

**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD
ADQUISICIÓN DE CAMIONES CON UNIDAD DE SLICK LINE PARA
REALIZACIÓN DE TRABAJOS DE REGISTRO EN POZOS DE PETRÓLEO
DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE
ECOPETROL S.A.**

**LORENA ALEXANDRA JURADO JABBA
ANA KARINA GARCÍA SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA**

2010

**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD
ADQUISICIÓN DE CAMIONES CON UNIDAD DE SLICK LINE PARA
REALIZACIÓN DE TRABAJOS DE REGISTRO EN POZOS DE PETRÓLEO
DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE
ECOPETROL S.A.**

**LORENA ALEXANDRA JURADO JABBA
ANA KARINA GARCÍA SÁNCHEZ**

**Monografía presentada como requisito para optar al
Título de Especialistas en Evaluación y Gerencia de Proyectos**

**Director:
Carlos Eduardo Díaz Bohorquez
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA**

2010

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 ALCANCE	3
2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	4
2.1 ANTECEDENTES	4
2.2 JUSTIFICACIÓN	9
3 ESTUDIO DEL MERCADO	12
3.1 SERVICIO	12
3.2 MERCADO	12
3.3 DEMANDA	14
3.4 OFERTA.....	20
4. ESTUDIO TÉCNICO	21
4.1 TECNOLOGÍA.....	21
4.2 ESTUDIO DE TIEMPOS DE LOS TRABAJOS CONSLICK LINE	29
4.3 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS	30
5. ESTUDIO FINANCIERO	33
5.1 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO.....	33
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Accidentes por manejo manual de cargas, GRM años 2006 a 2008	6
Tabla 2. Relación del número de pozos de los campos del Grupo 1	13
Tabla 3. Relación del número de pozos de los campos del Grupo 2.....	14
Tabla 4. Relación del número de pozos de los campos del Grupo 3.....	14
Tabla 5. Factor de utilización y producción diferida Grupos 1 y 2, ene 2009.....	15
Tabla 6. Factor de utilización y producción diferida Grupos 1 y 2, feb 2009.....	15
Tabla 7. Factor de utilización y producción diferida Grupo 1 y 2 - vigencia 2009 ..	16
Tabla 8. Escenarios de duración para operaciones de Slick Line, Grupo 3.....	17
Tabla 9. Factor de utilización y producción diferida Grupos 3, ene 2009	18
Tabla 10. Factor de utilización y producción diferida Grupos 3, feb 2009	18
Tabla 11. Factor de utilización y producción diferida Grupo 3 - vigencia 2009.....	19
Tabla 12. Características tecnológicas del mercado para equipos de slick line	25
Tabla 13. Características básicas requeridas del camión de slick line.	26
Tabla 14. Evaluación cuantitativa de las alternativas tecnológicas propuestas.....	27
Tabla 15. Disponibilidad de equipos de Slick Line de la SOM - vigencia 2009.....	30

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Operadores instalando preventora en pozo Suerte 34.....	4
Imagen 2. Equipo de Slick Line Propiedad de Ecopetrol.....	5
Imagen 3. Motor de la Unidad de Slick Line 1781.....	7
Imagen 4. Decibeles emitidos por Motores Honda.....	8
Imagen 5. Localización de Campos de la Superintendencia De Mares.	13
Imagen 6. Equipo de slick Line propiedad de la empresa AIP Ltda.	21
Imagen 7. Equipo de slick Line propiedad de la empresa HS.	22
Imagen 8. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Colregistros.	22
Imagen 9. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Schlumberger.....	22
Imagen 10. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Halliburton.	23
Imagen 11. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Strong Services....	23
Imagen 12. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Well Logging.	24
Imagen 13. Equipo de slick line estándar propuesto para la reposición.....	28

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Factor de utilización y producción diferida Grupos 1 y 2 - 2009. ... 16

Gráfica 2. Factor de utilización y producción diferida Grupo 3 - 2009. 19

GLOSARIO

AUTOPROPULSADO: Equipo que genera su propio movimiento y no requiere se llevado por tracción.

BPD: Barriles por día.

DIFERIDA: Pérdida de producción de crudo (BPD) o gas (MPCGSD) por fallas atribuibles a la operación, mantenimiento de los equipos, formación del yacimiento, sociales o ajenos.

DISPONIBILIDAD DE EQUIPO: Recopilación de estadísticas que indican en horas la actividad de una máquina en un turno o en un periodo de tiempo definido.

EQUIPO AUTOMOTOR PESADO: Frente ejecutor de actividades de mantenimiento mecánico de vehículos de carga en la Superintendencia de Operaciones De Mares. Ejemplo: carro macho, camión grua, cama baja, etc.

ESTRUCTURA: Comprende los cilindros niveladores del camión de transporte del equipo de medida, cilindros de elevación de la torre, soportes con perfiles cuadrados o redondos de apoyo.

FILL UP: Medida de la distancia desde la superficie al fondo de pozo.

