
1.2 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS	26
1.3 CENTRÍFUGAS DENTRO DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS	27
1.3.1 Funcionamiento de una centrífuga	28
1.3.2 Parámetros de desempeño de las centrífugas	29
1.3.3 ¿Por qué seleccionar centrífugas decantadoras de alta capacidad?	31
1.3.3.1 Efectos en la generación de residuos e impacto ambiental	32
1.3.3.2 Efectos sobre el fluido de perforación	33
2. ESTUDIO DE MERCADO	34
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO/SERVICIO	34
2.1.1 ¿Quiénes adquieren el servicio?	34
2.1.2 ¿Por qué adquieren el servicio?	34
2.1.3 ¿Cómo se presta el servicio en la actualidad?	35
2.1.4 Otros Sectores	36
2.1.5 ¿Quién presta este servicio en Colombia?	36
2.2 ANÁLISIS GENERAL DEL MERCADO Y LA INDUSTRIA	37
2.2.1 Análisis del Macroentorno	37
2.2.2 Análisis de la Industria	42
2.3 ANÁLISIS DE LA OFERTA	45
2.3.1 Segmentación del mercado	47
2.4 ANÁLISIS DE LA DEMANDA	50
2.4.1 Estado de perforación de pozos petroleros en Colombia	51
2.4.2 Caracterización de los clientes	54
2.4.3 Segmentación de los clientes	55
2.5 MERCADO OBJETIVO	57
2.5.1 Estimación del mercado objetivo	58
2.6 ESTRATEGIA DE COMERCIALIZACIÓN	65
2.6.1 Distribución	66
2.6.2 Estrategia de fijación de precios	66
2.6.3 Promoción	66
2.6.4 Comunicación	67
2.6.5 Estrategias para garantizar la calidad del servicio	67

3. ESTUDIO TÉCNICO	69
3.1 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS	69
3.1.1 Identificación de Proveedores	69
3.1.2 Características Técnicas de las centrífugas	71
3.1.3 Análisis de decisión para selección de alternativas	71
3.1.3.1 Identificación de la decisión, objetivos y atributos	72
3.1.3.2 Evaluación del Problema	72
3.1.3.3 Resultados	75
3.1.3.4 Análisis de Sensibilidad	77
3.1.3.5 Recomendación de Alternativa	80
3.2 INCOTERM	80
3.2.1. Forma de Pago	81
3.2.2 Logística de importación	82
3.2.2.1 Selección de Modo de Transporte	85
3.2.3 Descripción del Transporte	85
3.2.4 Equipos de Cargue/Descargue y Almacenamiento	89
3.3 NACIONALIZACIÓN	93
3.3.1 Requisitos de Importación en Colombia	93
3.3.2 Proceso de Nacionalización	94
3.3.3 Aspectos Importantes de Nacionalización	95
3.3.4 Oportunidades Arancelarias	97
3.3.5 Oportunidades de Ahorro de IVA	97
3.4 INVERSIÓN REQUERIDA	98
3.4.1 Variables Probabilísticas	98
3.4.2 Definición de costos	102
3.4.3 Análisis de costos	103
3.4.4 Análisis de sensibilidad	104
4. EVALUACIÓN FINANCIERA	106
4.1 GENERALIDADES DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA	106
4.1.1 Horizonte de Tiempo	106
4.1.2 Unidad Monetaria	107
4.1.3 Inflación	108
4.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN	108
4.3 ANÁLISIS DE COSTOS FINANCIEROS	108
4.4 ANÁLISIS DE COSTOS	109
4.4.1 Mantenimiento de equipos	109
4.4.2 Recurso Humano	109
4.4.3 Tratamiento de corrientes residuales	110
4.4.4 Costos de Alquiler de Equipos	114
4.4.5 Gastos Administrativos	116
4.4.6 Costos totales	116
4.5 ANÁLISIS DE INGRESOS	117
4.6 VALOR DE SALVAMENTO	119
4.7 UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	119

4.8 UTILIDAD BASE O RENTA LÍQUIDA	120
4.9 DEPRECIACIÓN	120
4.10 IMPUESTOS	120
4.11 VALOR PRESENTE NETO (VPN)	121
4.12 TASA DE INTERÉS DE OPORTUNIDAD (TIO)	121
4.13 CORRIDA SIMULACIÓN CASO BASE	122
4.13.1 Análisis de Sensibilidad	125
4.14 GESTIÓN DE RIESGO	126
5. CONCLUSIONES	132
6. RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFÍA	135
ANEXOS	146

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Compañías de Control de Sólidos en Colombia	46
Cuadro 2. Características de la segmentación de los competidores	49
Cuadro 3. Caracterización de la segmentación de los clientes	57
Cuadro 4. Compañías proveedoras de centrífugas seleccionadas	70
Cuadro 5. Descripción tratamiento de corrientes residuales	110

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Cálculo de Potencia	30
Ecuación 2. Cálculo del Tamaño del mercado	60
Ecuación 3. Cálculo del Costo Total de Tratamiento	113
Ecuación 4. Cálculo de costo diario de alquiler de equipos	116
Ecuación 5. Cálculo de costo diario de alquiler de equipos	116
Ecuación 6. Cálculo de inflación de costos totales	117
Ecuación 7. Cálculo de costos totales ajustados por inflación	117
Ecuación 8. Cálculo de ingresos operativos mensuales	118
Ecuación 9. Cálculo de inflación de ingresos totales	118
Ecuación 10. Cálculo de ingresos ajustados por inflación	119
Ecuación 11. Cálculo de utilidad antes de impuestos	119
Ecuación 12. Cálculo de la renta líquida	120
Ecuación 13. Cálculo de depreciación en línea recta	120
Ecuación 14. Cálculo de impuestos	121
Ecuación 15. Cálculo de VPN	121
Ecuación 16. Cálculo de TIO	122

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Tamaño de partícula vs área superficial	27
Figura 2. Configuración de una centrífuga decantadora	28
Figura 3. Análisis del Macroentorno	41
Figura 4. Diagrama de las cinco fuerzas de Porter	42
Figura 5. Grupos Estratégicos	48
Figura 6. Segmentación de clientes estratégicos	56
Figura 7. Estrategía de comercialización	65
Figura 8. Modo Transporte Aéreo	83
Figura 9. Modo Transporte Marítimo	84
Figura 10. Modo Transporte Terrestre	85
Figura 11. Trayectoria Søborg-Copenhagen (Dinamarca)	86
Figura 12. Trayectoria del buque desde Dinamarca hasta Colombia	87
Figura 13. Descripción del vehículo de transporte de centrífugas	88
Figura 14. Trayectoria desde Cartagena hasta Tocancipá (Colombia)	88
Figura 15. Grúa Pórtico	89
Figura 16. Grúa Terrestre	90
Figura 17. Grúa RTG	90
Figura 18. Elevador Frontal	91
Figura 19. Elevador de Alcance	91
Figura 20. Cargador	92

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Volúmenes de residuos generados en perforación de pozos	32
Gráfica 2. Sistema de control de sólidos de un taladro	36
Gráfica 3. Porcentaje de participación compañías control de sólidos	47
Gráfica 4. Número de pozos perforados, período 2006-2015	52
Gráfica 5. Número de pozos comparados con el valor del crudo (2006-2015)	53
Gráfica 6. Variación de los precios del dólar vs. precio de barril	54
Gráfica 7. Número de pozos comparados con el valor del crudo (2006-2015)	59
Gráfica 8. Pronóstico de número de pozos a perforar en Colombia 2016-2026	61
Gráfica 9. Pronóstico del tamaño del mercado de control de sólidos 2016-2026	62
Gráfica 10. Escalafón de empresas operadoras	63
Gráfica 11. Pronóstico de número de pozos para el mercado objetivos	64
Gráfica 12. Pronóstico del tamaño del mercado (2016-2026)	64
Gráfica 13. Arbol de objetivos y atributos	73
Gráfica 14. Resultados Globales HiView	75
Gráfica 15. Resultados Análisis de alternativas HiView	76
Gráfica 16. Resultados Especificos Análisis de alternativas HiView	77
Gráfica 17. Análisis de Sensibilidad Aspecto Técnico	78
Gráfica 18. Análisis de Sensibilidad Aspecto Confiabilidad	79
Gráfica 19. Análisis de Sensibilidad Aspecto Costos	80
Gráfica 20. Distribución de probabilidad Tasa de Cambio EUR/USD	99
Gráfica 21. Distribución de probabilidad Costos de Flete Marítimo	99
Gráfica 22. Distribución de probabilidad TRM	100
Gráfica 23. Distribución de Probabilidad Cobro del IVA	100
Gráfica 24. Distribución de Probabilidad Costo Transporte Terrestre Colombia	101
Gráfica 25. Distribución de probabilidad días en puerto	102
Gráfica 26. Resultados Costos Totales de Importación	104
Gráfica 27. Análisis de Sensibilidad Costos de Importación	104
Gráfica 28. Distribuciones de probabilidad días de operación de las máquinas	107
Gráfica 29. Distribución de probabilidad volúmenes de cortes de perforación	111
Gráfica 30. Distribución de probabilidad volumen de lodo descartado	112
Gráfica 31. Distribución de probabilidad vol. lodo floculación selectiva	112
Gráfica 32. Distribución de probabilidad volúmenes de agua residual tratada	113
Gráfica 33. Distribución de probabilidad costo diario alquiler retroexcavadora	115
Gráfica 34. Distribución de probabilidad costo de alquiler de volqueta	115
Gráfica 35. Distribución de probabilidad variable de previsión VPN	123
Gráfica 36. Análisis de Sensibilidad VPN	126
Gráfica 37. Distribución de probabilidad VPN resultante - Gestión de Riesgos	127
Gráfica 38. Distribución de probabilidad TIR - Gestión de Riesgos	128

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas de centrífuga convencional - alta capacidad	31
Tabla 2. Número de pozos perforados en Colombia (2006-2015)	51
Tabla 3. Precios ajustados, pozos totales y ecuaciones lineales	58
Tabla 4. Resultado del pronóstico de número de pozos	60
Tabla 5. Características Técnicas de las centrífugas decantadoras ofertadas	71
Tabla 6. Aspectos comerciales relevantes para selección de centrífugas	72
Tabla 7. Ponderación de pesos para objetivos globales	73
Tabla 8. Ponderación de pesos para atributos técnicos	74
Tabla 9. Ponderación de pesos para atributos de confiabilidad	74
Tabla 10. Ponderación de pesos para atributos costos	74
Tabla 11. Puntaje para atributos Incoterm	75
Tabla 12. Descripción del Transporte	85
Tabla 13. Descripción de actividades de cargue y descargue	92
Tabla 14. Nomenclatura subpartida arancelaria	94
Tabla 15. Procedimiento importación de centrífugas decantadoras a Colombia	96
Tabla 16. Costos de importación de cuatro (4) Alfa Laval LYNX-40	103
Tabla 17. Datos análisis de costos financieros	108
Tabla 18. Amortización e intereses anuales de deuda	109
Tabla 19. Costo de Recurso Humano	110
Tabla 20. Costos de tratamiento de corrientes residuales	111
Tabla 21. Costos de Alquiler diario de equipos	114
Tabla 22. Ingresos Sistema de Tratamiento de Control de Sólidos	118
Tabla 23. Datos para el cálculo de la TIO	122
Tabla 24. Estadística de los resultados generados de VPN	124
Tabla 25. Percentiles VPN	125
Tabla 26. Estadística de los resultados generados de VPN Gestión de Riesgos	129
Tabla 27. Percentiles resultados de VPN Gestión de Riesgos	129
Tabla 28. Estadística TIR Gestión de Riesgos	130
Tabla 29. Percentiles TIR para Gestión de Riesgos	130

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Muestra de cálculo de tabla de amortización mensual	147
Anexo B. Muestra cálculos de egresos y costos totales	149
Anexo C. Muestra cálculo de ingresos totales	150
Anexo D. Muestra de Resultados cálculo de Flujo de Caja Libre y TIR	151

LISTADO DE ABREVIATURAS

ANH	Agencia N acional de H idrocarburos
ATAC	A sociación de T ransporte A éreo de C olombia
bbf	barriles
BM	B anco M undial
CAR	C orporación A utónoma R egional
COP	pesos colombianos
d	diámetro
D	diámetro del tambor
DFI	D istribución F ísica I nternacional
DIAN	D irección de I mpuestos y A duanas N acionales de Colombia
EIA	<i>Energy Information Administration</i>
EXW	Ex Works
FCA	Free Carrier
FOB	Free On Board
gpm	galones por minuto
IATA	I nternational A ir T ransport A ssociation
ICC	I nternational C hamber of C ommerce
IMF	Fondo Monetario Internacional(<i>International Monetary Fund</i>)
IVA	Impuesto al V alor A gregado
L	Longitud del tambor
lpg	libras p or g alón
m	metro
MAUT	M ulti- A tttribute U tility T heory
MCDA	M ultiple C riteria D ecision A nalysis
MM	Millones
PMA	P lan de M anejo A mbiental
RPM	R evoluciones P or M inuto
RUT	R egistro Ú nico T ributario
S.A.S	S ociedad A nónima S implificada
SCS	S istema de C ontrol de S ólidos

SIA	S ociedad de I ntermediación A duanera
TIO	T asa de I nterés de O portunidad
TIR	T asa I nterna de R etorno
USD	Dólar estadounidense (<i>United State Dollar</i>)
VPN	V alor P resente N eto
µm	micrómetro

GLOSARIO

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO: consiste en establecer un marco para evaluar si en un momento determinado en el tiempo, el costo de una medida específica es mayor que los beneficios derivados de la misma.

ANÁLISIS DE DECISIÓN DE MÚLTIPLES CRITERIOS (MCDA): es una herramienta que se puede aplicar a decisiones complejas. Este se aplica a la solución de problemas para seleccionar una alternativa, entre varias.

ÁREA LICENCIADA: autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos puede producir deterioro grave a los recursos naturales renovables, o al medio ambiente.

BROCA: es una herramienta de corte localizada en el extremo inferior de la sarta de perforación que se utiliza para cortar o triturar la formación durante el proceso de perforación rotatoria.

CENTRIFUGA DECANTADORA: es un dispositivo mecánico que consiste en un tambor giratorio que permite la separación de sólidos de lodo de perforación a través de sedimentación acelerada.

CONTAMINACIÓN DE LODO: es cualquier tipo de material sólido, líquido o gas que tiene un efecto perjudicial sobre las características físicas o químicas del fluido de perforación.

CONTROL DE SÓLIDOS: es una función preventiva, que consiste en mantener un porcentaje mínimo los sólidos no reactivos de formación presentes en el lodo, una vez el hueco es perforado.

COMPAÑÍA OPERADORA: son empresas responsables de la administración de los campos y de la perforación de los pozos petroleros que requieren los servicios de control de sólidos y tratamiento de residuos de perforación.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL: entidad responsable de la gestión y protección de los recursos medioambientales de la región.

CORTES DE PERFORACIÓN: sólidos de la formación contenidos en un sistema de lodo, que por lo general son considerados perjudiciales para la operación de perforación.

DEMANDA: cantidad de bienes o servicios que se solicitan o se desean en un determinado mercado de una economía a un precio específico.

DETERMINÍSTICO: modelo matemático donde las mismas entradas producirán invariablemente las mismas salidas, no contemplándose la existencia del azar, ni el principio de la incertidumbre.

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD: gama de valores que pueden representarse como resultado de una experimentación de una variable aleatoria.

ECONOMÍA DE ESCALA: se refiere a producir a gran escala o en mayores cantidades disminuyendo los costos fijos.

EFLUENTES: término empleado para nombrar las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por un proceso industrial.

ESTUDIO DE MERCADO: conjunto de acciones que se ejecutan para saber la respuesta del mercado ante un producto o servicio.

FARM-INS: un acuerdo donde un operador compra o adquiere un un contrato de arrendamiento que es propiedad de otro operador.

FUERZA-G: es una medida de aceleración que producirá la gravedad en un objeto cualquiera en condiciones ideales (sin atmósfera u otro rozamiento).

HIDROCICLÓN: es un dispositivo mecánico que convierte la presión generada por una bomba centrífuga en fuerza centrífuga que se incrementa a medida que el fluido de perforación se mueve dentro del cono del hidrociclón, separando los sólidos suspendidos en el fluido.

LODO DE PERFORACIÓN: es un fluido de características químicas y físicas apropiadas, que puede ser base aire, gas, agua, aceite y mezclas. La función principal es garantizar la seguridad y rapidez del proceso de perforación.

MACROENTORNO: son todas aquellas fuerzas sociales que influyen dentro del microentorno como lo es la demografía, condiciones económicas, factores socioculturales, factores políticos legales, tecnología, entre otros.

OFERTA: cantidad de bienes o servicios que los productores están dispuestos a vender bajo unas condiciones de mercado.

PERFORACIÓN: Es el proceso de abrir un hueco en el sub-suelo para la extracción de recursos naturales (gas y petróleo) ó para la inyección de fluido en el sub-suelo.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL: constituye el principal instrumento para la gestión ambiental, en la medida en que reúne el conjunto de criterios, estrategias,

acciones y programas; necesarios para prevenir, mitigar y compensar los impactos negativos y potencializar los positivos.

PROPIEDADES REOLÓGICAS: estudio del comportamiento de los fluidos sometidos a carga mecánica.

RESIDUOS DE PERFORACIÓN: todos aquellos sub-productos sólidos ó líquidos provenientes de las actividades de perforación como lo son los cortes de perforación, aguas residuales y lodo descartado.

RETROEXCAVADORA: es una máquina que se utiliza para realizar excavaciones de terrenos, que consiste en un balde de excavación en el extremo de un brazo articulado de dos partes.

SUSTITUTOS: aquellos productos o servicios que son diferentes entre ellos y que pueden satisfacer la misma necesidad del consumidor.

VALOR DE SALVAMENTO: valor en el mercado de un activo al final de su vida útil.

ZARANDA: es un dispositivo mecánico que consiste en mallas vibratorias para separar sólidos con diámetro de partícula mayor a la abertura de la malla.

ZONA DE INFLUENCIA: es la zona en la que el producto o servicio va a tener repercusión.

RESUMEN

El presente Trabajo de Grado expone la metodología y resultados de un estudio de prefactibilidad para invertir en centrífugas de alta capacidad para la industria de petróleo y gas en Colombia. Se realiza una revisión de los principios de operación y diseño de éstos equipos, donde se determina que la velocidad de operación, el largo y el diámetro del rodete de éstos son los factores que mayor impactan la eficiencia de su operación. Acto seguido, se realiza un análisis de la oferta de éstos equipos en el país. Debido al bajo nivel de diferenciación entre los proveedores existentes, se determina que una estrategia de diferenciación con un alto nivel de servicio puede resultar en la captura de un mercado cuyo valor anual oscila entre los \$2,160 y \$8,640 MMCOP, con una dependencia fuerte en el precio del barril.

Se realiza igualmente una revisión de los diferentes tipos de centrífugas de alta capacidad que podrían ser adquiridas para suministrar éste nivel de diferenciación. Al someter las ofertas de cinco proveedores a un MCDA, se concluye que la centrífuga Alfa-Laval resulta la opción de mayor costo-beneficio para la ejecución del proyecto. Una vez seleccionada la centrífuga, se estima la inversión requerida para la importación de cuatro (4) máquinas de éste tipo desde Dinamarca, la cual oscila entre \$4,083 y \$6,591 MMCOP.

Finalmente, se crea un modelo económico bajo riesgo para evaluar la factibilidad de ésta inversión a través de una simulación de Monte Carlo. Este modelo sugiere que el proyecto tendrá un VPN entre -\$7,601 y \$7,791 MMCOP, cuya probabilidad de ganancias es del 72.73%. No obstante lo anterior, si se implementan medidas de cubrimiento de riesgo tales como limitar los volúmenes de lodo y cortes tratados bajo la tarifa diaria del servicio, resulta posible reducir la probabilidad de pérdida asociada con el proyecto en un 21.42%. La implementación de éstas medidas aumenta el VPN del proyecto a un rango de -\$3,466 y \$10,399 MMCOP.

Palabras Claves: Estudio pre-factibilidad económica, importación, centrífugas decantadoras alta capacidad, logística, petróleo, gas, monte carlo y MCDA.

INTRODUCCIÓN

Las centrífugas decantadoras son utilizadas para la separación de sólidos en suspensión de una matriz líquida en procesos industriales. En la perforación de pozos de petróleo y gas, las centrífugas se utilizan para acondicionar el fluido de perforación, removiendo los sólidos finos que se acumulan paulatinamente en éste durante el proceso de perforación. La experiencia internacional sugiere que entre mayor es la tasa de remoción de sólidos durante la perforación de un pozo, menor el volumen final de residuos resultante al finalizar éste proceso. Una forma de aumentar la tasa de remoción de sólidos es aumentar la capacidad de procesamiento de las centrífugas disponibles en los taladros de perforación.

Actualmente, en Colombia existe una gran oferta de centrífugas para alquiler en el sector de petróleo y gas. No obstante lo anterior, la totalidad de ésta abundante oferta se encuentra concentrada en los equipos de baja capacidad que la industria del petróleo y gas típicamente ha demandado. Esta situación de alta oferta, baja diferenciación y demanda constante le ha permitido a las empresas operadoras presionar los precios por el alquiler de éstos equipos a la baja.

Debido a la caída de los precios del petróleo, la mayoría de las compañías operadoras que tienen actividades en el país están buscando reducir los costos de sus operaciones de perforación. Sin embargo, las exigencias ambientales que regulan los proyectos de exploración y producción de petróleo en Colombia son mayores, lo cual también ha incrementado el costo de la disposición final de los residuos producidos durante la perforación de un pozo. En adición a lo anterior, la mayoría de las centrífugas disponibles en Colombia se encuentran subdimensionadas para la necesidad de los taladros de perforación del país, lo cual causa sobrecostos asociados con los volúmenes de residuos de perforación cuya generación podría evitarse al utilizar equipos de mayor capacidad.

Esta combinación de bajos precios, necesidad de reducir costos y obsolescencia tecnológica de la flota actual de centrífugas abre una oportunidad de inversión en centrífugas de mayores prestaciones que las disponibles actualmente en el mercado. Una empresa o compañía que invierta en centrífugas de alta capacidad podría ofrecer un servicio diferenciado de la competencia, permitiéndole así aumentar su poder de fijación de precio frente a las compañías operadoras, las cuales también se verían beneficiadas al reducir sus costos de tratamiento y disposición de residuos como resultado de sus proyectos de perforación.

En el presente Trabajo de Grado, se analizará la factibilidad de dicha oportunidad de inversión desde un punto de vista técnico y económico, realizando un análisis de riesgo, para determinar las probabilidades de éxito del proyecto, de acuerdo con las variables que presente el mercado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la pre-factibilidad económica de la importación de centrífugas decantadoras de alta capacidad a Colombia para la industria de petróleo y gas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las generalidades de las centrífugas decantadoras para la industria de petróleo y gas.
- Realizar un estudio de mercado que permita identificar el potencial latente para la utilización de centrífugas de alta capacidad en la industria de petróleo y gas en Colombia.
- Realizar un estudio técnico identificando los procesos para la importación de centrífugas decantadoras de alta capacidad a Colombia.
- Realizar una evaluación financiera que permita determinar el retorno sobre la inversión esperado si se procede con la implementación de centrífugas de alta capacidad para el mercado colombiano.

1. GENERALIDADES DE LAS CENTRÍFUGAS DECANTADORAS PARA LA INDUSTRIA DE PETRÓLEO Y GAS

El presente capítulo explica de forma general el sistema de control de sólidos utilizado en las operaciones de perforación de pozos petroleros, haciendo especial énfasis en el papel que juegan las centrífugas decantadoras en éste sistema. ...En la **Sección 1.1...**, se realiza una introducción a la perforación de pozos petroleros y se explica el papel que juega el fluido de perforación durante este proceso. Por otra parte, ...en la **Sección 1.2...**, se realiza una descripción general del sistema de control de sólidos, enfocándose en los diferentes equipos que constituyen el mismo. A continuación, ...en la **Sección 1.3...** se describe el funcionamiento de las centrífugas decantadoras así como las diferencias técnicas entre una centrífuga convencional y una centrífuga de Alta Capacidad. Asimismo, ésta sección enumera los beneficios que resultan de la utilización de centrífugas de Alta Capacidad en comparación con las centrífugas convencionales durante la perforación de pozos petroleros en Colombia.

1.1 INTRODUCCIÓN

La industria del petróleo y gas genera altos volúmenes de residuos, especialmente durante la perforación de los pozos requeridos para la extracción de hidrocarburos. De acuerdo con Growcock¹, durante la perforación de un pozo, la rotación de una broca remueve la roca que se encuentra en el sub-suelo. El material sólido removido por la broca se conoce como cortes de perforación o sólidos perforados. Los volúmenes de cortes generados durante la perforación son transportados a la superficie por medio de un fluido bombeado conocido como lodo (o fluido) de perforación.

Según Growcock², el lodo de perforación es una fórmula especializada de productos químicos y agua que tiene dos funciones. Por una parte, el lodo lubrica la broca durante el proceso de corte, aumentando su vida útil. Por otra parte, éste también es responsable por transportar los cortes hasta superficie en suspensión. Para lograr éste objetivo, el lodo debe cumplir con unas especificaciones reológicas antes y durante el proceso de perforación. Cuando las concentraciones de sólidos perforados aumentan, las características del lodo varían hasta llegar a un punto donde éste no cumple con las funciones para las que fue preparado, este proceso se conoce como contaminación de lodo.

¹ GROWCOCK, Fred y HARVEY, Tim. *Drilling fluids* En: *Drilling Fluids Processing Handbook*. Amsterdam: Elsevier, 2005. p. 15.

² *Ibid.*, p.15-36.

De acuerdo con Caenn³, cuando el lodo de perforación se encuentra contaminado por sólidos perforados sus propiedades reológicas cambian. Esto reduce el desempeño del lodo de perforación como medio de remoción de los sólidos del hueco. Adicionalmente, esto también causa otros problemas relacionados con la limpieza y la eficiencia global de la perforación.

En el momento en el que el lodo de perforación ha sido contaminado, existen dos alternativas para remediar la situación. La primera consiste en descartar parte del lodo y reemplazarlo por lodo nuevo para mantener constantes sus propiedades reológicas. Este proceso se conoce como dilución. La segunda alternativa para controlar la concentración de sólidos perforados en el lodo consiste en removerlos mecánicamente a través de una serie de equipos en superficie. Tras éste proceso de tratamiento, el lodo es retornado al hueco y continúa el flujo en un ciclo cerrado. El equipo utilizado para remover los sólidos perforados del lodo en superficie se conoce como equipo de control de sólidos.

Growcock⁴ anuncia que en general, entre mayor sea la eficiencia de remoción de sólidos del equipo, menor es la necesidad de recurrir a la dilución para garantizar el desempeño del lodo durante el proceso de perforación.

1.2 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS

Como se mencionó ...en la **Sección 1.1**... el fluido de perforación que sube hasta la superficie tiene altas concentraciones de sólidos perforados. El sistema de control de sólidos instalado en superficie somete el lodo a una variedad de diferentes tratamientos mecánicos para remover los sólidos perforados presentes en el lodo. Este proceso de limpieza debe realizarse para garantizar las propiedades del lodo, asegurando así que éste continúe siendo efectivo para las funciones de transporte y lubricación para las que es formulado.

Los equipos de control de sólidos en superficie que se utilizan en las actividades de perforación de pozos petroleros consisten en zarandas, limpiadores de lodo, hidrociclones y centrífugas.

Estos equipos generalmente son utilizados en conjunto durante cada operación, siguiendo un orden que dependerá del tamaño de partícula que puede lograr cada equipo. Bajo éste esquema, de acuerdo con Salgado⁵, en primer lugar se procesa el lodo a través de las zarandas (las cuales remueven partículas sólidas de más

³ CAENN, Ryen; DARLEY, H.C.H y GRAY, George. Composition and properties of drilling and completion fluids. 6ª Edición. Oxford: Elsevier, 2011. 482 p. ISBN 9780123838582.

⁴ GROWCOCK. Op.cit., p. 20-25.

⁵ SALGADO, Adriana y VARGAS, Mario. Desarrollo de un modelo matemático predictivo del sistema integrado de control de sólidos para el Campo Akira. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. 69-73 p.

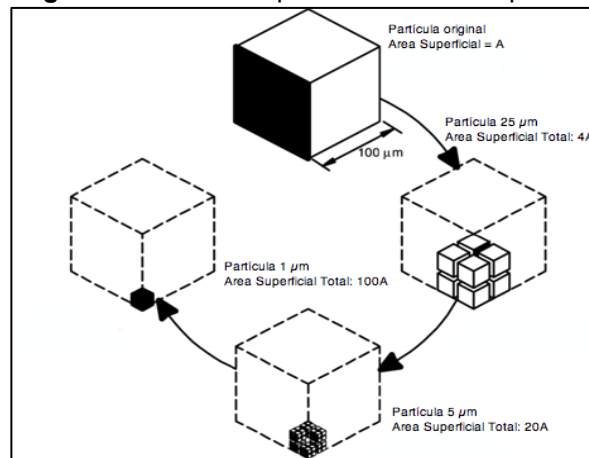
de 37 μm de diámetro), seguido por los limpiadores de lodo ó hidrociclones (los cuales remueven partículas sólidas entre 20-40 μm) y finalmente por las centrífugas (las cuales remueven partículas sólidas de más de 5 μm de diámetro). Este conjunto de equipos es conocido como Sistema de Control de Sólidos (SCS).

1.3 CENTRÍFUGAS DENTRO DEL SISTEMA DE CONTROL DE SÓLIDOS

Las centrífugas son muy importantes dentro del Sistema de Control de Sólidos ya que permiten la remoción de sólidos de menor tamaño en comparación con los demás equipos del sistema. De acuerdo con Caenn⁶, los sólidos de menor tamaño tienen un impacto significativo sobre las propiedades del lodo de perforación debido a que cuentan con una mayor área superficial específica (m^2 expuesto/ m^3 de sólidos), como se muestra en la **Figura 1**, al tener una mayor área superficial, estos sólidos obtienen una mayor carga eléctrica, la cual aumenta la viscosidad del fluido donde se alojan. Al aumentar la viscosidad del fluido de perforación, se reduce el desempeño tanto del fluido de perforación como de los equipos de remoción de sólidos en superficie. Por lo tanto, es prioritario controlar la concentración de sólidos perforados finos ($5 < d < 25 \mu\text{m}$) presentes en el fluido de perforación.

Según Bouse⁷, las centrífugas decantadoras utilizadas en las actividades de perforación, permiten la remoción de sólidos de partículas de entre 5-35 μm de diámetro, dependiendo de las características del equipo utilizado.

Figura 1. Tamaño de partícula vs área superficial



Fuente: CAENN, Ryen; DARLEY, H.C.H. y GRAY, George. Composition and properties of drilling and completion fluids. 6ª Edición. Oxford: Elsevier, 2011. 483 p. ISBN 9780123838582.

⁶ CAENN, DARLEY y GRAY. Op.cit., p.482-486.

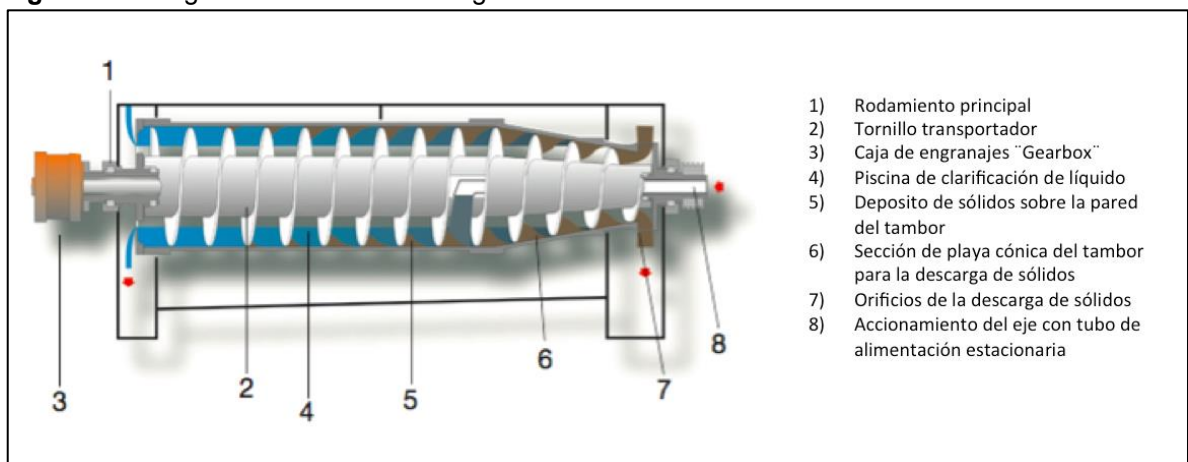
⁷ BOUSE, Eugene. Centrifuges. En: Drilling Fluids Processing Handbook. Amsterdam: Elsevier, 2005. p. 303.

Por lo tanto, es deseable maximizar el volumen procesado por las centrífugas, ya que esto permite remover una mayor fracción de sólidos finos, retardando la degradación de lodo por efectos de la contaminación con partículas sólidas durante el proceso de perforación.

Debido a la importancia de las centrífugas dentro del Sistema de Control de Sólidos, estas son suministradas por una empresa especializada en su operación, así como en el tratamiento de lodos y residuos generados durante la perforación de un pozo. Esta empresa se conoce como empresa de Control de Sólidos y Tratamiento de Residuos de Perforación.

1.3.1 Funcionamiento de una centrífuga Según Bouse⁸, las centrífugas decantadoras son dispositivos mecánicos utilizados para la separación de diferentes fases (sólidos y líquidos) en muchos procesos industriales, una de sus aplicaciones es en el acondicionamiento del lodo de perforación. La **Figura 2** muestra la configuración y las partes de una centrífuga decantadora.

Figura 2. Configuración de una centrífuga decantadora



Fuente: ALFA LAVAL. LYNX 700 - Drilling mud decanter centrifuge budget quotation. Estados Unidos. 2013, p. 4. Modificado por el autor.

Salgado⁹ expone que una centrífuga decantadora facilita la separación de una fase sólida de una matriz líquida a través de sedimentación acelerada mediante el bombeo del fluido de perforación a través del tubo de alimentación (8) así como del tornillo (2) y el tambor (6), los cuales giran a una velocidad de 1500-3400 rpm. Esto acelera el fluido de perforación procesado hacia la piscina (4), la cual representa el nivel del lodo dentro del tambor de la centrífuga. En éste punto, la fuerza centrífuga generada por la alta velocidad de rotación concentra los sólidos en las paredes del tambor (5), mientras que el líquido libre de sólidos es evacuado por rebose a través de las ventanas del equipo. A su vez, los sólidos separados

⁸ Ibid., p. 307.

⁹ SALGADO y VARGAS. Op.cit., p.73.

son evacuados por la acción de un tornillo sin fin (6), el cual los transporta hacia el extremo opuesto a la descarga líquida de la centrífuga.

“El movimiento relativo entre el tornillo y el tambor controla la tasa de remoción de sólidos de la máquina. Este se establece por un motor secundario y un sistema de engranajes conocidos como gearbox”.¹⁰

1.3.2 Parámetros de desempeño de las centrífugas A continuación se describen los parámetros que determinan la efectividad de una centrífuga utilizada para apoyar el proceso de Control de Sólidos en un taladro de perforación:

- **Largo del tambor:** El largo del tambor define la capacidad de procesamiento que tendrá el equipo. Igualmente, entre mayor el largo del tambor en relación a su diámetro (conocida como relación L/D), mayor es la capacidad de remoción de sólidos finos de la centrífuga.
- **Diámetro del tambor:** El diámetro del tambor también determina la capacidad de procesamiento del equipo. Igualmente, el diámetro del tambor también determina tanto la fuerza-G como el consumo energético de una centrífuga.
- **Velocidad máxima del tambor:** La velocidad de rotación del tambor, junto con el diámetro de este, permite calcular la fuerza-G que generará la máquina. De acuerdo con Bouse¹¹, este factor es un determinante de la eficiencia de separación de las máquinas, ya que entre mayor sea la fuerza-G generada por una centrífuga, ésta será más efectiva en la remoción de partículas finas que afectan el desempeño del fluido de perforación.
- **Torque máximo de diseño de gearbox:** Arboleda (*) señala, que entre mayor sea el torque máximo de diseño del gearbox de una centrífuga, mayor será su capacidad de transportar los sólidos separados por la acción sedimentadora de la centrífuga. Asimismo, entre mayor el torque de diseño del gearbox de la centrífuga, la confiabilidad de la centrífuga aumenta, ya que éste es uno de los elementos que primero falla durante la operación de una centrífuga debido a bloqueos por la presencia de sólidos sedimentados en el tambor.
- **Potencia máxima del motor principal:** La potencia máxima del motor principal también define la capacidad máxima de procesamiento de una centrífuga. La potencia máxima de un motor eléctrico se define a través de la **Ecuación 1**.

¹⁰ Ibid., p. 74.

¹¹ BOUSE. Op.cit., p. 308-310.

(*) ARBOLEDA, Sebastián. Energías Renovables de los Andes. Bogotá D.C., Colombia. Observación Inédita, 2016.

Ecuación 1. Cálculo de Potencia

$$P = M \times \omega$$

Fuente: SEARS, Francis W., *et al.* Física Universitaria. Traducido por Roberto Escalona García. 9ª ed. Argentina: Addison-Wesley Iberoamericana, 1996. 83.p. ISBN 9786074422887.

Donde:

P : Potencia del motor [W]

M : Torque del motor [N-m]

ω : Velocidad angular [rad/seg]

Los parámetros anteriormente mencionados definen la capacidad máxima efectiva de una centrífuga, la cual se mide en galones por minuto [gpm] procesados. En general, la capacidad de una centrífuga se expresa a través de una curva obtenida de forma experimental, la cual relaciona la capacidad de procesamiento de la centrífuga en galones por minuto en función de la densidad del lodo de alimentación, la cual se mide en libras por galón [lpg]. Para la gran mayoría de centrífugas, entre mayor es la densidad del fluido de perforación a procesar, menor la capacidad de proceso de una centrífuga.

Según observaciones de Arboleda¹², las diferencias principales entre las centrífugas convencionales y las centrífugas de Alta Capacidad objeto de este estudio se describen a continuación:

- Las centrífugas de Alta Capacidad tienen un tambor más largo, en comparación con las centrífugas convencionales. Esto les permite remover una mayor cantidad de sólidos finos del lodo que una centrífuga convencional.
- Las centrífugas de Alta Capacidad tienen un diámetro de tambor mayor que las centrífugas convencionales. Esto aumenta la fuerza-G generada por éstas en comparación con una centrífuga convencional, lo cual contribuye a remover una mayor cantidad de sólidos finos.
- La potencia del motor principal y el torque máximo del gearbox de las centrífugas de alta capacidad son mayores en comparación con una centrífuga convencional.
- Finalmente, la relación entre la longitud y el diámetro del tambor (L/D) es mayor a 3.5 para las centrífugas de Alta Capacidad, mientras que para centrífugas convencionales es menor a 3.5.

¹² ARBOLEDA, Sebastián. Informe técnico de desempeño sistema de control de sólidos. Bogotá D.C: Energías Renovables de los Andes., 2016. Serie de Informes Técnicos: 001A.

Al contar con un tambor de mayor diámetro y mayor largo donde la relación L/D está por encima de 3.5, las centrífugas de Alta Capacidad pueden procesar un mayor caudal de lodo sin sacrificar su efectividad en la remoción de sólidos finos. Sin embargo, el costo de inversión asociado con una centrífuga de Alta Capacidad puede ser el doble del de una centrífuga convencional. Debido a esto, es necesario realizar un análisis costo-beneficio detallado para garantizar que una inversión potencial en centrífugas de éste tipo sea rentable para la empresa que lo ejecute.

En la **Tabla 1** se realiza una comparación de dos centrífugas, la primera de tipo convencional y la segunda de alta capacidad. La comparación es realizada teniendo en cuenta los criterios mencionados ...en la **Sección 1.3.2....**

Tabla 1. Especificaciones técnicas de centrífuga convencional - alta capacidad

Compañía	Referencia	Largo del tambor [pulg]	Diámetro del tambor [pulg]	Relación L/D	Capacidad Hidráulica [gpm @ lpg]
M-I Swaco	414	34"	14"	2.4	140 @ 8.33
M-I Swaco	CD-500 HVFH	68"	18"	3.6	313 @ 8.33

Nota: Información basada en: MI-SWACO. 414 Centrifuge. Disponible en internet: <http://www.slb.com/~media/Files/miswaco/product_sheets/414_centrifuge.ashx>. MI-SWACO. CD-500 High Volume Fully-Hydraulic Centrifuge. Disponible en internet: <http://www.slb.com/~media/Files/miswaco/product_sheets/cd-500_centrifuge.pdf>.

En la **Tabla 1** se pueden observar las diferencias de los parámetros entre las centrífugas convencionales (MI Swaco 414) y Centrífugas de Alta Capacidad (MI Swaco CD-500). De acuerdo con esto, el caudal hidráulico de la Centrífuga de Alta Capacidad supera en más del doble la capacidad de las centrífugas convencionales. Esto es consistente con la relación de longitud y diámetro (L/D) del tambor entre las dos centrífugas, así como en el tambor de mayor diámetro y mayor longitud de la centrífuga CD-500 en comparación con la centrífuga 414.

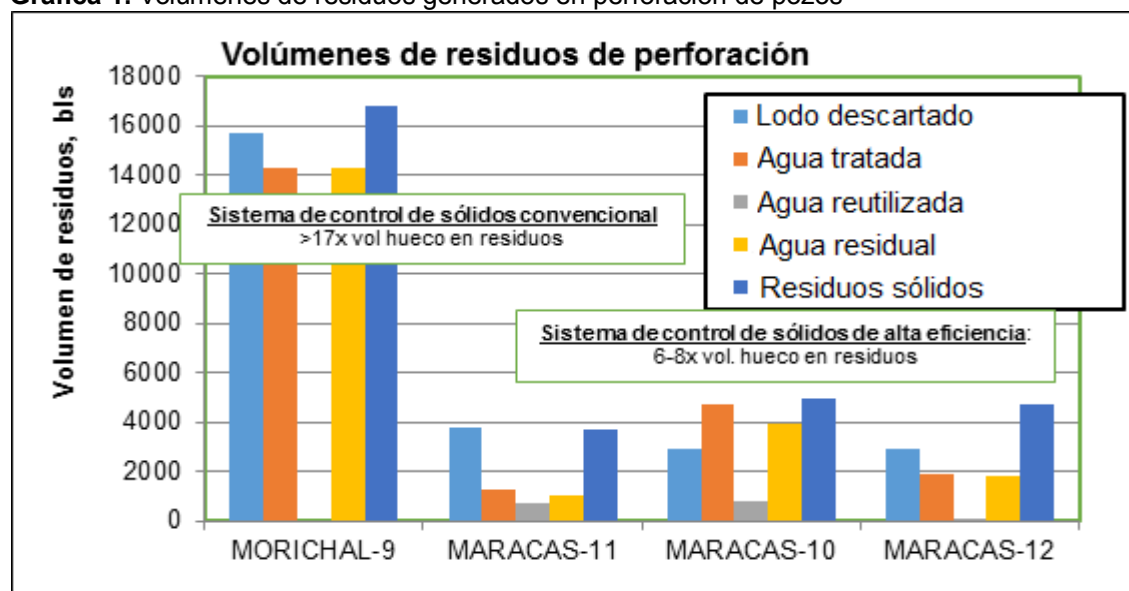
1.3.3 ¿Por qué seleccionar centrífugas decantadoras de alta capacidad? La mayoría de pozos que se perforan en Colombia utilizan centrífugas convencionales para su sistema de control de sólidos. En la práctica, estas centrífugas tienen una capacidad de procesamiento inferior a los 100 gpm cada una. Por cada frente de trabajo, generalmente se suministran dos centrífugas, lo cual significa que sólo se pueden procesar 200 gpm de lodo a través de las centrífugas. En contraste, el caudal de la línea de lodo que llega a superficie se encuentra entre los 600-1000 gpm.

Esto implica que la mayoría del lodo que circula durante la perforación de un pozo petrolero no es procesado por las centrífugas del sistema de control de sólidos debido a que éstas no tienen la capacidad suficiente para cubrir la totalidad de la demanda del sistema.

Según Arboleda¹³, la experiencia en Colombia sugiere que el uso de centrífugas de mayor capacidad puede contribuir a reducir los volúmenes de residuos y el costo del fluido de perforación en un proyecto. En la **Gráfica 1** se observan los volúmenes de residuos generados durante las actividades de perforación en cuatro proyectos ubicados en los Llanos Orientales Colombianos.

Según la **Gráfica 1**, durante la perforación del proyecto Morichal-9, se utilizó un sistema de control de sólidos con centrífugas convencionales, mientras que para los proyectos Maracas se utilizaron sistemas de control de sólidos con centrífugas de alta capacidad. El volumen total de residuos de perforación generado al utilizar un sistema de control de sólidos convencional supera en más de 17 veces el volumen total del hueco. En contraste, en los pozos en los que se utilizó un sistema de control de sólidos equipado con centrífugas de alta capacidad, los volúmenes de residuos de perforación generados no superaron el valor de ocho veces el volumen del hueco.

Gráfica 1. Volúmenes de residuos generados en perforación de pozos



Fuente: ARBOLEDA, Sebastián. Informe Técnico de desempeño sistema de control de sólidos. Bogotá D.C.: Energías Renovables de los Andes., 2016. Serie de informes técnicos: 001A.

1.3.3.1 Efectos en la generación de residuos e impacto ambiental Como se observa en la **Gráfica 1**, el uso de centrífugas de mayor capacidad contribuye a reducir el volumen de residuos generados durante la perforación de un pozo. Al reducir éste parámetro, se reducen también los costos asociados con el tratamiento, transporte y disposición final de los residuos.

¹³ ARBOLEDA. Op.cit., p.40.