MPCGSD: Millones de pies cúbicos de gas estándar por día.

SISTEMA HIDRÁULICO: Conjunto motor-bomba con sistema de válvulas de control y bypass para accionamiento de cilindros hidráulicos de nivelación,

elevación de torre y accionamiento de un Winche de maniobra que permite la instalación y operación del equipo en pozos de petróleo.

SLICK LINE: Equipo de toma de fondos y medidas en pozos de petróleo

SOM: Superintendencia de Operaciones De Mares

STAND BY: Equipo que sirve de reemplazo a la operación de otro en caso de quedar fuera de servicio, contando con características similares y desempeñando la misma función dentro del sistema.

VPR: Vicepresidencia de Producción

TITULO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA ADQUISICIÓN DE CAMIONES CON UNIDAD DE SLICK LINE PARA REALIZACIÓN DE TRABAJOS DE REGISTRO EN POZOS DE PETRÓLEO DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE ECOPETROL S.A.*

AUTORES

LORENA ALEXANDRA JURADO JABBA - Ingeniera Industrial
ANA KARINA GARCÍA SÁNCHEZ - Ingeniera Industrial **

PALABRAS CLAVES

Slick Line; Autopropulsado; Salud Ocupacional; Seguridad Industrial, Lesiones; Ruido; Productividad

DESCRIPCIÓN

Con la implementación de los Sistemas de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional acogidos por Ecopetrol S.A., se incita a la identificación de condiciones sub-estándar en la ejecución de los trabajos realizados en los Campos petroleros atendidos por la empresa.

La Superintendencia de Operaciones De Mares de Ecopetrol S.A., comprometida con el mejoramiento de las condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional en las que laboran sus operadores, ha identificado falencias en los equipos de slick line utilizados para las operaciones de toma de registro en fondo de pozos de extracción de crudo, puesto que carecen de las características adecuadas para operar dentro de los límites permisibles de exposición a los niveles de ruido, condiciones de ergonomía requeridas y seguridad en el manejo manual de cargas.

El desarrollo del estudio inicia con el diagnóstico de la situación actual a fin de ubicar al lector en el contexto, seguido del dimensionamiento de los servicios, mercado, demanda y oferta de los actuales equipos que operan en los campos que conforman la Superintendencia de Operaciones De Mares. La información base se toma de los registros de trabajos realizados durante el año 2009.

Para la definición del estudio técnico, se realiza una evaluación de alternativas tecnológicas investigadas en la Región, con el fin de presentar una propuesta que soluciones las necesidades de salud ocupacional de los operarios y que a su vez propenda por aumentar la productividad y disminuir los costos en los que se incurre con la utilización de las actuales tecnologías. Los resultados de este estudio se contemplan en la evaluación financiera que finalmente, permitirá conocer la viabilidad de reemplazar los equipos de slick line utilizados actualmente en la Superintendencia de Operaciones De Mares de Ecopetrol S.A.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas.- Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.- Especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos.- Director: Carlos Eduardo Díaz Bohorquez.- Ingeniero Industrial

TITLE

PRE-FEASIBILITY STUDY FOR ACQUISITION OF TRUCKS WITH SLICK LINE UNITS TO PERFORM REGISTRATION WORK IN THE OIL WELLS OF THE SEAS OPERATION SUPERINTENDENCE OF ECOPETROL S.A.*

AUTHORS

LORENA ALEXANDRA JURADO JABBA - Industrial Engineer

ANA KARINA GARCÍA SÁNCHEZ - Industrial Engineer **

KEY WORDS

Slick Line; Self-propelled; Occupational Health; Industrial Safety security, Injuries; Noise, Productivity

DESCRIPTION

The implementation of the Industrial safety and occupational health systems adopted by Ecopetrol SA, encourages to identify sub-standard conditions in the execution of the performed work in the oil fields served by the company.

Seas Operation Superintendence of Ecopetrol SA, committed to the improvement of industrial safety and occupational health in which their operators work, has identified weaknesses in the slick line equipment used for making registration operations in downhole crude oil extraction, since they lack the proper characteristics to operate within the permissible limits of exposure to noise levels, ergonomic conditions required and safety for load handling

The development of this study begins with the diagnosis of the current situation in order to locate the reader in context, followed by the design of services, market demand and supply of existing equipment operating in the fields that make up the Seas Operations Superintendence. The basic information is taken from the records of work carried out during 2009.

For the definition of the technical study is performed an evaluation of technological alternatives investigated in the region in order to submit a proposal that addresses the needs of occupational health of workers and which in turn tends to increase productivity and decrease costs incurred in the use of current technologies. The results of this study are covered in the financial evaluation that finally will reveal the feasibility of replacing the slick line equipment currently used in the Seas Operations Superintendence of Ecopetrol S.A.

* Monograph

** Faculty of Engineering Physical Mechanical.-School of Industrial and Management Studies.- Specialization in Evaluation and Project Management.- Director Carlos Eduardo Diaz Bohorquez .- Industrial Engineer

INTRODUCCIÓN

La Superintendencia de Operaciones De Mares de Ecopetrol S.A. realiza operaciones de toma de registro en fondo de pozos de extracción de crudo con el fin de conocer las condiciones de operación de los mismos previendo fallas que puedan impactar en las metas de producción, ofreciendo una respuesta oportuna a las necesidades que se presenten.

Actualmente, los equipos de slick line utilizados para estas actividades cuentan con características inadecuadas para operar en la industria petrolera considerando los estándares de seguridad y salud ocupacional. Este estudio se fundamenta en la necesidad de garantizar óptimas condiciones de trabajo, aumentar la productividad y disminuir los costos en los que se incurre con la utilización de las actuales tecnologías para la toma de registros en pozos.

La estructura del proyecto inicia con la descripción del equipo y las afectaciones en términos de seguridad y salud ocupacional registradas. Seguidamente, presenta el estudio de mercados en el que se darán a conocer los servicios ofrecidos con los actuales equipos y la demanda de los diferentes campos que conforman la SOM, permitiendo definir el factor de utilización e identificar el número de equipos requeridos para satisfacer las necesidades de los campos.

El estudio técnico valora las diferentes alternativas tecnológicas investigadas con el fin de presentar una propuesta que satisfaga la demanda de los campos. Los resultados de este estudio se contemplan en la evaluación financiera que finalmente, permitirá conocer la viabilidad de reemplazar los equipos de slick line utilizados actualmente.

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 OBJETIVO GENERAL

1.1.1 Determinar la prefactibilidad de reemplazar los equipos de slick line de la Superintendencia de Mares.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1 Dimensionar la demanda de servicio de trabajos de slick line por Campos de la Superintendencia De Mares.

1.2.2 Determinar la oferta de servicio disponible con los equipos de slick line actuales.

1.2.3 Identificar alternativas tecnológicas disponibles en el mercado.

1.2.4 Definir el número de camiones con unidad de slick line necesarios para satisfacer la demanda de registros en los pozos de los Campos de la Superintendencia De Mares.

1.2.5 Evaluar las estrategias de ubicación de los equipos de slick line con base a las características geográfica de los campos.

1.2.6 Evaluar la viabilidad financiera del Proyecto.

1.3 ALCANCE

Este estudio contempla la identificación del número de equipos de Slick Line requeridos para realizar las operaciones de toma de registros en pozos de petróleo de los campos Lisama, Llanito y Provincia de la Superintendencia de Operaciones De Mares.

Se realizará el análisis de prefactibilidad para la adquisición y adecuación de camiones autopropulsados con unidades de Slick line y brazo hidráulico articulado, lo cual contempla:

- El dimensionamiento de la demanda de los servicios que brinda este tipo de equipos.
- El dimensionamiento de la oferta de servicio disponible con los equipos de Slick Line actuales
- La identificación de alternativas disponibles en el mercado
- La evaluación de las estrategias de ubicación de los equipos de acuerdo con las condiciones geográficas de los Campos.
- La evaluación de la viabilidad financiera del Proyecto

Las fases desarrolladas en el presente proyecto solo serán iniciación y planificación.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1 ANTECEDENTES

Actualmente en los Campos de la Superintendencia de Operaciones De Mares, se realizan actividades en fondo de pozos con equipos de slick line que presentan características inseguras para los operarios (Ver imagen No.2). Los equipos fueron adquiridos en el mes de marzo de 1.980 sin manuales de operación y mantenimiento. Estos equipos se movilizan por tracción, requieren ser transportados por arrastre de un camión que genera altos niveles de riesgo a las personas y a los equipos transportados. La instalación de la estructura de medida en los pozos se realiza por esfuerzo manual de los operadores debido a la ausencia de elementos mecánicos como brazo-grúa auto portante, para sostener las herramientas que se ubican en los pozos para realizar la toma de registros en fondos. La instalación del equipo en los pozos ha ocasionado lesiones en el personal por las cargas y dimensiones de las herramientas manejadas (Ver imagen No.1).



Imagen 1. Operadores instalando preventora en pozo Suerte 34 del Campo Provincia.

El puesto de operación del equipo se encuentra expuesto al ruido producido por el motor del carrete, las radiaciones no ionizantes, inadecuadas condiciones de ventilación y ergonomía para asegurar la integridad del trabajador.



Imagen 2. Equipo de Slick Line Propiedad de Ecopetrol Superintendencia de Operaciones De Mares.