Como ejemplo de ello, en el Casanare Colombiano, disponer agua residual de las actividades de perforación en un área licenciada para éste fin puede tener un costo entre \$10,200-\$45,000 COP/bbl¹⁴. Por otra parte, disponer de los cortes de perforación puede tener un costo entre los \$18,600-\$46,500 COP/bbl¹⁵. El precio dependerá de la empresa con la que se va a contratar el servicio, la distancia a la que se encuentre el pozo respecto al área licenciada y la calidad del residuo enviada, entre otros factores.

Por lo tanto, el uso de centrifugas de alta capacidad tiene un impacto positivo tanto ambiental como económicamente, al generar un menor volumen de residuos sólidos y líquidos que deben ser dispuestos.

1.3.3.2 Efectos sobre el fluido de perforación Además de minimizar los volúmenes de residuos de perforación, el uso de Centrifugas de Alta Capacidad también contribuye a reducir el volumen de lodo que debe ser preparado durante la perforación de un pozo.

Como se explicó ...en la **Sección 1.1**..., al remover una mayor cantidad de sólidos finos, es posible disminuir los volúmenes de dilución requeridos para controlar las propiedades del fluido de perforación. Esto se traduce en ahorros relacionados con la preparación de lodo nuevo (agua y productos químicos), los cuales oscilan entre \$40-\$120 USD¹⁶ por barril de lodo. El costo final del lodo dependerá de las características del pozo a perforar y la disponibilidad de agua fresca para prepararlo, entre otros factores.

¹⁴ SERPET. Cotización disposición de agua residual Casanare. Bogotá D.C. 2015. TWM. Cotización disposición de agua residual Casanare. Bogotá D.C. 2015. ATP. Cotización disposición de agua residual Casanare. Bogotá D.C. 2015.

¹⁵ SERPET. Cotización disposición de cortes de perforación Casanare. Bogotá D.C. 2015. TWM. Cotización disposición de cortes de perforación Casanare. Bogotá D.C. 2015. ATP. Cotización disposición de cortes de perforación Casanare. Bogotá D.C. 2015

¹⁶ ARBOLEDA. Op.cit., p.50.

2. ESTUDIO DE MERCADO

En el presente capítulo se analizará el mercado objetivo para la prestación del servicio de control de sólidos utilizando centrífugas de alta capacidad. ...En la **Sección 2.1...**, se describirá a grandes rasgos el servicio de control de sólidos según la práctica contractual vigente en la industria petrolera de Colombia. A su vez, ...en la **Sección 2.2...** se realizará un análisis detallado de los factores del macroentorno que gobiernan la dinámica del mercado para el servicio de Control de Sólidos en Colombia. A continuación, ...en la **Sección 2.3...** se analiza y segmenta la oferta de empresas que prestan éste servicio en el país, mientras que ...en la **Sección 2.4...** se repite éste mismo procedimiento para las empresas operadoras que demandan el servicio en el país.

Con esto, ...la **Sección 2.5...** identifica y cuantifica el tamaño del mercado objetivo, así como los competidores que pueden representar una amenaza para una potencial empresa que desee incursionar en éste. Acto seguido, ...la **Sección 2.6...** resume la estrategia de comercialización a seguir para lograr la participación en el mercado objetivo definida ...en la **Sección 2.5....**

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO/SERVICIO

...El **Capítulo 1...** resume el papel que juegan las centrífugas en un pozo, así como su mecanismo de funcionamiento y los parámetros que definen su desempeño. Debido a la complejidad de su operación, las centrífugas generalmente son suministradas por una compañía especializada en su operación y mantenimiento. Como se menciona ...en la **Sección 1.2....**, las compañías que prestan el servicio de control de sólidos también son responsables por el tratamiento de las corrientes residuales generadas durante las actividades de perforación.

2.1.1 ¿Quiénes adquieren el servicio? Este servicio es ofrecido a las compañías operadoras, quienes son los responsables de la administración de los campos y de la perforación de los pozos petroleros que requieren los servicios de control de sólidos y tratamiento de residuos de perforación. Estas empresas por lo tanto constituyen la demanda del servicio de control de sólidos en Colombia.

2.1.2 ¿Por qué adquieren el servicio? En general, las operadoras adquieren el servicio de control de sólidos y tratamiento de residuos de perforación para dar cumplimiento a los Planes de Manejo Ambiental que rigen sus proyectos de perforación. Adicionalmente, el contratista del servicio de Control de Sólidos presta apoyo a los demás equipos de remoción de sólidos a través de las centrífugas, contribuyendo a mantener el lodo en buenas condiciones durante la perforación de los pozos.

Por lo tanto, la mayoría de compañías operadoras contratan el servicio de control de sólidos para cumplir con los compromisos ambientales impuestos por las Corporaciones Autónomas Regionales y las comunidades que se encuentran ubicadas en las zonas de influencia de sus bloques petroleros.

Sin embargo, la entrada al mercado de las centrífugas de Alta Capacidad cambia el esquema de necesidades, ya que el uso de éstos equipos permite capturar mayores beneficios para la operadora dispuesta a utilizarlos. Estos beneficios se describen ...en la **Sección 1.3.3**... arriba.

Por lo tanto es necesario analizar el mercado actual para la prestación del servicio de control de sólidos con el fin de identificar las fuentes de demanda que puedan estar interesadas en un servicio prestado con Centrífugas de Alta Capacidad, así como la posible competencia que hay en la actualidad con ésta capacidad.

2.1.3 ¿Cómo se presta el servicio en la actualidad? El servicio inicia con la adjudicación de un contrato que puede ser licitado o contratado directamente por las compañías operadoras. Una vez el contrato es firmado, se procede a organizar los aspectos logísticos para realizar la movilización de los equipos desde el almacén, taller ó base de mantenimiento hasta el área donde se realizará la perforación del pozo. En la **Gráfica 2** se observan los equipos de control de sólidos en operación.

Según Arboleda¹⁷, el contratista inicia la operación en la locación cuando el pozo empieza a ser perforado, ya que es su deber garantizar la remoción de sólidos de perforación del lodo a través de las centrífugas con el fin de evitar la contaminación de éste. Este servicio incluye también el tratamiento de residuos de perforación generados durante la construcción de un pozo. Dichos residuos incluyen lodos descartados, aguas residuales industriales y cortes de perforación, entre otros, dependiendo de las especificaciones del contrato.

Dentro de las tarifas de este tipo de servicios se incluye una tarifa de alquiler por día de los equipos, así como una tarifa diaria por personal suministrado y tarifas variables que dependerán del tipo de efluente tratado, transportado y dispuesto. Estas tarifas de tratamiento, transporte y disposición final son por barril de efluente tratado, y corresponden a un costo variable proporcional a la cantidad de material a disponer.

Dentro de la tarifa diaria reconocida a las empresas de control de sólidos en Colombia, se encuentra el suministro de dos (2) centrífugas convencionales, cuyas capacidades máximas no superan los 100 gpm. Como se describió ...en el **Capítulo 1**... arriba, la capacidad de éstas centrífugas no es suficiente para tratar la totalidad del caudal de lodo en circulación en un pozo.

¹⁷ Ibid., p. 35.

Gráfica 2. Sistema de control de sólidos de un taladro



Fuente: SERFLUCOL. Servicios de Control de Sólidos. Disponible en internet: <<http://serflucol.com>>.

2.1.4 Otros Sectores Este tipo de centrifugas son ampliamente utilizados en otros sectores diferentes a la industria de petróleo y gas. Otra aplicaciones donde se utilizan este tipo de centrifugas son: tratamientos de residuos industriales, tratamiento de efluentes en la industria minera, tratamiento de fluidos de proceso de la industria química, farmacéutica y alimentos, tratamiento de aguas residuales, entre otras aplicaciones.

2.1.5 ¿Quién presta este servicio en Colombia? En la actualidad, el servicio de control de sólidos en Colombia es prestado por más de 8 compañías formalmente constituidas que cuentan con experiencia específica de control de sólidos y tratamiento de efluentes de perforación, cuyo origen puede ser nacional ó extranjero. ...En la **Sección 2.3...** se describe detalladamente la oferta de los contratistas existentes para el Servicio de Control de Sólidos y Tratamiento de Efluentes de Perforación en Colombia.

2.2 ANÁLISIS GENERAL DEL MERCADO Y LA INDUSTRIA

En la presente sección se realiza un análisis general del mercado y de la industria para la prestación del servicio de control de sólidos y tratamiento de efluentes de perforación en Colombia. Este análisis se realizará a partir de un estudio del macroentorno y finalmente un análisis de la industria utilizando las cinco fuerzas de Porter.

2.2.1 Análisis del Macroentorno Para realizar un análisis adecuado de la industria, es necesario determinar los elementos externos del entorno en que ésta opera, ya que esto afecta y determina la situación estratégica de la organización. Los elementos identificados en dicho análisis, así como la forma en que éstos pueden impactar el mercado por el servicio de Control de Sólidos y Tratamiento de Efluentes de Perforación en Colombia se describen a continuación:

- **Factores Tecnológicos:** De acuerdo con Manotas¹⁸, en este factor se tienen en cuenta los nuevos productos y procesos, la obsolescencia de los productos y los cambios relacionados con el mercadeo y ventas de éstos últimos.
- **Diferenciación de productos:** En éste caso, se observa que puede existir una diferenciación de productos debido a la facilidad con la que los diferentes jugadores del mercado pueden acceder a nuevas tecnologías debido a sus proveedores. Esto también puede reducir el tiempo que una nueva empresa disfrutará de la ventaja que le puede otorgar el traer una nueva tecnología al mercado.
- **Barreras de entrada:** No obstante, también existe una barrera de entrada en forma de las necesidades de capital requeridas para acceder a nuevas tecnologías asociadas con el servicio. Específicamente, las empresas que ya han realizado una inversión cuantiosa en centrífugas convencionales tienen un interés en continuar utilizando estos equipos, permitiéndoles recuperar así la inversión realizada.
- **Utilidad para el comprador:** Igualmente, también es importante resaltar que la utilidad para el comprador del servicio en la actualidad es baja, ya que el servicio de control de sólidos se adquiere únicamente para cumplir una necesidad regulatoria. Esto se debe al status quo tecnológico de la industria en la actualidad, la cual no suministra equipos con la capacidad necesaria para que el servicio capture mayores beneficios para el cliente.

¹⁸ MANOTAS SÁNCHEZ, Cesar. Plan Estratégico Compañía de Control de Sólidos. [diapositivas]. Bogotá D.C., 2015. 46 diapositivas. Diapositiva 2.

- **Factores Medioambientales:** De acuerdo con Manotas¹⁹, en éste elemento, se agrupan los cambios regulatorios y sociales alrededor de los proyectos de perforación de petróleo y gas que pueden afectar el desarrollo de la industria en Colombia:
 - **Amenaza de sustitutos en forma de áreas licenciadas:** Es posible que la nueva legislación ambiental limite la realización de tratamientos de residuos in-situ, forzando a los operadores a llevar la totalidad de los residuos de perforación a áreas licenciadas. Este es el caso en ciertas áreas de Colombia, tales como el Magdalena Medio y el Tolima, entre otros. Esto haría atractivo una tecnología que contribuya a reducir el volumen de éstos residuos, tal como las centrífugas de alta capacidad sometidas a análisis a través del presente estudio.
 - **Concentración de proveedores debido a cierre de áreas licenciadas:** Las autoridades ambientales han evaluado con mayor rigor las áreas licenciadas, lo cual ha llevado al cierre de varias de ellas. Esto puede hacer que el costo asociado con la disposición de residuos aumente, lo cual nuevamente contribuye a hacer atractiva una tecnología que contribuya a reducir el volumen de los residuos generados como resultado de un proyecto de perforación.
 - **Riesgo de integración hacia adelante de proveedores:** Las mayores exigencias regulatorias y la dinámica del mercado de control de sólidos pueden hacer que las empresas que actualmente prestan el servicio de tratamiento y disposición final de residuos decidan complementar su negocio existente con la prestación del servicio de control de sólidos directamente en los taladros de perforación.
- **Factores Políticos:** De acuerdo con Manotas²⁰, dentro de los elementos de origen político que influyen en el entorno, se encuentran la gobernabilidad del país, su lucha contra el terrorismo y la influencia que el Gobierno Central puede ejercer para garantizar el buen desarrollo de las operaciones petroleras en Colombia.
 - **Amenazas de entrada aumentan por fidelización:** La apertura comercial y la promoción de la inversión en el sector petrolero en Colombia ha fomentado la entrada de nuevas operadoras. Estos nuevos compradores pueden traer consigo sus propios proveedores de sus países de origen debido a acuerdos previos de fidelización que tengan con éstos últimos.

¹⁹ Ibid., Diapositiva 2.

²⁰ Ibid., Diapositiva 2.

- **Poder de los compradores disminuye por tiempo de actividad petrolera:** Igualmente, al aumentar el número de compradores su poder relativo de fijación de precios puede disminuir, aunque en general el tiempo requerido para que una empresa operadora recién llegada al país inicie la perforación de desarrollo de sus proyectos oscila entre los 5-10 años.
- **Poder de los proveedores por monopolios regionales:** La debilidad relativa del Gobierno Central para garantizar el buen desarrollo de las operaciones petroleras en Colombia ha cedido poder a las comunidades en las zonas de influencia de los proyectos. En efecto, en las regiones productoras de petróleo de Colombia existe un monopolio regional de bienes y servicios. Esto les ha otorgado gran poder de fijación de precios a los proveedores, reduciendo las utilidades de las empresas prestadoras de servicios petroleros.
- **Rivalidad competitiva por restricciones a la demanda:** La debilidad del Gobierno Central y las demoras en la aprobación de proyectos de perforación ha restringido artificialmente el tamaño del mercado del servicio de control de sólidos. Esto ha aumentado la rivalidad competitiva entre las empresas, ya que éstas han realizado inversiones (en centrífugas convencionales) confiando en un crecimiento del mercado que no se ha materializado.
- **Factores Económicos:** Finalmente, con relación a lo expresado por Manotas²¹, los elementos de tipo económico que intervienen en el entorno son la Inversión Extranjera Directa (IED), el tipo de cambio, la inflación, tasa de desempleo y los precios del petróleo, entre otros.
- **Sensibilidad de los compradores al costo del servicio:** En general, la sensibilidad de los compradores al costo del servicio puede cambiar en función de su salud financiera – en épocas de bonanza petrolera, los compradores pueden ser insensibles al precio, mientras que en épocas de crisis, los compradores pueden ser altamente sensibles al precio, e ignorar las variables de diferenciación que pueden ofrecer algunos proveedores en la cadena de valor.
- **Crecimiento absoluto del mercado:** El mercado de servicios petroleros en general es sensible a las crisis y bonanzas de precios del crudo a nivel internacional. Esto crea una variabilidad importante en la demanda que puede incentivar la entrada y salida de jugadores al mercado según la dinámica del mismo.

²¹ Ibid., Diapositiva 2.

Asimismo, esta variabilidad atrae riesgos de sobreinstalación, ya que las empresas asumen que el tiempo de las operaciones será lo suficientemente alto como para utilizar la totalidad de la capacidad instalada de centrífugas en el país.

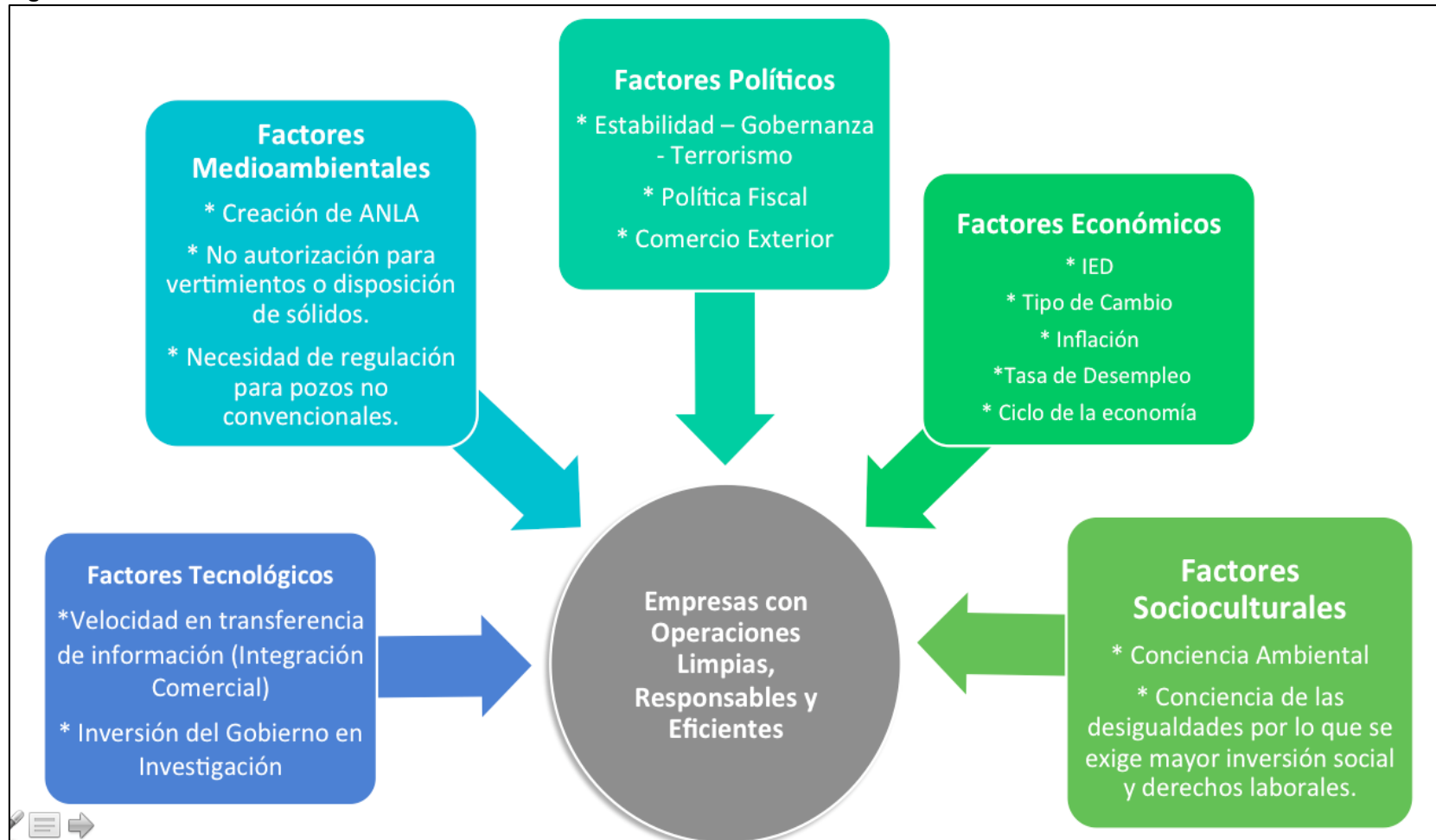
- **Incentivos de los compradores:** En general, es importante resaltar que los compradores y sus agentes responsables del proceso de compras y contratación tienen incentivos diferentes que dependen del tipo de empresa que realiza la compra.

Los compradores de entidades estatales o de empresas petroleras de gran tamaño buscan minimizar el precio del servicio, y son insensibles a los efectos y distorsiones que ésta búsqueda del servicio a mínimo costo puede traer para sus operaciones. Por otra parte, otros compradores pueden tener una visión más holística del servicio, y buscan minimizar sus costos totales – control de sólidos, tratamiento y disposición final de residuos – y no únicamente los costos del servicio de control de sólidos como tal.

En general, el análisis del macroentorno sugiere que existen fuerzas regulatorias desde el punto de vista ambiental que están forzando tanto a los demandantes (operadoras) como a los oferentes (empresas de servicios petroleros) a ejecutar operaciones limpias, eficientes y responsables. Esto representa un punto a favor para una empresa dispuesta a implementar una estrategia de diferenciación vs. sus competidores a través del suministro de centrífugas de alta capacidad.

Por otra parte, existe una gran presión de parte de los proveedores tanto de disposición de residuos como de servicios conexos a través de la regulación, su concentración y la formación de monopolios regionales en las áreas donde se llevan a cabo las operaciones de tratamiento. Asimismo, existe una gran presión de parte de las operadoras para reducir los costos de sus proyectos de perforación debido al estado actual de la industria del petróleo en Colombia. Estos factores aumentan el nivel de rivalidad entre los oferentes actuales, nuevamente haciendo atractiva una estrategia de diferenciación como la propuesta. La **Figura 3** resume los aspectos del macroentorno descritos anteriormente.

Figura 3. Análisis del Macroentorno



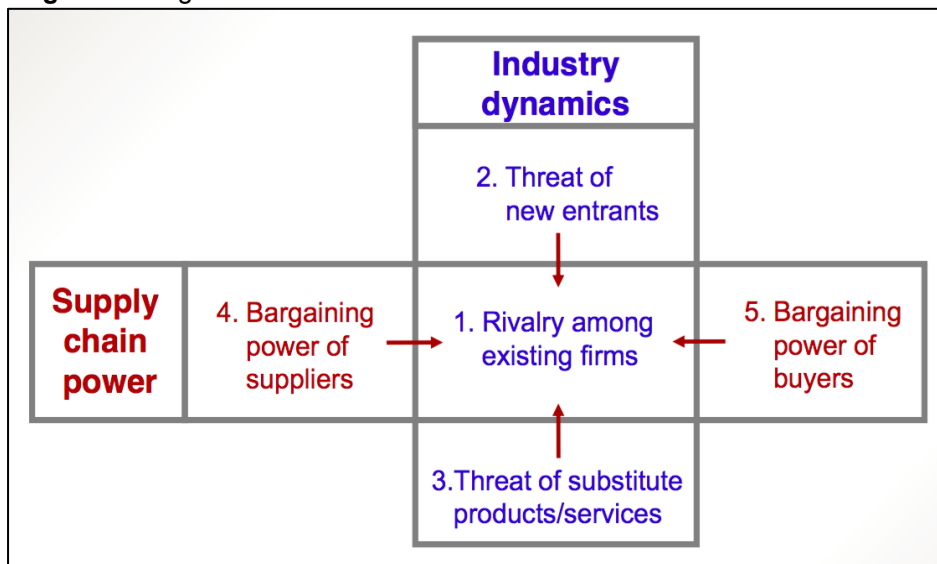
Fuente: MANOTAS SÁNCHEZ, Cesar. Plan Estratégico Compañía de Control de Sólidos. [diapositivas]. Bogotá D.C., 2015. 46 Diapositivas. Diapositiva 2.

2.2.2 Análisis de la Industria ...En la **Sección 2.2.1...** arriba, se realizó un análisis del macroentorno en el cual se desempeñan los oferentes del servicio de control de sólidos y tratamiento de efluentes de perforación. Al final de esa sección, se concluyó que una estrategia de diferenciación a través del ofrecimiento de centrifugas de alta capacidad podría responder bien a las necesidades y presiones que el macroentorno ejerce sobre la industria de los servicios petroleros en Colombia.

Por otra parte, en ésta sección se determinará el nivel de rivalidad entre los distintos participantes que ofrecen el servicio utilizando la metodología de Porter. Al conocer el nivel de rivalidad entre los oferentes y la dinámica de su competencia, es posible determinar si ésta estrategia de diferenciación que surge del análisis del macroentorno puede también ser una respuesta aceptable a la dinámica interna entre los participantes de la industria.

En la **Figura 4** se muestra el diagrama que resume la metodología de Porter, en donde la rivalidad entre las empresas dentro de una industria es función de las siguientes fuerzas: Amenazas de Entrada, Amenazas de Sustitutos, Poder de los Compradores, Poder de los Proveedores y Rivalidad Competitiva.

Figura 4. Diagrama de las cinco fuerzas de Porter



Fuente: PORTER, Michael. Ventaja Competitiva. 2ª Edición. México D.F.: Compañía Editorial Continental, 2002. 554. p.

A continuación se describen los detalles de cada una de las fuerzas de Porter que influyen en la rivalidad de las diferentes empresas que prestan el servicio de Control de Sólidos en Colombia.

- **Barreras de entrada:** A continuación se describen las barreras de entrada que previenen la inserción de nuevos oferentes del servicio de control de sólidos y tratamiento de residuos de perforación:
 - **Economía de escala:** Las operaciones de control de sólidos requieren servir 4-5 frentes de trabajo con centrífugas convencionales para cubrir los costos fijos de la empresa. Esto representa una barrera de entrada importante para una empresa que pretenda iniciar operaciones de éste servicio en Colombia.
 - **Capital requerido:** Se estima que el capital de inversión requerido puede ser de \$2.500 a \$7.000 millones de pesos, dependiendo del número de frentes y de la calidad de los equipos que se pretenda importar. Esto también representa una barrera a la entrada de nuevos oferentes al mercado.
 - **Experiencia:** Adicionalmente, las empresas demandantes (operadoras) exigen que se demuestre experiencia local en la prestación del servicio para participar en licitaciones e inteligencias de mercado. No obstante, existen empresas que pueden obviar éste requisito si se ofrecen centrífugas de altas prestaciones que ofrezcan beneficios mayores.
 - **Retaliación esperada:** Finalmente, las empresas que actualmente ofrecen el servicio están bien posicionadas en el mercado y tienen un capital de consideración en equipos e inventario. Es posible que resistan la entrada de nuevos competidores a través de la reducción de precios, mercadeo agresivo y finalmente imitando los factores diferenciadores que caracterizan al nuevo entrante.
- **Amenazas de sustitutos:**
 - **Sustituto por envío a disposición final:** Como se describe ...en la **Sección 2.2.1...** arriba, existe un riesgo que las empresas operadoras envíen parte de los residuos de perforación a un área licenciada para su tratamiento y disposición final.

Si bien esto representa un riesgo para las empresas que actualmente prestan el servicio con centrífugas convencionales, también representa una oportunidad para las empresas que lo realizan con centrífugas de alta eficiencia, ya que ésta tecnología ayuda a reducir el volumen de residuos que debe ser enviado a disposición final.

- **Poder de los compradores:**
 - **Concentración de clientes:** Algunos observadores estiman que Ecopetrol equivale al 40% del mercado. En general, las 5 principales operadoras significan el 80% del mercado. Esto sugiere que el mercado de prestación de

servicios petroleros en Colombia presenta una alta concentración que reduce el poder de negociación de los oferentes en el país.

- **Costo asociado con el cambio de un proveedor:** En general, los contratos de control de sólidos en Colombia son contratos a largo plazo (2-3 años), y cambiar de proveedor impone una serie de costos logísticos que hacen difícil cambiar a otro proveedor, aún cuando éste ofrezca un mejor desempeño técnico que sus competidores.

Esto quiere decir que es importante manejar una inteligencia de mercados actualizada, que permita ofrecer servicios antes que las operadores movilicen sus equipos a los pozos de perforación.

- **Riesgo de integración hacia atrás:** El riesgo que los demandantes comiencen a prestar éste servicio por su cuenta es bajo, ya que la tercerización permite flexibilizar los costos y contribuir a que las empresas puedan reducir sus costos en tiempos de crisis de los precios del petróleo.

- **Poder de los proveedores:**

- **Concentración a nivel local:** Los proveedores de ciertos bienes y servicios necesarios para la buena ejecución de la operación tienen monopolios locales que limitan el poder de negociación de los oferentes. En el caso de las áreas licenciadas de disposición final, este poder de fijación de precio surge debido a las ventajas que les ofrece la cercanía a las áreas de operación.

Por otra parte, las comunidades del área de influencia de los proyectos también tienen un gran poder de fijación de precios debido a su capacidad de recurrir a las vías de hecho para imponer su voluntad. Esto genera gran presión sobre los oferentes, ya que alrededor del 50% de sus costos está asociado a los bienes y servicios que deben ser adquiridos con éstos proveedores.

- **Integración hacia adelante:** Adicionalmente, existe un riesgo que ciertos proveedores, especialmente las áreas de disposición final, demuestren un interés por integrar sus servicios de transporte, tratamiento y disposición final de residuos con las operaciones de control de sólidos. Esto representa una amenaza para los oferentes tradicionales de éste servicio.

El análisis de la industria que presta el servicio de control de sólidos y tratamiento de residuos de perforación sugiere que los oferentes actuales se encuentran en una situación de alta rivalidad, en la cual la rentabilidad de éstos es baja debido al alto nivel de concentración de los demandantes y al gran nivel de negociación de los proveedores. Dado que los oferentes no pueden controlar sus costos de forma directa (debido a los monopolios locales descritos anteriormente), una estrategia

basada en el control de costos puede resultar contraproducente. En contraste, una estrategia de diferenciación puede permitirle a la empresa dispuesta a implementarla, pasar a capturar los beneficios asociados con la prestación del servicio. Al aumentar la relación costo-beneficio asociada con su servicio, es más fácil para las empresas de servicios recuperar el poder de fijación de precios perdido por la concentración de la demanda.

Esta estrategia puede contribuir a que la empresa que la implemente vea una rentabilidad superior a la de la industria, permitiéndole asimismo capturar clientes que tengan una motivación más allá del cumplimiento regulatorio para contratar el servicio.

2.3 ANÁLISIS DE LA OFERTA

El análisis de la oferta hace referencia a las empresas que prestan el servicio de control de sólidos en el territorio nacional. Estas empresas constituyen la competencia a la que una potencial empresa se debe enfrentar para asegurar una cuota en el mercado de servicios petroleros en Colombia. En el **Cuadro 1** se describen las empresas que harán parte del presente análisis de la oferta.

De acuerdo con las empresas seleccionadas para realizar el estudio de mercado, se puede observar que hay diferentes tipos de empresas que prestan el servicio de control de sólidos en Colombia. Por ejemplo, casi la mitad de las empresas son transnacionales que tienen más de 1000 empleados, cuyos centros de trabajo se encuentran ubicados alrededor del mundo. Estas empresas también manejan muchas líneas de servicios distintas a la perforación de pozos.

Por otra parte, también existen otro tipo de empresas multinacionales que se especializan en 2 ó más áreas relacionadas con la perforación, cuyas operaciones se encuentran extendidas alrededor del mundo. Finalmente, también existen compañías de origen nacional que se encuentran dedicadas exclusivamente al tratamiento de efluentes de perforación. Esto sugiere que el espectro de oferentes se encuentra segmentado, ya que las empresas de cada grupo tienen diferentes capacidades, propuestas de valor y son percibidas de forma diferente por las empresas operadoras que contratan el servicio de control de sólidos en la industria.

Cuadro 1. Compañías de Control de Sólidos en Colombia

Compañía	Descripción
Schlumberger	De acuerdo con MI-SWACO ²² , se definen a si mismos como una compañía de servicios petroleros conocida a nivel internacional como líder mundial en tecnología y la gestión integrada de proyectos. Sus clientes son empresas de petróleo y gas alrededor del mundo. En la actualidad cuentan con más de 95,000 empleados de 140 nacionalidades, cuyos servicios se encuentran dirigidos a más de 85 países. Schlumberger ofrece una gama de productos y servicios que contemplan las líneas de exploración, producción y perforación.
Baker Hughes	Baker Hughes ²³ se define como una compañía de servicios petroleros de primer nivel, que ofrece soluciones a las compañías operadoras de petróleo y gas. Los servicios que ofrece están enfocados a brindar soluciones diseñadas para desarrollar respuestas que reduzcan los gastos de operación, maximizar la recuperación de reservas y aumentar la rentabilidad total de la inversión durante la vida útil de un activo de petróleo y gas. En la actualidad cuenta con 43,000 empleados en más de 80 países, dedicados a la prestación de varios servicios en la línea de perforación y producción.
Halliburton	Halliburton ²⁴ se presenta como uno de los mayores proveedores mundiales de productos y servicios en la industria energética global. Esta compañía presta varios servicios para el sector de petróleo y gas: servicios de localización de hidrocarburos, gestión de datos geológicos, perforación, evaluación de formaciones, construcción y terminación de pozos y producción. Actualmente Halliburton cuenta con 65,000 empleados de 140 nacionalidades, y presta sus servicios en más de 80 países.
Weatherford	Weatherford ²⁵ se define como una compañía especializada en la evaluación de técnicas, productos y servicios que aseguran la integridad del pozo y la fiabilidad de perforación, así como proveedor de tecnología que permite la estimulación de campos y optimización de su recobro. Weatherford es líder de la línea de productos de levantamiento artificial y optimización de la producción en la industria.
National Oilwell Varco (NOV)	NOV ²⁶ se presenta como una compañía de servicios petroleros que cuenta con operación alrededor del mundo, con miles de empleados capacitados para cumplir las expectativas de calidad que requiere el mercado. La compañía cuenta con más de 150 años de experiencia en la prestación de servicios en las áreas de perforación y producción.
Q-max	Q-Max ²⁷ se presenta como una compañía prestadora de servicios con más de 20 años de experiencia, con operaciones en Albania, Argentina, Brasil, Canadá, Colombia, Ecuador, Groenlandia, India, Irak, Kazajistán, Kurdistán, México, Perú, Sudán, Emiratos Arabes Unidos y los Estados Unidos de América. La empresa cuenta con un portafolio de servicios enfocado en las soluciones en fluidos de perforación, fluidos de completamiento, control de sólidos, manejo de residuos, limpieza interna de revestimiento (WBCO), transporte, pruebas de laboratorio y soporte técnico. Cuenta con más de 1000 personas distribuidas alrededor del mundo, con más de 1,400 m ² de espacios de laboratorio repartido en 7 países.
Holsan	Holsan ²⁸ se define como una empresa colombiana de carácter privado, que cuenta con más de 25 años de experiencia en tratamientos de residuos de perforación y producción. Especializada en tratamiento de aguas residuales e industriales, tratamiento de sólidos, cortes y lodos. La compañía cuenta con más de 150 empleados ubicados en territorio nacional y cuenta con una base de mantenimiento ubicada en el Municipio de Tocancipá.
Drift	Drift ²⁹ es una compañía de servicios petroleros de origen colombiana, enfocada a prestar servicios integrados relacionados al tratamiento de residuos generados por las operaciones de producción y perforación de la industria del petróleo y gas. Se especializa en el tratamiento de sólidos de perforación y efluentes provenientes de las actividades de producción. Su base se encuentra ubicada en la Localidad de Fontibón, Bogotá.
Control de Sólidos LTD.	De forma similar a Holsan y Drift, Control de Sólidos Ltda. es una compañía colombiana de carácter privado dedicada al tratamiento de efluentes de perforación, específicamente el tratamiento de sólidos, cortes y lodos, así de como aguas residuales e industriales producidas en las actividades de perforación.

²² MI-SWACO. About us [en línea]. Houston (Texas): Schlumberger, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.slb.com/about/>>.

²³ BAKER HUGHES. Our Company [en línea]. Houston (Texas): Baker Hughes, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.bakerhughes.com/company/about/>>.

²⁴ HALLIBURTON. About us [en línea]. Estados Unidos: Halliburton, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.halliburton.com/en-US/about-us/default.page?node-id=hgbr8q6o>>.

²⁵ WEATHERFORD. About us [en línea]. Estados Unidos: Weatherford, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.weatherford.com/en/about-us>>.

²⁶ NATIONAL OILWELL VARCO. About NOV [en línea]. Estados Unidos: NOV, Octubre 2014 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: <https://www.nov.com/About_NOV.aspx>.

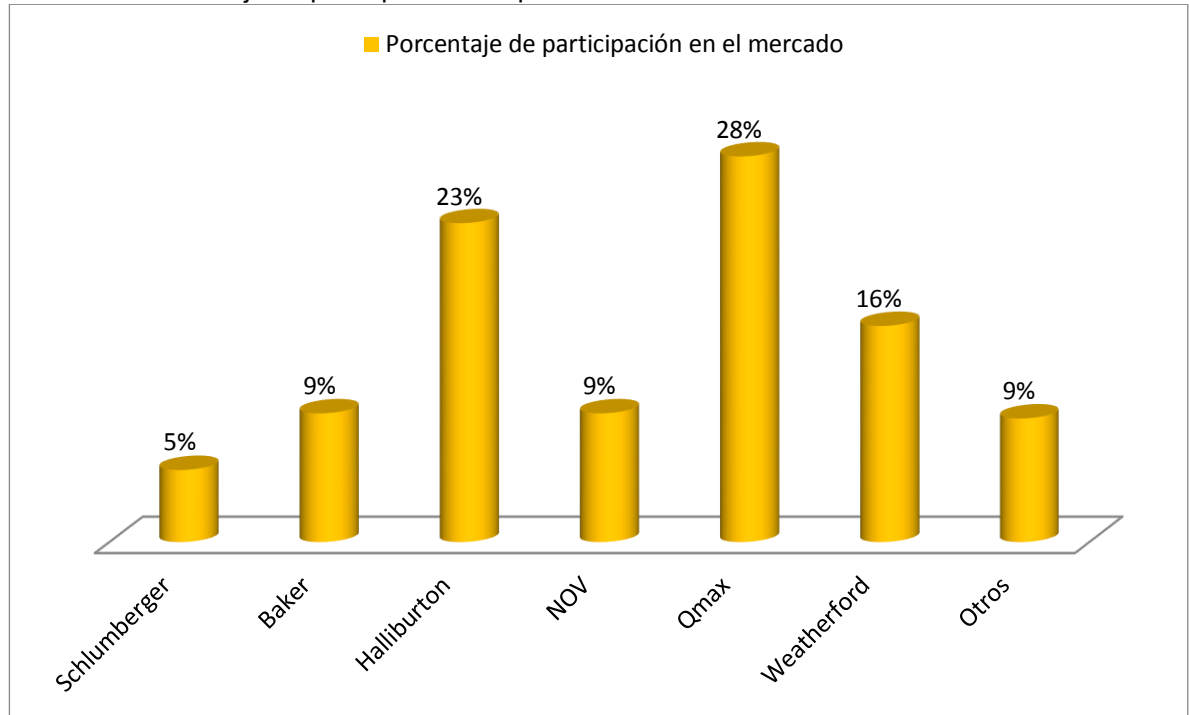
²⁷ Q-MAX. About Q-Max. [en línea]. Estados Unidos: Q-Max, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.qmax.com/about-us/>>.

²⁸ HOLSAN S.A.S. Quienes somos. [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia): Holsan S.A.S., Diciembre 2015 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: < <http://holsan.co/quienes-somos-3>>.

²⁹ DRIFT. Our Company. [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia): DRIFT, 2015 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: < <http://driftsa.net/site/index.php/en/our-company>>.

En la **Gráfica 3** se puede observar el porcentaje de participación en el mercado de las empresas que realizan actividades de control de sólidos en la industria del petróleo y gas. La compañía que mayor participación contaba en el mercado a la fecha del estudio (2013), era Q-max, seguida por Halliburton, Weatherford y en un menor porcentaje, otras empresas como Drift, Holsan y Control de Sólidos Ltda.

Gráfica 3. Porcentaje de participación compañías control de sólidos



Fuente: PORTILLO, Viviana y RODRÍGUEZ, Juan Carlos. Plan de negocios para la creación de empresa enfocada a la disminución del impacto ambiental generado por los desechos de perforación de la industria petrolera. Trabajo de grado especialización administración financiera. Bogotá D.C.: Universidad EAN. Facultad de Administración, 2013, 26 p. Modificado por autor.

2.3.1 Segmentación del mercado De acuerdo con Manotas³⁰, debido a las diferencias marcadas entre los diferentes competidores del mercado, se decidió realizar una segmentación de la oferta agrupando a los competidores que poseen características estratégicas similares. La agrupación realizada se presenta a continuación:

Grupo 1: Son empresas transnacionales que prestan la mayoría de los servicios requeridos para las actividades de perforación petrolera. Estas empresas tienen un alto valor reputacional, y realizan grandes inversiones en Investigación y Desarrollo y en el establecimiento de su marca. En resumen, estas compañías se caracterizan por ser compañías transnacionales que prestan la mayoría de los

³⁰ MANOTAS SÁNCHEZ. Op. cit., Diapositiva 4.

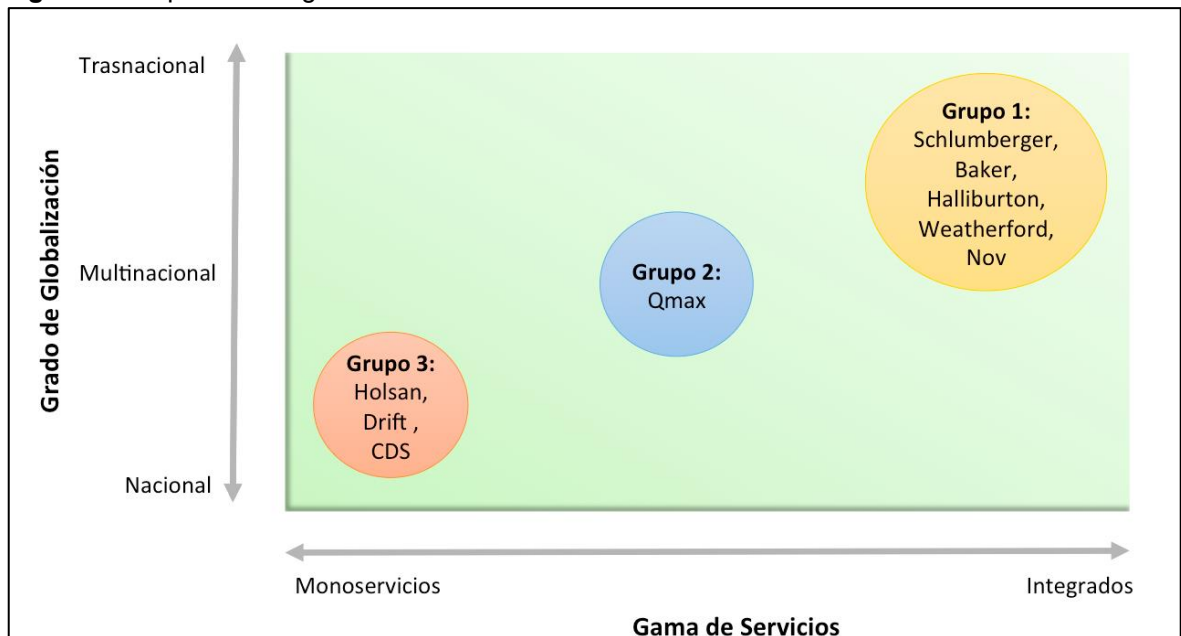
servicios que se requieren para la perforación de pozos petroleros. Entre estas empresas se encuentran: Schlumberger, Halliburton, Baker y Weatherford.

Grupo 2: Son empresas multinacionales de tamaño medio que prestan servicios específicos en la industria del petróleo y gas. Q-max y NOV pueden ser clasificadas dentro de éste segmento.

Grupo 3: Está compuesto por empresas nacionales de menor tamaño que se especializan en la prestación del servicio de control de sólidos. Suelen ser empresas de origen familiar que están cerradas al capital privado. Las empresas que se clasifican dentro de éste segmento son Holsan, Drift y Control de Sólidos Ltda (CDS).

En la **Figura 5**, se resume la segmentación de la oferta según lo descrito anteriormente. Las dos variables que permiten realizar ésta segmentación son el Grado de Globalización de la empresa y la Gama de Servicios que ofrecen.

Figura 5. Grupos Estratégicos



Fuente: MANOTAS SÁNCHEZ, Cesar. Plan Estratégico Compañía de Control de Sólidos. [diapositivas]. Bogotá D.C., 2015. 46 diapositivas. Diapositiva 4. Modificado por el Autor.

A su vez, el **Cuadro 2** presenta un análisis de la oferta derivada de la segmentación, donde se determinan las fortalezas y debilidades de los diferentes segmentos, así como el porcentaje de participación en el mercado para la prestación del servicio de control de sólidos y tratamiento de efluentes de

perforación para cada uno de los segmentos de la oferta identificados previamente.

Al revisar el **Cuadro 2**, se puede observar que la mayor fortaleza de las empresas del Grupo 1 consiste en ofrecer una excelente calidad del servicio basada en el apoyo en las áreas de mantenimiento y logística que respaldan la operación. Debido a esto, estas empresas disfrutaban de mayores beneficios reputacionales entre los clientes del sector.

Cuadro 2. Características de la segmentación de los competidores

Grupo Estratégico	Empresas que lo conforman	Tipo de Empresas	% part. en el mercado	Debilidades	Fortalezas
Grupo 1	Schlumberger, Baker, Halliburton, Weatherford	Transnacional Privada	62%	<ul style="list-style-type: none"> - Lenta adaptabilidad a cambios en el mercado. - Tecnología Obsoleta. - Prioridad de inversión de otras líneas que generan mayores utilidades. - Inflexibilidad de precios. - Conflicto de interés con la línea de lodos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Excelente calidad del servicio. - Excelente capacidad de mantenimiento. - Excelente apoyo logístico a la operación. - Apoyo técnico y financiero de casa matriz - Excelente reputación ante los clientes
Grupo 2	Q-max, NOV	Multinacional privada	28%	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiente capacidad de mantenimiento. - Conflicto de interés con la línea de lodos. - Estrategia de remanufactura de equipos reduce confiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de adaptación a los cambios del mercado - Recursos dedicados a comercialización y operación del servicio - Buen apoyo logístico a la operación - Buena reputación ante los clientes
Grupo 3	Holsan, Drift, CDS	Nacional Privada	9%	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiente capacidad de mantenimiento. - Deficiente apoyo logístico a la operación. - Precaria reputación ante los clientes. - Pobres avances en investigación y desarrollo. - Calidad del servicio deficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Buena capacidad de adaptación a los cambios del mercado. - Recursos dedicados a comercialización y operación del servicio. - Flexibilidad de precios.

No obstante, su naturaleza como multinacionales las hace inflexibles en los precios, ya que sus costos de operación deben garantizar el sostenimiento de las diferentes plantas, sedes administrativas y personal en las diferentes partes del mundo. Finalmente, a pesar que son empresas conocidas por sus inversiones en equipos de última tecnología, generalmente tienden a ignorar el área de control de sólidos, lo que conlleva a que presten el servicio con una tecnología obsoleta. En general, la amenaza que representan éstas empresa se centra en su reputación y su reconocimiento en el mercado, y su mayor debilidad está en la inflexibilidad de su respuesta a los cambios tecnológicos y de precio.

Por otra parte, las compañías del Grupo 2 son reconocidas en el mercado colombiano. Gracias a su menor tamaño y mayor grado de especialización que las empresas del Grupo 1, las empresas de éste grupo cuentan con una mayor capacidad de adaptación a los cambios que puedan generarse en el mercado. Adicionalmente, son empresas que dedican grandes esfuerzos a la gestión comercial, lo cual los hace una fuerte competencia en este tipo de mercado.

Las principales debilidades que presenta este segmento son de orden operativo, ya que generalmente adquieren equipo de segunda, el cual es remanufacturado localmente para ser enviado a los pozos de perforación. A pesar de ésta debilidad, las empresas de este sector no cuentan con una buena capacidad de mantenimiento, lo cual ha resultado en fallas catastróficas de equipo en los pozos donde prestan el servicio.

En adición al servicio de control de sólidos, las empresas de este grupo también cuentan con una línea de servicio dedicada a la preparación y mantenimiento del lodo de perforación. Esto representa un conflicto de intereses, ya que cuando presta los dos servicios en el mismo frente, se le da prioridad a la facturación del lodo. En general, la amenaza que representan las empresas del Grupo 2 radica en su fortaleza para la gestión comercial y en su estrategia agresiva de ventas, mientras que su debilidad radica en la calidad del servicio que suministran y en su capacidad operativa.

Finalmente, las empresas del Grupo 3 son compañías de origen nacional con una amplia trayectoria en el mercado. Sin embargo, éstas empresas no gozan de la reputación ante el cliente que pueden tener las empresas del Grupo 1 y Grupo 2. Sus principales fortalezas son su rápida capacidad de adaptación a los cambios que suceden en el mercado y su flexibilidad en la política de precios y la toma de decisiones.

Sin embargo, por ser compañías de capital familiar, que se han enfocado en la prestación de éste servicio, tienen un gran interés por continuar prestando el servicio bajo el esquema tradicional de centrífugas de baja capacidad. Por otro lado, la calidad del servicio que prestan no es la mejor, ya que sus tiempos de respuesta logística y de mantenimiento son función de los recursos financieros que estén a su disposición. Finalmente, estas empresas se caracterizan por no invertir en el área de Investigación y Desarrollo para mantenerse al tanto de los nuevos desarrollos que surjan dentro de la industria.

2.4 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

El análisis de la demanda tiene dos objetivos. Por un lado, tiene un objetivo cuantitativo, el cual consiste en identificar y proyectar a lo largo del horizonte de evaluación la cantidad de posibles proyectos que requieran el servicio de control

de sólidos en Colombia. Por otra parte, también tiene un objetivo cualitativo, el cual consiste en describir y agrupar a las diferentes empresas que conforman la demanda de acuerdo con su comportamiento, limitaciones y ventajas, entre otros. El análisis cuantitativo se presenta ...en la **Sección 2.4.1...**, mientras que el análisis cualitativo se presenta ...en la **Sección 2.4.2....**

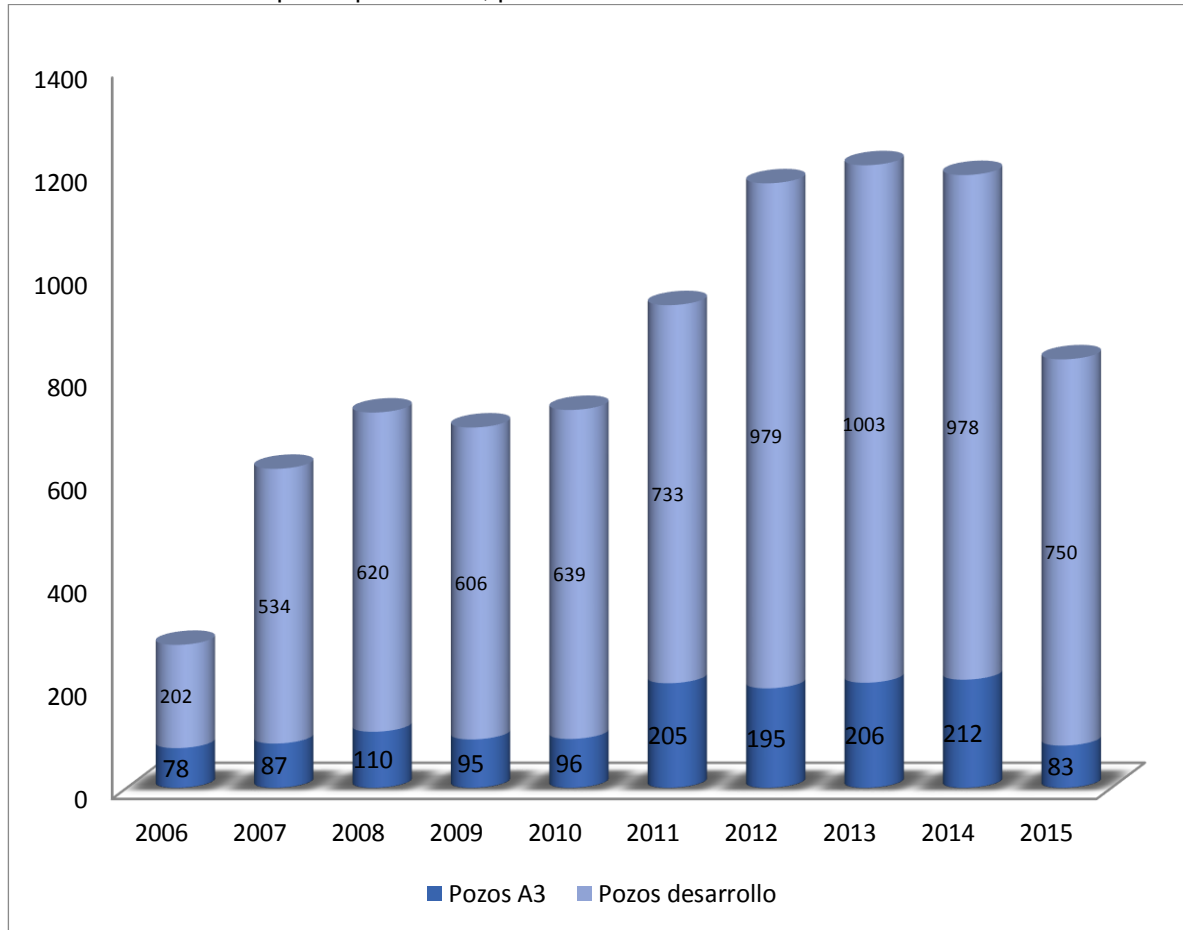
2.4.1 Estado de perforación de pozos petroleros en Colombia En la **Tabla 2** y en la **Gráfica 4** se presenta un análisis de los pozos que fueron perforados en Colombia en el transcurso de los años 2006 y 2015. En ésta Gráfica, se observa un incremento en la perforación de pozos totales entre los años 2011 y 2014. El año 2013 tuvo el número de pozos perforados más alto del período con 1209 pozos perforados en el transcurso del año. Sin embargo, la reducción de los precios del crudo en el año 2014 contribuyó a reducir el número de pozos perforados desde ese año en adelante.

Tabla 2. Número de pozos perforados en Colombia (2006-2015)

Año	Pozos A3	Pozos desarrollo	Total
2006	78	202	280
2007	87	534	621
2008	110	620	730
2009	95	606	701
2011	205	733	938
2012	195	979	1174
2013	206	1003	1209
2014	212	978	1190
2015	83	750	883

Fuente: MARIÑO ESPINOSA, Lilian. Entre enero y junio se han perforado nueve pozos, 82% menos que en 2014. En: La República. Bogotá D.C. 1, Junio, 2015. Modificado por el autor. * Los pozos A3 corresponden a pozos exploratorios, los cuales generalmente se realizan como parte de las obligaciones de un operador con la Agencia Nacional de Hidrocarburos de Colombia.

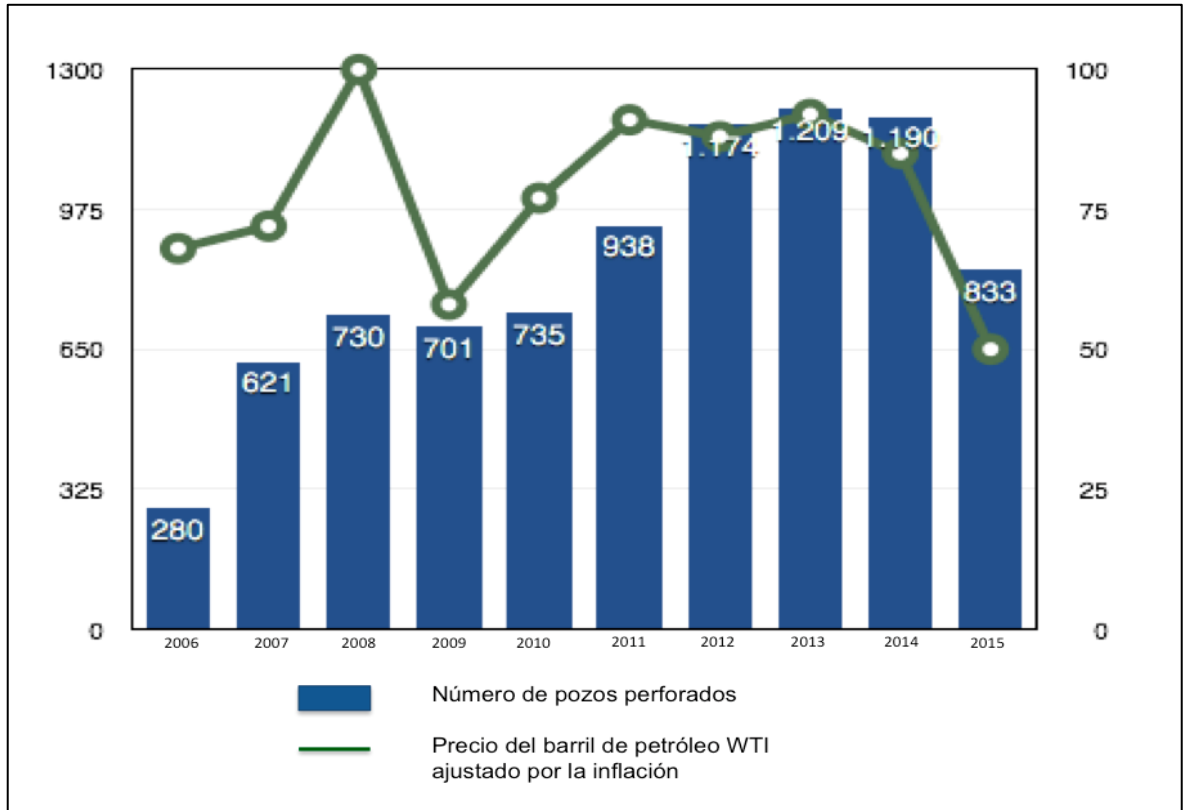
Gráfica 4. Número de pozos perforados, período 2006-2015



Nota: Información basada en: MARIÑO ESPINOSA, Lilian. Entre enero y junio se han perforado nueve pozos, 82% menos que en 2014. En: La República. Bogotá D.C. 1, Junio, 2015.

La actividad de perforación es altamente cíclica y está directamente relacionada con los precios del crudo. Esta correlación se muestra en la **Gráfica 5**. Desde el año 2011, el número de pozos perforados ha venido incrementando en la medida que el precio del barril WTI aumenta. Adicionalmente, el período de análisis también muestra la naturaleza cíclica de la industria, ya que en un lapso de 10 años, la demanda por el servicio puede aumentar y disminuir de forma paralela con los ciclos de precios de petróleo a nivel mundial.

Gráfica 5. Número de pozos comparados con el valor del crudo (2006-2015)

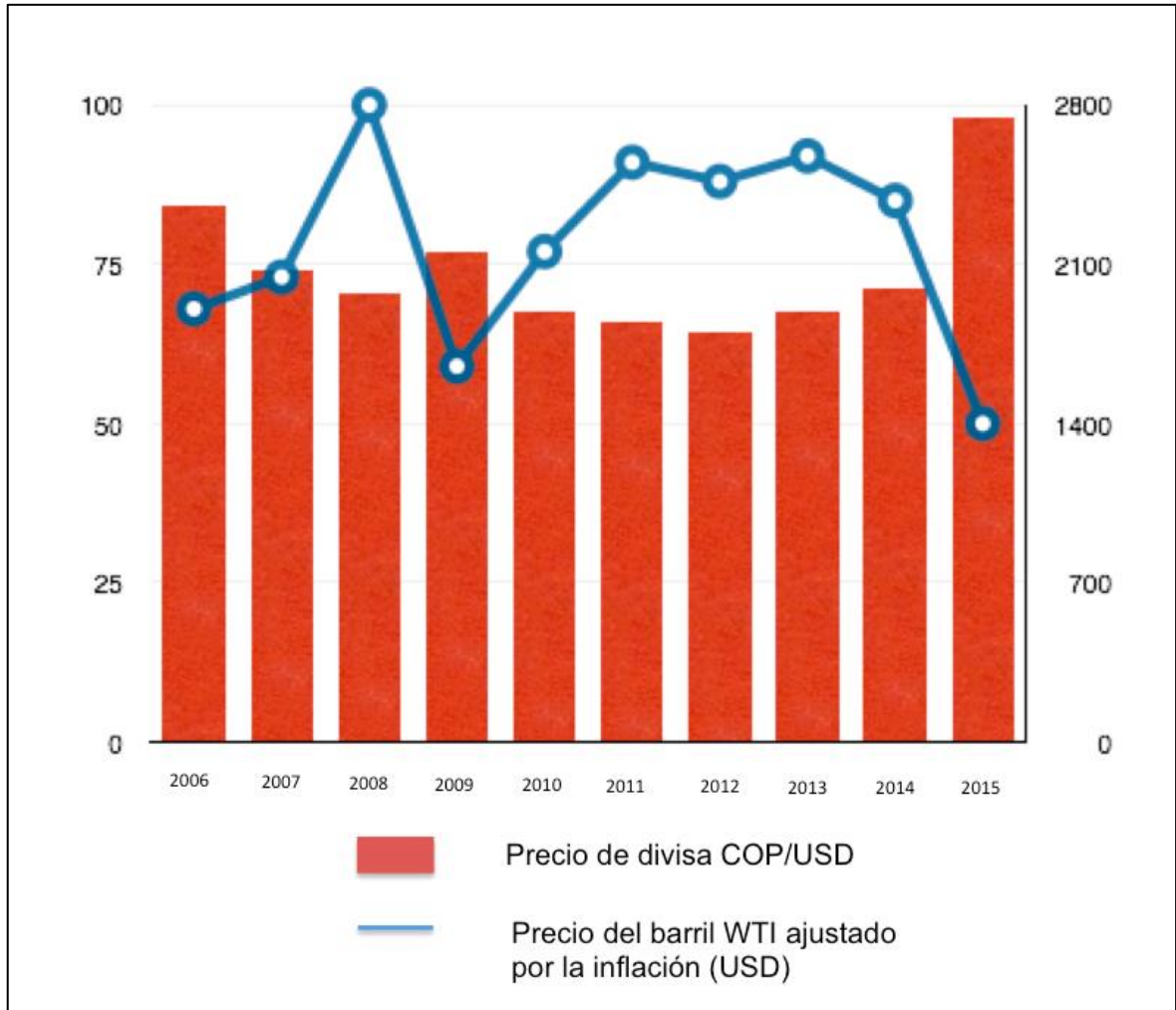


Nota: Información basada en: MARIÑO ESPINOSA, Lilian. Entre enero y junio se han perforado nueve pozos, 82% menos que en 2014. En: La República. Bogotá D.C. 1, Junio, 2015. BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Serie de datos históricos de TRM. Disponible en internet: <<http://www.banrep.gov.co/es/trm>>.

Esto también representa riesgos cambiarios, ya que la inversión que una empresa debe realizar para entrar al mercado tiende a ser en dólares, mientras que los ingresos en la mayoría de contratos de control de sólidos en Colombia son en pesos. La tasa de cambio del dólar también muestra una correlación fuerte con el precio del crudo, tal como se puede observar en la **Gráfica 6**. En general, entre mayor sea el valor del precio del barril WTI (USD), menor es el precio del dólar en Colombia.

Debido a estas variaciones, y especialmente teniendo en cuenta que la TRM puede afectar el valor de cualquier obligación financiera adquirida para financiar los equipos requeridos para la prestación del servicio, es recomendable realizar la inversión en momentos que la TRM sea competitiva y donde se espere un aumento en la demanda. Escoger apropiadamente el momento en el que se realiza la inversión resulta crítico para garantizar que la capacidad instalada sea utilizada y que los costos de capital asociados con la compra de los equipos sean cubiertos por las operaciones en campo.

Gráfica 6. Variación de los precios del dólar vs. precio de barril



Nota: Información basada en BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Serie de datos históricos de TRM. Disponible en internet: <<http://www.banrep.gov.co/es/trm>>. U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. Spot prices crude oil. Disponible en internet: <https://www.eia.gov/dnav/pet/PET_PRI_SPT_S1_D.htm>.

2.4.2 Caracterización de los clientes En Colombia, a la fecha se encuentran registradas un total de 100 compañías operadoras de campos de hidrocarburos ante la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Del total de las compañías registradas sólo algunas perforan constantemente, mientras que las otras compañías perforan el número de pozos mínimos de acuerdo con los compromisos de perforación suscritos con la ANH.

En general, el 90% del mercado de perforación se encuentra concentrado en las siguientes operadoras, ya que las demás se encuentran en fase de exploración o se limitan a invertir en campos petroleros vía farm-ins, dejándole la operación en manos de sus socios:

- ECOPETROL S.A.
- PACIFIC STRATUS ENERGY COLOMBIA CORP
- HOCOL S.A.
- MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LIMITED
- PAREX RESOURCES COLOMBIA LTDA
- OCCIDENTAL DE COLOMBIA INC
- EQUION ENERGIA LIMITED
- TALISMAN COLOMBIA OIL & GAS LTDA.

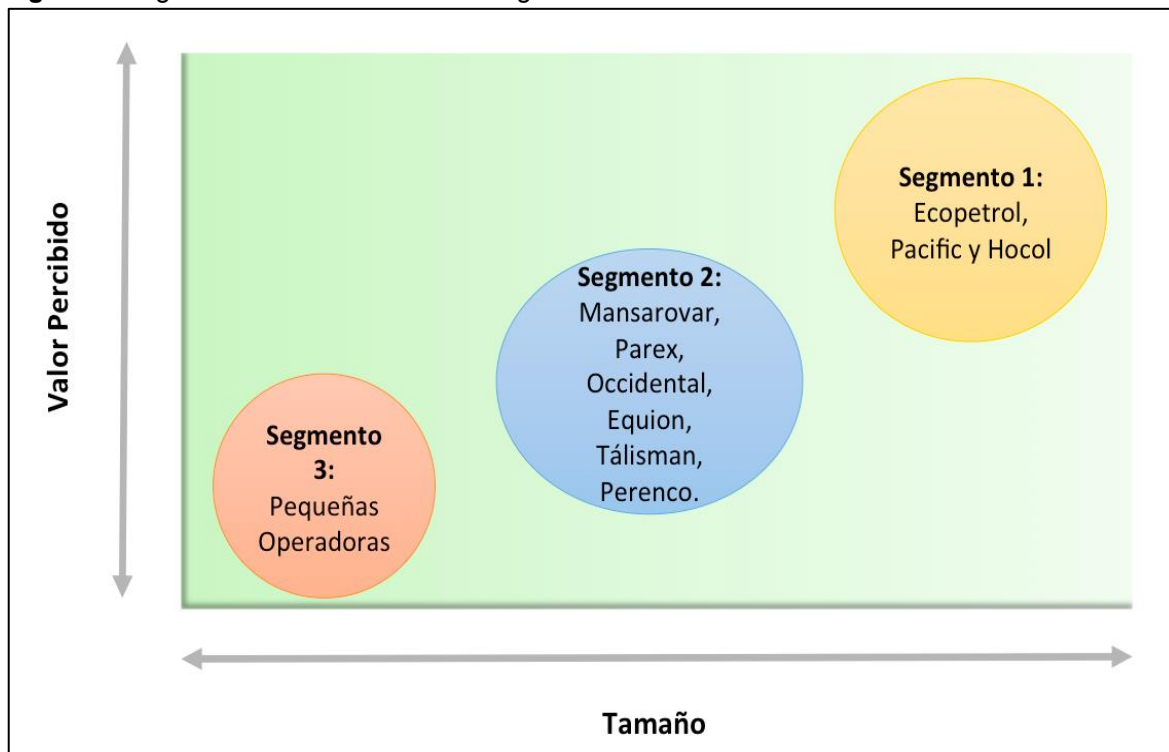
2.4.3 Segmentación de los clientes Con el fin de realizar un análisis de la demanda para el servicio de control de sólidos, es necesario segmentar el mercado de los posibles clientes que lo componen. De acuerdo con Manotas³¹, los segmentos que componen la demanda del servicio de control de sólidos son:

- **Segmento 1:** Son grandes empresas locales que concentran la mayor actividad de perforación y producción del país. Se caracterizan por ser altamente burócraticas en el proceso de contratación, sin ser muy eficientes. Dentro de este segmento se encuentran compañías como Ecopetrol, Pacific y Hocol, entre otras.
- **Segmento 2:** Son compañías operadoras que se enfocan en obtener eficiencias operativas en la perforación. Dentro de este segmento se encuentran compañías como Mansarovar, Parex, Occidental, Equion, Talisman y Perenco, entre otras.
- **Segmento 3:** Son operadoras pequeñas muy especulativas que generalmente no perforan pozos más allá de sus compromisos exploratorios con la ANH.

En la **Figura 6** se resume el análisis de la demanda derivada de la segmentación anteriormente descrita, donde se realiza una comparación del tamaño de la empresa respecto al valor percibido. El segmento 1 está compuesto por compañías de gran tamaño, cuyo valor percibido es mayor debido a las campañas constantes de perforación que realizan, mientras que el segmento 2 son compañías de tamaño medio en Colombia, cuyo valor percibido por las empresas de servicio es medio, debido a las campañas de perforación frecuentes pero de menor escala que son realizadas por las empresas en el Segmento 1. Por otra parte, el segmento 3 está compuesto por compañías pequeñas, cuyos valores percibidos son bajos debido a que su campaña de perforación es corta e intermitente.

³¹ Ibid., Diapositiva 10.

Figura 6. Segmentación de clientes estratégicos



Fuente: MANOTAS SÁNCHEZ, Cesar. Plan Estratégico Compañía de Control de Sólidos. [diapositivas]. Bogotá D.C., 2015. 46 diapositivas. Diapositiva 4. Modificado por el autor.

El **Cuadro 3** describe con mayor detalle el comportamiento de cada uno de los segmentos a la hora de negociar un contrato de prestación de servicios petroleros, así como sus objetivos a la hora de definir el contratista a seleccionar y los requisitos que deben cumplir los proveedores para ser considerados en procesos de licitación, entre otros.

En general, las operadoras del Segmento 1 contratan constantemente, son sensibles al precio (la contratación se realiza con empresas que ofrezcan el mínimo precio dentro de un rango) y cuentan con un procedimiento y estándares bien definidos para la contratación.

Las empresas del Segmento 2 son más sensibles a los aspectos técnicos, desean un buena calidad del servicio y están dispuestas a pagar por un servicio de mayor desempeño. Aunque son empresas estables, las campañas de perforación no son tan frecuentes como las del Segmento 1.

Por otro lado, las compañías del Segmento 3 son muy sensibles al precio y contratan esporádicamente. Cuentan con un equipo de trabajo dedicado a evaluar propuestas con varios meses de anticipación y conseguir el mejor precio para eventuales proyectos. Las compañías operadoras del Segmento 3 que tienen

éxito, suelen ser compradas por empresas de los Segmentos 1 ó 2. Los servicios integrados tienen gran acogida en el Segmento 3, debido a la reducción de la carga administrativa que resulta de contratar todos los servicios con una única empresa.

Cuadro 3. Caracterización de la segmentación de los clientes

Segmento	Empresas que lo conforman	Objetivo a maximizar en la contratación	Estrategia de negociación	Requisitos para ser proveedor
Segmento 1	Ecopetrol, Pacific Stratus Energy y Hocol.	Mínimo Precio	Licitación Pública	Debe contar con experiencia específica superior a los cinco años. Debe contar con capacidad financiera. Debe contar con reglamentación técnica RUC, OHSAS 18000, ISO 9000, ISO 14001.
Segmento 2	Mansarovar, Parex, Occidental, Equion, Talisman y Perenco	Máximos beneficios técnicos, reducción de costos de la operación.	Licitación Privada ó negociación directa.	Preferiblemente contar con experiencia específica en el servicio. Preferiblemente contar con reglamentación técnica RUC, OHSAS 18000, ISO 9000, ISO 14000. Es necesario tener contactos personales comerciales dentro de estas empresas que permiten la entrada a la empresa.
Segmento 3	Compañías nacionales ó extranjeras que tienen una operación limitada en Colombia.	Mínimo precio y menor complejidad administrativa para contratación	Licitación Privada ó negociación directa.	Preferiblemente contar con experiencia específica. Preferiblemente contar con reglamentación técnica RUC, OHSAS 18000, ISO 9000, ISO 14000. Es necesario tener contactos personales comerciales dentro de estas empresas que permiten la entrada a la empresa.

2.5 MERCADO OBJETIVO

Como se definió ...en la **Sección 2.4...**, el mercado objetivo es el Segmento 2, por ser un grupo cuyos requisitos de entrada tienen menor complejidad que el Segmento 1 y que además está dispuesto a pagar un mayor precio por el servicio a cambio de un mayor desempeño en la operación de control de sólidos. Por esta razón, es el mercado más apropiado para la entrada de una nueva empresa, cuya estrategia esta basada en la diferenciación.

Por otra parte, ...en la **Sección 2.3...** se realizó un análisis de los posibles competidores, donde se segmentan en tres grupos que representan la competencia ante la entrada de un nuevo jugador en el mercado. Sin embargo,

debido a la naturaleza del nuevo participante, la competencia directa incluye empresas nacionales de carácter privado que no gozan de un reconocimiento apropiado ante sus clientes, ya que presentan algunas falencias en operaciones de mantenimiento y de apoyo a la operación.

Dado lo anterior, el nuevo participante del mercado debe presentar algunos de los atributos del Grupo 3, como lo son la flexibilidad con los precios y la rápida adaptabilidad a cambios que genere el mercado. Sin embargo, para poder diferenciarse de sus competidores nacionales, es necesario que la empresa preste un servicio de excelente calidad, enfocado en garantizar el buen mantenimiento de los equipos, un apoyo logístico efectivo y sobre todo excelente calidad de equipos, personal y proceso, garantizando al cliente un nivel de servicio equivalente al prestado por las empresas multinacionales del Grupo 1.

2.5.1 Estimación del mercado objetivo Para poder estimar el tamaño del mercado objetivo, es necesario realizar una proyección del número de pozos a perforar durante los próximos 10 años. Para tal fin, se realiza una correlación de los precios estimados del barril de petróleo WTI con respecto al número de pozos perforados en Colombia. Una vez se ha determinado ésta correlación, se determina el rango de la variable de número de pozos a perforar respecto a las predicciones obtenidas para el ciclo 2016-2026.

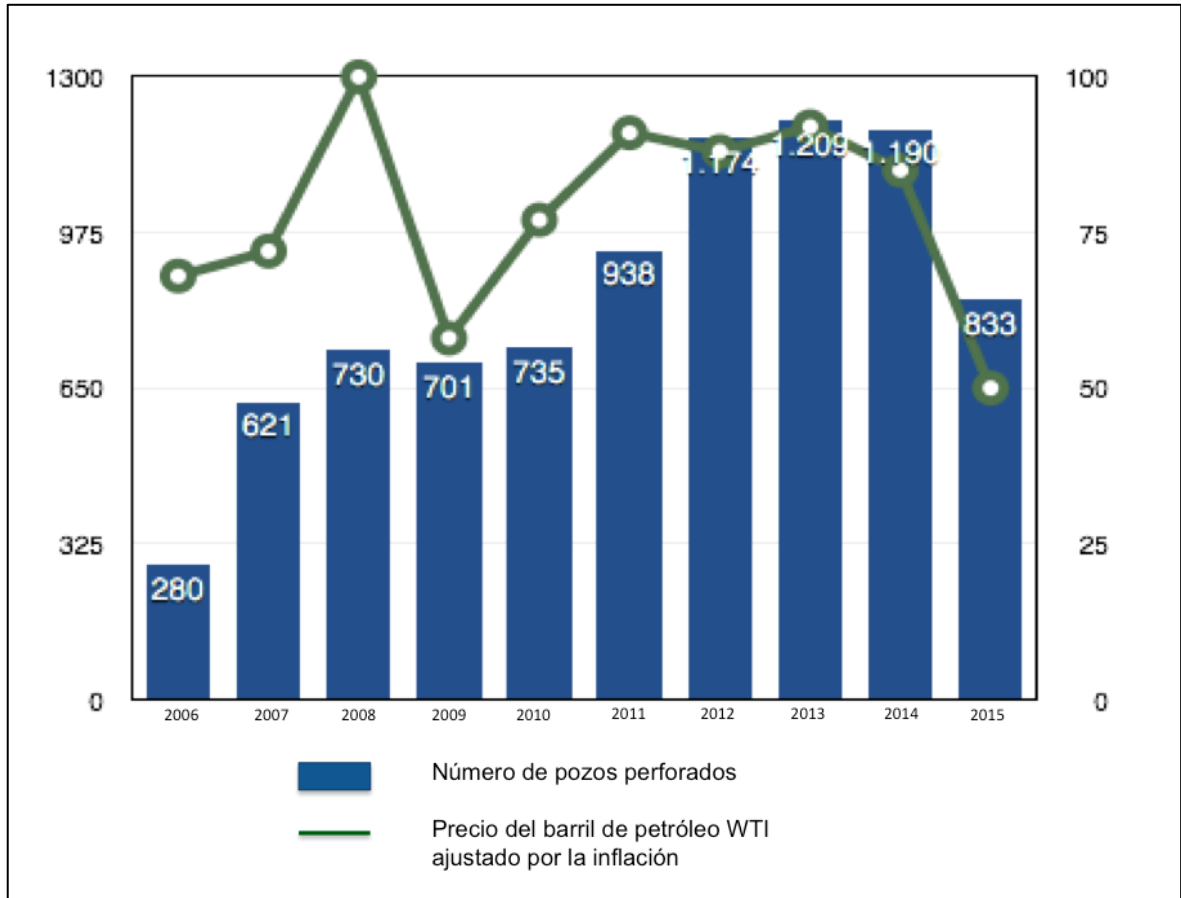
En la **Gráfica 7** se observa la relación entre pozos perforados y el precio del barril de petróleo WTI [USD]. Una vez generada esta relación, se procede a ordenar los precios del barril de petróleo de menor a mayor, y se determina la ecuación líneal correspondiente a cada punto, como se puede ver en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Precios ajustados, pozos totales y ecuaciones líneales

Precio ajustado por inflación [X]	Pozos Totales [Y]	Ecuación
50,75	833	$y = -16,5x + 1670,4$
58,75	701	$y = -44,223x + 3299,1$
68,27	280	$y = 72,399x - 4662,7$
72,98	621	$y = 27,67x - 1398,3$
77,1	735	$y = 55,218x - 3522,3$
85,34	1190	$y = -4,4568x + 1570,3$
88,93	1174	$y = -96,721x + 9775,4$
91,37	938	$y = 263,11x - 23102$
92,4	1209	$y = -63,026x + 7032,6$
100	730	

Nota: Información basada en: MARIÑO ESPINOSA, Lilian. Entre enero y junio se han perforado nueve pozos, 82% menos que en 2014. En: La República. Bogotá D.C. 1, Junio, 2015. BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Serie de datos históricos de TRM. Disponible en internet: <<http://www.banrep.gov.co/es/trm>>.

Gráfica 7. Número de pozos comparados con el valor del crudo (2006-2015)



Nota: Información basada en: MARIÑO ESPINOSA, Lilian. Entre enero y junio se han perforado nueve pozos, 82% menos que en 2014. En: La República. Bogotá D.C. 1, Junio, 2015. BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Serie de datos históricos de TRM. Disponible en internet: <<http://www.banrep.gov.co/es/trm>>.

Para realizar el pronóstico del número de pozos, se utilizaron las predicciones de precios del petróleo generadas por las siguientes agencias: EIA (US Energy Information Administration), Banco Mundial e IMF - Fondo Monetario Internacional. Al obtener predicciones del precio del petróleo a partir de diferentes fuentes, es posible obtener un rango para la predicción. Esto compensa la incertidumbre asociada con la predicción no determinística basada en una sola fuente.

Una vez obtenida esta información se procede a calcular el número de pozos a través de las ecuaciones obtenidas ...en la **Tabla 3**.... El resultado del pronóstico se presenta en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Resultado del pronóstico de número de pozos

Año	Pronóstico de WTI			Pronóstico no. pozos a perforar		
	EIA	WORLD BANK	IMF	EIA	WORLD BANK	IMF
2016	67,28	56,9	58,8	324	732	699
2017	70,14	60,8	63,7	415	610	482
2018	70,06	65	66,6	410	425	354
2019	71,5	69,4	67,8	514	362	301
2020	72,96	74,1	68,5	620	652	297
2021	75,1	79,2	69,2	680	851	346
2022	90,86	84,6	70,7	987	1149	455
2023	95,29	90,4	73,7	1027	1032	642
2024	99,88	96,7	79,1	738	938	846
2025	104,68	103,4	87,5	737	737	1180
2026	109,82	107,26	99,8	737	737	745

Nota: Información basada en: OIL CRUDE PRICES. Crude Oil Prices Forecast. Disponible en internet: <<https://www.oilcrudeprice.com/oil-price-forecast/>>.

En la **Gráfica 8** se presenta el pronóstico de los números de pozos perforados a partir de las predicciones realizadas por el EIA, Banco Mundial y Fondo Monetario Internacional. Según este pronóstico, el número de pozos perforados comenzará a incrementar a partir del año 2020. Los analistas de las diferentes entidades preveen picos en diferentes años EIA (2023), Banco Mundial (2022) y el FMI(2025). Esto indica que se debería realizar la apertura del mercado alrededor del año 2020, donde probablemente incrementarán las actividades de perforación en el país.

Por otra parte, el aumento en los precios del petróleo esperados para el año 2020 también pueden contribuir a devaluar las divisas (dólar y euro) en Colombia, facilitando la importación de los equipos requeridos para la operación.

Una vez determinado el pronóstico de pozos que se perforarán en el período 2016-2026, es importante estimar el tamaño del mercado objetivo. Para esto se utiliza la **Ecuación 2** que se presenta a continuación:

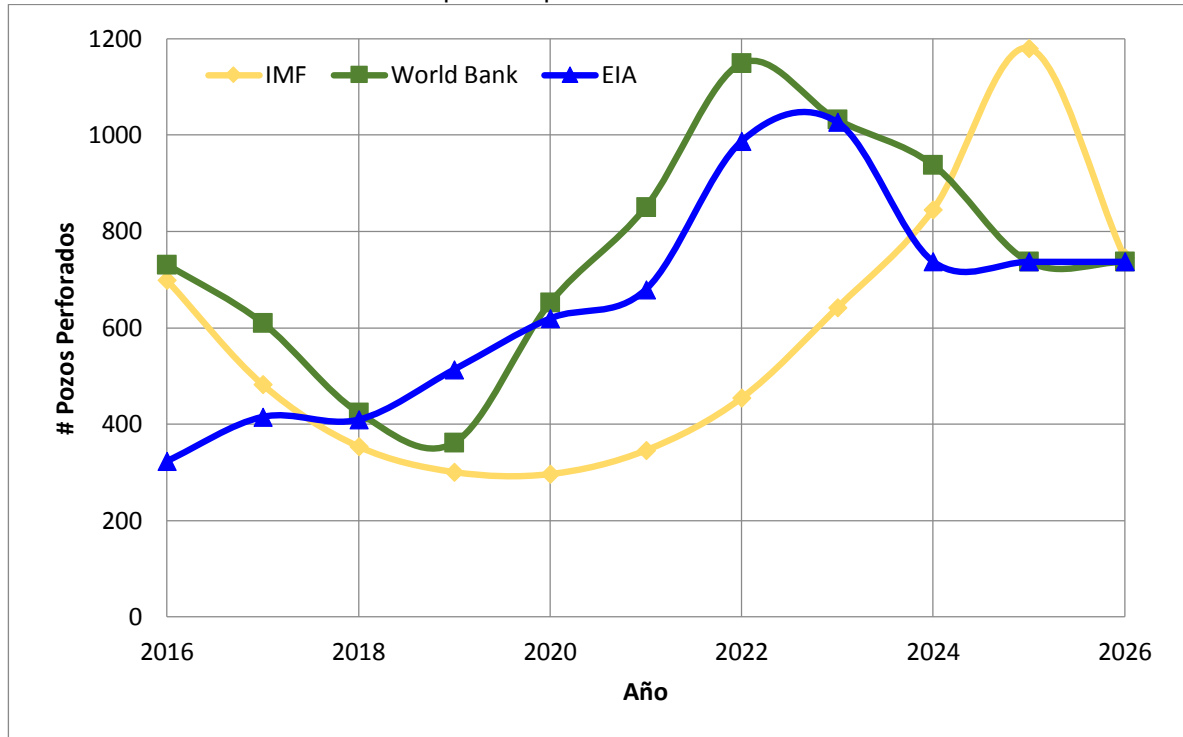
Ecuación 2. Cálculo del Tamaño del mercado

$$Tamaño\ de\ mercado = \#\ pozos \times t_{perf} \times fact_{dia}$$

Donde:

pozos Número de pozos perforados en un año
 t_{perf} Tiempo de perforación [días/pozo]
 $fact_{dia}$ Facturación de pozo por día [\$ COP/día]

Gráfica 8. Pronóstico de número de pozos a perforar en Colombia 2016-2026



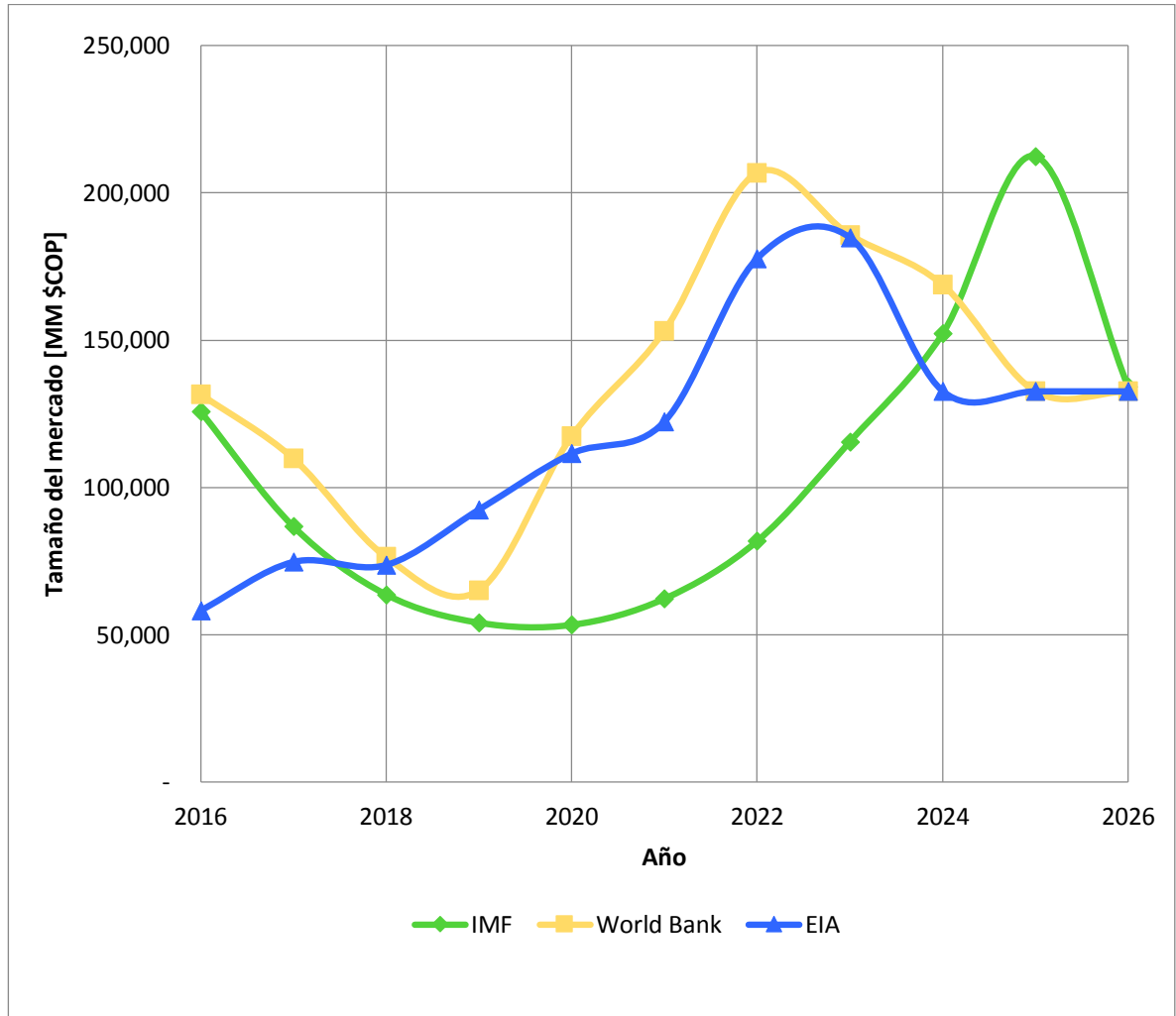
Nota: Curva creada a partir de información de OIL CRUDE PRICES. Crude Oil Prices Forecast. Disponible en internet: < <https://www.oilcrudeprice.com/oil-price-forecast/>>.

Para realizar el cálculo del tamaño de mercado, se toman los datos correspondientes al número de pozos pronosticados que se encuentran definidos en la **Gráfica 8**. Se supone un tiempo de perforación constante, calculado a partir de un promedio de la duración de diferentes pozos en un campaña de perforación de una de las compañías del Segmento 2. El valor de la facturación se asumirá como un promedio del valor del servicio de control de sólidos y tratamiento de efluente de perforación para una campaña de perforación de una compañía del Segmento 2. Se asume que el tiempo de perforación es de 15 días/pozo, mientras que la facturación por el servicio de control de sólidos será de \$12'000.000 COP/día.³²

En la **Gráfica 9** se observan el tamaño del mercado para la prestación del servicio de control de sólidos a nivel nacional durante el período 2016-2026, los cuales corresponden entre 50,000 MM \$COP a 220,000 MM\$COP por año. Es importante tener en cuenta la gran variación del tamaño del mercado en función del tiempo como resultado de la dependencia de la actividad de perforación en el precio del crudo.

³² PAREX RESOURCES LTD. Akira-7 Drilling Stick. Bogotá D.C. (Colombia): Departamento de perforación, 2014.

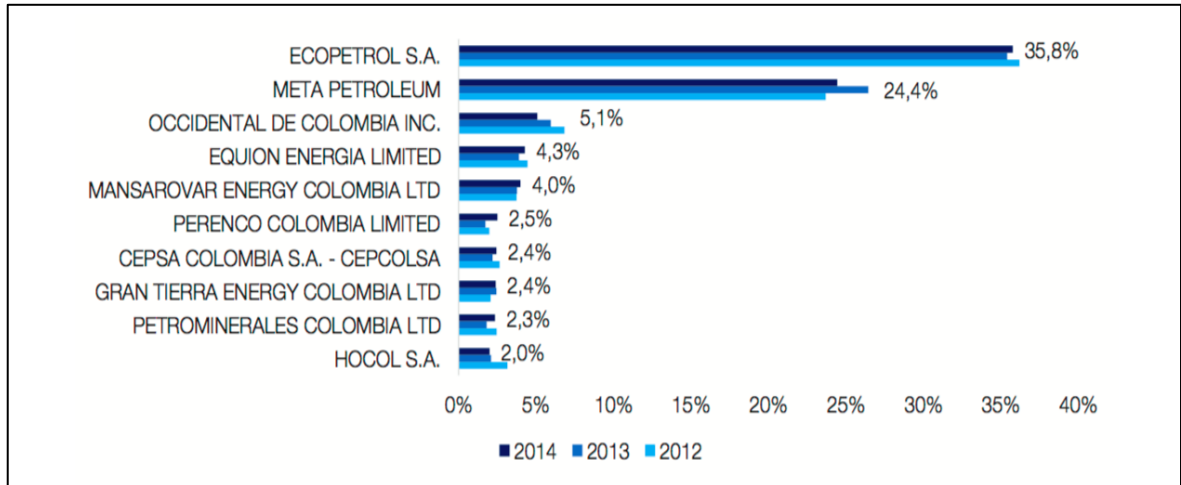
Gráfica 9. Pronóstico del tamaño del mercado de control de sólidos 2016-2026



Nota: Curva creada a partir de información de OIL CRUDE PRICES. Crude Oil Prices Forecast. Disponible en internet: < <https://www.oilcrudeprice.com/oil-price-forecast/>>.

Por otra parte, como se muestra en la **Gráfica 10**, las compañías del Segmento 2 tienen un porcentaje de participación en las actividades de perforación de 23% del mercado total. Se recuerda que las empresas de éste segmento corresponden a las empresas: Equion, Occidental, Mansarovar, Perenco, Cepsa, Gran Tierra, Parex y Petrominerales. Asumiendo que estas compañías sean responsables por la misma fracción de la actividad de perforación hacia el futuro, el tamaño del mercado local para el Segmento 2 es de \$10,000 - \$50,000 MM COP por año.