Algunos casos de accidentes por mal manejo de cargas documentados durante el los años 2007y 2008 en la Gerencia Regional Magdalena Medio se relacionan a continuación:

FECHA	DEPENDENCIA	EVENTO	DESCRIPCIÓN
15/07/2006	SMA - Subsuelo	Accidente de trabajo	Al cargar el tanque de lodos de 200 bls con el carromacho petrolero para transportarlo al lavadero, el ayudante coloco el estrobo, amarró el cable del winche e indico al conductor que iniciara el levantamiento, al darle arriba al winche el guante del trabajador quedo enredado en el cable del winche causando el aprisionamiento del dedo índice de la mano izquierda del trabajador con el rodillo del carromacho.
10/02/2007	SAR - Subsuelo	Accidente de trabajo	Mientras se realizaba operación de cargue de acumulador con camión winche, se parte un eslabón de la cadena, el cual golpea en la cara al ayudante, quien sufre una herida abierta
20/03/2008	SMA - Subsuelo	Falla de control	Realizando un levantamiento con el winche se descolgó en dos ocasiones la carga al parecer por falla de la válvula de control.
18/06/2007	SAR - Subsuelo	Accidente de trabajo	Sergio Páez se encontraba laborando como ayudante de winche manipulando acumulador en el pozo CBE 1012, este lo golpea en el pulgar derecho. Se presenta a policlínica donde es incapacitado.
23/06/2006	SMA - Subsuelo	Falla de control	Se cargaron y transportaron 15 tubos camión winche sin realizar el respectivo amarre con cadenas y tensores (señoritas).
21/09/2007	SMA - Subsuelo	Falla de control	Al operar el winche este enrolla mal el cable provocando que las cargas suspendidas caigan súbitamente.

Tabla 1. Accidentes por manejo manual de cargas, GRM años 2006 a 2008

Durante el 2009, el número de ausentismo presentados, asociados a temas de salud ocupacional en la Superintendencia De Mares fue de 19 eventos, los cuales ocasionaron 263 días de incapacidad en el personal afectado, siendo la causa principal las enfermedades relacionadas con el sistema osteomuscular y tejido conectivo que representa el 63,16% del total de las causas de ausentismo registradas, predominando las lesiones de tipo lumbar. Además el factor de riesgo que más influye sobre el total de las causas de ausentismo registradas en el 2009 es el ergonómico con un 68.42%. Estos datos fueron extraídos del informe de ausentismo de interés ocupacional que presenta la regional de servicios de salud de la ciudad de Barrancabermeja 2009.

También se han presentado incidentes y accidentes principalmente asociados a las altas temperaturas registradas en los campos de la superintendencia. Durante lo corrido del 2010, se han evidenciado temperaturas que han alcanzado los 40°C en la ciudad de Barrancabermeja de acuerdo con los resultados meteorológicos emitidos por el IDEAM. Lo anterior ha desencadenado consecuencias en la salud de los trabajadores aumentando los

riesgos por fatiga, cansancio y deshidratación a la que se pueden ver expuestos bajo estas condiciones climáticas.

Las consecuencias se observan también en el desarrollo de las actividades de mantenimiento de los equipos en general de las superintendencias de la Gerencia Regional Magdalena Medio, en donde se han adoptado algunas estrategias de horarios para realizar principalmente actividades en espacios confinados o a la interperie, que en algunos casos ha incurrido en el retraso de labores debido a las restricciones por las altas temperaturas.

Adicional a esto, se realizó visita a campo para identificar el tipo de motor instalado en las Unidades de Slick Line, encontrándose un motor marca Honda referencia GX610 de 18 HP como se muestra en la siguiente imagen:

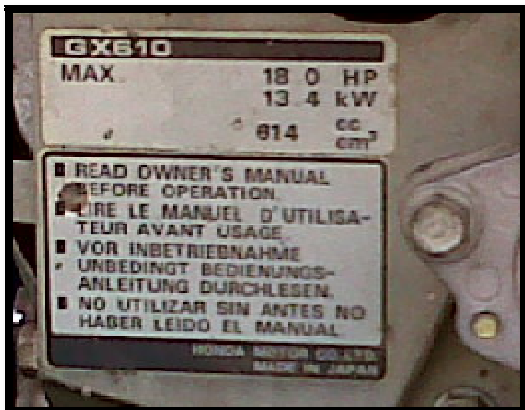


Imagen 3. Motor de la Unidad de Slick Line 1781 de la Superintendencia de Operaciones De Mares.

Los niveles de ruido emitidos por el motor referenciado, según consulta realizada en el en Manual de Motores Honda son de 75 decibeles a 7 m de la fuente:

TYPE TYP TIPO	kVA max.	kVA cont.	Amp.		Motor Moteur Engine HONDA	PK CV PS HP	cm ³	Tank Réservoir Depósito (l)	Autonomie Autonomy Autonomia (h at 75% load)	Uitvoering Version Ausfuhrung Modelo	Afmetingen Dimens. Ma�e (cm)	kg	dB(A) @ 7m	LWA
			1 ~ 230 V	3 ~ 400 V										
EP1700	1,7	1,5	6,5	-	GC135	4	135	1,7	2,1	A-F-O-R-Th	58x42x44	33	71	*
EP1900P	1,7	1,5	6,5	-	GX120	4	118	2,5	3,1	A-O-P-R-Th	51x36x50	31	89	94
EP2100	2,2	2	9	-	GC160	5	160	2	2,0	A-F-O-R-Th	58x42x44	37	71	*
EP2500P	2,2	2	9	-	GX160	5,5	163	3,6	3,6	A-O-P-R-Th	54x37x50	33	70	95
EP2500										A-F-O-R-Th	58x42x44	39		
EP2500E										A-E-F-O-R-Th	58x42x44	50		
EP3300	3	2,7	12	-	GX200	6,5	196	3,6	2,8	A-F-O-R-Th	58x42x44	42	70	95
EP4100	4	3,6	16	-	GX270	9	270	6	3,0	A-F-O-R-Th	77x51x56	60	71	96
EP4100E										A-E-F-O-R-Th		72		
EP5000T	5	4,5	16	5	GX270	9	270	6	3,0	B-F-O-R-Th	83x51x56	72	71	96
EP5500	5,5	5	21	-	GX340	11	337	6,5	3,0	A-F-O-R-Th	83x51x56	74	72	97
EP6000	6	5,4	23	-	GX390	13	389	6,5	2,7	A-F-O-R-Th	83x51x56	75	72	97
EP6000E										A-E-F-O-R-Th		88		
EP6500T	7	6,5	18	8	GX390	13	389	6,5	2,7	B-F-O-R-Th	83x51x56	80	72	97
EP6500TE										B-E-F-O-R-Th		90		
EP7000	7	6	26	-	GX390	13	389	6,5	2,4	A-F-O-R-Th	83x51x56	80	74	*
EP10000E	10	9	39	-	GX610	18	614	20	5,7	A2-E-F-O-TM	102x55x60	140	75	*
EP10000TE	10	9	15	11						B-E-F-O-TM		126		
EP11000E	11	10	43	-	GX620	20	614	20	4,8	A2-E-F-O-TM	102x55x60	145	75	*
EP12000TE	12	11	20	13						B-E-F-O-TM		148		
EP12000E	12	10,8	47	-	GX670	24	670	20	3,9	AIS-A2-E-F-O-TM	102x55x60	148	75	*
EP15000TE	15	13,5	23	16						AIS-B-E-F-O-TM		152		

BENZINE-ESSENCE-BENZIN-PETROL-GASOLINA

Imagen 4. Decibeles emitidos por Motores Honda.

Los operadores de estos equipos, de acuerdo con la consulta realizada directamente con ellos, permanecen, dependiendo del trabajo, entre 2 y 5 horas expuestos al ruido que emite la unidad, ubicados a una distancia de aproximadamente 1 m de ella. La poca distancia entre el operador y la fuente emisora de ruido permite intuir que los decibeles a los que est n expuestos podrían superar los 75 decibeles relacionados en la imagen No. 4, aunque se recomienda hacer una medición de ruido para obtener el dato real.

Como parámetro comparativo, se cita la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental para todo el territorio nacional, "por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido los cuales se resumen así:

- Para exposición durante ocho (8) horas: 85 dBA
- Para exposición durante cuatro (4) horas: 90 dBA

- Para exposición durante dos (2) horas: 95 dBA
- Para exposición durante una (1) hora: 100 dBA
- Para exposición durante media (1/2) hora: 105 dBA
- Para exposición durante un cuarto (1/4) de hora: 110 dBA
- Para exposición durante un octavo (1/8) de hora: 115 dBA” 1.

Lo anterior, hace que sea factible la aparición a largo plazo de enfermedades auditivas para el personal expuesto, directamente relacionado con la operación de los equipos. (Ministerio de trabajo y Seguridad Social y salud, Resolución 001792,1990. p.2)

Adicional a esto, el tiempo involucrado en el izaje y desmonte del lubricador en la cabeza del pozo tiene una duración aproximada de 5 horas lo cual impacta en el tiempo total de la ejecución del trabajo y la diferida de producción asociada.

2.2 JUSTIFICACIÓN

La realización de este proyecto responde a dar solución a los antecedentes asociados al ausentismo laboral y lesiones incapacitantes por riesgo lumbar, estándares de seguridad y ergonomía, exposición a altos niveles de ruido, altos tiempos de operación y producción diferida.

Como beneficio esperado se tiene:

* Disminución del ausentismo laboral y lesiones incapacitantes por riesgo lumbar: se retoman los conceptos planteados en el Instructivo para Manejo Mecánico de Cargas en donde reposan los fundamentos que justifican la estandarización de los equipos dedicados al Manejo e Izaje de Cargas.

La continua y repetida acción del levantamiento de cargas pesadas al igual que las malas posturas para su levantamiento sigue siendo uno de los problemas de ausentismo laboral y de incapacidades con traumas graves, que terminan generalmente con la reubicación de los operarios afectados. Por esto, se evidencia la necesidad de buscar nuevas alternativas en la realización de los trabajos que conduzcan a la adecuada ejecución de la tarea sin causar ningún tipo de lesiones a los operadores.