Gráfica 10. Escalafón de empresas operadoras

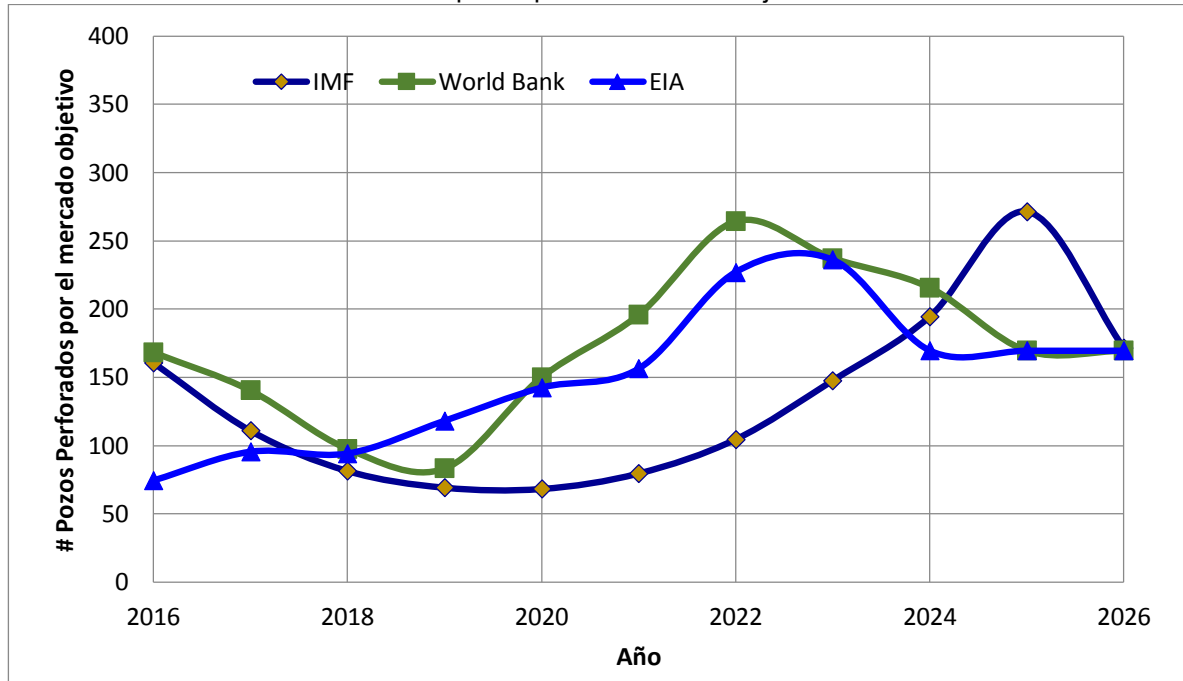


Fuente: FEDESARROLLO. Informe de coyuntura petrolera. Disponible en internet: < <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/INFORME-DE-COYUNTURA-PETROLERA-JULIO-.pdf>

Con el fin de estimar la participación deseada dentro del mercado objetivo, se calcula el número de pozos para cada año proyectado en específico para el Segmento 2. En la **Gráfica 11** se observa la correlación de los pozos perforados respecto a los diferentes años proyectados, mientras que la **Gráfica 12** muestra la evolución del tamaño del mercado objetivo de la empresa para el período 2016-2026.

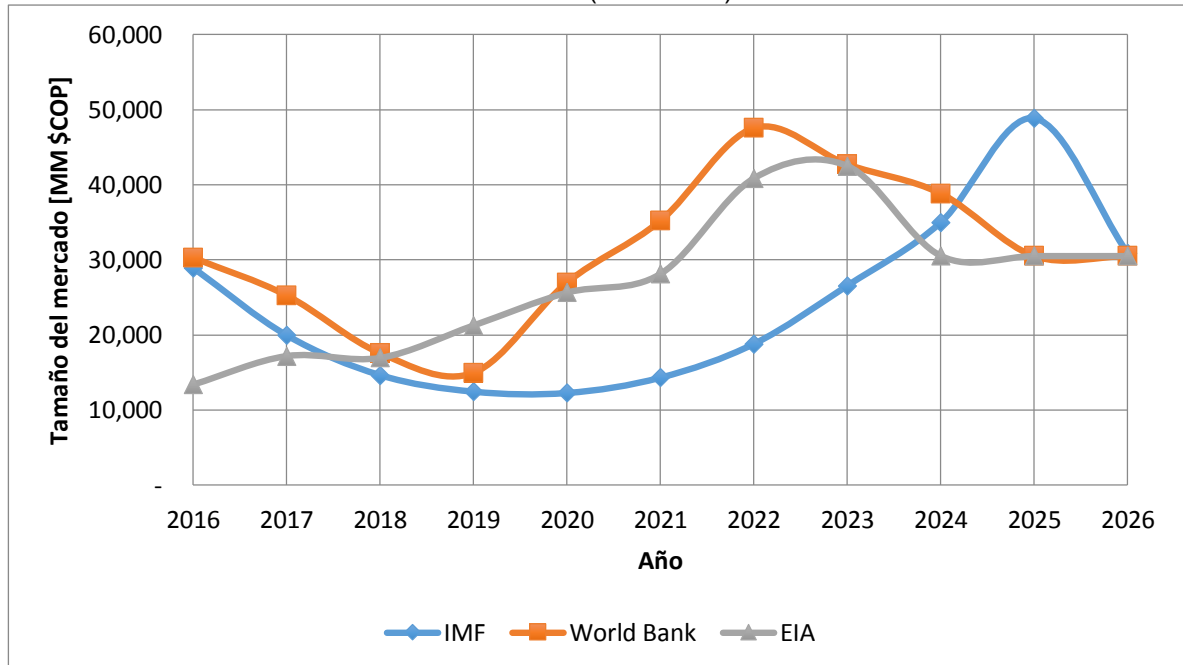
Para este mercado, se desea tener una capacidad instalada mínima de 2 frentes de trabajo, el cual trabajará los 365 días del año. La capacidad a instalar debe ser baja, con el fin de garantizar su utilización durante la totalidad del ciclo económico de la industria del petróleo. Los indicadores de participación muestran que tendría la capacidad de operar cuatro pozos mensuales o 48 pozos anuales. Lo que indica que corresponde a un mínimo del 17% y un máximo del 70% de participación en el mercado objetivo, para los períodos 2016-2026. La participación máxima se daría en los años 2016-2018, en los cuales no se espera una alta actividad de perforación. Nuevamente, esto refuerza el hecho que es crítico determinar efectivamente el momento en el que se realiza la inversión en los equipos, ya que la presión competitiva de la industria puede resultar en capacidad cesante si ésta se agrega durante los momentos de crisis en la industria.

Gráfica 11. Pronóstico de número de pozos para el mercado objetivos



Nota: Curva creada a partir de la información de OIL CRUDE PRICES. Crude Oil Prices Forecast. Disponible en internet: <<https://www.oilcrudeprice.com/oil-price-forecast/>>.

Gráfica 12. Pronóstico del tamaño del mercado (2016-2026)



Nota: Curva creada a partir de la información de OIL CRUDE PRICES. Crude Oil Prices Forecast. Disponible en internet: <<https://www.oilcrudeprice.com/oil-price-forecast/>>.

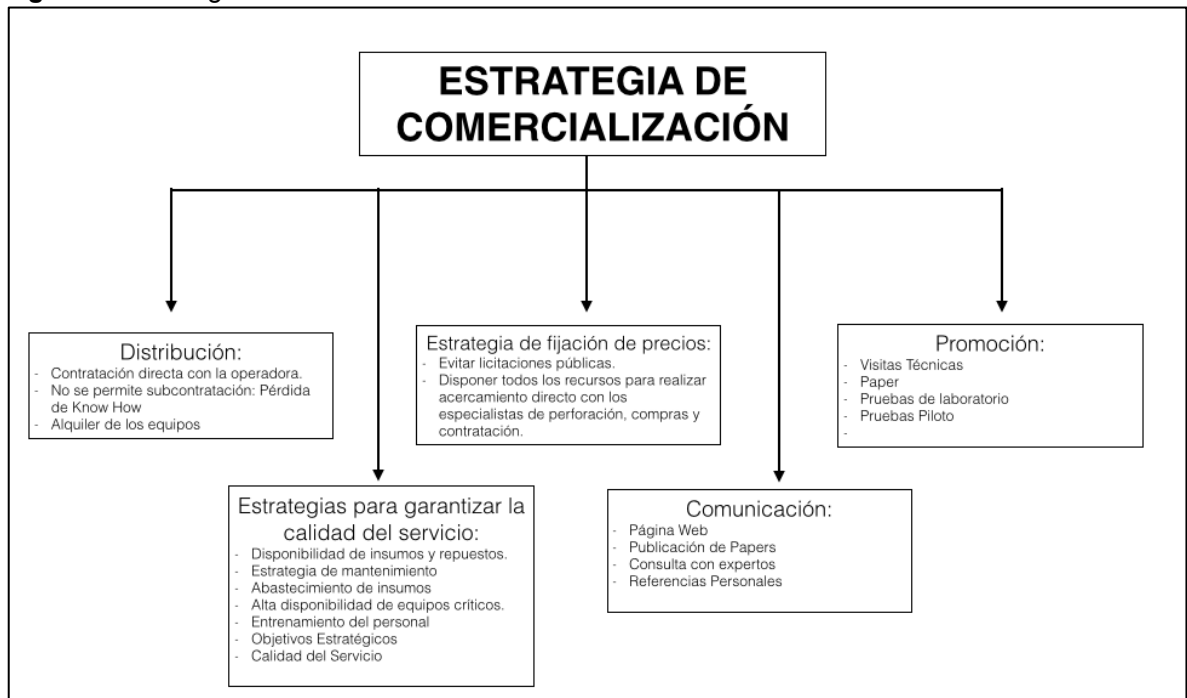
Se estima poder atender ventas de servicio mensual de mínimo 1 frente de trabajo mensual (12 pozos anuales) hasta un máximo de 2-3 frentes mensuales (48 pozos anuales). De acuerdo con lo anterior, una nueva empresa que desee participar en éste mercado puede esperar ventas anuales entre \$2.160 millones de pesos y \$8.640 millones de pesos al año durante los próximos 10 años.

2.6 ESTRATEGIA DE COMERCIALIZACIÓN

...En la **Sección 2.3...**, ...la **Sección 2.4...** y ...la **Sección 2.5...** se definieron tanto el mercado objetivo como los competidores a los que una nueva empresa que quiera participar del mercado de control de sólidos en Colombia esta enfrentada. Por otra parte, la capacidad a instalar se estimó ...en la **Sección 2.5...**, recomendando la instalación de equipos para dos frentes de trabajo. No obstante, debido a la naturaleza altamente competitiva del mercado es necesario tener una estrategia comercial y operativa efectiva que permita el flujo de ventas y la utilización de la capacidad instalada de la empresa. Esta estrategia de comercialización del servicio se describe a lo largo de la presente sección.

En la **Figura 7** se muestra la estrategia de comercialización para las centrifugas decantadoras de alta capacidad, las cuales se explicarán a continuación.

Figura 7. Estrategia de comercialización



2.6.1 Distribución La estrategia de distribución del servicio se realizará mediante contratación directa con la operadora. Bajo ninguna circunstancia se permitirá que la empresa sea subcontratada, ya que esto implica una pérdida del know-how adquirido en la operación.

Se permitirá el alquiler de equipos, bajo un proveedor de estrecha confianza que cuente con objetivos estratégicos similares y cuya base de mantenimiento este certificada y avalada para cumplir con tiempos y calidad de entrega (empresas del Grupo 1 de competidores). Los equipos que podrán ser alquilados, serán tanques, generadores, compresores y bombas, los cuales deben ser certificados bajo altos estándares de calidad, que permitan garantizar el buen desarrollo de las operaciones.

2.6.2 Estrategia de fijación de precios En la medida de lo posible, se procurará no recurrir a licitaciones públicas, ya que la empresa inicialmente no cumplirá los requisitos exigidos por las empresas que recurren a éste mecanismo para seleccionar sus proveedores. En cambio, se dispondrán todos los recursos para realizar acercamientos directos con los especialistas de Perforación, compras y contratación, ya que las empresas objetivo realizan la contratación del servicio a través de acercamientos personales de sus especialistas con los oferentes.

El contacto directo con los especialistas permitirá presentar diferentes análisis costo-beneficio, los cuales se utilizarán para justificar un mayor valor para los servicios de control de sólidos prestados con centrífugas de alta capacidad. Esto permitirá a la compañía maximizar el valor de las ventas del servicio. Es importante tener en cuenta que éste tipo de acercamientos y de explicaciones técnicas no puede ser realizado a través de una licitación pública.

2.6.3 Promoción La promoción del servicio se realizará a través de diferentes medios, los cuales se describen a continuación:

- **Visitas Técnicas:** Se realizarán visitas técnicas a cargo de un equipo especializado de ingenieros capacitados en el proceso de control de sólidos y tratamientos de efluentes de perforación. En estas reuniones, se presentarán las tecnologías ofrecidas, así como los beneficios técnicos y financieros de utilizar centrífugas de alta capacidad vs. centrífuga convencionales para la prestación del servicio de control de sólidos.
- **Papers:** Se presentará en las visitas técnicas, así como en la página web de la compañía papers relacionados con los usos de estas tecnologías, así como publicaciones científicas e investigativas realizadas por el equipo de ingenieros de la empresa. Esto se realizará para aumentar la credibilidad del equipo de ventas ante los especialistas técnicos de las empresas operadoras.

- **Pruebas de Laboratorio:** Se realizarán pruebas de laboratorio en áreas de perforación donde se desee implementar el servicio, presentando los resultados y las mejoras del sistema al equipo de ingenieros a cargo de la operación por parte de la operadora. Igualmente, las pruebas de laboratorio permitirán identificar riesgos y definir acciones de mitigación antes del lanzamiento de una operación en campo.
- **Pruebas Piloto:** En caso de ser requerido, se realizarán pruebas piloto para determinar la eficacia del uso de centrifugas de alta capacidad en las operaciones de perforación de un cliente específico.

2.6.4 Comunicación Los canales de comunicación que se utilizarán para dar conocimiento al público y a los futuros clientes serán los siguientes:

- **Página Web:** Se diseñará una página web, que permita generar un enlace entre el público y la empresa. La página web debe ser sencilla, pero efectiva y generar un efecto de confianza y respeto sobre el público.
- **Publicación de papers:** Se desea enfatizar en temas de investigación y desarrollo dirigidos por la compañía y por aliados internacionales. Por esta razón, es necesario apoyar la publicación de estudios sobre el éxito asociado con la implementación de sistemas de control de sólidos de alta eficiencia en Colombia.
- **Consultas con expertos:** Se mantendrá una comunicación constante con expertos nacionales e internacionales en control de sólidos para mantener a la empresa actualizada con los nuevos desarrollos de la industria. Adicionalmente, los expertos pueden contribuir a publicitar los desarrollos y los equipos de la industria, permitiendo aumentar el número de clientes de la empresa.
- **Referencias Personales:** Se hará énfasis en el uso de referencias personales para ganar nuevos clientes y garantizar la continuidad del trabajo asegurado.

2.6.5 Estrategias para garantizar la calidad del servicio Como se describió ...en la **Sección 2.3...**, es importante que la nueva empresa se diferencie de sus competidores nacionales a través de una estrategia de diferenciación que contribuya a cementar la posición de la empresa en un mercado competido. La estrategia recomendada para garantizar una buena calidad del servicio se resume a continuación:

- **Disponibilidad de insumos y repuestos:** Se debe garantizar la disponibilidad de insumos y repuestos de los diferentes equipos, manteniendo un stock en una base cercana a las áreas donde se realizan las operaciones de campo.

- **Estrategia de mantenimiento:** Se debe tener un programa de mantenimiento que garantice la efectividad y eficiencia del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de los equipos requeridos para el tratamiento.
- **Abastecimiento de insumos:** Se debe realizar una planeación logística efectiva para garantizar que los productos consumibles requeridos por la operación estén disponibles. Para esto, se requiere mantener un stock suficiente de productos químicos, así como de un plan logístico para el abastecimiento de aceites y combustibles. Esta planeación del abastecimiento de las operaciones garantizará una operación continua y sin contratiempos.
- **Alta disponibilidad de equipos críticos:** Se debe garantizar una alta disponibilidad de las centrífugas y generadores eléctricos requeridos para la operación. Esto implica realizar un plan de mantenimiento para estos equipos, adquirir un inventario suficiente de partes de repuesto y mantener un equipo de respaldo en la locación para garantizar la continuidad de la operación en caso de que se generen daños.
- **Entrenamiento del personal:** Se debe proveer entrenamiento específico al personal, con el fin de que se utilice todo el potencial de las centrífugas, materializando así los ahorros descritos por el equipo comercial al momento de obtener el contrato con el cliente.
- **Objetivos estratégicos:** Se resalta nuevamente que la empresa debe prestar un servicio al mismo nivel que los competidores de compañías transnacionales como Schlumberger, Halliburton, NOV, Weatherford y Baker Hughes. No obstante, debe continuar presentando la flexibilidad y capacidad de respuesta que caracteriza a una pequeña o mediana empresa.
- **Calidad del servicio:** Un buen servicio ayuda a transmitir el mensaje a otros clientes, generando una buena reputación dentro de la industria. Este es un factor que contribuye inmensamente a garantizar la utilización de la capacidad a instalar de parte de la nueva empresa.

3. ESTUDIO TÉCNICO

En el presente capítulo se realiza un análisis de selección de las centrífugas decantadoras que están disponibles en el mercado, el cual es presentado ...en la **Sección 3.1**... a partir de un análisis de decisión multicriterio (MCDA), donde se presentarán los resultados obtenidos, así como un análisis de sensibilidad de cada uno de los atributos a ser evaluados. ...En la **Sección 3.2**... se realiza una descripción del Incoterm que viene incluido en la cotización de las centrífugas seleccionadas, donde se describe la forma de pago y la logística de importación. Por otro lado ...en la **Sección 3.3**... se describe los aspectos relevantes y el proceso de nacionalización que debe ser llevado a cabo para la importación de centrífugas decantadoras de alta capacidad, y finalmente ...en la **Sección 3.4**... se describe la inversión que es requerida para la importación de las centrífugas decantadoras.

3.1 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

En el mercado, existe un gran número de proveedores de centrífugas. La oferta de centrífugas es igualmente variada, y las centrífugas de diferentes proveedores tienen diferentes especificaciones técnicas, costos y condiciones de entrega que influyen en la decisión final sobre el equipo a adquirir. Por esta razón, es necesario llevar a cabo una evaluación técnica objetiva de las ofertas disponibles en el mercado antes de tomar una decisión final sobre la centrífuga que mejor se adapte a las necesidades del mercado colombiano.

Debido a la importancia de la decisión a tomar, las ofertas deben ser evaluadas desde un punto de vista sistemático, el cual permita evaluar todas las ofertas obtenidas desde una perspectiva objetiva. El objetivo de éste Análisis de Toma de Decisiones es poder formular una recomendación de equipo a adquirir, la cual permita un equilibrio entre el desempeño técnico y los costos del equipo.

3.1.1 Identificación de Proveedores El primer paso en el proceso de selección de equipos es identificar los posibles proveedores que puedan suministrar centrífugas de alta capacidad. Dentro del análisis de la selección de equipos, no se tendrán en cuenta proveedores chinos debido a la poca experiencia de éstos en la construcción y mantenimiento de centrífugas alrededor del mundo.

En el **Cuadro 4**, se describen los proveedores de centrífugas de alta capacidad que han sido identificados y cuyos productos serán tenidos en cuenta para éste análisis.

Cuadro 4. Compañías proveedoras de centrifugas seleccionadas

Compañía	Descripción
Alfa Laval	<p>Alfa Laval³³ se define como una compañía con más de 132 años de experiencia, cuyas principales líneas de mercado son intercambio de calor, separación y manejo de fluidos. Los productos de Alfa Laval se comercializan en aproximadamente 100 países, donde en 50 de ellos se cuenta con sucursales de ventas, 42 centros de producción (22 en Europa, 10 en Asia, 8 en USA y 2 en América Latina) y 70 centros de servicio. Entre los inventos de ésta empresa se incluyen la centrifuga separadora y la primera turbina de vapor funcional, además de contar con el registro de 92 patentes vigentes adicionales.</p> <p>Alfa Laval es líder mundial en el mercado global en sistemas de separación. Su casa matriz se encuentra ubicada en Lund (Suecia), pero las centrifugas de alta capacidad ofertadas por ésta empresa provienen de Soborg, Dinamarca.</p>
Flottweg	<p>Flottweg³⁴ se define como una compañía de origen alemán con más de 60 años de experiencia, la cual se especializa en la producción de centrifugas decantadoras, separadores, cintas transportadoras y sistemas potentes y fiables en las áreas de clarificación de líquidos, separación de mezclas líquidas y deshidratación, entre otros.</p> <p>La casa matriz de la compañía se encuentra ubicada en Alemania, por tanto las centrifugas decantadoras de alta capacidad provienen también de Alemania</p>
Centrisys	<p>Centrisys³⁵ se define como una compañía privada con sede en Kenosha, Winsconsin. Se especializa en la producción de centrifugas para la deshidratación de lodos y la separación en procesos industriales y agrícolas.</p> <p>Esta compañía esta posicionada como el único fabricante de Estados Unidos de centrifugas decantadoras para aplicaciones de aguas residuales municipales, siendo una de las pocas empresas en el mundo enfocadas exclusivamente en este tipo de tecnología.</p> <p>Además de tener su principal sede y producción en Estados Unidos, Centrisys opera una segunda planta de producción con un socio estratégico en China, también tiene operaciones de reparación y servicio en cuatro continentes y centros de apoyo en todo el mundo. Sin embargo, las centrifugas decantadoras de alta capacidad serán importadas desde Estados Unidos.</p>
Centex	<p>Centex³⁶ se presenta como una compañía fundada a comienzos de 2007, su planta y casa matriz se encuentran ubicadas al Sur de Texas (Estados Unidos). Esta compañía se especializa en la producción, operación y mantenimiento de centrifugas para el sector de petróleo y gas, alimentos, petroquímicos, papel, minería y aguas residuales.</p> <p>La compañía Centex no cuenta con sedes en otros países y sus operaciones de fabricación y mantenimiento están basadas en Estados Unidos. Por lo tanto, las centrifugas a adquirir serían importadas de éste país.</p>
Tomoe	<p>Tomoe³⁷ se presenta como una compañía fundada en 1941, cuya casa matriz se encuentra ubicada en Japón. Tomoe es una compañía que cuenta con dos unidades de negocio: la fabricación de máquinas y la comercialización de químicos para los sectores químicos, alimentos, farmacéutica, construcción naval, fabricación de acero e industria de energía eléctrica</p> <p>Las centrifugas decantadoras para este proyecto provienen de la sucursal de Estados Unidos. Sin embargo, Tome también cuenta con varias sucursales en América Latina que permiten una fácil adquisición de repuestos y posible asesoría técnica más económica que la ofertada por otros fabricantes.</p>

³³ ALFA LAVAL. About us [en línea]. Dinamarca: Alfa Laval, 2015 [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.alfalaval.com/about-us/our-company/>>.

³⁴ FLOTTWEG. About us [en línea]. Alemania: Flottweg, 2016 [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: <<https://www.flottweg.com/about-us/company/>>.

³⁵ CENTRISYS. About us [en línea]. Kenosha (Winsconsin): Centrisys, 2015 [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: <<http://centrisys.com/about>>.

³⁶ CENTEX. About us [en línea]. Houston (Texas): Centex, 2016 [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.cen-tex.net/#!about2/cc9x>>.

³⁷ TOMOE. Home [en línea]. Estados Unidos: Tomoe, 2016 [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: <<http://tomoe-engineeringusa.com/home.html>>.

3.1.2 Características Técnicas de las centrífugas En esta sección, se resumen las características técnicas de las centrífugas ofertadas de acuerdo a los parámetros definidos ...en la **Sección 1.3.2**... Las especificaciones técnicas de las centrífugas ofertadas por cada uno de los fabricantes descritos arriba se resumen en la **Tabla 5**.

En adición a las especificaciones técnicas, los aspectos comerciales también juegan un papel importante en la decisión de compra. Debido a esto, se presentan los aspectos comerciales que deben ser tenidos en cuenta para la selección de la mejor alternativa. Estos aspectos son la experiencia de los proveedores, la garantía que ofrece la marca, los costos de los equipos y el Incoterm que se ofrece en la cotización. La **Tabla 6** presenta un resumen de las ofertas comerciales de los distintos proveedores.

3.1.3 Análisis de decisión para selección de alternativas Para poder llevar a cabo un análisis sistemático y objetivo de las diferentes alternativas de compra disponibles en el mercado, se realizará un Análisis de Decisiones de Múltiples Criterios (MCDA), utilizando la utilizando la Teoría de Utilidad Multiatributo (MAUT).

De acuerdo con Castillo³⁸, la Teoría de Utilidad Multiatributo (MAUT) es un método de análisis cuantitativo que asume neutralidad al riesgo, independencia de los atributos y racionalidad del decisor.

Tabla 5. Características Técnicas de las centrífugas decantadoras ofertadas

Tipo de Centrífuga	Largo del Tambor [mm]	Diámetro del Tambor [mm]	Velocidad Máxima del Tambor [rpm]	Torque máximo de diseño de gearbox [kN*m]	Potencia Máxima del motor principal [HP]	Máxima capacidad hidráulica [gpm]
Alfa Laval – LYNX 40	2170	480	3650	6	125	440
Centex-1865	1651	458	3100	8	100	400
Flottweg Z8-E	3080	770	2650	24	120	330
Tomoe PTM 540	2337	636	2900	20.33	100	600
Centrisys CS21-4T2PH	2562	550	3150	13.5	75	400

Nota: Información basada en: ALFA LAVAL. Budget Quotation: LYNX 40 drilling mud decanter centrifuge. Soborg (Dinamarca). Abril 2016. CENTEX. Proposal 1862: drilling mud decanter centrifuge 1865. Houston (Texas). Abril 2016. FLOTTWEG. Offer A 206200: Flottweg decanter Z8-E. Vilsbirbug (Alemania). Abril 2016. TOMOE. Presupuesto N° 0229. Centrífuga decanter Tomoe modelo PTM 540. Sao Paulo (Brasil). Abril 2016. CENTRISYS. Budget Quotation: Centrisys CS 21-4T2PH. Winsconsin (Estados Unidos). Junio 2016.

³⁸ CASTILLO, Mario. Toma de decisiones en las empresas: entre el arte y la técnica: metodologías, modelos y herramientas. Bogotá D.C.: Ediciones Uniandes, 2006. p. 22.

Tabla 6. Aspectos comerciales relevantes para selección de centrifugas

Tipo de Centrifuga	Experiencia [años]	Garantía [meses]	Costo Total	Incoterm
Alfa Laval – LYNX 40	132	12-18	\$326.838 EUR	FCA
Centex-1865	9	12-18	\$299,000 USD	EXW
Flottweg Z8-E	60	12-18	\$466.200 EUR	FCA
Tomoe PTM 540	75	12-18	\$447.370 USD	FOB
Centrisys CS21-4T2PH	25	12-18	\$322,500 USD	EXW

Nota: Información basada en: ALFA LAVAL. Budget Quotation: LYNX 40 drilling mud decanter centrifuge. Soborg (Dinamarca). Abril 2016. CENTEX. Proposal 1862: drilling mud decanter centrifuge 1865. Houston (Texas). Abril 2016. FLOTTWEG. Offer A 206200: Flottweg decanter Z8-E. Vilsbirbug (Alemania). Abril 2016. TOMOE. Presupuesto N° 0229. Centrifuga decanter Tomoe modelo PTM 540. Sao Paulo (Brasil). Abril 2016. CENTRISYS. Budget Quotation: Centrisys CS 21-4T2PH. Winsconsin (Estados Unidos). Junio 2016.

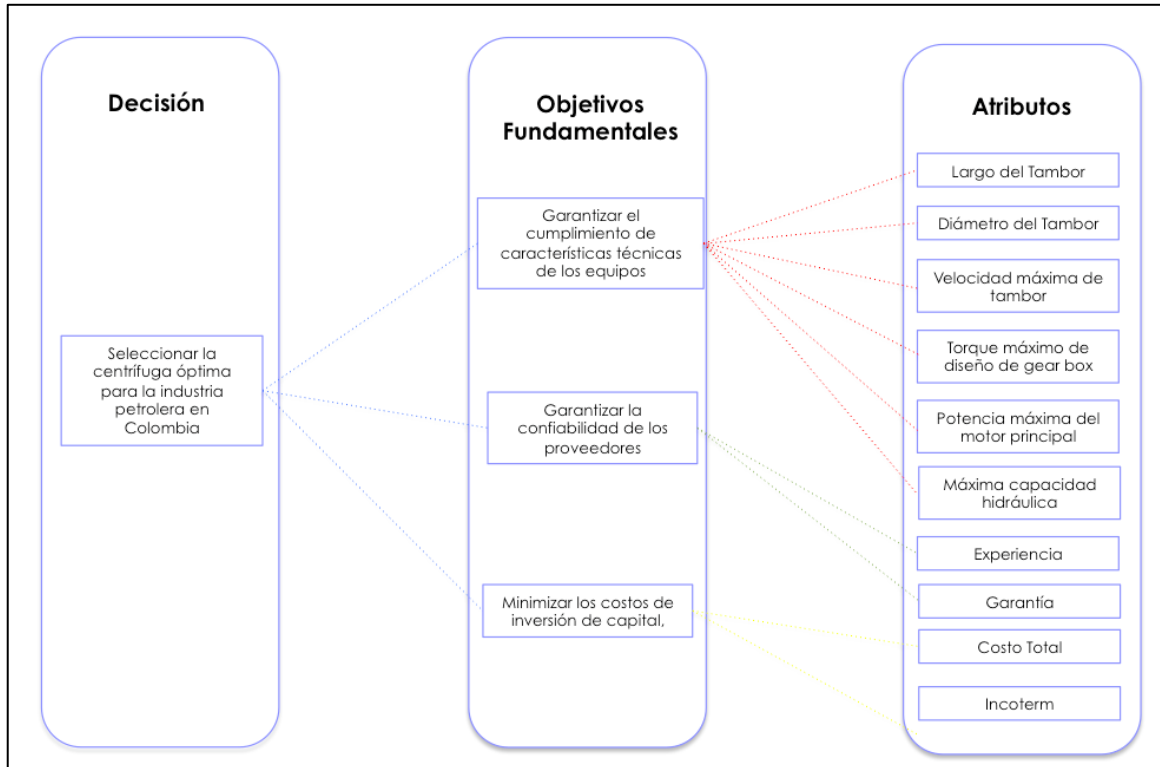
Con el fin de seleccionar la mejor centrifuga para cumplir con los lineamientos expuestos en el presente estudio de pre-factibilidad, se definió la realización de un análisis de decisión con múltiples criterios. En las secciones siguientes se presentan los pasos para la construcción, ejecución y análisis del modelo.

3.1.3.1 Identificación de la decisión, objetivos y atributos En un Análisis de Decisiones de Múltiples Criterios, se desea tomar una decisión en función de una serie de objetivos. A su vez, el cumplimiento de dichos objetivos se reflejan en los diferentes atributos de las alternativas a comparar.

En éste caso, la decisión que se desea tomar es seleccionar la centrifuga óptima para la industria petrolera en Colombia. Los objetivos y los atributos que serán utilizados para éste Análisis se describen en la **Gráfica 13**, donde se muestra la relación entre la decisión, los objetivos y el desprendimiento para cada atributo a ser evaluado, con el fin de realizar un proceso efectivo de toma de decisiones.

3.1.3.2 Evaluación del Problema Una vez definida la estructura del árbol de atributos, se procede a evaluar el problema utilizando el software de análisis de decisiones HiView®. A través de éste software, es posible ingresar el valor de los atributos para cada una de las alternativas a contemplar. Igualmente, es posible definir la importancia relativa de cada uno de los objetivos y de los atributos en función de la preferencia de los individuos que van a tomar la decisión de compra. De ésta forma, es posible construir un modelo de decisión que permite llevar a cabo un análisis sistemático y objetivo de las alternativas presentadas por los diferentes proveedores.

Gráfica 13. Arbol de objetivos y atributos



La **Tabla 7** muestra la ponderación de los pesos para los objetivos globales del análisis. De acuerdo con ésta tabla, el objetivo Costos es el más importante, seguido del aspecto Técnico. Por último, el objetivo Confiabilidad es el menos importante entre los objetivos del decisor.

Tabla 7. Ponderación de pesos para objetivos globales

Aspectos	Ponderación
Técnico	160
Confiabilidad	100
Costos	200

Se estima que el objetivo Técnico es un 60% más importante que el objetivo Confiabilidad. Por otra parte, el objetivo Costos es un 100% más importante para el decisor que el aspecto confiabilidad.

Como se muestra en la **Gráfica 13**, cada uno de los objetivos (Costos, Técnico y Confiabilidad) está compuesto por diferentes atributos. De acuerdo con el juicio de expertos, también es posible determinar un orden relativo de importancia para cada uno de los aspectos a contemplar. La **Tabla 8** muestra la ponderación de cada uno de los atributos del objetivo Técnico.

Tabla 8. Ponderación de pesos para atributos técnicos

Aspectos	Ponderación
Largo Tambor	160
Máxima Capacidad Hidráulica	200
Potencia Máxima	130
Torque Gear Box	100
Velocidad Tambor	150
Diámetro Tambor	160

Como se puede apreciar arriba, se considera que la Máxima Capacidad Hidráulica es el atributo más importante en las centrifugas a seleccionar con una ponderación de 200 puntos. Por otra parte, el aspecto menos importante a considerar es el torque máximo del gearbox, el cual tiene una ponderación de 100 puntos - menor que todos los atributos a considerar en el análisis de los aspectos técnicos.

Este método puede extenderse al objetivo Confiabilidad. De acuerdo con la **Gráfica 13**, el objetivo Confiabilidad cuenta con dos atributos – la experiencia del proveedor y la garantía que éste ofrece por sus equipos. A partir del juicio de los expertos consultados por el autor, se estima que la garantía es un 50% más importante que la experiencia del proveedor. El resumen de la ponderación de los atributos que conforman el objetivo Confiabilidad se presenta en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Ponderación de pesos para atributos de confiabilidad

Aspectos	Ponderación
Experiencia	100
Garantía	150

Finalmente, la construcción del modelo también debe incluir la ponderación de los atributos que conforman el objetivo Costos, los cuales son el costo total y el Incoterm ofertado por cada uno de los proveedores de las alternativas a analizar. De acuerdo con el juicio de los expertos consultados, se estima que el costo total es un 80% más importante que los Incoterm, tal como se presenta en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Ponderación de pesos para atributos costos

Costos	Ponderación
Costo Total	180
Incoterm	100

La evaluación de los diferentes Incoterms se realiza de acuerdo con la ponderación presentada en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Puntaje para atributos Incoterm

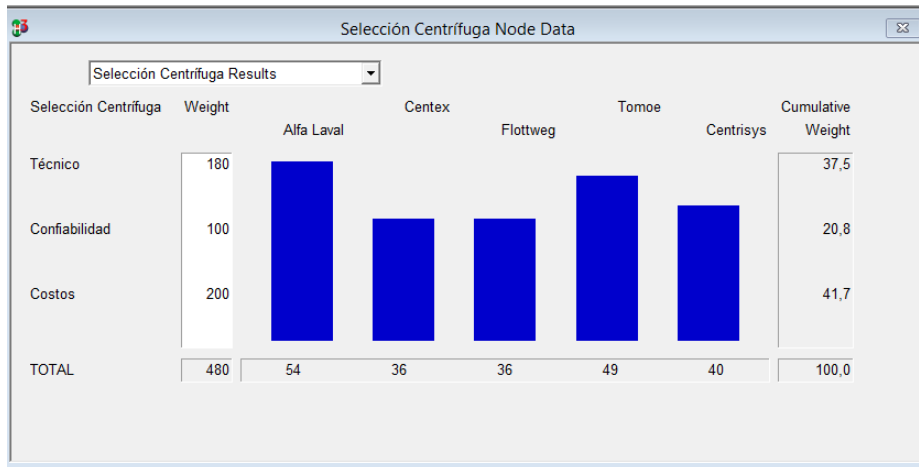
Incoterm	Ponderación
EXW	02
FCA	03
FOB	04

Finalmente, la valoración de los criterios se realizaron de acuerdo a los resultados resumidos en la **Tabla 5** y la **Tabla 6**. Para poder llevar a cabo una comparación objetiva de las diferentes ofertas, los costos de las diferentes alternativas se convierten en dólares, mientras que la ponderación de los diferentes Incoterms se realiza de acuerdo con lo descrito en la **Tabla 11**.

3.1.3.3 Resultados En la **Gráfica 14** se observan los resultados globales presentados por el programa HiView®, donde se puede observar que la alternativa que arroja mejores resultados es la **Alternativa 1: Alfa Laval**, seguida por la **Alternativa 4: Tomoe**.

En está gráfica, se observa que el aspecto más relevante para está ponderación son los costos (41.7%), seguido por el aspecto técnico (37.5%) y finalmente por el aspecto confiabilidad (20.8%), de acuerdo con las preferencias expresadas por los expertos consultados durante la realización de dicho análisis.

Gráfica 14. Resultados Globales HiView



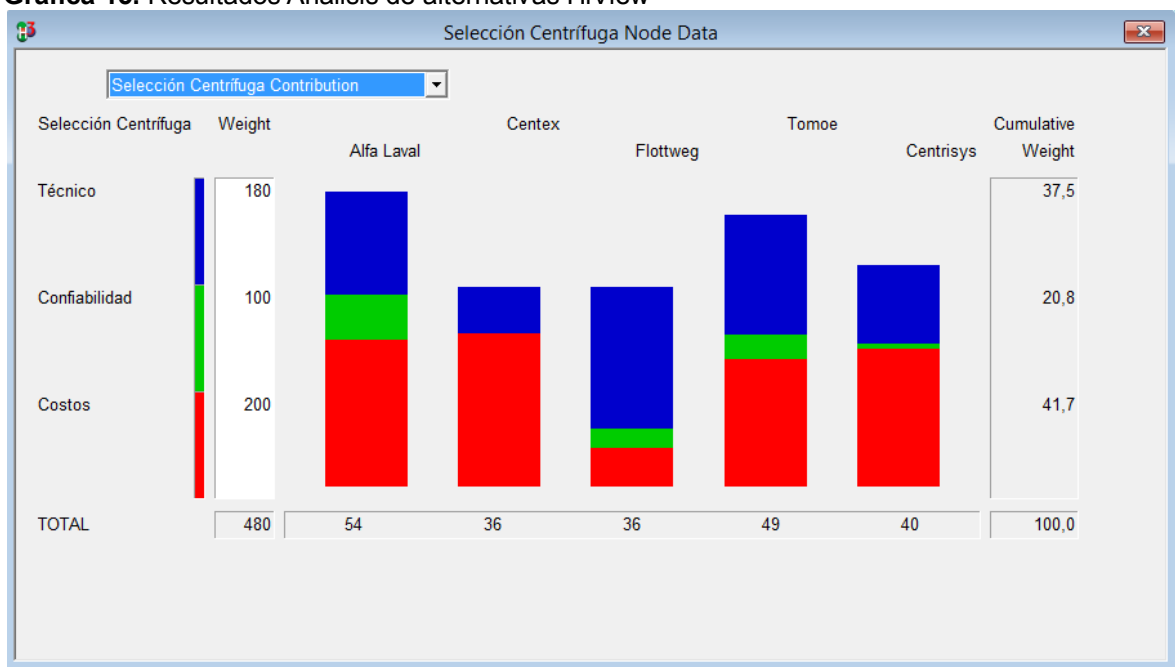
En la **Gráfica 15** se presentan resultados más detallados, donde se muestran las proporciones de los aspectos técnicos, confiabilidad y costos de cada alternativa. A partir de ésta gráfica, se puede confirmar que para la **Alternativa 1: Alfa Laval** hubo una contribución importante de puntuación por el cumplimiento de los tres objetivos: costos, confiabilidad y calidad técnica. Esto quiere decir que ésta centrífuga representa un balance entre los diferentes Objetivos que se pretendía cumplir por medio de éste Análisis de Toma de Decisiones.

Por otra parte, en la **Alternativa 4: Tomoe** también se observa una contribución importante de los tres aspectos. Sin embargo, la menor experiencia de la empresa productora de ésta alternativa se traduce en una menor puntuación con respecto a la oferta de Alfa-Laval LYNX 40.

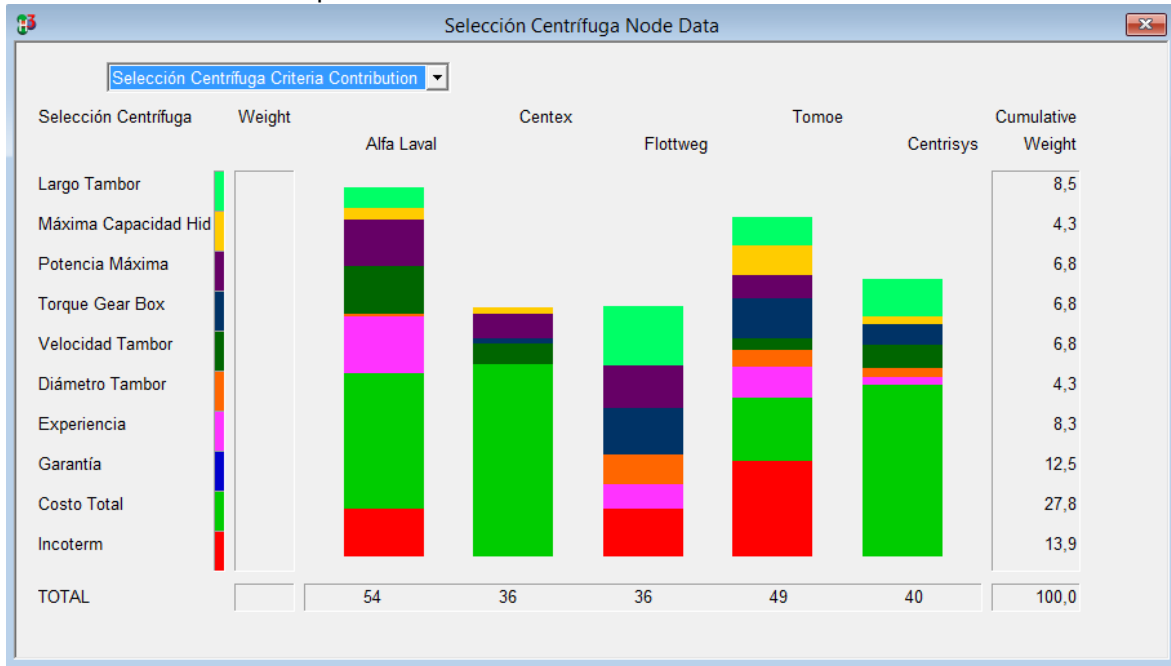
En la **Gráfica 16** se pueden observar las contribuciones de los atributos de segundo nivel para construir la puntuación de las diferentes alternativas. En la **Alternativa1: Alfa Laval** el atributo que representa la mayor contribución son los costos totales, seguido por la Experiencia (Aspecto Confiabilidad), Incoterm (Aspecto Costos) y los Aspectos Técnicos como la velocidad del tambor, la potencia máxima instalada de la centrífuga, su capacidad hidráulica y el largo del tambor, entre otros.

Nuevamente, ésta gráfica confirma que la centrífuga LYNX 40 ofertada por Alfa-Laval representa un balance aceptable entre los diferentes objetivos contemplados en el análisis.

Gráfica 15. Resultados Análisis de alternativas HiView



Gráfica 16. Resultados Específicos Análisis de alternativas HiView

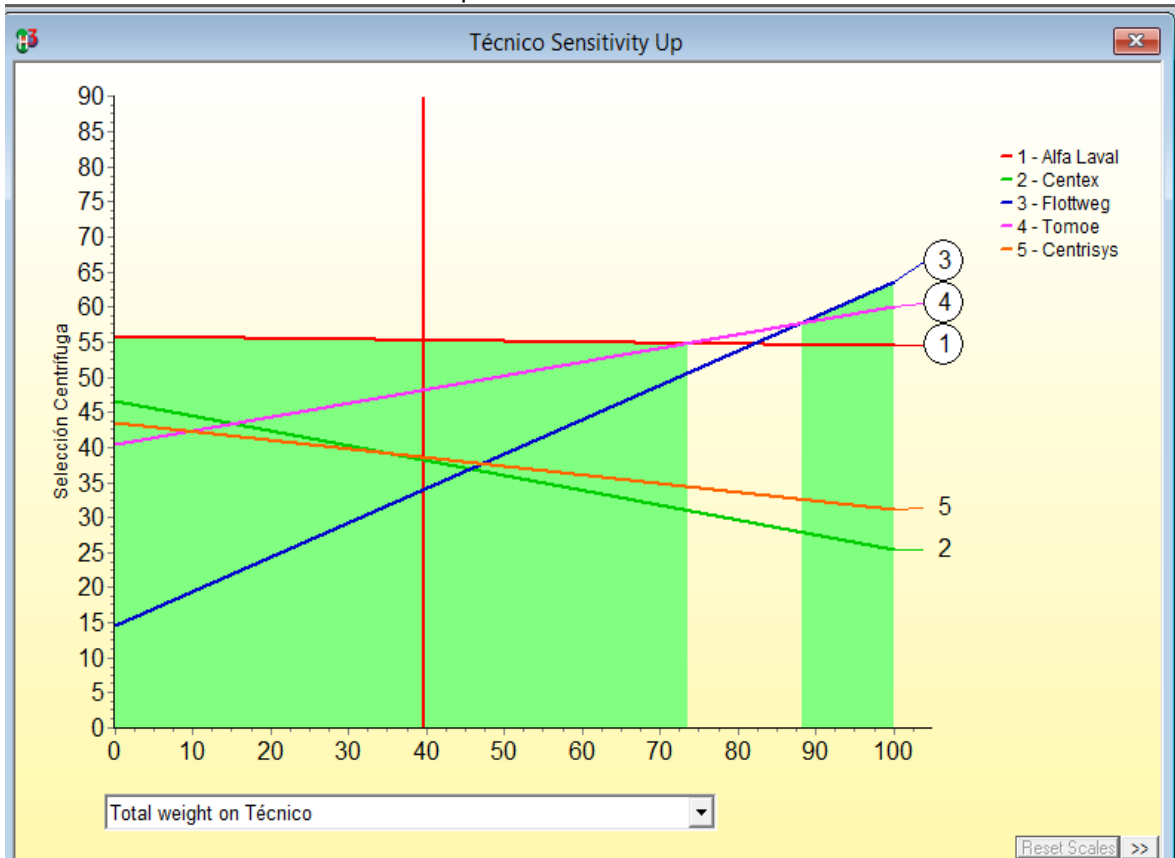


3.1.3.4 Análisis de Sensibilidad Finalmente, para poder confirmar la recomendación que surge tras la construcción y ejecución del Modelo Multicriterio de Análisis de Decisiones, es necesario llevar a cabo un análisis de sensibilidad para determinar si la alternativa seleccionada cambia y si las prioridades del decisor (expresadas en los pesos relativos otorgados a los diferentes objetivos y atributos) varían.

En la **Gráfica 17** se puede observar el análisis de sensibilidad realizado sobre el objetivo Técnico, donde en el eje X se muestra la variación de la importancia relativa de éste objetivo con respecto a los demás objetivos del análisis. La línea vertical cerca a la abcisa 40% representa el caso base del análisis presentado anteriormente.

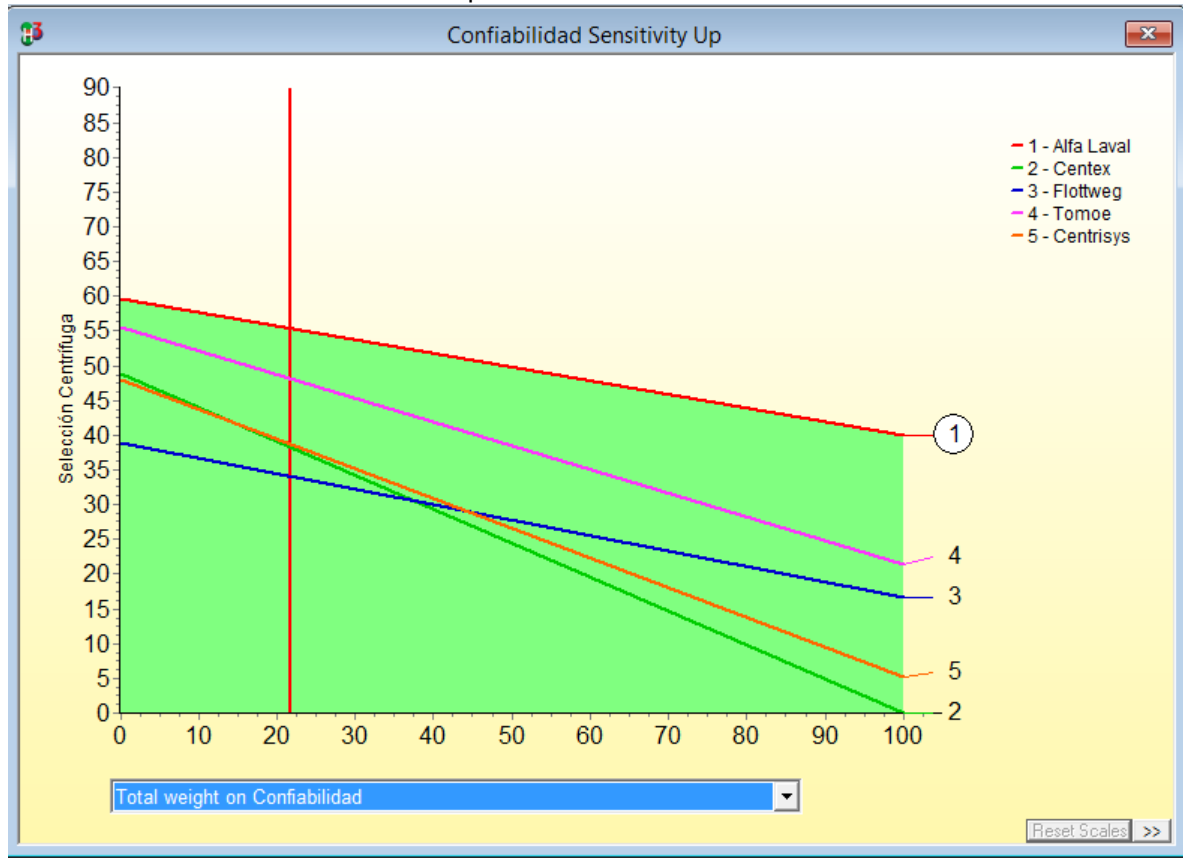
A medida que incrementa el porcentaje de peso de este aspecto, el ordenamiento de las alternativas varía. Sin embargo, ésta análisis muestra que la centrífuga ofertada por el fabricante Alfa-Laval sigue siendo la alternativa óptima siempre y cuando la importancia relativa de los aspectos técnicos sea menor o igual al 72-74%. En ese caso, alternativas como la centrífuga PT-540 ofertada por Tomoe toman la delantera.

Gráfica 17. Análisis de Sensibilidad Aspecto Técnico



Por otra parte, en la **Gráfica 18** se observa cómo cambia la preferencia de las alternativas cuando se varía la importancia relativa del objetivo Confiabilidad. Nuevamente, la centrífuga ofertada por la casa Alfa-Laval resulta ser la alternativa más atractiva bajo todos los escenarios de importancia relativa para éste objetivo. Esto confirma los resultados obtenidos en el caso base del análisis, donde la centrífuga Alfa-Laval LYNX 40 representaba un buen balance entre los diferentes criterios de análisis. La línea vertical que cruza la abcisa entre el 20 y el 22% representa el caso base contemplado en el análisis anterior.

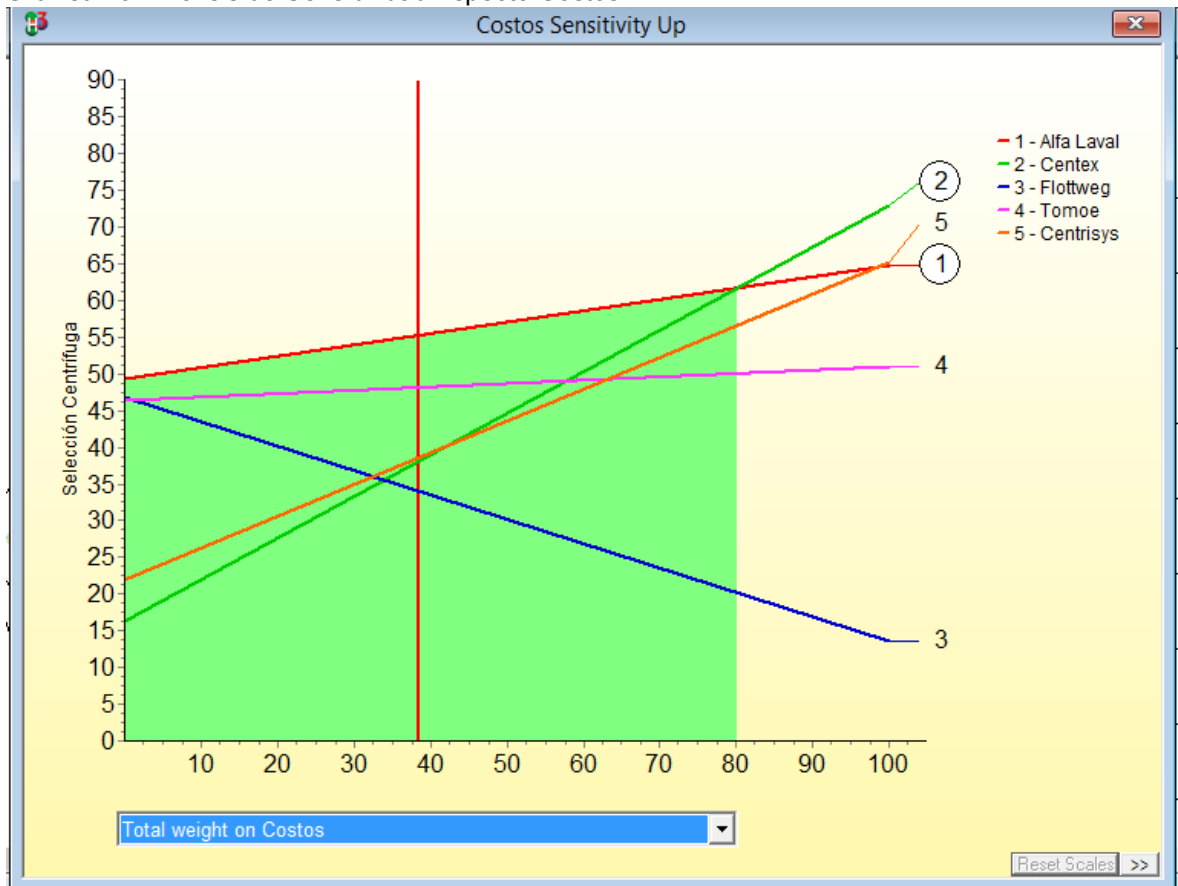
Gráfica 18. Análisis de Sensibilidad Aspecto Confiabilidad



Finalmente, en la **Gráfica 19** se observa la preferencia de las alternativas respecto al objetivo Costos. Nuevamente, en éste análisis se confirma que la centrífuga Alfa-Laval resulta ser la alternativa más atractiva siempre y cuando los costos tengan una importancia relativa menor o igual al 80% de la decisión total.

Si los costos tienen una importancia mayor al 80%, la alternativa más atractiva se convierte en la centrífuga Cen-Tex, la cual toma la delantera si el decisor le otorga más peso a éste objetivo que el contemplado en el caso base. Nuevamente, esto confirma que para un gran rango de variación en las prioridades del decisor, la centrífuga Alfa-Laval LYNX 40 representa la alternativa óptima que maximiza el cumplimiento de los objetivos contemplados en el análisis.

Gráfica 19. Análisis de Sensibilidad Aspecto Costos



3.1.3.5 Recomendación de Alternativa Con base en los resultados obtenidos tanto en el caso base como en el análisis de sensibilidad realizado al Modelo Multicriterio de Análisis de Decisión construido para llevar a cabo una decisión objetiva para la compra de centrífugas de alta capacidad, se recomienda adquirir la centrífuga LYNX 40 ofertada por la casa **Alfa Laval**, ya que ésta oferta representa un equilibrio aceptable entre costos, desempeño técnico y confiabilidad.

En las secciones a continuación se presenta un análisis de las alternativas de comercio exterior que existen para llevar a cabo la importación de éstos equipos desde su fábrica en Dinamarca hasta Colombia.

3.2 INCOTERM

De acuerdo con el análisis de decisiones con múltiples criterios (MCDA) presentado en la **Sección 3.1**, se definió que la alternativa seleccionada es **Alfa Laval-LYNX 40**. A partir de la alternativa seleccionada se realiza un análisis del incoterm descrito en la oferta de compra, cuya procedencia es Søborg-Dinamarca.

El proveedor seleccionado presenta una oferta de compra donde el precio total incluye FCA como Incoterm de acuerdo con el ICC. De acuerdo con Montenegro³⁹, esto significa que el vendedor entrega la mercancía para la exportación al transportista propuesto por el comprador en el lugar acordado. El lugar de entrega elegido influye en las obligaciones de carga y descarga de las partes. Si la entrega tiene lugar en los locales del vendedor, este es responsable de la carga de la mercancía; mientras que si la entrega ocurre en cualquier otro lugar, el vendedor no es responsable por las operaciones de izaje requeridas para el cargue y descargue de la mercancía.

De acuerdo con Montenegro⁴⁰, el Incoterm ofertado por el proveedor seleccionado, a continuación se presentan las obligaciones por parte del vendedor y del comprador que surgen como resultado de una compra bajo el Incoterm FCA.

Obligaciones del Vendedor

- Entrega de la mercancía y documentos necesarios.
- Empaque y Embalaje.
- Flete (de fábrica al lugar de exportación).
- Aduana (documentos, permisos, requisitos, impuestos).
- Gastos de exportación (maniobras, almacenaje, agentes).

Obligaciones del Comprador

- Pago de la mercancía.
- Flete (de lugar de exportación al lugar de importación).
- Seguros.
- Gastos de Importación (maniobras, almacenajes, agentes).
- Aduana (documentos, permisos, requisitos, impuestos).

3.2.1. Forma de Pago Debido a que es una transacción internacional cuyo monto supera los \$300.000 EUR, se recomienda realizar el pago con carta de crédito.

La carta de crédito es un documento utilizado como instrumento para realizar intercambios de mercancías en comercio exterior, que es llevado a cabo:

Quando el vendedor y el comprador se han puesto de acuerdo en cuanto a las condiciones de la transacción (valor, forma de envío, forma de pago, calidad, cantidad, etc). Por su parte, el comprador pide a su banco que emita a su favor una carta de crédito. Este banco evalúa el crédito y la emite. Cuando emite la carta de crédito, el banco está asumiendo la responsabilidad de pagarle al vendedor, en el momento en que se cumpla las condiciones de la transacción. A su vez, este banco le avisa al banco del vendedor que existe esta carta de

³⁹ MONTENEGRO, Sandra. Ordenamiento Jurídico Subyacente-Sesión 2. [diapositivas]. Bogotá (Colombia): Universidad de América. 2016. Diapositiva 40.

⁴⁰ Ibid., Diapositiva 42.

crédito del cual su cliente es beneficiario, este beneficiario debe verificar que la carta de crédito está redactada en los mismos términos y condiciones acordadas en un principio.

Una vez se realiza este procedimiento, se procede con el envío de la mercancía a su destinatario y a la recolección de los documentos requeridos en la carta de crédito: seguro, conocimiento de embarque, recibo de compra, etc. Una vez se ha completado el envío, y el comprador lo ha recibido a satisfacción, los documentos completos se presentan al banco que notificó al vendedor sobre el crédito a su favor, el cual verifica los documentos y los envía al banco emisor de la carta de crédito. Acto seguido, éste verifica los documentos y ordena enviar el dinero al banco del vendedor, el cual efectúa el pago al vendedor. De esta forma el comprador puede reclamar la mercancía.⁴¹

Como parte de los costos que debe asumir el comprador se recomienda incluir dentro de la cotización una póliza de todo riesgo para equipo, así como una póliza de seguro por garantía, con el fin de minimizar el riesgo asociado con el vencimiento de la garantía de la maquinaria por parte del proveedor, así como los gastos de exportación temporal para perfeccionamiento pasivo, importación, fletes, seguros y demás gastos que puedan generarse para la reparación del equipo.

Sin embargo, si en definitiva se desea comprar con efectivo, la compañía Alfa Laval⁴² ofrece los siguientes términos de pago: 40% con la orden de compra; 30% con la entrega de los planos de construcción y 30% restante con la notificación que el equipo esta listo para embarque.

3.2.2 Logística de importación A continuación se realiza un análisis de los medios y modos de transporte disponibles para la importación de centrífugas decantadoras de alta capacidad desde Dinamarca hasta Colombia. Para realizar ésta operación de comercio exterior, existen dos posibles medios de transporte:

▪ **Transporte Aéreo:**

Los contratos de transporte tienen tres actores: la aerolínea, el embarcador y el consignatario. Por su rapidez, los costos de los seguros son más bajos y el riesgo de la carga se ve disminuido. Sin embargo la capacidad de envío es más limitada por el espacio disponible en la nave. Este modo de transporte está regido por la ATAC (Asociación de Transporte Aéreo Colombiano) y por la IATA (Asociación Internacional de Transporte Aéreo).⁴³

⁴¹ SUBGERENCIA CULTURAL DEL BANCO DE LA REPÚBLICA. Carta de crédito [en línea]. Bogotá D.C.: 2015. [Citado 24 Mayo, 2016]. Disponible en internet: < http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/carta_de_credito>

⁴² ALFA LAVAL. Budget Quotation: LYNX 40 Drilling mud decanter centrifuge. Soborg-Dinamarca. Abril 2016.

⁴³ SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Modos y Medios de Transporte [en línea]. Colombia: 2015. [Citado 1 Junio, 2016]. p.1. Disponible en internet: <https://senaintro.blackboard.com/bbcswebdav/institution/semillas/822203_1_VIRTUAL/Objetos_de_Aprendizaje/Descargas/ADA%207/ADA_7.2.pdf>

En la **Figura 8** se presenta una imagen del transporte aéreo de carga internacional.

Los embarques utilizan la relación de estiba de 6,000 cm³/kg embalados en equipos con especificaciones técnicas debidamente señalados y marcados. El contrato de transporte es el mismo documento de transporte, que contiene las cláusulas, tarifas y recargos establecidos de acuerdo con la economía local e internacional.⁴⁴

Figura 8. Modo Transporte Aéreo



Fuente: ESTRATEGÍAS LOGÍSTICAS DE DISTRIBUCIÓN FÍSICA. El transporte aéreo como alternativa. Disponible en internet: <<http://logisticadistribucionfisicayestrategias.pbworks.com/w/page/82152835/El%20Transporte%20Aéreo%20Como%20Alternativa>>.

▪ **Transporte Marítimo en contenedor:**

Este modo de transporte presenta los costos más bajos de la Distribución Física Internacional (DFI), dada su capacidad para movilizar mercancías de gran volumen, poco valor y/o su capacidad para recorrer grandes distancias. Uno de los puntos débiles es la demora en la entrega de las mercancías, por lo tanto los seguros incrementan su valor por el tiempo, la distancia y sus frecuencias limitadas.⁴⁵

Para el transporte de las centrífugas decantadoras de alta capacidad, se recomienda llevarlo a cabo por medio de contenedores, para garantizar la integridad y seguridad del equipo. En la **Figura 9** se presenta una imagen del transporte marítimo de carga internacional.

⁴⁴ Ibid., p.2.

⁴⁵ Ibid., p.3.

Figura 9. Modo Transporte Marítimo



Fuente: NUÑEZ, Eulimar. Primera carga marítima entre Miami y La Habana en 50 años. BBC Mundo. Disponible en internet: <http://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/07/120711_eeuu_cuba_cargamento_maritimo_en.shtml>

▪ **Transporte Terrestre:**

Para el transporte terrestre hay mucha oferta de vehículos, el cual depende del tipo de carga y sus dimensiones, las cuales son reguladas por el Ministerio de Transporte. El transporte terrestre normalmente es el complemento de otros modos de transporte, ya que puede movilizar pequeñas y grandes cargas, manejar distancias largas y cortas, ofrece todo tipo de capacidades en su flota y es versátil para la movilización de diferentes tipos de mercancía y a costos más bajos, con cobertura nacional.

En el caso de Colombia, este medio de transporte presenta riesgos como altos índices de accidentalidad, saqueos en carreteras, vías en mal estado, etc. lo cual exige un mayor valor en los seguros.⁴⁶

En la **Figura 10** se presenta una fotografía del transporte terrestre.

⁴⁶ Ibid., p.3.

Figura 10. Modo Transporte Terrestre



Fuente: SUAPECA AGENTES ADUANALES. Transporte terrestre de carga pesada y liviana en Venezuela. Disponible en internet: <<http://www.suapeca.net/servicios/transporte-de-carga-pesada-y-liviana-en-venezuela/>>.

3.2.2.1 Selección de Modo de Transporte A partir de un análisis realizado con los expertos de logística se considera aceptable realizar el transporte internacional por vía marítima, ya que los equipos no se requieren de forma urgente, por lo que el costo adicional asociado con el transporte aéreo no estaría acompañado de un beneficio comparable – la disponibilidad rápida del equipo para su operación en campo.

3.2.3 Descripción del Transporte En la **Tabla 12** se presenta la descripción de los tipos de transporte seleccionado para la importación de equipos desde Dinamarca a Colombia.

Tabla 12. Descripción del Transporte

Origen	Destino	Tipo de Transporte	Responsabilidad
Søborg (Dinamarca)	Copenhagen (Dinamarca)	Terrestre	Proveedor
Copenhagen (Dinamarca)	Cartagena (Colombia)	Marítimo	Comprador
Cartagena (Colombia)	Tocancipá (Colombia)	Terrestre	Comprador

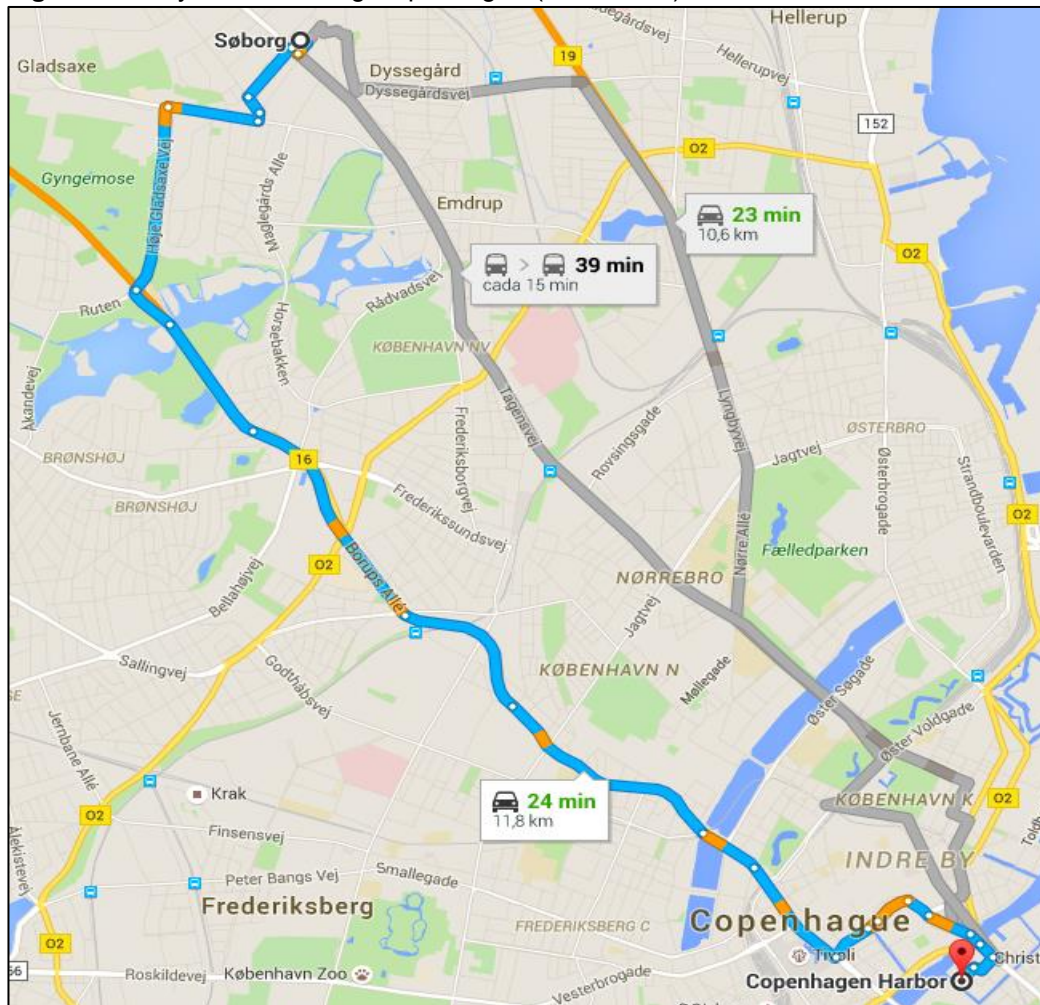
El proveedor seleccionado tendrá la responsabilidad del flete desde su fabrica en Søborg (Dinamarca) hasta el puerto que se encuentra ubicado en Copenhagen

(Dinamarca). En la **Figura 11** se presenta el recorrido del equipo desde Søborg hasta el puerto de embarque en Copenhague.

Dado el Incoterm de la oferta del proveedor, éste último es responsable por suministrar el transporte terrestre de los equipos desde su fábrica hasta el puerto principal de Dinamarca (Copenhague). Este trayecto tiene una duración entre 30 y 60 minutos.

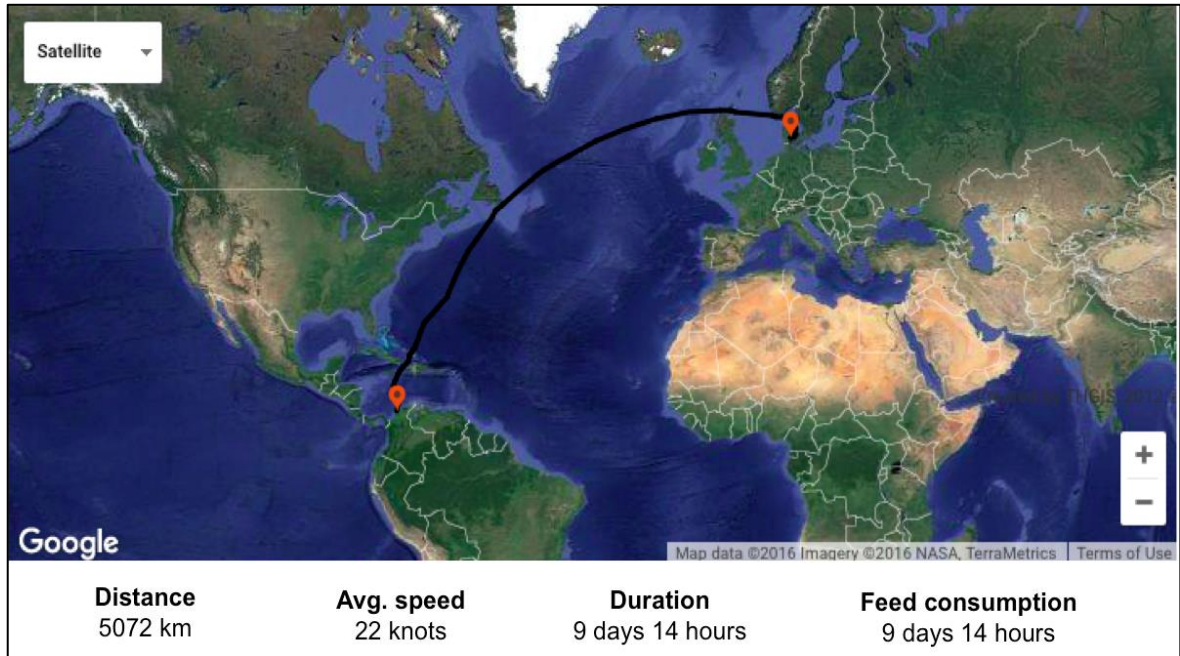
Acto seguido, el transporte marítimo internacional desde Copenhague (Dinamarca) hasta Cartagena (Colombia) será responsabilidad del comprador. Las centrífugas decantadoras serán almacenadas en contenedores para ser transportadas en el buque. La trayectoria del buque desde Dinamarca hasta Colombia se muestra en la **Figura 12**, donde el tiempo aproximado de viaje es de 9 días y 14 horas.

Figura 11. Trayectoria Søborg-Copenhague (Dinamarca)



Fuente: GOOGLMAPS. [programa informático en internet]. Disponible en internet: <<https://www.google.com/maps>>

Figura 12. Trayectoria del buque desde Dinamarca hasta Colombia



Fuente: SEA ROUTE FINDER. [programa informático en internet]. Disponible en: <<http://www.searoutefinder.com>>

Finalmente, el transporte interno en Colombia también es responsabilidad del comprador, el cual tiene origen en Cartagena (Colombia) y tiene como destino Tocancipá (Colombia).

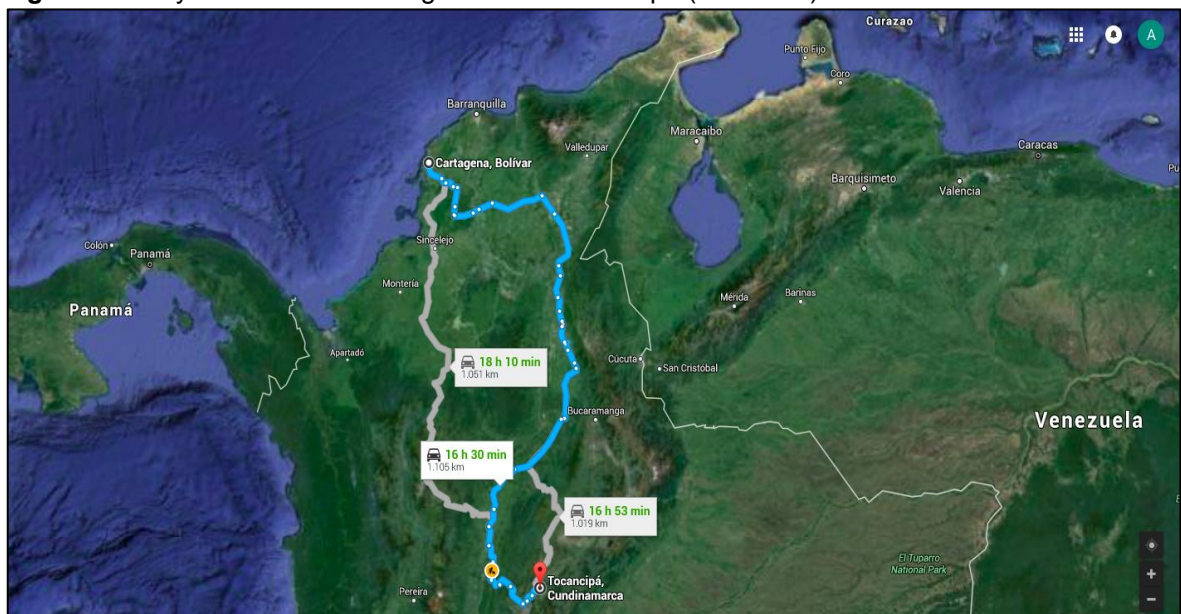
Como inicio de este estudio de pre-factibilidad se espera traer cuatro centrífugas para abastecer dos frentes de trabajo. De acuerdo con las dimensiones de las centrífugas (Largo: 5.135 m; Alto: 1.325 m; Ancho: 1.190 m; Peso: 4,800 kg) es necesario contratar dos vehículos Dobletroque (Camión de tres ejes, conocido como “600” en el vocabulario popular) cuyas especificaciones se muestran en la **Figura 13**. El transporte de éstos equipos tendrá una duración entre 16 y 19 horas, como se muestra en la **Figura 14**. La duración total del viaje por vía terrestre dependerá de las horas de restricción de los vehículos, el estado de las vías y la pericia del conductor. Sin embargo, se estima un mínimo de dos días para la llegada de la mercancía desde Cartagena hasta Tocancipá.

Figura 13. Descripción del vehículo de transporte de centrifugas



Fuente: DITRANSA. Especificaciones vehículo Doble Troque. Disponible en internet: <<http://www.ditransa.com.co/NuestraOferta/TypeOfVehicle.aspx>>.

Figura 14. Trayectoria desde Cartagena hasta Tocancipá (Colombia)



Fuente: GOOGLMAPS. [programa informático en internet]. Disponible en internet: <<https://www.google.com/maps>>.

3.2.4 Equipos de Cargue/Descargue y Almacenamiento En los terminales portuarios se utilizan grúas pórticos y grúas móviles para el cargue y descargue de los contenedores entre buque y muelle.

De acuerdo con Paredes⁴⁷, las grúas pórtico (**Figura 15**) solamente se utilizan para el manejo de contenedores en puerto, mientras que las grúas móviles (**Figura 16**) cumplen una función multipropósito ya que también se utilizan para cargue y descargue de carga general paletizada, granel sólido y maquinaria tanto en los muelles, como en los patios. Los contenedores son descargados del buque directamente a camiones y cargados de camiones al buque, es decir que los camiones son utilizados para el transporte o transferencia de los patios a los muelles y viceversa.

Figura 15. Grúa Pórtico



Fuente: DESARROLLO PERUANO. Ya operan las Grúas Pórtico del Callao. Perú: 7 Abril, 2009. Disponible en internet: <<http://desarrolloperuano.blogspot.com.co/2009/04/ya-operan-las-gruas-portico-del-callao.html>>.

⁴⁷ PAREDES MORATO, Yolima. Proyecto La Logística Portuaria [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia): Superintendencia de puertos y transportes. Julio, 2010 [Citado 2 Junio, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.supertransporte.gov.co/documentos/2014/delegada%20puertos/caracterizacion%20puertos/LOGISTICA%20PORTUARIA.pdf>>.

Figura 16. Grúa Terrestre



Fuente: DIRECT INDUSTRY. Grúa telescópica. Disponible en: http://www.directindustry.es/exhibit_on_directindustry.html.

Por otra parte, los contenedores son transportados y almacenados en patios divididos en módulos de exportación e importación, donde se utilizan las grúas RTG (Figura 17) para el cargue y descargue de contenedores. Estas pueden desplazarse a través de los módulos de los patios del puerto entre las hileras de contenedores, ocupando menos espacio que una grúa terrestre.

Figura 17. Grúa RTG



Fuente: MUNDO PORTUARIO. Grúa RTG. Disponible en internet: <https://mundoportuario.wordpress.com/2008/12/02/equipos-portuarios/>.

De acuerdo con Paredes⁴⁸, los elevadores de alcance (**Figura 19**) y frontales (**Figura 18**) son utilizados en el almacenamiento en patios de contenedores, ya que éstos tienen dificultades para intervenir en los módulos de almacenamiento de los terminales portacontenedores. También se utilizan en los muelles para el cargue y descargue de contenedores desde camiones, con el fin de agilizar las operaciones portuarias.

Figura 18. Elevador Frontal



Fuente: MERCADO LIBRE. Elevador Frontal. Disponible en internet: <[http://listado.mercadolibre.com.co/elevador-frontal#D\[A:elevador-frontal\]](http://listado.mercadolibre.com.co/elevador-frontal#D[A:elevador-frontal])>.

Figura 19. Elevador de Alcance



Fuente: TURBOSQUID. Elevador de Alcance. Disponible en: <<http://www.turbosquid.com/Search/Index.cfm?keyword=reachs+tacker>>.

⁴⁸ Ibid., p.20.

En las zonas de inspección, de llenado y vaciado de contenedores, así como los cargues y descargues en las instalaciones tanto del proveedor como del comprador, se utilizan cargadores como los mostrados en la **Figura 20**.

Figura 20. Cargador



Fuente: PUERTO BUENOS AIRES. Cargador. Disponible en internet: <<http://www.puertobuenosaires.gov.ar/equipamiento-52>>.

De acuerdo con las diferentes operaciones de cargue y descargue de equipos, en la **Tabla 13** se relacionan las posibles actividades de cargue y descargue que se pueden requerir para llevar a cabo el proceso de importación de las centrífugas desde Dinamarca hasta Colombia. Las diferentes operaciones de cargue y descargue que deben realizarse en el transcurso de la operación de importación impactan el presupuesto final, por lo que es recomendable identificarlas en su totalidad.

Tabla 13. Descripción de actividades de cargue y descargue

Tipo de Equipo	Lugar	Descripción	Responsabilidad
Grúa ó Cargador	Fabrica del proveedor (Søborg-Dinamarca)	Cargue de los equipos desde la bodega del proveedor hasta el transporte con destino a puerto.	Proveedor
Grúa ó Cargador	Puerto Copenhagen (Dinamarca)	Descargue de los equipos desde vehículo de transporte hasta módulos del puerto.	Comprador
Grúa ó Cargador	Puerto Copenhagen (Dinamarca)	Cargue de los equipos desde módulo de puerto hasta lugar de embarque al buque.	Comprador
Grúa Pórtico	Puerto Copenhagen (Dinamarca)	Cargue de los equipos a la nave.	Comprador
Grúa Pórtico	Puerto Cartagena (Colombia)	Descargue de los equipos a la nave.	Comprador
Grúa ó Cargador	Puerto Cartagena (Colombia)	Descargue de los equipos desde nave hasta módulo de importación.	Comprador
Grúa ó Cargador	Puerto Cartagena (Colombia)	Cargue de los equipos desde módulo de puerto hasta vehículo de transporte hasta base del comprador.	Comprador
Grúa ó Cargador	Base del Comprador (Tocancipá-Colombia)	Descargue de los equipos desde vehículo transportador hasta base de proveedor.	Comprador

De acuerdo con las sugerencias de la compañía que va a realizar la compra, se espera que sea contratada una agencia internacional de carga para que realice los trámites de importación de las centrífugas desde Dinamarca hasta Colombia. Por experiencia de los expertos en logística de la empresa, se sugiere contratar a la compañía Caribbean Cargo Agency S.A.S para prestar un servicio integral en la importación de centrífugas de alta capacidad.

3.3 NACIONALIZACIÓN

Finalmente, el último paso a tener en cuenta en el proceso de importación de los equipos seleccionado es su nacionalización en Colombia. En ésta sección, se identificarán los requisitos técnicos y el procedimiento a seguir para surtir el proceso de nacionalización de los equipos con éxito.

Estos requisitos deben identificarse con anticipación, ya que si no se cumple con la totalidad de los requisitos impuestos por las autoridades aduaneras en Colombia, se corre el riesgo de que la carga sea almacenada en puerto por un largo tiempo, lo cual puede resultar en grandes sobrecostos.

3.3.1 Requisitos de Importación en Colombia Los requisitos técnicos para la importación de mercancías a Colombia se listan a continuación:

- **Ubicación de la subpartida arancelaria:** Se debe localizar la posición arancelaria del producto a importar. Para tal efecto, el Centro de Información Empresarial ZEIKY presenta un sistema de ayuda donde se tiene acceso a los aranceles aplicables según el tipo de mercancía a nacionalizar. La subpartida arancelaria de las centrífugas decantadoras de alta capacidad se presenta en la **Tabla 14**.
- **Registro como importador:**

Para llevar a cabo una importación de bienes a Colombia, se debe pertenecer al Régimen Común. Para ello, se debe estar inscrito en la Cámara de Comercio y tener Registro Único Tributario-RUT, el cual se constituye como el único mecanismo para identificar, ubicar y clasificar a los sujetos de obligaciones administradas y controladas por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN).⁴⁹
- **Estudio de Mercado:** Es necesario realizar un estudio de mercado (...**Capítulo 2...**) y de factibilidad económica de la importación, analizando entre otros aspectos: precio del producto en el mercado internacional, costos de transporte internacional, costos de nacionalización y demás gastos.

⁴⁹ MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. ¿Cómo importar a Colombia? [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia): Agosto 8, 2011. [Citado 6 Junio, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.mincit.gov.co/mincomercioexterior/publicaciones.php?id=16268>>.

- **Identificación del producto:** Verificar la subpartida arancelaria del producto a importar para conocer de antemano el monto de los tributos aduaneros (gravamen arancelario e impuesto sobre las ventas, IVA) y demás requisitos para su importación (Ver **Tabla 14**).

Tabla 14. Nomenclatura subpartida arancelaria

Nomenclatura	Descripción
84.21	Centrifugadora, incluidas las secadoras centrífugas; aparatos para filtrar o depurar líquidos o gases.
8421.19	Las demás
8421.19.90.00	Las demás
Gravamen (%)	5%

Fuente: COLOMBIA, MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Decreto 4927 (26, diciembre, 2011). Por el cual se adopta el arancel de aduanas y otras disposiciones. Bogotá D.C., : El Ministerio, 2011. 286.p.

Consultar la circular 077 de 2002 para verificar si el producto a importar está sujeto a vistos buenos de parte del Ministerio de Comercio Exterior. En el caso de las centrífugas decantadoras de alta capacidad, no están sujetas a ningún requisito de visto bueno previo por parte de ninguna autoridad en Colombia, por esta razón, no se requiere autorización de registro de importación.

- **Procedimiento Cambiario en las Importaciones:** De acuerdo con la Cámara de Comercio de Villavicencio⁵⁰, el Régimen Cambiario establece la obligación de canalizar el pago a través de intermediarios de mercado cambiario autorizados por la ley (Bancos Comerciales, Corporaciones Financieras, entre otros). El importador debe girar al exterior las divisas correspondientes al pago de la importación, previo al diligenciamiento del formulario DECLARACIÓN DE CAMBIO N° 1.

3.3.2 Proceso de Nacionalización De acuerdo con la Cámara de Comercio de Villavicencio⁵¹, el proceso a seguir para llevar a cabo la nacionalización de los productos es el siguiente:

- Una vez se encuentre la mercancía en Colombia en el Depósito Aduanero, se recomienda solicitar autorización para realizar una pre-inspección con anterioridad a la presentación de la Declaración de Importación y demás documentos.
- Como el valor de la importación es superior a \$5,000 USD se debe comprar y diligenciar la DECLARACIÓN ANDINA DEL VALOR EN ADUANA, el cual es el

⁵⁰ CÁMARA DE COMERCIO DE VILLAVICENCIO. ¿Qué hacer para importar? [en línea]. Villavicencio (Colombia): 27 Noviembre, 2009. [Citado 6 Mayo, 2016]. p.2. Disponible en internet: <http://www.ccv.org.co/ccvnueva/files/O.Guia_para_Importar.pdf>.

⁵¹ Ibid., p. 2-4.

documento soporte de la Declaración de Importación, que determina el valor de Aduanas (Base para el pago de los Tributos Aduaneros) de las mercancías objeto de importación.

- La liquidación de tributos Aduaneros (Gravamen Arancelario, IVA) se hace a través de la DECLARACIÓN DE IMPORTACIÓN. El pago de éstos se realiza ante los intermediarios del mercado cambiario (Bancos Comerciales, Corporación Financiera). En las principales aduanas en donde opera el Sistema Global Aduanero SIGA, los formularios se hacen por medio electrónico.
- Como la importación supera el monto de mil dólares americanos (\$1,000 USD) la importación deberá tramitarse a través de una Sociedad de Intermediación Aduanera (SIA).
- Para el levante o retiro de la mercancía, una vez cancelados los Tributos Aduaneros, el Importador debe dirigirse al Depósito Habilitado de Aduanas donde se encuentra la mercancía y presentar los siguientes documentos, los cuales serán revisados por un funcionario de la Aduana respectiva. La totalidad de los documentos de importación deberán conservarse por un término de cinco años.
 - Factura Comercial.
 - Declaración de Importación.
 - Declaración Andina del Valor en Aduanas.
 - Lista de Empaque.
 - Certificado de Origen (Según el producto y el origen).
 - Documento de transporte (Conocimiento de Embarque).
 - Otros certificados o vistos buenos, si se requieren.
- El Sistema de Información Aduanero determinará si podrá efectuarse un levante automático, o si se requiere inspección física de la mercancía. En el primer caso, podrá retirarse la mercancía una vez sea autorizado por el Depósito o Funcionario Aduanero. Si el Sistema de Información Aduanera exige que se realice una inspección, el inspector de la DIAN verificará la concordancia de lo declarado en los documentos con la mercancía previamente a la autorización de levante.

3.3.3 Aspectos Importantes de Nacionalización En la **Tabla 15** se presenta el procedimiento detallado para la importación de centrífugas decantadoras a Colombia, haciendo especial énfasis en los tiempos y documentos requeridos para la nacionalización de la mercancía en Colombia.

Tabla 15. Procedimiento importación de centrifugas decantadoras a Colombia

1. Aviso de arribo	2. Manifiesto de carga y entrega información documentos de viaje	3. Aviso de llegada	4. Autorización de descargue
El transportador: mínimo 6 horas antes.	El transportador o el agente de carga (carga consolidada): mínimo 12 horas antes de la llegada o 6 horas antes en trayectos cortos.	El transportador: en el momento o con anterioridad a la libre plática.	La DIAN: recibido el aviso de llegada.
7.1. Solicitud planilla de envío	6.2. Justificación de excesos o sobrantes y faltantes o defectos	6.1. Informe de descargue e inconsistencias (IDI)	5. Aviso de finalización del descargue (AFD)
El transportador, el agente de carga, el puerto o el depósito: antes de la salida del lugar de arribo para el traslado de la mercancía a depósito o zona franca.	El transportador o el agente de carga (carga consolidada): 5 días siguientes al IDI o 2 meses para demostrar la llegada de la mercancía en un embarque posterior.	El transportador: dentro de las 24 horas siguientes al AFD. El agente de carga: dentro de los 5 días siguientes al AFD. El responsable del puerto o muelle: dentro de las 12 horas siguientes al AFD.	El responsable del puerto o muelle o el transportador (si no hay puerto o muelle): descargada la totalidad de la carga.
7.2. Entrega a depósito o zona franca	8. Ingreso a depósito o zona franca - Planilla de recepción	9. Permanencia de la mercancía en depósito (PMD)	10. Presentación de la declaración de importación
El transportador, el agente de carga o el responsable del puerto: dentro de los 5 días hábiles siguientes al IDI.	El depósito o el usuario operador de zona franca recibe la planilla de envío, ordena el descargue y confronta la cantidad, el peso y el estado de los bultos y elabora la planilla de recepción que remite a la DIAN.	1 mes contado desde la fecha de llegada al territorio aduanero nacional (TAN), prorrogable hasta por otro mes adicional.	El declarante: dentro del término de PMD.
14. Autorización de levante de la mercancía	13. Inspección aduanera	12. Pago de tributos aduaneros	11. Aceptación de la declaración de importación
La DIAN: automático o previa inspección física o documental, si se establece conformidad entre lo declarado y lo inspeccionado.	Si no se autorizó el levante automático por sistema o por solicitud escrita del declarante. Puede ser documental o física. Se suspende el término de PMD. Debe realizarse en forma continua y concluirse a más tardar el día siguiente en que se ordenó su práctica.	El declarante: a través de banco o entidad financiera autorizada, dentro del término de PMD. Si la mercancía sale de zona franca al resto del TAN: dentro de los 2 meses siguientes a la aceptación de la declaración de importación.	La DIAN: previa validación de las causales para no aceptar la declaración de importación. La no aceptación no suspende el término de PMD.

Fuente: MONTENEGRO, Sandra. Ordenamiento Jurídico Subyacente-Sesión 2. [diapositivas]. Bogotá (Colombia): Universidad de América. 2016. Diapositiva 48.

Nuevamente, se recomienda contar con el apoyo de una Sociedad de Intermediación Aduanera – SIA –requerido para llevar a buen término los trámites aduaneros. Contar con una SIA permite reducir la carga administrativa, así como los tiempos requeridos para llevar a cabo el levante de la mercancía de forma rápida y efectiva.

3.3.4 Oportunidades Arancelarias La importación de las centrífugas decantadoras de alta capacidad se realizará desde Søborg (Dinamarca).

Es importante resaltar que Dinamarca siendo miembro de la Unión Europea (UE), se encuentra incluida dentro de los países que conforman el acuerdo comercial entre la Unión Europea, Colombia y Perú, respaldada por el Decreto 1513 de 2013. A partir de este decreto, se plantea una eliminación del arancel para los productos que tienen la siguiente sub-partida arancelaria: 8421.19.90.00. Por ésta razón, las centrífugas decantadoras de alta capacidad cuyo país de Origen es Dinamarca no tendrán que pagar ningún tipo de arancel por su importación a Colombia.