Existen operaciones que demandan un alto esfuerzo físico como son Fill up, toma de Gradiente, Limpieza de parafina, Pesca de válvulas, Pesca de standing valve, Calibración válvulas; en ellas se manipulan piezas de peso considerable, las cuales superan los rangos de levantamiento permisibles para el ser humano, por tanto es de relevante importancia contar con unidad hidráulica articulada que sirva de apoyo a estas labores.

* Mejorar estándares de seguridad y ergonomía: La unidad actual carece de instalaciones ergonómicas que permitan al operario adoptar posturas adecuadas para la realización de su trabajo, por lo cual, se propone adaptar al equipo el mobiliario con las especificaciones técnicas exigidas.

* Disminución de la exposición a altos niveles de ruido: El objetivo de instalar de la cabina de insonorización es reducir la exposición del operario al nivel de ruido que genera el motor y con esto reducir el riesgo de padecer afectaciones auditivas.

* Aumento de la productividad por disminución de tiempos de operación y reducción de producción diferida. Los tiempos involucrados en la operación de los equipos de slick line para el desarrollo de las actividades en pozos, representa producción diferida de crudo cuantificada en los barriles que dejan de producirse y que impacta en el cumplimiento de las metas de producción de la superintendencia.

* Disminución de los costos de traslado de equipos ya que se elimina el servicio de alquiler de cama baja requerido en situaciones en las cuales el equipo de slick line debe desplazarse en carreteras nacionales por las cuales no puede transitar halado por tracción de otro vehículo.

3 ESTUDIO DEL MERCADO

3.1 SERVICIO

Los servicios prestados por la Unidad de Slick Line de Ecopetrol en los Campos de la SOM están enmarcados en las siguientes categorías:

- Ø Fill up
- Ø Toma de Gradientes dinámicos y/o estáticos de presión y de temperatura
- Ø Limpieza de parafina
- Ø Pesca de válvulas
- Ø Pesca de standing valve
- Ø Calibración válvulas
- Ø Calibrar el diámetro interno de la tubería de producción

3.2 MERCADO

El mercado está definido por los Campos de la SOM que utilizan los servicios ofrecidos por los equipos de Slick Line. Los campos objeto de estudio se enmarcan dentro de 3 área geográficas fácilmente identificadas como se muestra a continuación:

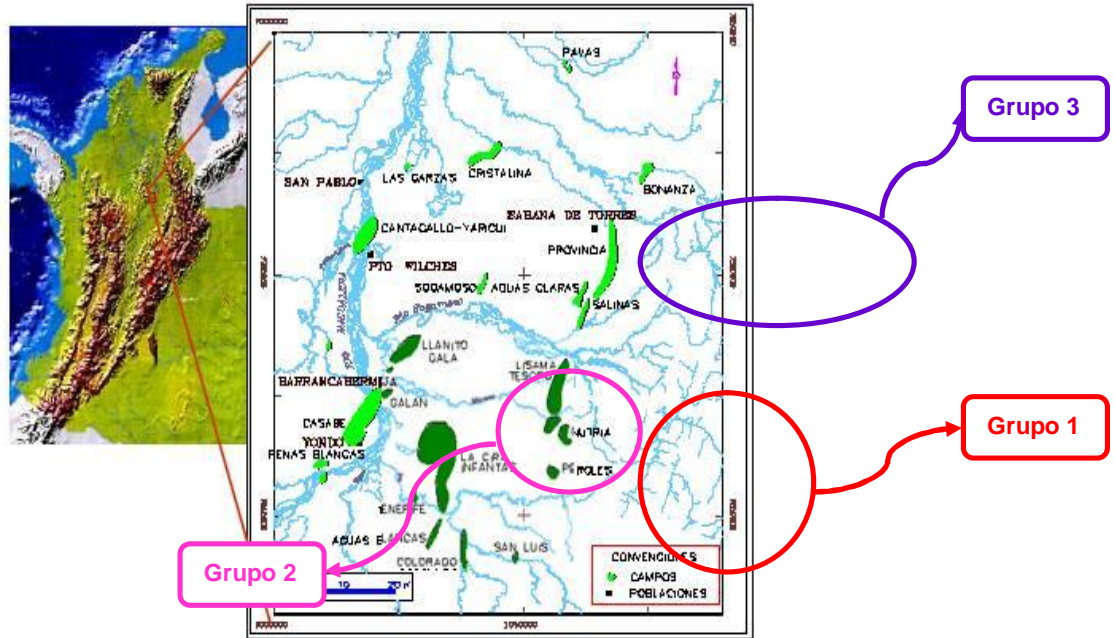


Imagen 5. Localización de Campos de la Superintendencia de Operaciones De Mares.

- ∅ El Grupo 1 está conformado por los Campos Lisama, Nutria, Peroles, Tesoro y Aledaños.
- ∅ El Grupo 2 está conformado por los Campos Llanito, Gala, Galán, San Silvestre, Cardales.
- ∅ El Grupo 3 está conformado por los Campos Santos, Suerte, Conde, Sabana, Bonanza.