3.3.5 Oportunidades de Ahorro de IVA Asimismo, las centrífugas decantadoras de alta capacidad pueden ser consideradas como equipos de inversión ambiental, ya que su uso contribuye a reducir el volumen de residuos que resulta tras la perforación de pozos petroleros. Debido a esto, la importación de estos equipos puede tener beneficios tributarios que representa un ahorro de hasta el 16% (IVA) en el precio de compra de los equipos, de acuerdo con el Art. 424-4 del estatuto tributario.

De acuerdo con Salgado⁵², la utilización de centrífugas decantadoras de alta capacidad aumenta la eficiencia del sistema de control de sólidos, lo cual resulta en una reducción en los volúmenes de las corrientes residuales de lodo descartado, agua residual y residuos sólidos, en comparación con los observados en un sistema donde se utilizan centrífugas convencionales, generando beneficios ambientales observables a corto plazo.

Para poder ser beneficiario de la Exención del IVA descrita anteriormente, es necesario obtener la certificación del Ministerio de Medio Ambiente para aplicar a este incentivo, demostrando que los equipos que se van a comprar no se producen en el país, y que igualmente éstos se encuentran destinados para reciclar y procesar residuos líquidos y sólidos. Una vez surtido éste proceso, es posible aplicar al beneficio tributario, siempre y cuando se logre demostrar que los equipos a importar forman parte de un programa aprobado por el Ministerio del Medio Ambiente.

⁵² SALGADO y VARGAS. Op. Cit. p.72.

Una vez obtenida la aprobación de la exención de IVA, se debe presentar la certificación del Ministerio del Medio Ambiente ante la DIAN para legalizar la exención y evitar el pago de éste impuesto. Al acceder a ésta exención, se reduce significativamente el costo de inversión final del proyecto, aumentando así la probabilidad de que el proyecto de inversión sea rentable.

3.4 INVERSIÓN REQUERIDA

Para poder realizar una evaluación integral de la factibilidad del negocio a través de un modelo económico de flujo de caja descontado, es fundamental determinar el monto de la inversión requerida para adquirir las centrífugas decantadoras seleccionadas. En esta sección se realizará un análisis detallado de la inversión requerida, resumiendo así el análisis realizado en éste capítulo e integrando las variables que comportan riesgo.

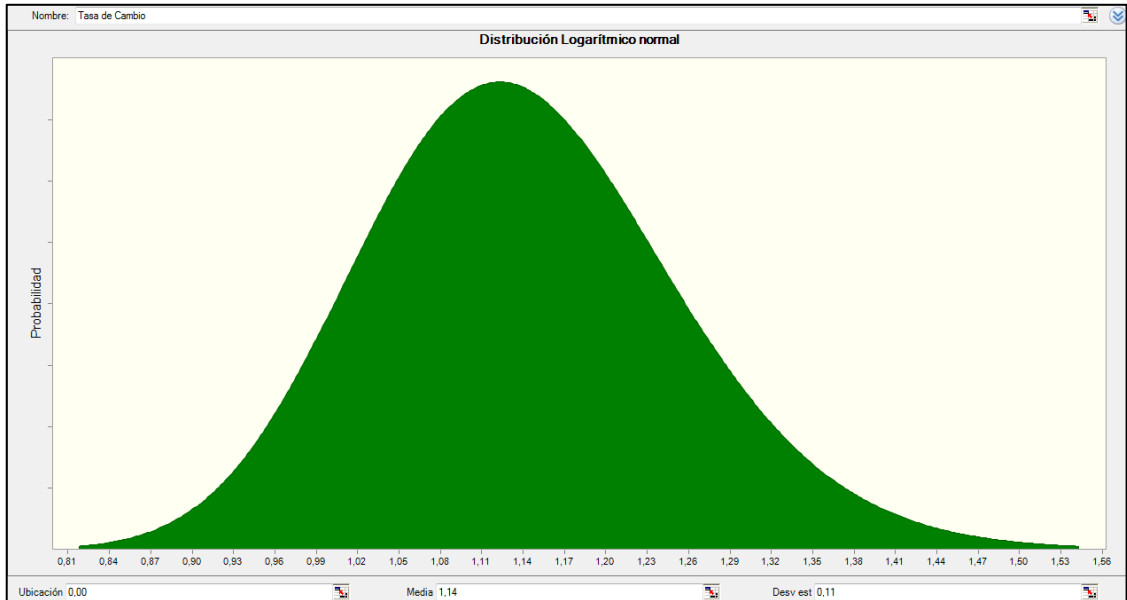
3.4.1 Variables Probabilísticas Dentro del análisis de los costos de inversión, se identificaron algunas variables que presentan cierta incertidumbre y que pueden afectar los costos totales de inversión. Para poder estimar la variabilidad en el monto total de la inversión a realizar, es necesario definir la distribución de probabilidad que presentan estas variables, las cuales se estimaron con un grupo de expertos en la materia. A continuación se presentan estas variables y las distribuciones de probabilidad utilizadas en la estimación de su valor:

- **Tasa de Cambio EUR/USD:** La tasa de cambio es una variable de riesgo, ya que diariamente está cambiando debido a factores macroeconómicos. La distribución de probabilidad asignada a ésta variable se estructuró a partir de los datos históricos de la tasa de cambio EUR/USD desde el año 2005 hasta el año 2015⁵³. La distribución de probabilidad resultante se define en la **Gráfica 20**.
- **Costo del Flete Marítimo:** El costo del flete marítimo depende de la naviera que se va a contratar, así como el tipo de buque y el tiempo de recorrido que se estima para el viaje. Por ésta razón, éste costo se modelará con una distribución de probabilidad triangular con valor pesimista de \$35.000 USD, valor más probable de \$29.000 USD y valor optimista de \$20.000 USD.⁵⁴ Dicha distribución se encuentra definida en la **Gráfica 21**.

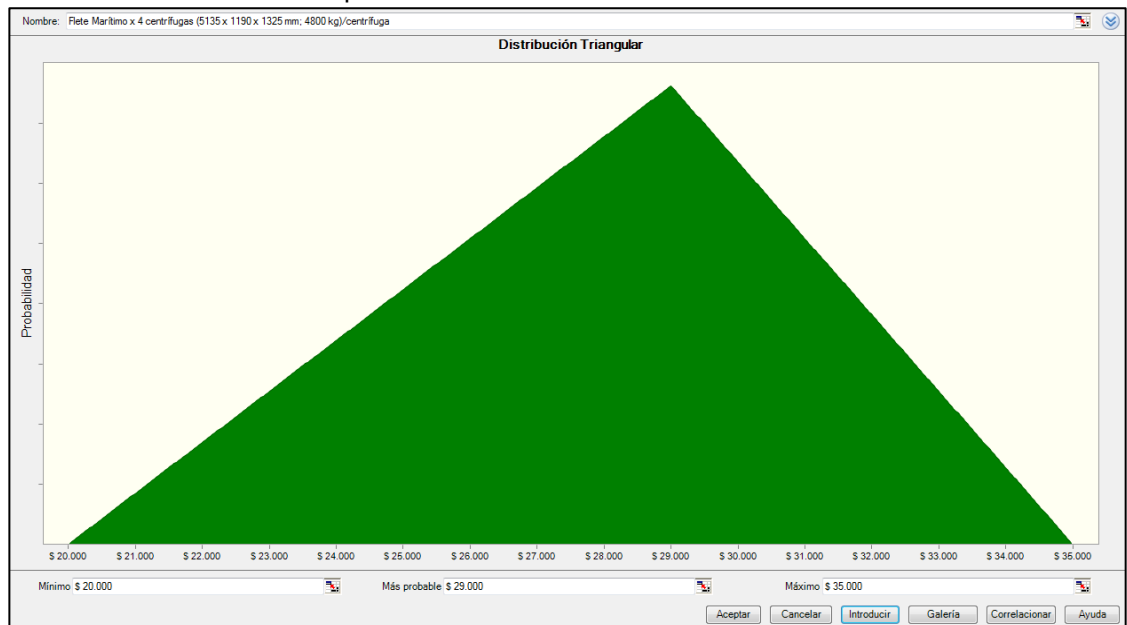
⁵³ BLOOMBERG MARKETS. EURUSD Spot Exchange Rate [en línea]. 5 Mayo, 2016. [Citado 4 Junio, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.bloomberg.com/quote/EURUSD:CUR>>.

⁵⁴ CARIBBEAN CARGO INTERNATIONAL. Cotizaciones transporte 4 centrífugas. Bogotá D.C. 8 Junio, 2016.

Gráfica 20. Distribución de probabilidad Tasa de Cambio EUR/USD



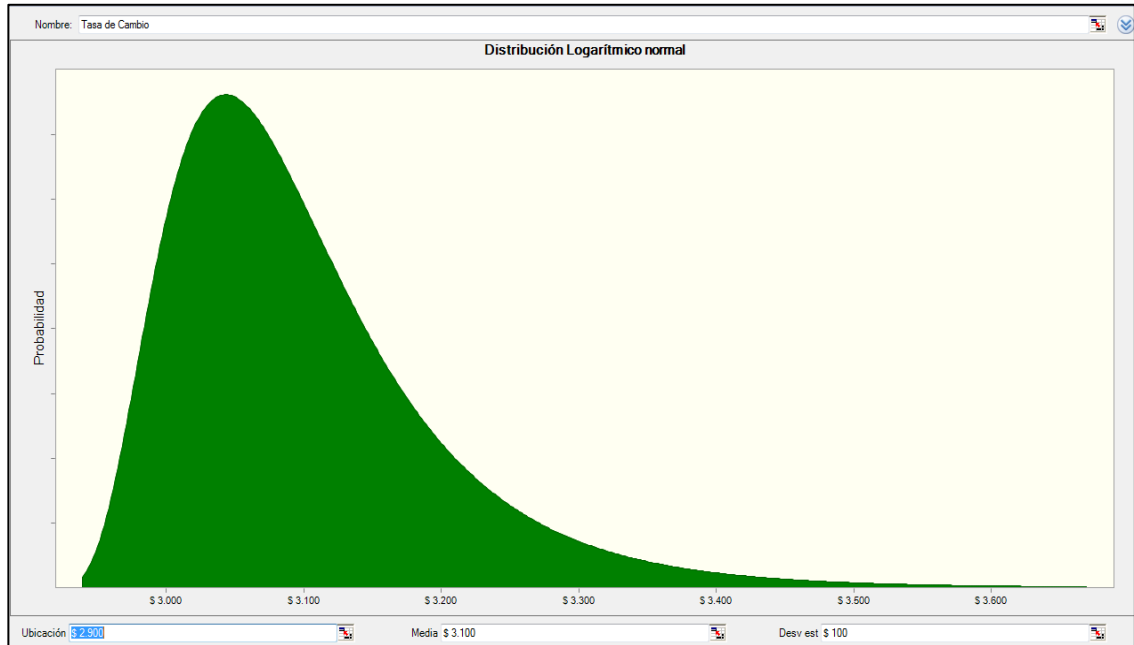
Gráfica 21. Distribución de probabilidad Costos de Flete Marítimo



- **Tasa de Cambio USD/COP:** Al igual que la tasa de cambio EUR/USD, la tasa de cambio USD/COP también fluctúa diariamente. Debido a esto, ésta variable también es modelada de forma probabilística. La distribución de probabilidad utilizada fue una distribución tipo Log-Normal con una media de \$3100 COP/USD y una desviación de \$100 COP/USD⁵⁵, la cual se muestra en la **Gráfica 22**.

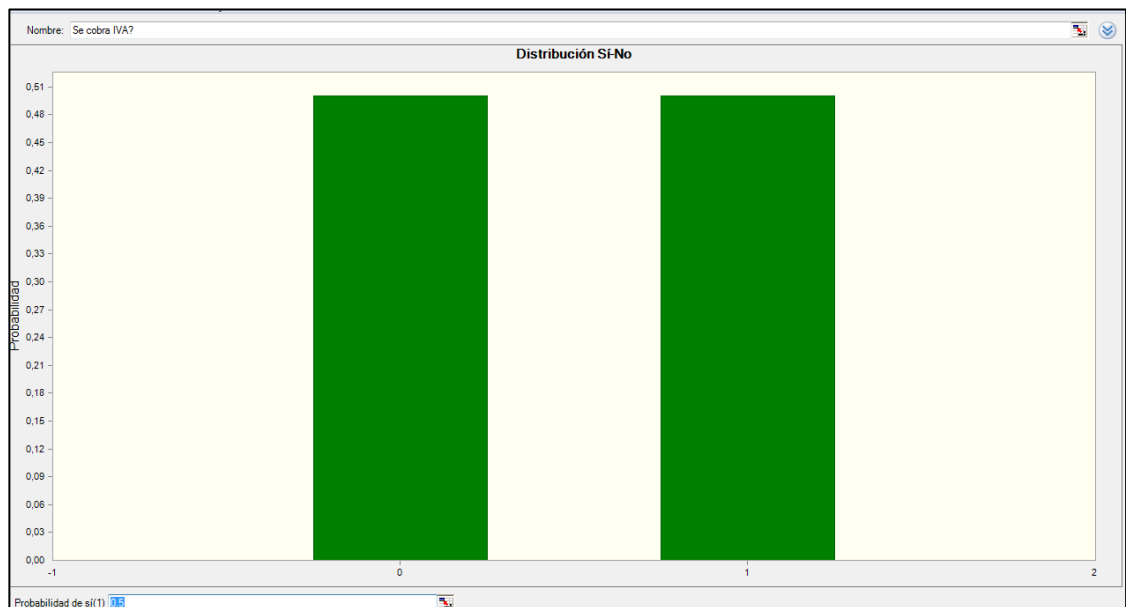
⁵⁵ BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, Serie de datos históricos TRM, Op.cit. p. 2.

Gráfica 22. Distribución de probabilidad TRM



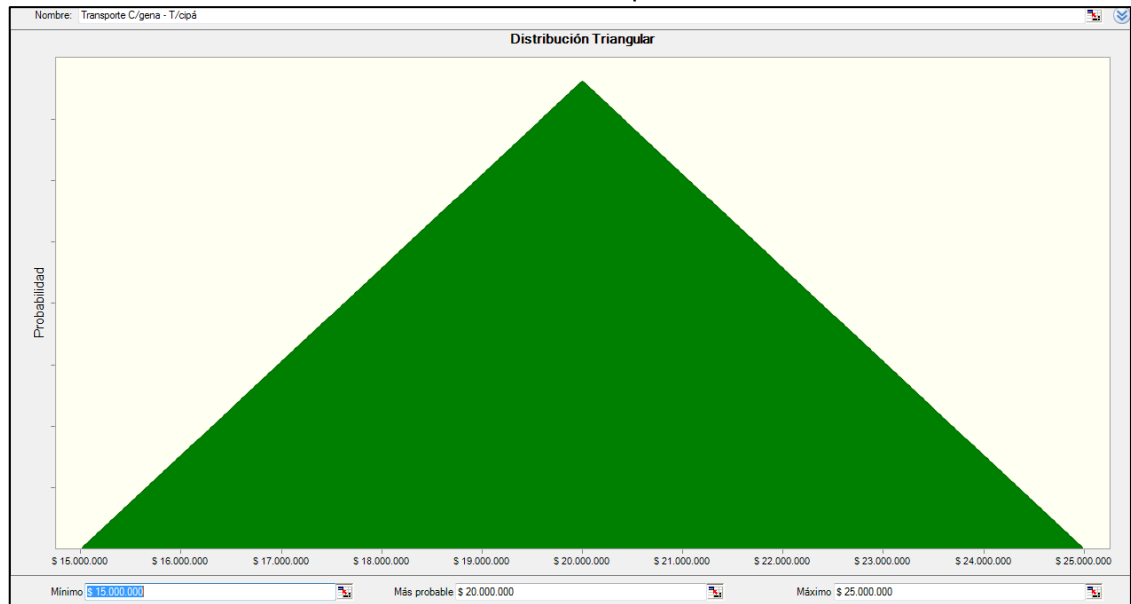
- **IVA:** La probabilidad de que se cobre el IVA es de un 50%, ya que no se tiene certeza de la exención del IVA debido a que es la primera vez que la compañía realiza este proceso. Por lo tanto, la obligación de pagar IVA o no se modela como una variable discreta tipo Bernoulli, donde se presenta un 50% de probabilidades que la exención del IVA no resulte exitosa, y un 50% de probabilidad que ésta pueda ser gestionada exitosamente (Ver **Gráfica 23**).

Gráfica 23. Distribución de Probabilidad Cobro del IVA



- **Costo de Flete desde Cartagena hasta Tocancipá:** El costo del transporte terrestre desde puerto hasta la base de la empresa en Tocancipá es una variable que depende del proveedor y del tipo de negociación que se acuerde con la empresa transportadora. Por esta razón, éste costo se modelará como una distribución triangular con valor máximo de \$25'000.000 COP, valor más probable de \$20'000.000 COP y valor mínimo de \$15'000.000 COP⁵⁶. La distribución de dicha variable se muestra en la **Gráfica 24**.

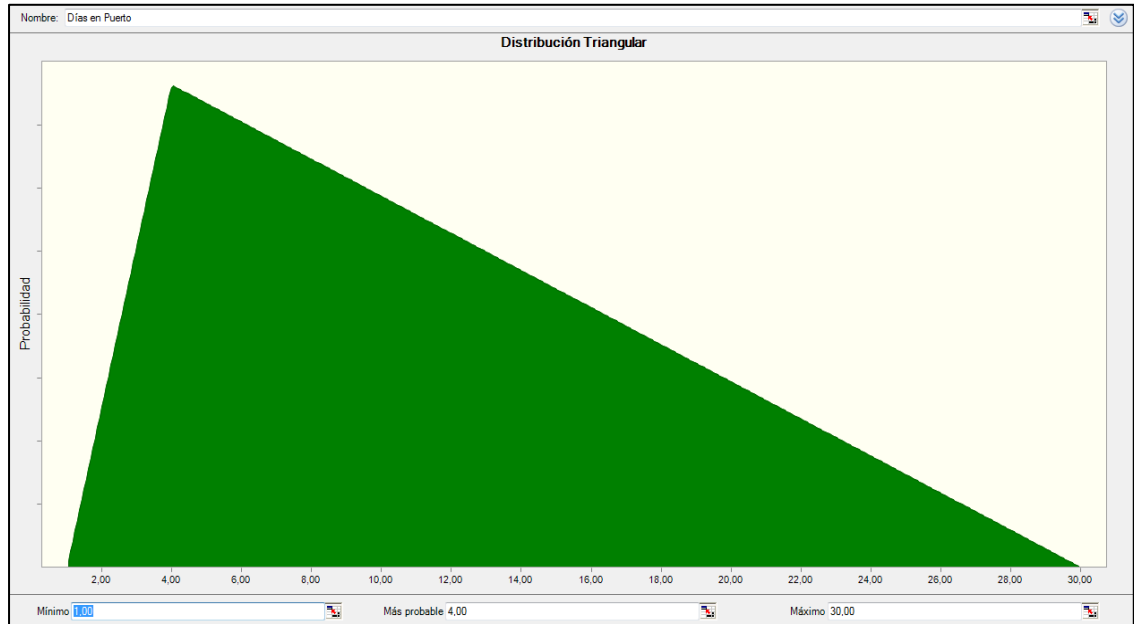
Gráfica 24. Distribución de Probabilidad Costo Transporte Terrestre Colombia



- **Días de permanencia en puerto:** Los días de permanencia en puerto son importantes, ya que ésta es una variable que puede afectar el costo total del proceso de importación y sobre la cual la empresa importadora no tiene ningún control, ya que la DIAN puede retener las mercancías por un tiempo indefinido a la espera de una inspección, y el importador debe asumir estos costos. Para este caso, se definió una distribución de probabilidad de tipo triangular, cuyos valores optimistas y pesmistas se encuentran definidos entre 1 y 30 días respectivamente y el valor más probable es 4 días. La distribución probabilística de ésta variable se presenta en la **Gráfica 25**.

⁵⁶ LOGISPETROL. Cotización transporte Cartagena-Tocancipá 4 Centrifugas. Bogotá D.C. 12 Junio, 2016.

Gráfica 25. Distribución de probabilidad días en puerto



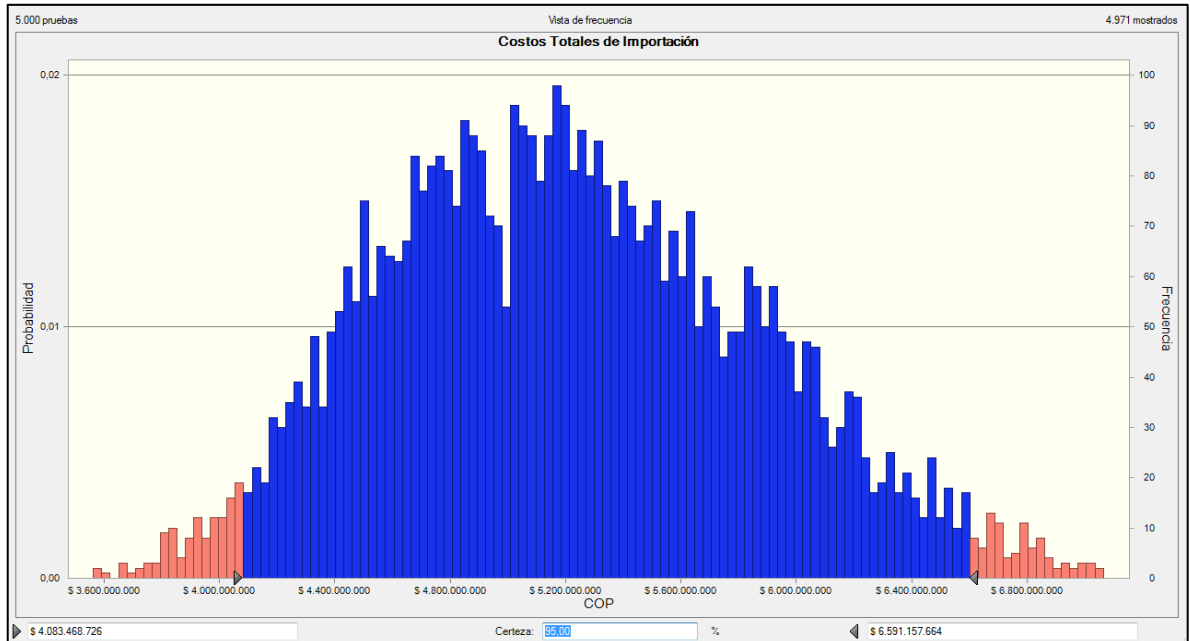
3.4.2 Definición de costos En la **Tabla 16** se presenta un despliegue de los costos relacionados con la importación de cuatro (4) centrifugas decantadoras Alfa Laval LYNX-40. Las variables probabilísticas que se describieron en la sección anterior se muestran con un fondo verde, mientras que las variables determinísticas (variables que no están sujetas a cambio) no presentan marcación alguna. Por otra parte, el costo total de la inversión a realizar se muestra como una variable marcada con color azul, por ser la variable de previsión o pronóstico.

Tabla 16. Costos de importación de cuatro (4) Alfa Laval LYNX-40

Descripción	Valor	Unidad
Valor unitario FCA por centrífuga	\$ 326.838	EUR
Tasa de Cambio	1,14	EUR/USD
Número de Centrífugas	4	
Valor Total FCA de las centrífugas	\$ 1.490.381	USD
Flete Marítimo x 4 centrífugas (5135 x 1190 x 1325 mm; 4800 kg)/centrífuga	\$ 29.039	USD
Recargo x Bunker	\$ 295	USD
Muellaje, Recepción y Manejo Terminal cargos en Dinamarca	\$ 805	USD
Documentación, Mensajería y Comunicaciones	\$ 250	USD
Tarifa Bill of Lading (B/L)	\$ 55	USD
Seguro Todo Riesgo	\$ 17.473	USD
Valor Total CIF de las centrífugas	\$ 1.538.299	USD
Tasa de Cambio	\$ 3.018	USD/COP
Valor Total CIF de las centrífugas	\$ 4.642.587.033	COP
Arancel	\$ -	COP
Se cobra IVA?	0	Si/No
IVA (16%)	\$ 0	COP
Transporte C/gena - T/cipá	\$ 25.000.000	COP
Manipulación de la Carga en Puerto (C/gena)	\$ 400.000	COP
Días en Puerto	12	días
# Contenedores	4	
Bodegaje en Puerto (C/gena)	\$ 600.000	COP
Declaración Andina de Valor (DAV)	\$ 15.000	COP
Autenticación del mandato de la SIA en Notaría	\$ 6.000	COP
Diligenciamiento de los documentos	\$ 100.000	COP
Movimiento de Contenedor para inspección	\$ 220	USD
Movimiento de Contenedores	\$ 880	USD
Movimiento de Contenedores	\$ 2.655.840	COP
Comisión de la SIA	\$ 27.845.014	COP
Comisión de apertura de la Carta de Crédito	\$ 26.916.847	COP
Costos Totales de Importación	\$ 4.726.125.734	COP

3.4.3 Análisis de costos Para determinar los rangos de costos en los que se puede incurrir para realizar la importación de los equipos, se realizó una simulación del comportamiento de los costos totales de importación en el programa Crystal Ball®. Este programa permite analizar hasta 5000 escenarios de costos, obteniendo los resultados presentados en la **Gráfica 26**.

Gráfica 26. Resultados Costos Totales de Importación

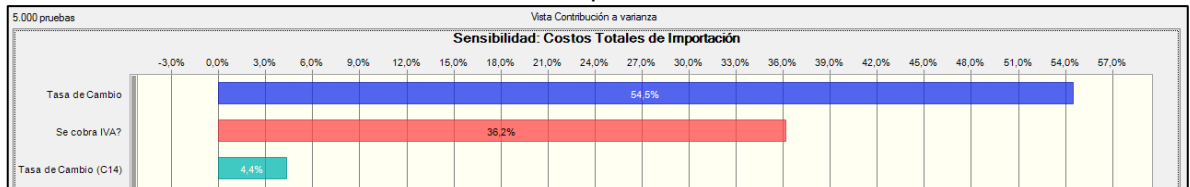


En la **Gráfica 26** se observa que los resultados arrojados por la simulación se encuentran entre los \$4'083.468.726 COP y \$6'591.157.664 COP con un intervalo de confianza de 95%. La diferencia entre el valor más alto y el valor más bajo de la inversión a realizar puede ser de aproximadamente \$2.500 MMCOP, lo cual resalta la importancia de tener en cuenta la variación del presupuesto de inversión dentro del modelamiento financiero del proyecto con el fin de realizar una evaluación integral de la viabilidad del mismo.

3.4.4 Análisis de sensibilidad Con el fin de determinar cuales son las variables que más influyen en el presupuesto de la inversión, se realizó un análisis de sensibilidad. Los resultados del mismo se resumen en la **Gráfica 27**, la cual identifica las variables de mayor influencia sobre el costo total de la inversión.

Al identificar las variables que mayor impacto tienen sobre el costo total de la inversión, es posible definir estrategias que permitan reducir su variación y con esto, reducir el riesgo asociado con el proyecto.

Gráfica 27. Análisis de Sensibilidad Costos de Importación



En la **Gráfica 27** se muestran los resultados del análisis de sensibilidad, donde el mayor impacto es causado por la Tasa de Cambio USD/COP con 54.5% de variación sobre el costo total, seguido del cobro de IVA (36.2%) y finalmente por la Tasa de Cambio EUR/USD (4.4%). Esto indica que es necesario centrar la atención en estos tres aspectos para reducir el riesgo de que existan sobrecostos en el proyecto de inversión.

Para reducir los riesgos asociados con los costos de importación se recomienda asegurar la tasa de cambio EUR/USD y USD/COP con una cobertura en el mercado de futuros, forwards o mediante compra de opciones, minimizando así el riesgo de la variación de las divisas. Por otro lado, se recomienda dedicar recursos empresariales para garantizar que la gestión ante el Ministerio de Ambiente para acceder a la exención de IVA resulte exitosa.

4. EVALUACIÓN FINANCIERA

En el presente capítulo se evalúa la viabilidad financiera del estudio de pre-factibilidad descrito ...en el **Capítulo 1...** y ...el **Capítulo 2...** asumiendo los costos de inversión descritos ...en el **Capítulo 3...** En ...la **Sección 4.1...** se describen las generalidades y suposiciones que se tendrán en cuenta para realizar la evaluación económica, mientras que de ...la **Sección 4.2...** a ...la **Sección 4.4...** se realiza un análisis de los costos asociados con el proyecto de inversión. ...En la **Sección 4.5...** se realiza la descripción y análisis de los ingresos, mientras que ...la **Sección 4.6...** describe el valor de salvamento establecido para los bienes adquiridos como parte del proyecto de inversión.

Una vez establecidos los parámetros de ingresos, costos y suposiciones, de ...la **Sección 4.7...** a ...la **Sección 4.12...** se describen el procedimiento y las ecuaciones requeridas para estimar el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto teniendo en cuenta la variabilidad de los parámetros utilizados en el modelo financiero. Por otra parte, ...en la **Sección 4.13...** se describen los resultados de la corrida de simulación para estimar un rango de VPN, así como un análisis de sensibilidad de las variables probabilísticas que influyen el resultado del VPN. Finalmente, ...en la **Sección 4.14...** se describen los resultados de una corrida de simulación en la que se controlan las variables que mayor influencia generan sobre el VPN, estimando así el valor estimado de las acciones de mitigación y gestión del riesgo que se pueden implementar para garantizar la viabilidad del proyecto.

4.1 GENERALIDADES DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA

En esta sección, se presentan las generalidades de la evaluación financiera para determinar la viabilidad del presente estudio de pre-factibilidad. El modelo consiste en un flujo de caja descontado donde se evalúa el valor presente neto (VPN) del proyecto. Este modelo de flujo de caja descontado también se someterá a un análisis de riesgo, permitiendo así establecer el rango de resultados que podría arrojar el proyecto tras su implementación.

4.1.1 Horizonte de Tiempo La unidad de tiempo para el análisis será en meses, sin embargo los resultados se presentarán en años. El horizonte de tiempo del análisis será de 10 años, distribuidos de la siguiente forma:

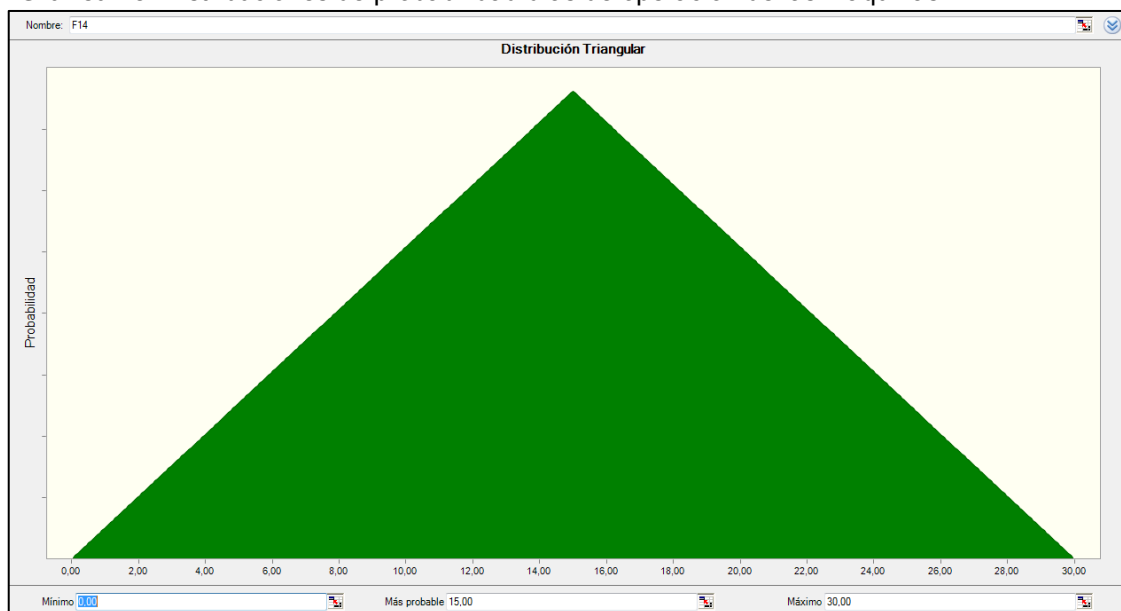
- En el período cero (0) del proyecto se ejecuta la inversión requerida, y no se generan costos ni ingresos asociados con la operación en campo.
- De acuerdo con Salgado⁵⁷ el primer período incluye una etapa de precontrato. En esta etapa, los equipos no se encontrarán operativos por 3 meses. Esto

⁵⁷ SALGADO y VARGAS. Op. cit. p.320.

corresponde al tiempo requerido para importar los equipos, comisionarlos y realizar las gestiones comerciales requeridas para ponerlos en marcha. Durante estos tres meses no se incurrirá en costos operativos, pero sí se incurrirá en costos financieros y gastos administrativos.

- Del segundo al último período se asumirá que la utilización de los equipos tendrá una distribución triangular, con valor más probable de 15 días al mes, valor pesimista de 0 días al mes, y valor optimista de 30 días al mes, como se muestra en la **Gráfica 28**. Cuando los equipos se encuentren operando en campo, se generarán ingresos y costos operativos. La utilización de los equipos se modela como una variable probabilística, ya que en el mercado de servicios petroleros para perforación no hay certeza alguna sobre el nivel de utilización.

Gráfica 28. Distribuciones de probabilidad días de operación de las máquinas



- En el último período del horizonte de tiempo, se reconocerá un valor de salvamento de los equipos igual al 10% del valor de la inversión inicial.

4.1.2 Unidad Monetaria La unidad monetaria utilizada en el análisis será el peso colombiano (COP). Debido a que algunos precios y tarifas del presente análisis son de origen extranjero, es necesario utilizar una tasa de cambio apropiada, las cuales se modelarán a través de las distribuciones de probabilidad de las tasas de cambio EUR/USD y la tasa de cambio USD/COP descritas ...en la **Sección 3.4**....

4.1.3 Inflación La totalidad de los costos e ingresos operativos serán corregidos por un factor inflacionario de 5.11% E.A. obtenido tras un análisis de la serie histórica del IPC correspondiente al promedio de los últimos 10 años publicada por el Banco de la República de Colombia.⁵⁸

4.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN

El análisis de los costos de inversión se encuentra definido ...en la **Sección 3.4...** donde se establece que los costos se encuentran en el rango de \$4'083.468.726 COP y \$6'591.157.664 COP (asumiendo un intervalo de confianza del 95%). El resultado de éste análisis será utilizado en el modelo de flujo de caja descontado descrito a continuación.

4.3 ANÁLISIS DE COSTOS FINANCIEROS

En el modelo financiero se establecen las siguientes características para el análisis de costos financieros:

Se establece que los accionistas aportarán el 30% del capital requerido para la compra de las 4 centrífugas descritas en el presente plan de negocios. El costo del capital provisto por los accionistas es del 30% E.A. El 70% del capital de inversión restante será suministrado por una entidad financiera. Se asumirá que costo de capital o tasa de interés del capital suministrado por la entidad financiera es del 10% E.A o 0.8% M.V. Se asume que este capital será pagado en 120 cuotas mensuales (10 años de plazo), sin período de gracia. Esto quiere decir que los accionistas deben asumir el costo de la financiación durante el tiempo de precontrato como parte de los costos de inversión.⁵⁹

De acuerdo con lo descrito anteriormente, el costo del financiamiento se calcula mensualmente, a partir de los datos descritos en la **Tabla 17**.

Tabla 17. Datos análisis de costos financieros

Monto del crédito (\$COP)	3'308.288.014
Tasa de interés	10% E.A.
Número de Pagos (mensuales)	120
Pago Mensual (\$COP)	43.719.269,89

Así mismo, la deuda es adquirida para financiar el 70% de la inversión descrita ...en la **Sección 3.4....** “Desde un punto de vista fiscal, se asumirá que la deuda adquirida para la compra de los equipos será un crédito convencional. Esto implica que sólo el pago de intereses será descontado de los ingresos para el cálculo de la carga fiscal sobre el proyecto”.⁶⁰

⁵⁸ BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Serie de datos históricos de IPC [en línea]. Bogotá (Colombia): BRC, Junio 2016 [citado 10 Junio, 2016]. Disponible en internet:<<http://www.banrep.gov.co/es/lpc>>.

⁵⁹ SALGADO y VARGAS. Op. cit. p.328.

⁶⁰ Ibid., p.329.

En la **Tabla 18** se presenta el resumen de la amortización de capital y pago de intereses por año, de acuerdo con los montos de deuda financiada. El análisis detallado de esta simulación mensual se presenta en el **Anexo A** para un caso dado, cuyo cálculo se muestra de forma anual, para simplificar los resultados.

Tabla 18. Amortización e intereses anuales de deuda

Periodo (año)	Amortización de capital (\$COP)	Pago de Intereses (\$COP)
1	202'936.477	321'694.762
2	206'345.237	274'566.731
3	247'661.842	276'969.397
4	273'595.273	251'035.965
5	302'244.273	222'386.965
6	333'893.198	190'738.040
7	368'856.179	155'775.059
8	407'480.241	117'150.997
9	450'148.747	74'482.491
10	497'285.204	27'346.035

4.4 ANÁLISIS DE COSTOS

De acuerdo con Salgado⁶¹, los costos operativos son los costos asociados con la ejecución de la operación, entre los cuales se encuentran el costo de mantenimiento de los equipos, el recurso humano requerido para la operación de los equipos, el costo de alquiler de equipos adicionales y el costo de tratamiento de corrientes residuales generadas por las operaciones de perforación. Los detalles del cálculo de cada uno de estas variables se describen a continuación:

4.4.1 Mantenimiento de equipos Las centrífugas adquiridas y otros equipos adicionales para prestar el servicio de control de sólidos requieren de personal e insumos para garantizar su operación continua. De acuerdo con Holsan “se asume que el costo mensual de mantenimiento de los equipos equivale al 0.5% de la inversión inicial realizada”.⁶²

4.4.2 Recurso Humano

La empresa debe disponer de una cuadrilla compuesta por tres empleados por turno, la cual estará compuesta por un supervisor y dos técnicos encargados de la operación en campo. En adición al personal de campo, es igualmente importante contar con un relevo del personal para un total de seis empleados

⁶¹ Ibid., p.330.

⁶² HOLSAN S.A.S. Licitación servicio de control de sólidos para campaña de perforación de pozos en el Casanare Colombiano-Parex Resources LTDA, citado por SALGADO, Adriana y VARGAS, Mario. Desarrollo de un modelo matemático predictivo del sistema integrado de control de sólidos para el Campo Akira. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. 330 p.

por frente. Se asume que el factor prestacional para cada uno de los empleados es del 50% del salario básico del empleado.⁶³

En la **Tabla 19** se relacionan los costos asociados al recurso humano para la operación en campo.

Tabla 19. Costo de Recurso Humano

Cargo	Número de empleados	Salario básico mensual (\$COP/mes)	Salario incluido prestaciones (\$COP/mes)	Costo por cargo (\$COP/mes)
Supervisor	2	5'500.000	7'040.000	14'080.000
Técnicos	4	3'500.000	4'480.000	17'920.000
Costo total por periodo (\$COP/mes)				32'000.000

Fuente: SALGADO, Adriana y VARGAS, Mario. Desarrollo de un modelo matemático predictivo del sistema integrado de control de sólidos para el Campo Akira. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. 331.p.

4.4.3 Tratamiento de corrientes residuales Como parte del tratamiento de control de sólidos se incluye el tratamiento de las corrientes residuales generadas en las actividades de perforación. Estas corrientes incluyen: cortes de perforación, lodo descartado, tratamiento de floculación selectiva y agua residual generada. En el **Cuadro 5** se presenta una descripción del tratamiento requerido para las diferentes corrientes residuales.

Cuadro 5. Descripción tratamiento de corrientes residuales

Corriente	Tratamiento	Descripción del tratamiento
Cortes de perforación	Estabilización	Los residuos sólidos son deshidratados a través de la adición y mezcla de cal viva para reducir la emisión de lixiviados, fijar los metales pesados y permitir el restablecimiento ambiental del área donde estos son dispuestos.
Lodo descartado	Deshidratación	El fluido de perforación es separado en agua y flocs a través de la adición de ácidos, coagulantes y floculantes, recuperando el agua utilizada para la preparación del lodo. El costo del tratamiento incluye el costo asociado con el tratamiento de agua.
Lodo tratado por floculación selectiva	Centrifugación químicamente asistida	El fluido de perforación del sistema activo en circulación es dosificado con coagulantes y floculantes antes de su paso por las centrifugas, mejorando la eficiencia de remoción de sólidos perforados
Agua Residual	Tratamiento Químico	El agua residual es dosificado con coagulantes y floculantes donde se espera una separación de sólidos y sustancias químicas de la corriente acuosa.

Fuente: HOLSAN S.A.S. Licitación servicio de control de sólidos para campaña de perforación de pozos en el Casanare Colombiano-Parex Resources LTDA, citado por SALGADO, Adriana y VARGAS, Mario. Desarrollo de un modelo matemático predictivo del sistema integrado de control de sólidos para el Campo Akira. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. 332 p. Modificado por Autor.

⁶³ Ibid., p.331.

Por otra parte, los costos para llevar a cabo el tratamiento de cada una de las corrientes se relacionan en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Costos de tratamiento de corrientes residuales

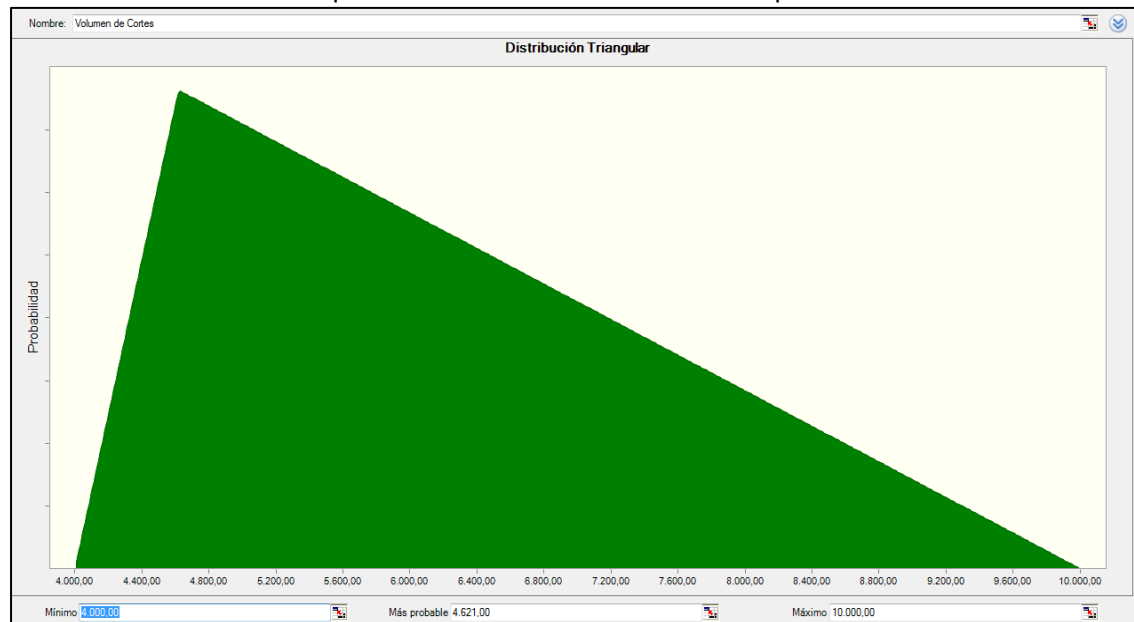
Tratamiento	Costo (USD/bbl)
Cortes de perforación	2,95
Lodo Descartado	1,75
Lodo tratado por floculación selectiva	0.80
Agua Residual	0.60

Fuente: HOLSAN S.A.S. Licitación servicio de control de sólidos para campaña de perforación de pozos en el Casanare Colombiano-Parex Resources LTDA, citado por SALGADO, Adriana y VARGAS, Mario. Desarrollo de un modelo matemático predictivo del sistema integrado de control de sólidos para el Campo Akira. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. 332 p. Modificado por Autor.

Los volúmenes de cada una de las corrientes que serán tratados durante los meses en que haya operación se pueden modelar mediante distribuciones de probabilidad definidas a partir del juicio de expertos en la materia. Las distribuciones utilizadas para modelar cada una de las corrientes residuales se muestra a continuación:

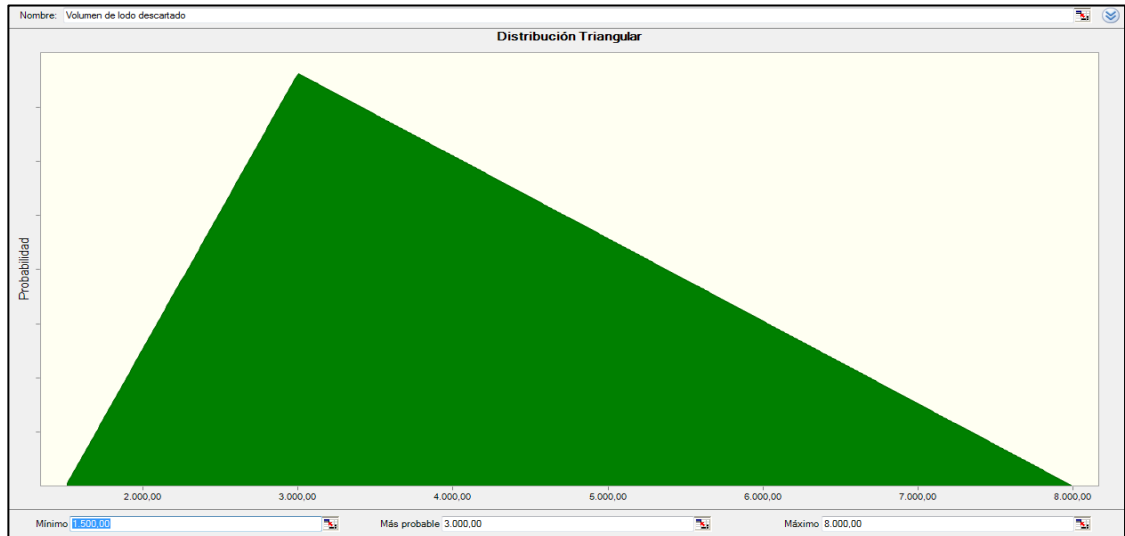
- **Cortes de perforación:** Los volúmenes de cortes de perforación fueron modelados a través de una distribución de probabilidad triangular cuyos valores se encuentran entre los 4.000 y 10.000 bbl por pozo, donde el valor más probable es de 4.621 bbl, como lo muestra la **Gráfica 29**.

Gráfica 29. Distribución de probabilidad volúmenes de cortes de perforación



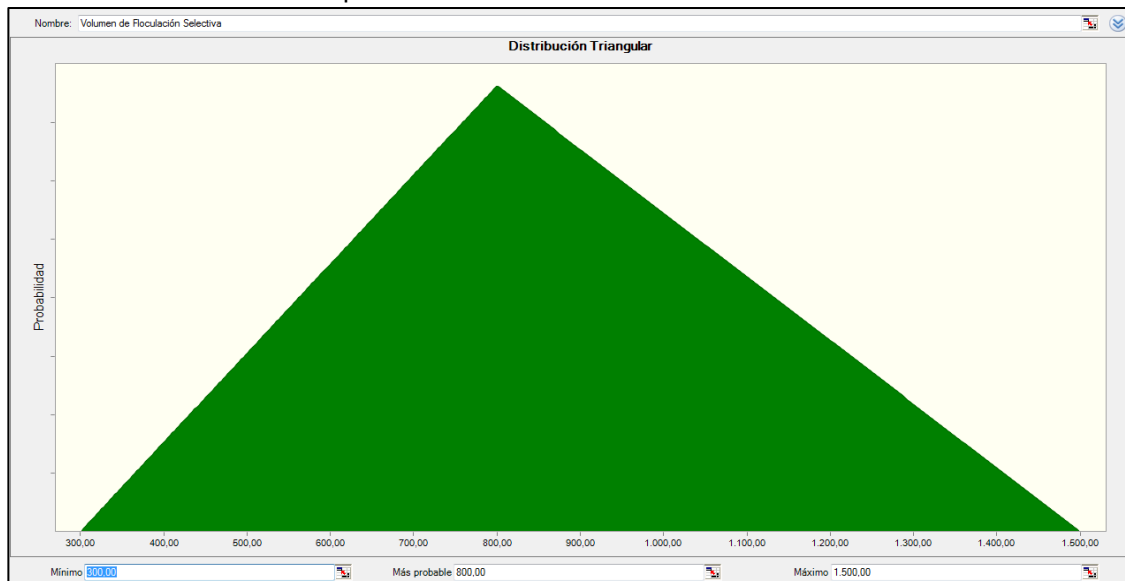
- **Lodo descartado:** Los volúmenes de lodo descartado fueron modelados a partir de una distribución de probabilidad triangular, donde los valores se encuentran entre los rangos de 1,500 y 8,000 bbl por pozo, donde el valor más probable es de 3,000 bbl. Esta distribución se puede observar en la **Gráfica 30**.

Gráfica 30. Distribución de probabilidad volumen de lodo descartado



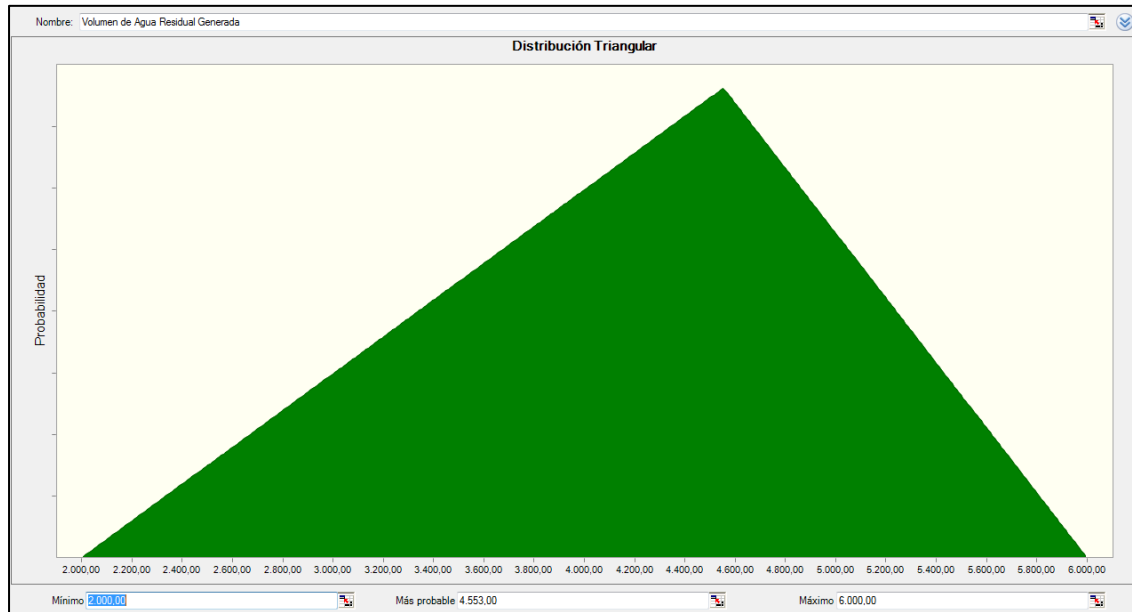
- **Lodo tratado por floculación selectiva:** Los volúmenes de lodo tratado por floculación selectiva fueron modelados a partir de una distribución de probabilidad triangular cuyos valores se encuentran entre los 300 y 1500 bbl, donde el valor más probable es 800 bbl. Esta distribución se puede observar en la **Gráfica 31**.

Gráfica 31. Distribución de probabilidad vol. lodo floculación selectiva



- **Agua Residual:** Los volúmenes de agua residual que deben ser tratados como parte de la prestación del servicio se modelaron a partir de una distribución de probabilidad triangular, que se encuentra definida entre 2000 y 6000 bbl, donde el valor más probable es de 4553 bbl. Esta distribución se presenta en la **Gráfica 32**.

Gráfica 32. Distribución de probabilidad volúmenes de agua residual tratada



Finalmente, la **Ecuación 3** muestra el cálculo del costo total del tratamiento para el presente estudio de pre-factibilidad. Se anota que en caso que no haya operación (días de utilización = 0), la empresa no incurre en éstos costos, ya que son costos variables asociados con la operación de los equipos.

Ecuación 3. Cálculo del Costo Total de Tratamiento

$$\$_{Total\ TTO} = \sum_{i=1}^n \$_{TTO_i} \times TRM \times V_{residuos_i}$$

Donde:

- $\$_{Total\ TTO}$: Costo total de tratamiento [COP]
- $\$_{TTO_i}$: Costo de Tratamiento de la corriente i por barril [USD/bbl]
- TRM : Tasa Representativa del Mercado [USD/COP]
- $V_{residuos_i}$: Volumen de residuos de la corriente i [bbl]
- i : Corriente Residual (cortes de perforación, lodo descartado, lodo enviado a floculación, agua residual)

4.4.4 Costos de Alquiler de Equipos La operación del sistema de control de sólidos requiere de una serie de equipos adicionales aparte de las centrífugas para ejecutar las operaciones a cabalidad. Para simplificar el análisis, se asumirá que los equipos requeridos serán alquilados por terceros. El costo asociado con el suministro de éstos equipos se asumirá como un alquiler diario dentro de los costos operativos. Los costos de alquiler diario de los equipos se presentan en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Costos de Alquiler diario de equipos

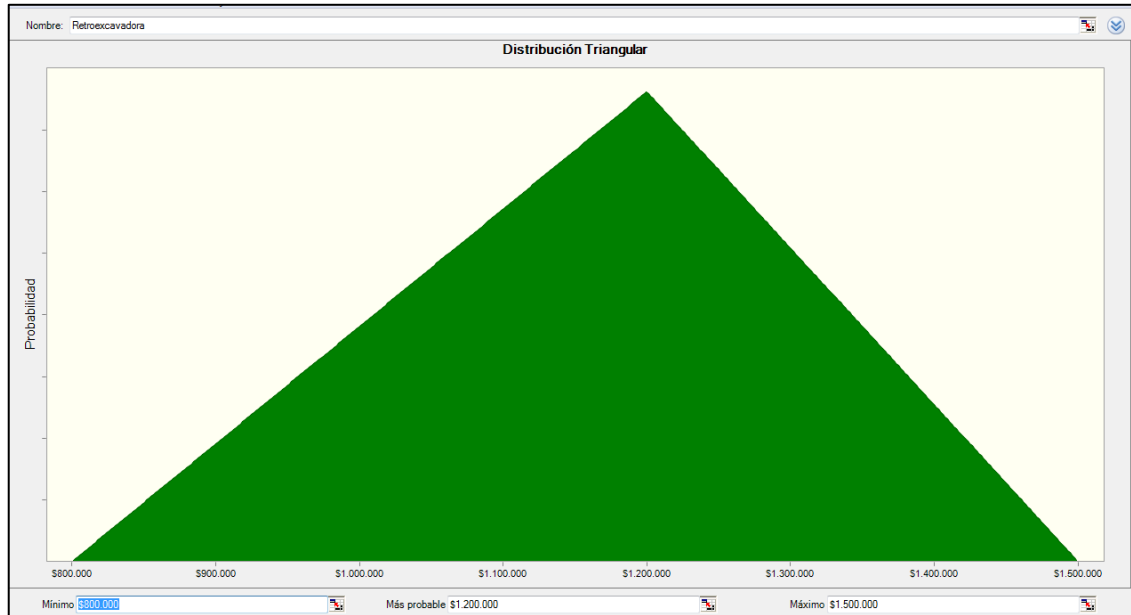
Equipo	Costo [\$COP/día]
Generador	300,000
Caseta laboratorio/oficina	120,000
Catch Tank x 2	80,000
Frac Tank x 3	210,000
Mixing Tank x 2	200,000
Tanque Agua Red Fox	60,000
Compresor	70,000
Bomba Neumática x 2	100,000
Accesorios	80,000
Unidad Dewatering	110,000
Transformadores	50,000
Otros Equipos	200,000

Fuente: CONTROL DE SÓLIDOS LTDA. Cotización equipos de control de sólidos. Bogotá D.C.: 2014.

En adición a lo anterior, las operaciones de control de sólidos y tratamiento de efluentes de perforación también requieren el suministro de una retroexcavadora y una volqueta; elementos indispensables para manipular los residuos que se producen durante el proceso de perforación. Los costos de alquiler de estos dos equipos son definidos por las comunidades del área de influencia donde se desarrollan los proyectos y están sujetos a cambio. Debido a esto, su variabilidad se modelará a través de distribuciones probabilísticas de la siguiente forma:

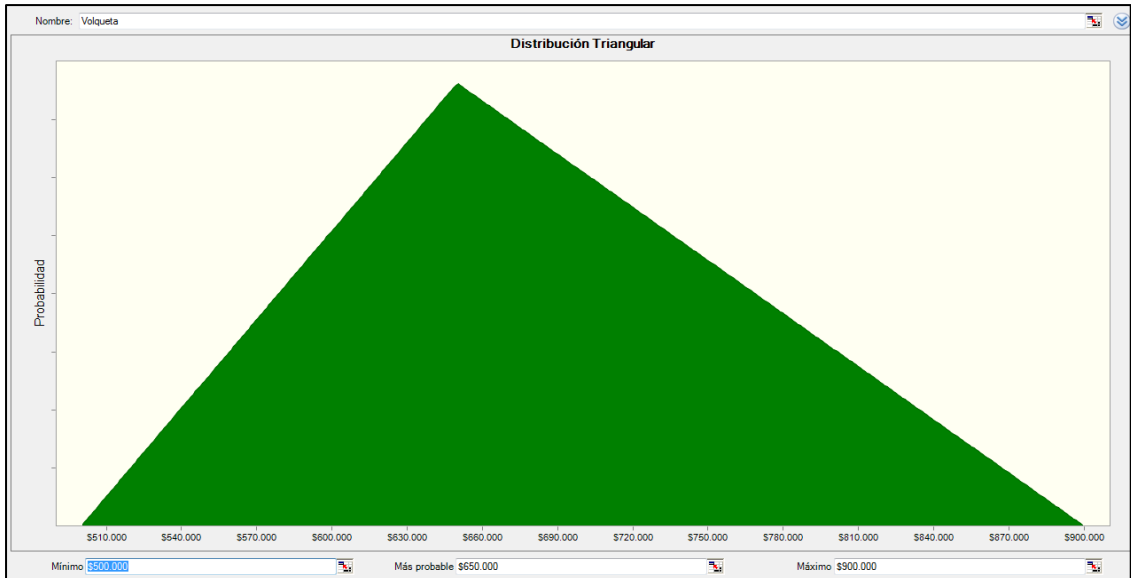
- **Costo de alquiler diario de retroexcavadora:** Los costos de alquiler diario de retroexcavadora se modelaron a partir de una distribución de probabilidad triangular que se encuentra delimitado entre \$800,000 y \$1'500,000 COP/día, donde el valor más probable es \$1'200.000 COP/día. Esta distribución se presenta en la **Gráfica 33**.

Gráfica 33. Distribución de probabilidad costo diario alquiler retroexcavadora



- **Costo de alquiler diario de volqueta:** Los costos de alquiler diario de volqueta se modelaron a través de una distribución de probabilidad triangular, cuyos valores se encuentran entre \$500,000 y \$900,000 COP/día, cuyo valor más probable es de \$650,000 COP/día. Esta distribución puede ser observada en la **Gráfica 34**.

Gráfica 34. Distribución de probabilidad costo de alquiler de volqueta



Finalmente, los costos diarios de alquiler de equipo se determinan a partir de la **Ecuación 4**.

Ecuación 4. Cálculo de costo diario de alquiler de equipos

$$\$_{Alquiler_equipos} = \sum_{i=1}^n \$_{equipo_i}$$

Donde:

$\$_{Alquiler_equipos}$: Tárifa diaria de alquiler de equipos [COP]
 $\$_{equipo_i}$: Tárifa diaria de alquiler de equipo i [COP]

4.4.5 Gastos Administrativos Los gastos administrativos incluyen todos aquellos costos incurridos para el control y la dirección de la organización; es decir, los gastos en los que incurre la compañía para prestar apoyo administrativo a las operaciones en campo. Para este caso se asume que el gasto administrativo será de \$50'000.000 COP/mes.

4.4.6 Costos totales Finalmente, los costos totales asociados con la operación se calculan mediante la **Ecuación 5**, donde se tienen en cuenta los costos de tratamiento, mantenimiento, personal, alquiler de equipos y gastos administrativos.

Ecuación 5. Cálculo de costo diario de alquiler de equipos

$$C.Totales = C.tto + C.mto + C.personal + C.alqu.equ. + Gastos.admin.$$

Donde:

$C.Totales$: Costos totales mensuales [COP/mes]
 $C.tto$: Costos de tratamiento mensual [COP/mes]
 $C.mto$: Costos de mantenimiento mensual [COP/mes]
 $C.personal$: Costos de personal mensual [COP/mes]
 $C.alqu.equ.$: Costos de alquiler de equipos mensual [COP/mes]
 $Gastos.admin$: Gastos Administrativos [COP/mes]

Debido a la inflación con la que se incurre anualmente, los costos totales del proyecto deben ser corregidos por un factor inflacionario de 5.11% E.A. cada año. El cálculo del factor inflacionario requerido para ajustar los costos totales durante el horizonte de tiempo del análisis se obtiene mediante la **Ecuación 6**, mientras que los costos totales ajustados por inflación se determinan mediante la **Ecuación 7**.

Ecuación 6. Cálculo de inflación de costos totales

$$I_m = (1 + I_0)^m$$

Donde:

- I_m : Factor inflacionario aplicable para el mes n [%]
 I_0 : Inflación mensual promedio [%]
 m : Número del período [mes]

Ecuación 7. Cálculo de costos totales ajustados por inflación

$$CT_m = CT_0 \times I_m$$

Donde:

- CT_m : Costos totales ajustados por inflación para el mes m [COP/mes]
 I_m : Factor inflacionario aplicable para el mes m
 CT_0 : Costos totales mensuales antes de ajuste [COP/mes]

En el **Anexo B** se muestra el cálculo de los egresos, costos totales por frente, costos de frente ajustados por inflación y costos totales de acuerdo a un caso arrojado por la simulación dada, cuyos resultados son presentados de forma anual para simplificar el análisis.

4.5 ANÁLISIS DE INGRESOS

Los ingresos asociados con la operación en campo se encuentran divididos en varios segmentos, que sumados conforman una tarifa fija diaria por la prestación de los servicios. Los segmentos que componen los ingresos resultantes por la operación en campo se definen a continuación:

- **Alquiler de centrífugas:** De acuerdo con Salgado⁶⁴ la compañía recibe una tarifa diaria por cada una de las centrífugas que suministra para la operación. Esta tarifa es más elevada que la tarifa prevalente en el mercado para el suministro de éstos equipos debido a que el suministro de centrífugas de mayor capacidad representa mayores beneficios para la empresa operadora.
- **Alquiler de equipos:** La compañía de servicios de control de sólidos recibe una tarifa diaria por cada uno de los equipos que pone en campo.
- **Tarifas diarias por tratamiento:** La empresa de control de sólidos establece una tarifa diaria por tratamiento de los diferentes efluentes generados en la operación de perforación. Es de anotar que ésta tarifa es fija, y no depende de los volúmenes de residuos generados en la operación.

⁶⁴ SALGADO y VARGAS, Op. cit. p.339.

- **Personal:** La empresa de servicios cobra a la compañía operadora una tarifa diaria por personal suministrado. Para cada frente de trabajo se suministra 1 supervisor y 2 técnicos.

Las tarifas de los segmentos definidos anteriormente se presentan en la **Tabla 22**.

Tabla 22. Ingresos Sistema de Tratamiento de Control de Sólidos

Concepto	Tarifa	Unidad
Alquiler de centrífuga	\$800	USD/Centrífuga-día
Servicio de Tratamiento de Aguas	\$300	USD/día
Servicio de dewatering	\$500	USD/día
Servicio de Tratamiento de cortes	\$1,500	USD/día
Personal: Supervisor	\$300	USD/día
Personal: Técnico	\$200	USD/día
Tarifa global de alquiler de equipos (sin inc. Centrífuga)	\$1,200	USD/día

Los ingresos operativos mensuales se calculan de acuerdo con la **Ecuación 8**.

Ecuación 8. Cálculo de ingresos operativos mensuales

$$I_{op} = d_{ef} \times (\$_{cent} + \$_{ttm} + \$_{per} + \$_{alq}) \times TRM$$

Fuente: SALGADO, Adriana y VARGAS, Mario. Desarrollo de un modelo matemático predictivo del sistema integrado de control de sólidos para el Campo Akira. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. 340 .p. Modificado por autor.

Donde:

- I_{op} : Ingreso operativo mensual [COP/mes]
- d_{ef} : días de perforación al mes [día / mes]
- $\$_{cent}$: tarifa diaria de alquiler de centrífuga [USD/día]
- $\$_{ttm}$: tarifa diaria de tratamiento de residuos [USD/día]
- $\$_{per}$: tarifa diaria por conceto de servicio de personal [USD/día]
- $\$_{alq}$: tarifa diaria de alquiler de equipos [USD/día]
- TRM : tasa representativa del mercado [USD/COP]

Del mismo modo que se realiza un ajuste de los costos por el factor inflacional, los ingresos también se ajustan por un factor inflacionario mensual. El cálculo de la inflación de los ingresos se determina mediante la **Ecuación 9**, mientras que los ingresos ajustados por la inflación se determina mediante la **Ecuación 10**.

Ecuación 9. Cálculo de inflación de ingresos totales

$$I_m = (1 + I_0)^m$$

Donde:

- I_m : Factor inflacionario aplicable para el mes n [%]

I_0 : Inflación mensual promedio [%]
 m : Número del período [mes]

Ecuación 10. Cálculo de ingresos ajustados por inflación

$$IT_m = IT_0 \times I_m$$

Donde:

IT_m : Ingresos totales ajustados por inflación para el mes m [COP/mes]
 I_m : Factor inflacionario aplicable para el mes m
 IT_0 : Ingresos totales mensuales antes de ajuste [COP/mes]

En el **Anexo C** se presentan los resultados de los cálculos de ingresos por frente, inflación de los ingresos por frente e ingresos totales, donde para simplificar el análisis se presentan de forma anual.

4.6 VALOR DE SALVAMENTO

“El valor de salvamento se asume como el 10% del valor inicial de los activos. Este valor es considerado como un ingreso al final del período de análisis, ya que se asume que los equipos son vendidos por éste valor en el mercado. Este valor de salvamento no es corregido por la inflación”⁶⁵

4.7 UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO

Según Grant⁶⁶ la utilidad antes de impuestos, se define como la diferencia entre los ingresos y los egresos antes de restar impuestos, intereses, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA- Earnings Before Interest, Tax, Depreciation and Amortization). El cálculo de la utilidad antes de impuestos se realiza de acuerdo con la **Ecuación 11**.

Ecuación 11. Cálculo de utilidad antes de impuestos

$$U_{AI} = [I_{op} - (E_{op})]_n$$

Fuente: GRANT, Eugene; IRESON, Grant y LEAVENWORTH, Richard. Principles of engineering economy. 7 ed. Nueva York: New York Wiley, 1982. 388 p. ISBN: 047106436X.

Donde:

U_{AI} : Utilidad antes de impuestos para el periodo n [\$COP]

⁶⁵ Ibid., p.342

⁶⁶ GRANT, Eugene; IRESON, Grant y LEAVENWORTH, Richard. Principles of engineering economy. 7 ed. Nueva York: New York Wiley, 1982. 388 p. ISBN: 047106436X.

- I_{op} : Ingreso del periodo n [\\$COP]
 E_{op} : Egreso antes de impuestos del periodo n [\\$COP]
 n : Periodo en el que se calcula el flujo de efectivo [mes]

4.8 UTILIDAD BASE O RENTA LÍQUIDA

El cálculo de la utilidad base o renta líquida para la determinación de impuestos esta dada por la **Ecuación 12**.

Ecuación 12. Cálculo de la renta líquida

$$R_l = [U_{AI} + A - D]_n$$

Fuente: LEGIS. Guía Legis para la declaración de renta. 35ª ed. Bogotá D.C.: Legis, 2010. 180 p. ISBN: 978-958-653-822-0.

Donde:

- R_l : Renta líquida para el cálculo del impuesto para el año n del análisis [\\$COP]
 U_{AI} : Utilidad antes de impuestos para el periodo n [\\$COP]
 A : Amortización a capital del servicio de deuda para el período n [\\$COP]
 D : Depreciación de los activos en el año n [\\$COP]

4.9 DEPRECIACIÓN

Con el propósito del cálculo de impuestos de renta, es necesario calcular la depreciación de los activos, para este caso se realizará una depreciación lineal utilizando la **Ecuación 13**.

Ecuación 13. Cálculo de depreciación en línea recta

$$D_n = \frac{V_i - V_f}{t}$$

Fuente: LEGIS. Guía Legis para la declaración de renta. 35ª ed. Bogotá D.C.: Legis, 2010. 180 p. ISBN: 978-958-653-822-0.

Donde:

- D_n : Depreciación lineal [\\$COP]
 V_i : Valor inicial de la inversión [\\$COP]
 V_f : Valor final o de salvamento de la inversión [\\$COP]

4.10 IMPUESTOS

El presente modelo financiero incluye una tasa efectiva de impuesto sobre la renta del 33%, la cual se distribuye entre el impuesto de renta (25%) y el impuesto de

renta para la equidad CREE (8%). El cálculo de los impuestos se llevará a cabo implementando la **Ecuación 14**, siempre y cuando la renta líquida sea positiva, en caso contrario será igual a cero.

Ecuación 14. Cálculo de impuestos

$$Imp_n = R_l \times 33\%$$

Donde:

Imp_n : Impuesto para el periodo n [\$COP]
 $R_{L,n}$: Renta líquida generada en el período n [\$COP]

4.11 VALOR PRESENTE NETO (VPN)

El indicador utilizado para determinar la factibilidad económica del proyecto es el valor presente neto, el cual permite comparar los flujos de efectivo netos generados por una inversión resultante descontando los flujos de ingresos y costos generados en el futuro por una tasa de interés de oportunidad, la cual representa el retorno mínimo sobre la inversión que debe tener la organización de acuerdo con su estructura de financiación.⁶⁷

El cálculo de VPN es presentado en la **Ecuación 15**.

Ecuación 15. Cálculo de VPN

$$VPN = \sum_{i=1}^n \frac{FCL_n}{(1 + TIO)^n}$$

Fuente: GRANT, Eugene; IRESON, Grant y LEAVENWORTH, Richard. Principles of engineering economy. 7 ed. Nueva York: New York Wiley, 1982. 60 p. ISBN: 047106436X.

Donde:

VPN : Valor Presente Neto del proyecto [\$COP]
 FCL_n : Flujo de caja libre después de impuestos para el periodo n [\$COP]
 TIO : Tasa de interés de oportunidad [%]
 n : Periodo [meses]

4.12 TASA DE INTERÉS DE OPORTUNIDAD (TIO)

De acuerdo con Grant⁶⁸, la Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) relaciona la tasa de retorno esperada por los accionistas de la empresa, la tasa de interés bancaria,

⁶⁷ GRANT; IRESON y LEAVENWORTH. Op.cit. p.59-60.

⁶⁸ Ibid., p.255.

la fracción de capital de inversión que es financiada por los accionistas y finalmente la tasa efectiva de impuesto sobre la renta. El cálculo de la TIO se presenta en la **Ecuación 16**, mientras que los parámetros utilizados para el cálculo y el resultado del mismo se presentan en la **Tabla 23**.

Ecuación 16. Cálculo de TIO

$$TIO = X_A t_A + (1 - X_A)(1 - t_i)t_B$$

Fuente: GRANT, Eugene; IRESON, Grant y LEAVENWORTH, Richard. Principles of engineering economy. 7 ed. Nueva York: New York Wiley, 1982. 255 .p. ISBN: 047106436X.

Donde:

- TIO : Tasa de interés de oportunidad [% mensual]
- X_A : Fracción del capital de inversión financiado por los accionistas [%]
- t_A : Costo del capital suministrado por los accionistas [% E.A.]
- t_B : Costo del capital suministrado por una entidad financiera [% E.A.]
- t_i : Tasa efectiva de impuesto sobre la renta [% E.A.]

Tabla 23. Datos para el cálculo de la TIO

Variable	Valor
X_A	30%
t_A	30%
t_i	33%
t_B	10%
TIO	14%

Fuente: HOLSAN S.A.S. Licitación servicios de control de sólidos para campaña de perforación de pozos en el Casanare Colombiano-Parex Resources Ltd. Bogotá D.C: Holsan S.A.S. 2014. 52. p. HOL-014-LIC-17

En el **Anexo D** se presenta una muestra de cálculo de una de las 5000 simulaciones realizadas, donde se presenta el resultado obtenido para el cálculo de Flujo de Caja Libre, Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno, cuyos resultados se presentan de forma anual para facilitar su análisis.

4.13 CORRIDA SIMULACIÓN CASO BASE

A partir de la metodología descrita anteriormente, se realiza una simulación en el programa Crystal Ball® donde se crea el modelo determinístico y se definen las variables probabilísticas que han sido descritas a lo largo de este capítulo. El resultado de esta simulación es una distribución de probabilidad de la variable de previsión, la cual es el Valor Presente Neto (VPN), en éste caso. Esta distribución de probabilidad de la variable de previsión se obtiene tras la ejecución de 5,000 escenarios. El resultado obtenido se encuentra disponible en la **Gráfica 35** donde

se puede observar que la probabilidad de obtener un VPN mayor a 0 es del 72.73%. A la vez, las estadísticas correspondientes a la distribución del VPN se muestran en la **Tabla 24**.

Gráfica 35. Distribución de probabilidad variable de previsión VPN

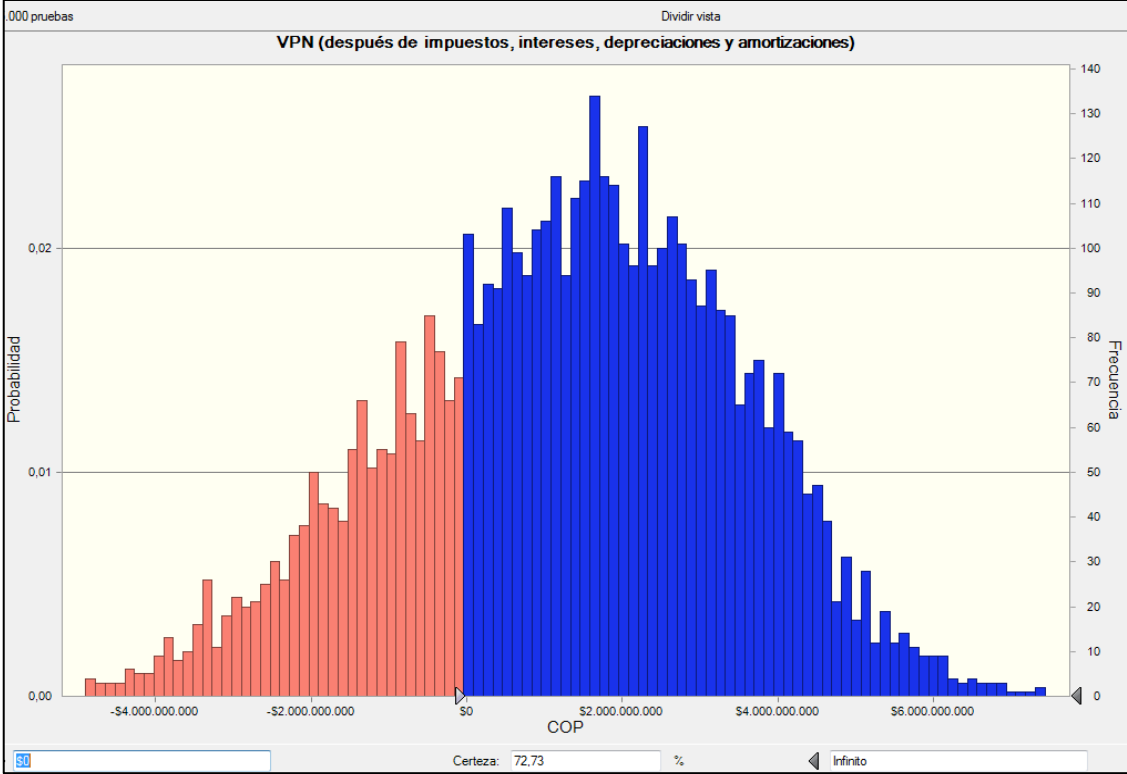


Tabla 24. Estadística de los resultados generados de VPN

4.974 mostrados	
Estadística	Valores de previsión
Pruebas	5.000
Caso base	\$2.618.118.593
Media	\$1.267.764.839
Mediana	\$1.422.462.233
Modo	---
Desviación estándar	\$2.200.844.155
Varianza	\$4.843.714.992.769.0
Sesgo	-0,2718
Curtosis	2,94
Coefficiente de variaci	1,74
Mínimo	-\$7.601.572.327
Máximo	\$7.799.976.644
Error estándar medio	\$31.124.637

Este resultado sugiere que existe un gran nivel de incertidumbre asociado con éste proyecto, ya que éste resulta en pérdidas netas para la empresa que lo implementa con una probabilidad del 27.27%. En otras palabras, la inversión en centrífugas propuesta es un proyecto de inversión que requiere de un decisor que tenga una alta tolerancia al riesgo, y quien esté dispuesto a arriesgar su capital en una negocio con probabilidades de pérdida media.

Sin embargo, debido al apalancamiento financiero del 70% utilizado en el proyecto, resulta crítico identificar las causas de la variabilidad en el VPN e investigar mecanismos que permitan reducir el nivel de riesgo asociado con el proyecto. El objetivo de dichos mecanismos será reducir la probabilidad de pérdida, definida como un VPN negativo para el proyecto. Realizar éste análisis también resulta crítico para poder demostrar un alto nivel de diligencia ante las entidades financieras que serán contactadas para obtener la financiación de la mayoría del capital de inversión requerido para implementar el proyecto.

En la **Tabla 25**, se muestran los resultados de la curva de probabilidad para la variable Valor Presente Neto (VPN), donde se observa que los valores de VPN se encuentran entre -\$7'601.572.327 COP y \$7.799.976.644 COP. Se anota que la mediana (percentil 50%) del VPN es mayor a 0. Esto sugiere que el proyecto en principio es atractivo; sin embargo, el análisis de riesgos ejecutado sugiere que éste debe ser evaluado con precaución antes de su implementación.

Tabla 25. Percentiles VPN

Percentil	Valores de previsión
0%	-\$7.601.572.327
10%	-\$1.710.289.580
20%	-\$599.742.256
30%	\$181.124.325
40%	\$826.225.206
50%	\$1.421.890.149
60%	\$1.939.335.698
70%	\$2.531.938.556
80%	\$3.178.359.730
90%	\$4.005.057.811
100%	\$7.799.976.644

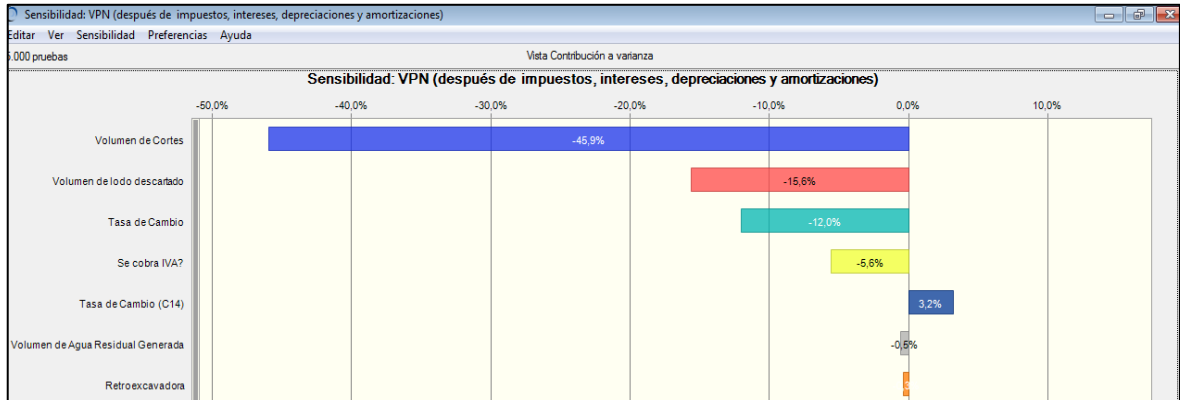
4.13.1 Análisis de Sensibilidad Para determinar las variables que mayor efecto tienen sobre el resultado del VPN, es necesario realizar un análisis de sensibilidad para determinar en que variables se debe concentrar la atención gerencial y los recursos para reducir el riesgo asociado con el proyecto.

En la **Gráfica 36**, se presentan los resultados de dicho análisis de sensibilidad, donde se muestran las variables que más contribuyen hacia la varianza del Valor Presente Neto. En ésta gráfica se puede observar que la variable que mayor impacto tiene sobre el VPN es el volumen de cortes, el cual influye inversamente en un 45.9%. En otras palabras, entre mayor es el volumen de cortes tratado, menor el VPN del proyecto.

Por otro lado, otras variables que también influyen en el VPN es el volumen de lodo descartado (-15.6%), la tasa de cambio (-12.0%) y el cobro del IVA (-5.6%). Esto indica que en la medida que disminuya el valor de estas variables, incrementará el VPN del proyecto, de acuerdo a la proporción descrita en el análisis de sensibilidad.

Se anota que las variables que tienen un mayor impacto sobre la viabilidad del proyecto son operativas, y no financieras. Esto resalta la importancia de contar con personal idóneo y de establecer contratos que permitan una distribución equitativa de los riesgos entre la operadora y la empresa de servicios.

Gráfica 36. Análisis de Sensibilidad VPN



4.14 GESTIÓN DE RIESGO

Con el fin de reducir el riesgo asociado con los valores de VPN negativo, se buscó controlar las variables que mayor impacto generan. Las variables identificadas fueron definidas en el análisis de sensibilidad presentado en la **Gráfica 36**. De acuerdo con los resultados del Análisis de Sensibilidad, se definieron las siguientes medidas de mitigación de riesgo para reducir la varianza del VPN del proyecto:

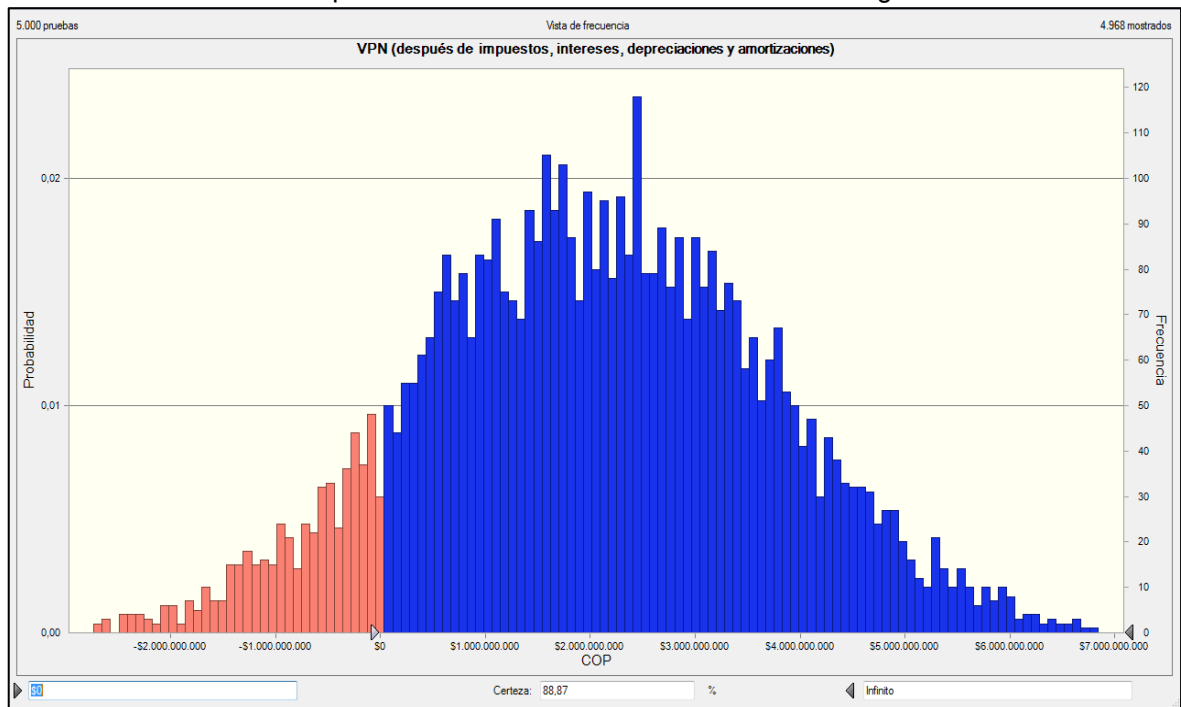
- **Volumen de cortes:** Para cubrirse del riesgo asociado con el incremento de cortes de perforación generados, se establece una medida donde se cobrará una tarifa adicional por barril de cortes tratado. En caso que el volumen de cortes supere los 5,500 bbl en pozos que duren menos de 15 días, se cobrará un excedente de 2 USD/bbl por cada bbl adicional a los 5,500 bbl mencionados anteriormente.
- **Volumen de lodo descartado:** Para cubrirse del riesgo asociado con el incremento de lodo descartado, se establece una medida donde se cobrará una tarifa adicional sobre los volúmenes de lodo descartado. En caso que el volumen de lodo descartado supere los 5,000 bbl en pozos que duren menos de 20 días de operación, se cobrará un excedente de 1.25 USD/bbl por cada bbl adicional a los 5,000 bbl mencionados anteriormente.
- **Tasa de Cambio:** Para cubrirse del riesgo asociado con la variación de la tasa de cambio, se sugiere entrar al mercado forward y transar operaciones a futuro, definiendo una tasa de cambio fija en el momento que se realice la compra del equipo. Es posible también recurrir a la compra de opciones por el monto total asignado a la inversión para protegerse de variaciones en la tasa de cambio COP/USD.
- **Cobro de IVA:** Tal como se describe ...en el **Capítulo 3...**, es necesario garantizar que la gestión ante el Ministerio de Ambiente, con el fin de solicitar

los certificados requeridos para realizar la exención del IVA. En éste escenario, se asume que dicha gestión se realizará con éxito, reduciendo así el monto total de la inversión a realizar en un 16%.

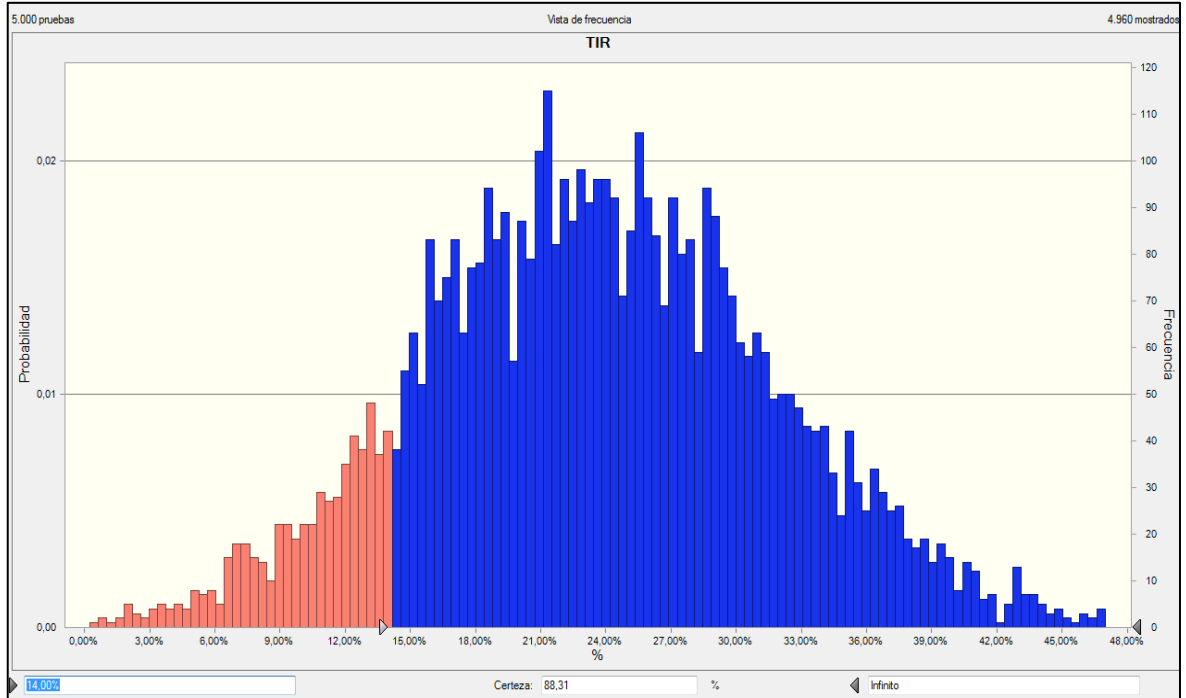
Las medida de mitigación de riesgo descritas anteriormente son incluidas en el modelo financiero, corriendo nuevamente la simulación y generando un nuevo escenario con mitigación de riesgo. En la **Gráfica 37** se observa el resultado de la distribución de probabilidad del VPN para el escenario donde se tiene en cuenta la gestión de riesgos. Si se implementan éstas medidas de mitigación de riesgo, es posible obtener un VPN positivo con una probabilidad del 88.87%. Esto representa una reducción del riesgo de pérdida de más de la mitad, sin recurrir a aumentos tarifarios que reduzcan la demanda por los servicios ofertados por la empresa.

Por otra parte, en la **Gráfica 38** se observa que al implementar las medidas de mitigación de riesgo descritas anteriormente, es posible obtener una tasa interna de retorno (TIR) superior a la TIO (14%) con un 88.31% de probabilidad.

Gráfica 37. Distribución de probabilidad VPN resultante - Gestión de Riesgos



Gráfica 38. Distribución de probabilidad TIR - Gestión de Riesgos



En la **Tabla 26** se muestra los resultados de la curva de probabilidad para la variable Valor Presente Neto (VPN) utilizando las modificaciones del sistema de gestión de riesgo. En ésta tabla, se observa que los valores de VPN se encuentran entre -\$3'466.836.955 COP y \$10'399.181.612, los cuales resultan superiores con respecto a los valores obtenidos en el caso base.

Tabla 26. Estadística de los resultados generados de VPN Gestión de Riesgos

Estadística	Valores de previsión
Pruebas	5.000
Caso base	\$3.512.329.220
Media	\$2.064.704.662
Mediana	\$2.062.087.322
Modo	---
Desviación estándar	\$1.714.483.854
Varianza	\$2.939.454.885.961.1
Sesgo	0,0428
Curtosis	3,05
Coficiente de variaci	0,8304
Mínimo	-\$3.466.836.055
Máximo	\$10.399.181.612
Error estándar medio	\$24.246.463

En la **Tabla 27** se presenta los percentiles de probabilidad de los resultados del VPN con el sistema donde se implementa la gestión de riesgo, donde con un 50% de probabilidad el VPN será inferior a \$2'061.195.319 COP y con un 90% de probabilidades el VPN será inferior a \$4'240.172.909 COP. Asimismo, en el 20% de los casos, el VPN será inferior a \$599.784.529 COP.

Tabla 27. Percentiles resultados de VPN Gestión de Riesgos

Percentil	Valores de previsión
0%	-\$3.466.836.055
10%	-\$152.368.544
20%	\$599.784.529
30%	\$1.166.570.495
40%	\$1.641.828.798
50%	\$2.061.195.319
60%	\$2.511.001.166
70%	\$2.986.854.432
80%	\$3.510.467.503
90%	\$4.240.172.909
100%	\$10.399.181.612

Este análisis sugiere que las probabilidades de tener un VPN mayor a 0 son superiores si se implementan los mecanismos de gestión de riesgo descritos

anteriormente vs un escenario en el que se permita una variación sin control de las variables operativas y financieras del proyecto.