Los Grupos enunciados se dimensionan como se muestra en la siguiente tabla:

GRUPO	CAMPO	No. DE POZOS ACTIVOS
1	Lisama	67
	Nutria	26
	Peroles	5
	Tesoro	25
	Aledaños	7
TOTAL GRUPO 1		130

Tabla 2. Relación del número de pozos de los campos del Grupo 1

GRUPO	CAMPO	No. DE POZOS ACTIVOS
2	Llanito	57
	Gala	18
	Cardales	6
	Galán	33
	San Silvestre	2
TOTAL GRUPO 2		116

Tabla 3. Relación del número de pozos de los campos del Grupo 2

GRUPO	CAMPO	No. DE POZOS ACTIVOS
3	Santos	53
	Suerte	22
	Conde	11
	Sabana	1
	Bonanza	22
TOTAL GRUPO 3		109

Tabla 4. Relación del número de pozos de los campos del Grupo 3

3.3 DEMANDA

3.3.1 Demanda campos Grupo 1 y 2 (Lisama, Nutria, Peroles, Tesoro, Aledaños - Llanito, Gala, Galán, San Silvestre, Cardales). Los campos que pertenecen a los grupos 1 y 2 se componen de alrededor de 246 pozos activos como se muestra en las Tablas No.1 y 2.

A continuación se relaciona el número de trabajos reales realizados con equipo de slick line mes a mes de enero a diciembre del año 2009 para los campos en cuestión, así como los días de trabajo en cada pozo y el acumulado por mes.

Los trabajos realizados a los pozos de los campos Llanito y Lisama corresponden exclusivamente a Fill Up (Toma de registro de medida de fondo de pozo) y tienen una duración promedio de 1 día (contando los tiempos de desplazamiento y alistamiento):

Utilizando los datos mencionados, se obtiene el siguiente Factor de Utilización del Equipo por mes:

ENERO				
POZO	POTENCIAL EN BPD	TRABAJO	DURACIÓN EN DÍAS	PRODUCCIÓN DIFERIDA LIS-LLTO ENE
LLANITO 57	22	Toma de fondo(Fill up)	1	22
LISAMA 157	35	Toma de fondo(Fill up)	1	35
GALAN 140	64	Toma de fondo(Fill up)	1	64
GALAN 137	80	Toma de fondo(Fill up)	1	80
TESORO 43	350	Toma de fondo(Fill up)	1	350
TESORO 42	170	Toma de fondo(Fill up)	1	170
UTILIZACIÓN DEL EQUIPO LLTO-LIS EN DÍAS			6	
Factor de Utilización del Equipo Lto-Lis			20%	
PRODUCCIÓN DIFERIDA LIS-LLTO SUMA MES ENERO				721

Tabla 5. Factor de utilización y producción diferida en BIs asociados a la realización de Fill up en los campos de los Grupos 1 y 2, enero año 2009

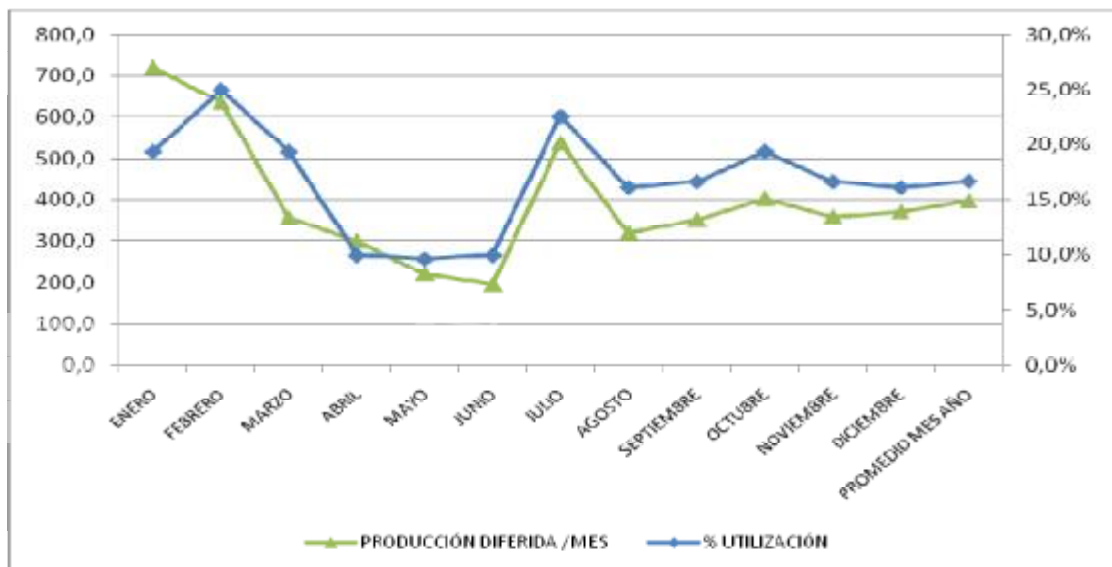
FEBRERO				
POZO	POTENCIAL EN BPD	TRABAJO	DURACIÓN EN DÍAS	PRODUCCIÓN DIFERIDA LIS-LLTO FEB
CARDALES 4	160	Toma de fondo(Fill up)	1	160
TESORO 44	134	Toma de fondo(Fill up)	1	134
LISAMA 61	14	Toma de fondo(Fill up)	1	14
GALAN 135	63	Toma de fondo(Fill up)	1	63
GALAN 135	63	Toma de fondo(Fill up)	1	63
CARDALES 4	160	Toma de fondo(Fill up)	1	160
GALA 8	42	Toma de fondo(Fill up)	1	42
UTILIZACIÓN DEL EQUIPO LLTO-LIS EN DÍAS			7	
Factor de Utilización del Equipo Lto-Lis			23%	
PRODUCCIÓN DIFERIDA LIS-LLTO SUMA MES FEBRERO				636