Por otra parte, la **Tabla 28** muestra los resultados de la curva de probabilidad para la variable Tasa Interna de Retorno (TIR), utilizando las medidas de mitigación de riesgo descritas anteriormente. Aquí, se observa que los valores de la TIR se encuentran entre el 0% y el 63.29%.

Tabla 28. Estadística TIR Gestión de Riesgos

Estadística	Valores de previsión
Pruebas	5.000
Caso base	30,01%
Media	23,66%
Mediana	23,62%
Modo	0,00%
Desviación estándar	8,40%
Varianza	0,71%
Sesgo	0,0724
Curtosis	3,14
Coficiente de variaci	0,3551
Mínimo	0,00%
Máximo	63,29%
Error estándar medio	0,12%

La **Tabla 29** presenta los percentiles de probabilidad de los resultados de la TIR utilizando las medidas de mitigación de riesgo. Se observa que con un 50% de probabilidad se obtendrá una TIR menor al 23.61%, y con un 90% de probabilidades la TIR será inferior a 34.25%.

Tabla 29. Percentiles TIR para Gestión de Riesgos

Percentil	Valores de previsión
0%	0,00%
10%	12,93%
20%	16,65%
30%	19,21%
40%	21,59%
50%	23,61%
60%	25,79%
70%	28,01%
80%	30,62%
90%	34,25%
100%	63,29%

Este análisis sugiere que las medidas de mitigación de riesgo son altamente valiosas para reducir el nivel de incertidumbre asociado con el proyecto. Al

implementar algunas medidas sencillas, tales como el cobro de volúmenes adicionales de corrientes residuales críticas en pozos cortos y el cubrimiento cambiario para la realización de la importación de las centrífugas, es posible reducir la probabilidad de pérdida en el proyecto de un 27% a un 11% aproximadamente, sin aumentar los precios de los servicios prestados.

Se estima que sin éstas medidas de mitigación de riesgos, el proyecto probablemente no será sujeto de financiación por parte de las entidades financieras que participan del mismo. Por otra parte, la presentación de éste análisis puede aumentar la posibilidad que éstas entidades perciban un mayor nivel de confianza hacia el equipo responsable por la implementación del proyecto, ya que se han tenido en cuenta los riesgos asociados con el mismo y ya se han contemplado medidas para su mitigación antes que éste sea implementado.

5. CONCLUSIONES

- El uso de centrífugas decantadoras de alta capacidad permite a la empresa operadora generar ahorros asociados con el tratamiento, transporte y disposición de residuos, así como una reducción significativa en el volumen total de fluido de perforación que debe ser preparado. La experiencia operativa adquirida en Colombia sugiere que a través del uso de éste equipo, es posible reducir los costos de construcción de un pozo entre \$150,000 y \$300,000 USD con relación al statu quo, el cual considera el uso de centrífugas convencionales de menor capacidad.
- El mercado objetivo al que podría ingresar una nueva empresa interesada en prestar el servicio de control de sólidos en Colombia con centrífugas de alta capacidad, esta compuesto por compañías extranjeras de tamaño mediano, las cuales ejecutan campañas de perforación continuas de baja intensidad. Estas compañías se caracterizan por ser propensas a pagar más por un servicio de calidad que ofrezca ahorros totales en la operación.
- Por otro lado, a partir del análisis realizado de la oferta existente, se puede concluir que la competencia inicial estará constituida por un grupo de pequeñas y medianas empresas de origen nacional con décadas de experiencia en el mercado. Por lo tanto, es necesario garantizar un factor diferenciador respecto a este grupo a través de la prestación de servicio de alta calidad, fundamentado en operaciones de mantenimiento efectivas, un excelente apoyo logístico y una ejecución de operaciones con personal entrenado para éste fin.
- Se estimó que el tamaño del mercado objetivo oscila entre los \$2.160 a los \$8.640 MM COP/año. El tamaño de éste mercado varía en función del precio del petróleo, el cual determina a su vez el número de pozos perforados al año. Debido a la cadencia en las operaciones, se recomienda la instalación de los equipos requeridos para un máximo de 2 frentes de trabajo con el fin de minimizar los períodos en que el equipo se encuentre cesante debido a una reducción en la demanda por el servicio.
- La selección de la centrífuga de alta capacidad propicia para el mercado colombiano se realizó mediante un Análisis de Decisión de Múltiples Cráterios (MCDA), donde se definieron como aspectos preponderantes la calidad técnica, la confiabilidad del equipo y el fabricante y los costos de adquisición de la centrífuga. Estos aspectos fueron evaluados para un total de 5 alternativas a través de la metodología MCDA, tras lo cual se concluyó que la alternativa que provee la mejor relación beneficio-costos es la centrífuga **Alfa Laval LYNX-40**.

- La centrífuga seleccionada **Alfa Laval LYNX-40** se importará desde Søborg-Dinamarca. El Incoterm incluido dentro de la cotización es el FCA – *Free Carrier*, que fue el punto de partida para realizar un análisis detallado de los costos de importación. Para el análisis de los costos de importación se incluyó un análisis de variables que no son determinísticas y pueden presentar un comportamiento aleatorio, el cual evaluado a través del programa Crystal Ball®. Los resultados arrojados por el programa indica que los costos de importación de las centrífugas decantadoras Alfa Laval LYNX-40 se encuentra entre los \$4'083.468.726 COP y los \$6'591.157.664 COP, causados principalmente por las tasas de cambio EUR-USD, USD-COP y la habilidad del importador para acceder a las exenciones de IVA que otorga la legislación colombiana para la importación de equipo amigable con el medio ambiente.
- Se evaluó la viabilidad financiera de la importación de las centrífugas Alfa Laval LYNX-40 mediante la metodología de Valor Presente Neto (VPN), integrando dentro del modelo aquellas variables que comportan riesgo mediante una simulación de Monte Carlo. A partir de esta simulación se pudo concluir que el VPN del proyecto se encuentra entre -\$7'601.572.327 COP y \$7'799.976.644 COP. El análisis sugiere que existe un 72.73% de probabilidad que el proyecto tenga un VPN superior a cero, lo cual sugiere que el proyecto es viable pero que tiene un alto nivel de riesgo asociado a su implementación.
- Con el fin de reducir el riesgo de que el VPN sea inferior a cero, se creó un modelo financiero en el cual se implementan medidas prácticas de gestión de riesgo. Estas medidas buscan controlar las variables que mayor impacto generan sobre el análisis del caso base. Los resultados del escenario bajo gestión de riesgo indican que el VPN se encuentra entre los rangos de \$-3'466.836.955 COP y \$10'399.181.612 COP, con una probabilidad del 88.31% de que el VPN sea mayor a cero. Dado lo anterior, las acciones de mitigación de riesgo aumentan tanto la probabilidad de éxito del proyecto como el retorno sobre la inversión a un costo mínimo, por lo cual resulta recomendable su implementación.

6. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones derivadas tras la ejecución del presente Trabajo de Grado se presentan a continuación:

- Incluir dentro del análisis de selección otros proveedores de centrífugas decantadoras de alta capacidad, en especial proveedores del continente asiático, con el fin de evaluar otras posibilidades no contempladas en el presente Trabajo.
- Integrar mediante simulaciones un modelo matemático predictivo del comportamiento de las centrífugas y un modelo financiero que contenga un componente estadístico, con el fin de estimar con mayor certeza el VPN del proyecto.
- Ampliar el estudio de mercado a otros sectores diferentes al Oil & Gas, con el fin de determinar otras estructuras de mercado que generen posibilidades de ingresos iguales ó superiores al planteado en este plan de negocio sin la variabilidad en la utilización de los equipos que caracteriza a éste mercado.
- Evaluar la posibilidad de contemplar un análisis de decisión mediante otras metodologías (Proceso Analítico Jerárquico-PAJ, Red Bayesiana, Árbol de Decisión ó Diagrama de Influencia) comparando los resultados obtenidos con la metodología MCDA para confirmar que la decisión de compra de las centrífugas Alfa-Laval LYNX 40 es, en efecto, la correcta.
- Incluir dentro del análisis financiero otras variables probabilísticas asociadas a la operación en campo que permitan estimar con mayor confianza los valores de retorno de inversión.
- Contemplar la adquisición de la centrífuga decantadora Alfa Laval LYNX-40 para importación como equipo para el control de sólidos en el sector O&G traída a territorio nacional por vía marítima. Adicionalmente, se recomienda ejecutar las medidas de gestión de riesgo descritas en el presente documento para minimizar los riesgos asociados con ésta inversión, e igualmente aumentar las probabilidades de éxito del negocio.

BIBLIOGRAFÍA

ALFA LAVAL. About us [en línea]. Dinamarca: Alfa Laval, 2015 [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.alfalaval.com/about-us/our-company/>>.

----- . Budget quotation: LYNX 40 drilling mud decanter centrifuge. Soborg (Dinamarca). Abril 2016.

----- . LYNX 700 Drilling mud decanter centrifuge budget quotation. Estados Unidos: 2013. p. 4.

ARBOLEDA, Sebastián. Informe técnico de desempeño sistema de control de sólidos. Bogotá D.C.: Energías Renovables de los Andes., 2016. Series de informes técnicos: 001A.

----- . ----- . Bogotá D.C.: Energías Renovables de los Andes. 2016. Series de informes técnicos: 001 A. p. 35.

ATP. Cotización disposición de agua residual Casanare. Bogotá D.C. 2015.

----- . Cotización disposición de cortes de perforación Casanare. Bogotá D.C. 2015.

BAKER HUGHES. Our Company [en línea]. Houston (Texas): Baker Hughes, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.bakerhughes.com/company/about>>

BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Serie de datos históricos de IPC [en línea]. Bogotá (Colombia): BRC. Junio 2016 [Citado 10 Junio, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.banrep.gov.co/es/lpc>>.

----- . Serie de datos históricos de TRM. [en línea]. Bogotá D.C.: Diciembre, 2015. [Citado 2 Mayo, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.banrep.gov.co/es/trm>>.

BLOGECONOMISTA. ¿Qué es la economía de escala? [en línea]. 19 Febrero, 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.blogeconomista.com/que-es-la-economia-de-escala/>>.

BLOOMBERG MARKETS. EURUSD Spot Exchange Rate [en línea]. 5 Mayo, 2016. [Citado 4 Junio, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.bloomberg.com/quote/EURUSD:CUR>>.

BOUSE, Eugene. Centrifuges. En: Drilling Fluids Processing Handbook. Amsterdam: Elsevier, 2005. p. 307.

-----, -----, Amsterdam: Elsevier, 2005. p. 308-310.

CAENN, Ryan; DARLEY, H.C.H y GRAY, George. Composition and properties of drilling and completion fluids. 6ª Edición. Oxford: Elsevier, 2011. 482. p. ISBN 9780123838582.

-----, -----, Oxford: Elsevier, 2011. 482-486. p. ISBN 9780123838582.

CÁMARA DE COMERCIO DE VILLAVICENCIO. ¿Qué hacer para importar? [en línea]. Villavicencio (Colombia): 27 Noviembre, 2009. [Citado 6 Mayo, 2016]. p.2. Disponible en internet: <http://www.ccv.org.co/ccvnueva/files/O.Guia_para_Importar.pdf>.

-----, -----, [en línea]. Villavicencio (Colombia): 27 Noviembre, 2009. [Citado 6 Mayo, 2016]. p.2-4. Disponible en internet: <http://www.ccv.org.co/ccvnueva/files/O.Guia_para_Importar.pdf>.

CARIBBEAN CARGO INTERNATIONAL. Cotizaciones transporte 4 centrifugas. Bogotá D.C. 8 Junio, 2016.

CASTILLO, Mario. Toma de decisiones en las empresas: entre el arte y la técnica: metodologías, modelos y herramientas. Bogotá D.C.: Ediciones Uniandes. 2006. p. 22.

CENTEX. About us [en línea]. Houston (Texas): Centex, 2016. [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.cen-tex.net/#!/about2/cc9x>>.

-----, Proposal 1862: drilling mud decanter centrifuge 1865. Houston (Texas). Abril 2016.

CENTRISYS. About us [en línea]. Kenosha (Winsconsin): Centrisys, 2015 [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: <<http://centrisys.com/about>>.

-----, Budget Quotation: Centrisys CS 21-4T2PH. Winsconsin (Estados Unidos). Junio 2016.

COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1220 (21, abril, 2005). Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Bogotá D.C., : El Ministerio, 2005. 2.p.

COLOMBIA, MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Decreto 4927 (26, diciembre, 2011). Por el cual se adopta el arancel de aduanas y otras disposiciones. Bogotá D.C., : El Ministerio, 2011. 286.p.

CONICET MENDOZA. Efluentes [en línea]. Argentina: 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Efluentes.htm>>.

CONTROL DE SÓLIDOS LTDA. Cotización equipos de control de sólidos. Bogotá D.C.: 2014.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER. La CAS [en línea]. Santander (Colombia): CAS. 2015. Disponible en internet: <<http://cas.gov.co/index.php/lacas.html>>.

DESARROLLO PERUANO. Ya operan las Grúas Pórtico del Callao. Disponible en internet: <<http://desarrolloperuano.blogspot.com.co/2009/04/ya-operan-las-gruas-portico-del-callao.html>>.

DIRECT INDUSTRY. Grúa telescópica. Disponible en internet: <http://www.directindustry.es/exhibit_on_directindustry.html>.

DITRANSA. Especificaciones vehículo Doble Troque. Disponible en internet: <<http://www.ditransa.com.co/NuestraOferta/TypeOfVehicle.aspx>>.

DRIFT. Our Company. [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia): Drift, 2015 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: <<http://driftsa.net/site/index.php/en/our-company>>.

ENSASTEGUI MANUEL. Propiedades Reológicas [en línea]. 12 Marzo, 2013. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<http://es.slideshare.net/201121014/propiedades-reologicas>>.

ESTRATEGÍAS LOGÍSTICAS DE DISTRIBUCIÓN FÍSICA. El transporte aéreo como alternativa. Disponible en internet: <<http://logisticadistribucionfisicayestrategias.pbworks.com/w/page/82152835/“EI%20Transporte%20Aéreo%20Como%20Alternativa”>>.

ESTUDIOS DE MERCADO. ¿Qué es un estudio de mercado? [en línea]. 2005. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <http://www.estudiosdemercado.org/que_es_un_estudio_de_mercado.html>.

FEDESARROLLO. Informe de coyuntura petrolera. Disponible en internet: <<http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/INFORME-DE-COYUNTURA-PETROLERA-JULIO-.pdf>>

FLOTTWEG. About us [en línea]. Alemania. Flottweg, 2016 [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: <<https://www.flottweg.com/about-us/company/>>.

----- Offer A206200: Flottweg decanter Z8-E. Vilsbirbug (Alemania). Abril 2016.

FUNDAMENTO DE MERCADOTECNIA. El entorno del marketing: el macroentorno [en línea]. 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<https://fundamentodemercadotecnia04.wordpress.com/el-entorno-del-marketing-el-macroentorno/>>.

GEOLOGY AND DRILLING PROBLEMS. Contaminación del lodo de perforación [en línea]. 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<https://geologyanddrillingproblems.wikispaces.com/CONTAMINACION+LODO>>.

GOOGLEMAPS. [programa informático en internet]. Disponible en: <<https://www.google.com/maps>>.

GROWCOCK, Fred y HARVEY, Tim. Drilling fluids En: Drilling Fluids Processing Handbook. Amsterdam: Elsevier, 2005. p.15.

-----, -----, Amsterdam: Elsevier, 2005. p.15-36.

-----, -----, Amsterdam: Elsevier, 2005. p. 20-25.

GRANT, Eugene; IRESON, Grant y LEAVENWORTH, Richard. Principles of engineering economy. 7 ed. Nueva York: New York Wiley, 1982. 59 p. ISBN: 047106436X.

-----, -----, 7 ed. Nueva York: New York Wiley, 1982. 60 p. ISBN: 047106436X.

-----, -----, 7 ed. Nueva York: New York Wiley, 1982. 255 p. ISBN: 047106436X.

-----, -----, 7 ed. Nueva York: New York Wiley, 1982. 388 p. ISBN: 047106436X.

HALLIBURTON. About us [en línea]. Estados Unidos: Halliburton, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.halliburton.com/en-US/about-us/default.page?node-id=hgbr8q6o>>.

HERNÁNDEZ, Laura. Diccionario marketing: Zona de influencia [en línea]. Perú: 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<https://laurahernandezfeu.wordpress.com/diccionario-de-marketing/wxyz-diccionario-marketing/>>.

HOLSAN S.A.S. Licitación servicio de control de sólidos para campaña de perforación de pozos en el Casanare Colombiano – Parex Resources Ltd. Bogotá D.C.: Holsan S.A.S. 2014. 52.p. HOL-014-LIC-17.

-. -. Citado por SALGADO, Adriana y VARGAS, Mario. Desarrollo de un modelo matemático predictivo del sistema integrado de control de sólidos para el Campo Akira. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos. 2015. 330.p.

-. -. Citado por SALGADO, Adriana y VARGAS, Mario. Desarrollo de un modelo matemático predictivo del sistema integrado de control de sólidos para el Campo Akira. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos. 2015. 332.p.

-. Quienes somos. [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia): Holsan S.A.S. Diciembre 2015 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: <<http://holsan.co/quienes-somos-3>>.

KRAUS, Richard. Petróleo: prospección y perforación [en línea]. 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/75.pdf>>.

LA ECONOMIA. Bienes sustitutos [en línea]. México: 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: < <http://laeconomia.com.mx/bienes-sustitutos/>>.

LEAL, José. Curso Internacional “Planificación y gestión sostenible de los recursos ambientales y naturales” [en línea].17-27 Agosto, 2010 [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/9E90838F4D830FEA052578B5007434DB/\\$FILE/LEALVIERNES_2_ANALISIS_COSTO_BENEFICIO_REVISADO.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/9E90838F4D830FEA052578B5007434DB/$FILE/LEALVIERNES_2_ANALISIS_COSTO_BENEFICIO_REVISADO.pdf)>.

LEGIS. Guía Legis para la declaración de renta. 35ª ed. Bogotá D.C.: Legis, 2010. 180 p. ISBN: 978-958-653-822-0.

LOGISPETROL. Cotización transporte Cartagena-Tocancipá 4 centrifugas. Bogotá D.C. 12 Junio, 2016.

MARIÑO ESPINOSA, Lilian. Entre enero y junio se han perforado nueve pozos, 82% menos que en 2014. En: La República. Bogotá D.C. 1, Junio, 2015

MANOTAS SÁNCHEZ, Cesar. Plan Estratégico Compañía de Control de Sólidos. [diapositivas]. Bogotá D.C., 2015. 46 diapositivas. Diapositivas 1-2.

------. [diapositivas]. Bogotá D.C., 2015. 46 diapositivas. Diapositivas 4.

------. [diapositivas]. Bogotá D.C., 2015. 46 diapositivas. Diapositivas 10.

MERCADO LIBRE. Elevador Frontal. Disponible en internet: <[http://listado.mercadolibre.com.co/elevador-frontal#D\[A:elevador-frontal\]](http://listado.mercadolibre.com.co/elevador-frontal#D[A:elevador-frontal])>.

MÉTODOS CUANTITATIVOS. Distribución de probabilidad [en línea]. 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<http://metodoscuantitativo2.galeon.com/enlaces2218784.html>>.

MINERAL WISE. Farm-in definition [en línea]. Houston (Texas): 2011. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.mineralweb.com/library/oil-and-gas-terms/farm-in-definition/>>.

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. ¿Cómo importar a Colombia? [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia). Agosto 8, 2011. [Citado 6 Junio, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.mincit.gov.co/mincomercioexterior/publicaciones.php?id=16268>>.

MI-SWACO. About us [en línea]. Houston (Texas): Schlumberger, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.slb.com/about>>.

------. 414 Centrifuge. Disponible en internet: < http://www.slb.com/~media/Files/miswaco/product_sheets/414_centrifuge.ashx >.

------. CD-500 High Volume Fully-Hydraulic Centrifuge. Disponible en internet: <http://www.slb.com/~media/Files/miswaco/product_sheets/cd-500_centrifuge.pdf >.

MONTENEGRO, Sandra. Ordenamiento Jurídico Subyacente – Sesión 2. [diapositivas]. Bogotá (Colombia). Universidad de América. 2016. Diapositiva 40.

------. [diapositivas]. Bogotá (Colombia). Universidad de América. 2016. Diapositiva 42.

------. [diapositivas]. Bogotá (Colombia). Universidad de América. 2016. Diapositiva 48.

MUNDO PORTUARIO. Grúa RTG. Disponible en internet: <<https://mundoportuario.wordpress.com/2008/12/02/equipos-portuarios/>>.

NATIONAL OILWELL VARCO. About NOV. [en línea]. Estados Unidos: NOV, Octubre 2014 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: <https://www.nov.com/About_NOV.aspx>.

NATURAL RESOURCES LEADERSHIP INSTITUTE. Multi-Criteria Decision Analysis [en línea]. Raleigh (Estados Unidos): NC State university. 2008. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: < <https://www.ncsu.edu/nrli/decision-making/MCDA.php>>.

NUÑEZ, Eulimar. Primera carga marítima entre Miami y La Habana en 50 años. BBC Mundo. Disponible en internet: <http://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/07/120711_eeuu_cuba_cargamento_maritimo_en.shtml>.

OIL CRUDE PRICES. Crude oil prices forecast. Disponible en internet: <<https://www.oilcrudeprice.com/oil-price-forecast/>>.

ORMEÑO, Roberto. Retroexcavadora [en línea]. 25 Mayo, 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<http://maquinariaspesadasrom.blogspot.com.co/2016/05/tipos-de-maquinarias-pesadas.html>>.

PAREDES MORATO, Yolima. Proyecto La Logística Portuaria [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia): Superintendencia de puertos y transportes. Julio 2010. [Citado 2 Junio, 2016]. p. 18. Disponible en internet: <<http://www.supertransporte.gov.co/documentos/2014/delegada%20puertos/caracterizacion%20puertos/LOGISTICA%20PORTUARIA.pdf>>.

----- [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia): Superintendencia de puertos y transportes. Julio 2010. [Citado 2 Junio, 2016]. p. 20. Disponible en internet: <<http://www.supertransporte.gov.co/documentos/2014/delegada%20puertos/caracterizacion%20puertos/LOGISTICA%20PORTUARIA.pdf>>.

PAREX RESOURCES LTD. Akira-9 Drilling Stick. Bogotá D.C. (Colombia): Departamento de Perforación, 2014.

PORTER, Michael. Ventaja Competitiva. 2ª Edición. México D.F.: Compañía Editorial Continental, 2002. 554 .p.

PORTILLO, Viviana y RODRÍGUEZ, Juan Carlos. Plan de negocios para la creación de empresa enfocada a la disminución del impacto ambiental generado

por los desechos de perforación de la industria petrolera. Trabajo de grado especialización financiera. Bogotá D.C.: Universidad EAN. Facultad de Administración, 2013. 26. p.

PUERTO BUENOS AIRES. Cargador. Disponible en internet: < <http://www.puertobuenosaires.gov.ar/equipamiento-/52>>.

Q-MAX. About Q-Max. [en línea]. Estados Unidos: Q-Max, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.qmax.com/about-us/>>.

SALGADO, Adriana y VARGAS, Mario. Desarrollo de un modelo matemático predictivo del sistema integrado de control de sólidos para el Campo Akira. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. 69-73. p.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.30.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.33.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.36.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.73.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.74.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.72.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.320.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.328.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.329.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.330.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.331.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.339.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.340.

-----, -----, Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Petróleos, 2015. p.342.

SEA ROUTE FINDER. [programa informático en internet]. Disponible en: <<http://www.searoutefinder.com>>

SEARS, Francia W, *et al.* Física Universitaria. Traducido por Roberto Escalona García. 9ª ed. Argentina: Addison Wesley Iberoamericana, 1996. 83. p. ISBN 9786074422887.

SERFLUCOL. Servicios de Control de Sólidos. Disponible en internet: <<http://serflucol.com>>.

SERPET. Cotización disposición de agua residual Casanare. Bogotá D.C. 2015.

-----, -----, Cotización disposición de cortes de perforación Casanare. Bogotá D.C. 2015.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Modos y Medios de Transporte [en línea]. Colombia: 2015. [Citado 1 Junio, 2016]. p. 1. Disponible en internet: <https://senaintro.blackboard.com/bbcswebdav/institution/semillas/822203_1_VIRTUAL/Objetos_de_Aprendizaje/Descargables/ADA%207/ADA_7.2.pdf>.

-----, -----, [en línea]. Colombia: 2015. [Citado 1 Junio, 2016]. p.2. Disponible en internet: <https://senaintro.blackboard.com/bbcswebdav/institution/semillas/822203_1_VIRTUAL/Objetos_de_Aprendizaje/Descargables/ADA%207/ADA_7.2.pdf>.

-----, -----, [en línea]. Colombia: 2015. [Citado 1 Junio, 2016]. p.3. Disponible en internet: <https://senaintro.blackboard.com/bbcswebdav/institution/semillas/822203_1_VIRTUAL/Objetos_de_Aprendizaje/Descargables/ADA%207/ADA_7.2.pdf>.

SCHLUMBERGER. Barrena [en línea]. Estados Unidos: SLB. 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: <<http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/b/bit.aspx>>.

----- . Sólidos de perforación [en línea]. Estados Unidos: SLB. 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: < http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/d/drill_solids.aspx>.

SLIDESHARE. Brocas Tricónicas [en línea]. 14 Noviembre, 2013. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: < <http://es.slideshare.net/khrisforever/brocas-triconicas>>.

----- . Fundamentos de control de sólidos [en línea]. 16 Octubre, 2012. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: < <http://es.slideshare.net/javierportillo100/curso-de-control-de-slidos>>.

SUAPECA AGENTES ADUANALES. Transporte terrestre de carga pesada y liviana en Venezuela. Disponible en internet: <<http://www.suapeca.net/servicios/transporte-de-carga-pesada-y-liviana-en-venezuela/>>.

SUBGERENCIA CULTURAL DEL BANCO DE LA REPÚBLICA. Carta de Crédito [en línea]. Bogotá D.C.: 2015. [Citado 24 Mayo, 2016]. Disponible en internet: < http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/carta_de_credito>.

----- . Oferta y demanda [en línea]. Bogotá D.C.: 2015. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: < http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/oferta_y_demanda>.

TOMOE. Home [en línea]. Estados Unidos: Tomoe, 2016. [Citado 20 Mayo, 2016]. Disponible en internet: < <http://tomo-engineeringusa.com/home.html>>.

----- . Presupuesto N° 0229. Centrífuga decanter Tomoe Modelo PTM 540. Sao Paulo (Brasil). Abril 2016.

TURBOSQUID. Elevador de Alcance. Disponible en internet: < <http://www.turbosquid.com/Search/Index.cfm?keyword=reachstacker>>.

TWM. Cotización disposición de agua residual Casanare. Bogotá D.C. 2015.

----- . Cotización disposición de cortes de perforación Casanare. Bogotá D.C. 2015.

UNIVERSIDAD CAECE. Modelos determinísticos y estocásticos [en línea]. 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet:< <https://caece-mys1.wikispaces.com/Modelos+determin%C3%ADsticos+y+estoc%C3%A1sticos>>.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Lección 31. Definición de Plan de Manejo Ambiental [en línea]. 2016. [Citado 3 Julio, 2016]. Disponible en internet: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358023/Material_en_linea/leccin_31_definicion_de_plan_de_manejo_ambiental.html<

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. Spot prices crude oil. Disponible en internet: <https://www.eia.gov/dnav/pet/PET_PRI_SPT_S1_D.htm>.

WEATHERFORD. About us [en línea]. Estados Unidos: Weatherford, 2016 [Citado 29 Abril, 2016]. Disponible en internet: < <http://www.weatherford.com/en/about-us>>.

ANEXOS

Anexo A.
Muestra de cálculo de tabla de amortización mensual

Períodos	Pago Interés	Pago Capital	Saldo
0			
1	\$27.569.067	\$16.150.203	\$3.292.137.811
2	\$27.434.482	\$16.284.788	\$3.275.853.023
3	\$27.298.775	\$16.420.495	\$3.259.432.528
4	\$27.161.938	\$16.557.332	\$3.242.875.196
5	\$27.023.960	\$16.695.310	\$3.226.179.886
6	\$26.884.832	\$16.834.438	\$3.209.345.448
7	\$26.744.545	\$16.974.724	\$3.192.370.724
8	\$26.603.089	\$17.116.181	\$3.175.254.543
9	\$26.460.455	\$17.258.815	\$3.157.995.728
10	\$26.316.631	\$17.402.639	\$3.140.593.089
11	\$26.171.609	\$17.547.661	\$3.123.045.428
12	\$26.025.379	\$17.693.891	\$3.105.351.537
13	\$25.877.929	\$17.841.340	\$3.087.510.197
14	\$25.729.252	\$17.990.018	\$3.069.520.178
15	\$25.579.335	\$18.139.935	\$3.051.380.243
16	\$25.428.169	\$18.291.101	\$3.033.089.142
17	\$25.275.743	\$18.443.527	\$3.014.645.615
18	\$25.122.047	\$18.597.223	\$2.996.048.392
19	\$24.967.070	\$18.752.200	\$2.977.296.192
20	\$24.810.802	\$18.908.468	\$2.958.387.724
21	\$24.653.231	\$19.066.039	\$2.939.321.685
22	\$24.494.347	\$19.224.923	\$2.920.096.762
23	\$24.334.140	\$19.385.130	\$2.900.711.632
24	\$24.172.597	\$19.546.673	\$2.881.164.959
25	\$24.009.708	\$19.709.562	\$2.861.455.397
26	\$23.845.462	\$19.873.808	\$2.841.581.589
27	\$23.679.847	\$20.039.423	\$2.821.542.166
28	\$23.512.851	\$20.206.419	\$2.801.335.747
29	\$23.344.465	\$20.374.805	\$2.780.960.942
30	\$23.174.675	\$20.544.595	\$2.760.416.347
31	\$23.003.470	\$20.715.800	\$2.739.700.546
32	\$22.830.838	\$20.888.432	\$2.718.812.114
33	\$22.656.768	\$21.062.502	\$2.697.749.612
34	\$22.481.247	\$21.238.023	\$2.676.511.589
35	\$22.304.263	\$21.415.007	\$2.655.096.582
36	\$22.125.805	\$21.593.465	\$2.633.503.117
37	\$21.945.859	\$21.773.411	\$2.611.729.707
38	\$21.764.414	\$21.954.856	\$2.589.774.851
39	\$21.581.457	\$22.137.813	\$2.567.637.038
40	\$21.396.975	\$22.322.295	\$2.545.314.744
41	\$21.210.956	\$22.508.314	\$2.522.806.430
42	\$21.023.387	\$22.695.883	\$2.500.110.547
43	\$20.834.255	\$22.885.015	\$2.477.225.532
44	\$20.643.546	\$23.075.724	\$2.454.149.808
45	\$20.451.248	\$23.268.021	\$2.430.881.786
46	\$20.257.348	\$23.461.922	\$2.407.419.865
47	\$20.061.832	\$23.657.438	\$2.383.762.427
48	\$19.864.687	\$23.854.583	\$2.359.907.844
49	\$19.665.899	\$24.053.371	\$2.335.854.473
50	\$19.465.454	\$24.253.816	\$2.311.600.657
51	\$19.263.339	\$24.455.931	\$2.287.144.726
52	\$19.059.539	\$24.659.731	\$2.262.484.995
53	\$18.854.042	\$24.865.228	\$2.237.619.767
54	\$18.646.831	\$25.072.438	\$2.212.547.329
55	\$18.437.894	\$25.281.375	\$2.187.265.953
56	\$18.227.216	\$25.492.054	\$2.161.773.900
57	\$18.014.782	\$25.704.487	\$2.136.069.412
58	\$17.800.578	\$25.918.691	\$2.110.150.721
59	\$17.584.589	\$26.134.681	\$2.084.016.040
60	\$17.366.800	\$26.352.470	\$2.057.663.571
61	\$17.147.196	\$26.572.073	\$2.031.091.497
62	\$16.925.762	\$26.793.507	\$2.004.297.990
63	\$16.702.483	\$27.016.787	\$1.977.281.203
64	\$16.477.343	\$27.241.927	\$1.950.039.277
65	\$16.250.327	\$27.468.943	\$1.922.570.334
66	\$16.021.419	\$27.697.850	\$1.894.872.484
67	\$15.790.604	\$27.928.666	\$1.866.943.818
68	\$15.557.865	\$28.161.405	\$1.838.782.413
69	\$15.323.187	\$28.396.083	\$1.810.386.330
70	\$15.086.553	\$28.632.717	\$1.781.753.613
71	\$14.847.947	\$28.871.323	\$1.752.882.290
72	\$14.607.352	\$29.111.917	\$1.723.770.372
73	\$14.364.753	\$29.354.517	\$1.694.415.855
74	\$14.120.132	\$29.599.138	\$1.664.816.718
75	\$13.873.473	\$29.845.797	\$1.634.970.920
76	\$13.624.758	\$30.094.512	\$1.604.876.408
77	\$13.373.970	\$30.345.300	\$1.574.531.108
78	\$13.121.093	\$30.598.177	\$1.543.932.931
79	\$12.866.108	\$30.853.162	\$1.513.079.769
80	\$12.608.998	\$31.110.272	\$1.481.969.497
81	\$12.349.746	\$31.369.524	\$1.450.599.973

82	\$12,088.333	\$31,630.937	\$1,418,969.036
83	\$11,824.742	\$31,894.528	\$1,387,074.508
84	\$11,558.954	\$32,160.316	\$1,354,914.193
85	\$11,290.952	\$32,428.318	\$1,322,485.874
86	\$11,020.716	\$32,698.554	\$1,289,787.320
87	\$10,748.228	\$32,971.042	\$1,256,816.278
88	\$10,473.469	\$33,245.801	\$1,223,570.477
89	\$10,196.421	\$33,522.849	\$1,190,047.628
90	\$9,917.064	\$33,802.206	\$1,156,245.421
91	\$9,635.379	\$34,083.891	\$1,122,161.530
92	\$9,351.346	\$34,367.924	\$1,087,793.606
93	\$9,064.947	\$34,654.323	\$1,053,139.283
94	\$8,776.161	\$34,943.109	\$1,018,196.174
95	\$8,484.968	\$35,234.302	\$982,961.872
96	\$8,191.349	\$35,527.921	\$947,433.951
97	\$7,895.283	\$35,823.987	\$911,609.964
98	\$7,596.750	\$36,122.520	\$875,487.444
99	\$7,295.729	\$36,423.541	\$839,063.903
100	\$6,992.199	\$36,727.071	\$802,336.832
101	\$6,686.140	\$37,033.130	\$765,303.703
102	\$6,377.531	\$37,341.739	\$727,961.963
103	\$6,066.350	\$37,652.920	\$690,309.043
104	\$5,752.575	\$37,966.695	\$652,342.349
105	\$5,436.186	\$38,283.084	\$614,059.265
106	\$5,117.161	\$38,602.109	\$575,457.156
107	\$4,795.476	\$38,923.794	\$536,533.362
108	\$4,471.111	\$39,248.159	\$497,285.204
109	\$4,144.043	\$39,575.227	\$457,709.977
110	\$3,814.250	\$39,905.020	\$417,804.957
111	\$3,481.708	\$40,237.562	\$377,567.395
112	\$3,146.395	\$40,572.875	\$336,994.520
113	\$2,808.288	\$40,910.982	\$296,083.538
114	\$2,467.363	\$41,251.907	\$254,831.631
115	\$2,123.597	\$41,595.673	\$213,235.958
116	\$1,776.966	\$41,942.304	\$171,293.654
117	\$1,427.447	\$42,291.823	\$129,001.832
118	\$1,075.015	\$42,644.255	\$86,357.577
119	\$719.646	\$42,999.623	\$43,357.954
120	\$361.316	\$43,357.954	\$-

Anexo B. Muestra cálculos de egresos y costos totales

Egresos Frente 1

Periodo (año)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Días Pozo	0	135	165	180	180	180	180	180	180	180	180
Costo Tratamiento (COP/año)	\$ -	\$ 776.873.943	\$ 949.512.597	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924
Costo de Mantenimiento (COP/año)	\$ -	\$ 212.675.658	\$ 259.936.915	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544
Costo de Personal(COP/año)	\$ 32.000.000,00	\$ 384.000.000	\$ 352.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000
Costo de Alquiler de Equipos (COP/año)	\$ -	\$ 388.800.000	\$ 475.200.000	\$ 518.400.000	\$ 518.400.000	\$ 518.400.000	\$ 518.400.000	\$ 518.400.000	\$ 518.400.000	\$ 518.400.000	\$ 518.400.000
Gastos Administrativos (COP/año)	\$ 25.000.000,00	\$ 300.000.000	\$ 275.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000
Costos Totales (COP/año)	\$ 57.000.000,00	\$ 2.062.349.601	\$ 2.311.649.512	\$ 2.521.799.468	\$ 2.521.799.468	\$ 2.521.799.468	\$ 2.521.799.468	\$ 2.521.799.468	\$ 2.521.799.468	\$ 2.521.799.468	\$ 2.521.799.468
Inflación de Costos Totales (COP/año)	\$ -	\$ 65.407.237	\$ 189.933.068	\$ 340.691.529	\$ 486.902.293	\$ 640.581.234	\$ 802.109.811	\$ 971.888.971	\$ 1.150.340.138	\$ 1.337.906.261	\$ 1.535.052.915
Costos Totales Ajustados por inflación (COP/año)	\$ 57.000.000,00	\$ 2.127.756.839	\$ 2.501.582.580	\$ 2.862.490.997	\$ 3.008.701.761	\$ 3.162.380.702	\$ 3.323.909.279	\$ 3.493.688.439	\$ 3.672.139.606	\$ 3.859.705.729	\$ 4.056.852.383

Egresos Frente 2

Periodo (año)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Días Pozo	0	135	165	180	180	180	180	180	180	180	180
Costo Tratamiento (COP/año)	\$ -	\$ 776.873.943	\$ 949.512.597	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924	\$ 1.035.831.924
Costo de Mantenimiento (COP/año)	\$ -	\$ 212.675.658	\$ 259.936.915	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544	\$ 283.567.544
Costo de Personal(COP/año)	\$ 32.000.000,00	\$ 384.000.000	\$ 352.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000	\$ 384.000.000
Costo de Alquiler de Equipos (COP/año)	\$ -	\$ 34.560.000	\$ 33.117.281	\$ 37.873.734	\$ 39.808.254	\$ 41.841.586	\$ 43.978.778	\$ 46.225.132	\$ 48.586.227	\$ 51.067.922	\$ 53.676.377
Gastos Administrativos (COP/año)	\$ 25.000.000,00	\$ 300.000.000	\$ 275.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000	\$ 300.000.000
Costos Totales (COP/año)	\$ 57.000.000,00	\$ 1.708.109.601	\$ 1.869.566.793	\$ 2.041.273.202	\$ 2.043.207.722	\$ 2.045.241.054	\$ 2.047.378.246	\$ 2.049.624.600	\$ 2.051.985.695	\$ 2.054.467.390	\$ 2.057.075.845
Inflación de Costos Totales (COP/año)	\$ -	\$ 53.203.818	\$ 153.616.458	\$ 275.782.948	\$ 394.507.945	\$ 519.539.054	\$ 651.223.717	\$ 789.929.777	\$ 936.046.801	\$ 1.089.987.492	\$ 1.252.189.214
Costos Totales Ajustados por inflación (COP/año)	\$ 57.000.000,00	\$ 1.761.313.420	\$ 2.023.183.251	\$ 2.317.056.149	\$ 2.437.715.668	\$ 2.564.780.109	\$ 2.698.601.962	\$ 2.839.554.378	\$ 2.988.032.496	\$ 3.144.454.882	\$ 3.309.265.059

Costos Totales (COP/año)	\$ 114.000.000,00	\$ 3.889.070.258	\$ 4.524.765.831	\$ 5.179.547.146	\$ 5.446.417.429	\$ 5.727.160.810	\$ 6.022.511.242	\$ 6.333.242.817	\$ 6.660.172.102	\$ 7.004.160.611	\$ 7.366.117.443
---------------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

Anexo C. Muestra cálculo de ingresos totales

Ingresos Frente 1

Periodo (Año)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Días Pozo	0	135	165	180	180	180	180	180	180	180	180
Ingresos Operativos (COP/año)	\$ -	\$ 2.363.094.000	\$ 2.888.226.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000
Ajuste de ingresos por inflación (COP/año)	\$ -	\$ -	\$ 131.035.080	\$ 302.108.956	\$ 478.476.773	\$ 663.853.133	\$ 858.698.175	\$ 1.063.495.544	\$ 1.278.753.584	\$ 1.505.006.609	\$ 1.742.816.220
Ingresos ajustados por inflación (COP/año)	\$ -	\$ 2.363.094.000	\$ 3.019.261.080	\$ 3.452.900.956	\$ 3.629.268.773	\$ 3.814.645.133	\$ 4.009.490.175	\$ 4.214.287.544	\$ 4.429.545.584	\$ 4.655.798.609	\$ 4.893.608.220

Ingresos Frente 2

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Días Pozo	0	135	165	180	180	180	180	180	180	180	180
Ingresos Operativos (COP/año)	\$ -	\$ 2.363.094.000	\$ 2.888.226.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000	\$ 3.150.792.000
Ajuste de ingresos por inflación (COP/año)	\$ -	\$ -	\$ 131.035.080	\$ 302.108.956	\$ 478.476.773	\$ 663.853.133	\$ 858.698.175	\$ 1.063.495.544	\$ 1.278.753.584	\$ 1.505.006.609	\$ 1.742.816.220
Ingresos ajustados por inflación (COP/año)	\$ -	\$ 2.363.094.000	\$ 3.019.261.080	\$ 3.452.900.956	\$ 3.629.268.773	\$ 3.814.645.133	\$ 4.009.490.175	\$ 4.214.287.544	\$ 4.429.545.584	\$ 4.655.798.609	\$ 4.893.608.220

Valor de Salvamento (COP/año)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 472.612.573
-------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----------------

Ingresos Totales (COP/año)	\$ -	\$ 4.726.188.000	\$ 6.038.522.159	\$ 6.905.801.912	\$ 7.258.537.545	\$ 7.629.290.265	\$ 8.018.980.351	\$ 8.428.575.087	\$ 8.859.091.168	\$ 9.311.597.217	\$ 10.259.829.014
-----------------------------------	------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------

Anexo D.
Muestra de Resultados cálculo de Flujo de Caja Libre y TIR

Periodo (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Totales (COP/año)	\$ -	\$ 4.726.188.000	\$ 6.038.522.159	\$ 6.905.801.912	\$ 7.258.537.545	\$ 7.629.290.265	\$ 8.018.980.351	\$ 8.428.575.087	\$ 8.859.091.168	\$ 9.311.597.217	\$ 10.259.829.014
Costos Totales (COP/año)	\$ 114.000.000,00	\$ 3.889.070.258	\$ 4.524.765.831	\$ 5.179.547.146	\$ 5.446.417.429	\$ 5.727.160.810	\$ 6.022.511.242	\$ 6.333.242.817	\$ 6.660.172.102	\$ 7.004.160.611	\$ 7.366.117.443
Inversión (COP/año)	\$ 4.726.125.734,13	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
EBITDA (COP/año)	\$ -4.840.125.734,13	\$ 837.117.742	\$ 1.513.756.328	\$ 1.726.254.766	\$ 1.812.120.117	\$ 1.902.129.455	\$ 1.996.469.109	\$ 2.095.332.270	\$ 2.198.919.066	\$ 2.307.436.606	\$ 2.893.711.572
Egresos Financieros											
Amortización de Capital (COP/año)	\$ -	\$ 202.936.477	\$ 206.345.237	\$ 247.661.842	\$ 273.595.273	\$ 302.244.273	\$ 333.893.198	\$ 368.856.179	\$ 407.480.241	\$ 450.148.747	\$ 497.285.204
Amortización de Interés (COP/año)	\$ -	\$ 321.694.762	\$ 274.566.731	\$ 276.969.397	\$ 251.035.965	\$ 222.386.965	\$ 190.738.040	\$ 155.775.059	\$ 117.150.997	\$ 74.482.491	\$ 27.346.035
Servicio de Deuda (COP/año)	\$ -	\$ 524.631.239	\$ 480.911.969	\$ 524.631.239	\$ 524.631.239	\$ 524.631.239	\$ 524.631.239	\$ 524.631.239	\$ 524.631.239	\$ 524.631.239	\$ 524.631.239
Depreciaciones (COP/año)	\$ -	\$ 330.828.801	\$ 303.259.735	\$ 330.828.801	\$ 330.828.801	\$ 330.828.801	\$ 330.828.801	\$ 330.828.801	\$ 330.828.801	\$ 330.828.801	\$ 330.828.801
Ingresos Base para el cálculo de impuestos (COP/año)	\$ -4.840.125.734,13	\$ 184.594.179	\$ 935.929.863	\$ 1.118.456.568	\$ 1.230.255.350	\$ 1.348.913.688	\$ 1.474.902.267	\$ 1.608.728.410	\$ 1.750.939.268	\$ 1.902.125.314	\$ 2.535.536.735
Impuestos (COP/año)	\$ -	\$ 232.045.812	\$ 308.856.855	\$ 369.090.667	\$ 405.984.265	\$ 445.141.517	\$ 486.717.748	\$ 530.880.375	\$ 577.809.958	\$ 627.701.354	\$ 836.727.123
Flujo de Caja Libre (COP/año)	\$ -4.840.125.734,13	\$ 605.071.930	\$ 1.204.899.474	\$ 1.357.164.098	\$ 1.406.135.851	\$ 1.456.987.938	\$ 1.509.751.361	\$ 1.564.451.895	\$ 1.621.109.108	\$ 1.679.735.253	\$ 2.056.984.449

VPN (antes de impuestos, intereses, depreciaciones y amortizaciones)	\$ 4.990.832.386,74
VPN (después de impuestos, intereses, depreciaciones y amortizaciones)	\$ 2.618.118.593,21
TIR mensual Global (antes de impuestos, intereses, depreciaciones y amortizaciones)	2,53%
TIR anual Global (antes de impuestos, intereses, depreciaciones y amortizaciones)	35%
TIR Global mensual(después de impuestos, intereses, depreciaciones y amortizaciones)	1,92%