Tabla 6. Factor de utilización y producción diferida en BIs asociados a la realización de Fill up en los campos de los Grupos 1 y 2, febrero año 2009

Se calculó el factor de utilización para los meses de marzo a diciembre del año 2009 realizando el mismo procedimiento. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

MES 2009	DÍAS DE USO DEL EQUIPO	% UTILIZACIÓN	PRODUCCIÓN DIFERIDA /MES
ENERO	6,0	19,4%	721,0
FEBRERO	7,0	25,0%	636,0
MARZO	6,0	19,4%	356,0
ABRIL	3,0	10,0%	300,0
MAYO	3,0	9,7%	222,0
JUNIO	3,0	10,0%	195,0
JULIO	7,0	22,6%	537,0
AGOSTO	5,0	16,1%	319,3
SEPTIEMBRE	5,0	16,7%	352,1
OCTUBRE	6,0	19,4%	403,4
NOVIEMBRE	5,0	16,7%	358,3
DICIEMBRE	5,0	16,1%	371,6
PROMEDIO MES AÑO	61,0	16,7%	397,7

Tabla 7. Factor de utilización y producción diferida en BIs asociadas a la realización de fill up en los campos del Grupo 1 y 2 - vigencia 2009



Gráfica 1. Factor de utilización y producción diferida en BIs asociadas a la realización de fill up en los campos de los Grupos 1 y 2 - vigencia 2009.

Con los resultados anteriores, se evidencia que la capacidad nominal con la que se cuenta está siendo subutilizada con respecto al número de trabajos que se realizan en los pozos.

Se recomienda revisar la conveniencia de implementar un plan de rutinas preventivas por pozo en el que se establezcan las frecuencias de intervención acorde a las necesidades de los campos. Con esto se puede tener una mejor trazabilidad de las condiciones operacionales de los pozos e identificar a tiempo problemas que se estén presentando y que puedan impactar en la producción como son rotura de tubería, de varilla y obstrucción de válvulas de gas lift. Lo anterior conduciría al aumento de la demanda de trabajos y el factor de utilización del equipo.

3.3.2 Demanda campos Grupo 3 (Santos, Suerte, Conde, Sabana, Bonanza) Los campos que pertenecen al grupo 3 se componen de alrededor de 109 pozos activos como se muestra en la Tabla No.4.

Con el fin de realizar un análisis de la duración de los trabajos efectuados con los equipos de slick line, se plantean 3 escenarios considerando los tiempos mínimos, más probables y máximos que puede representar la ejecución de cada actividad de acuerdo con los registros de tiempos de los meses del año 2009.

ACTIVIDAD	ESCENARIO OPTIMISTA		ESCENARIO MÁS PROBABLE		ESCENARIO PESIMISTA	
	Días	Prob.	Días	Prob.	Días	Prob.
Fill up y Gradiente	1	0%	2	40%	3	60%
Limpieza de parafina	3	20%	4	30%	5	50%
Pesca de válvulas	1	0%	2	40%	3	60%
Pesca de standing valve	1	40%	2	60%	3	0%
Calibración válvulas	1	100%	2	0%	3	0%

Tabla 8. Escenarios de duración para operaciones con Equipos de Slick Line Actuales de los campos del Grupo 3

Utilizando los datos que se muestran en la tabla No 7, se obtiene el siguiente Factor de Utilización del Equipo por mes:

ENERO					
POZO	POTENCIAL EN BPD	TRABAJO	ALEATORIO	DURACIÓN EN DÍAS	PRODUCCIÓN DIFERIDA ENE
Suerte 38	30	Limpieza de parafina	0,1209493	3	90
Santos 16	40	Fill up y G. D. P Y T	0,971456	3	120
Suerte 50	80	Fill up y G. D. P Y T	0,7911843	3	240
Santos 98	75	Fill up y sentada de valvula	0,8751293	3	225
		Pesca de valvula	0,387193	2	150
Santos 16	40	Pesca de valvula	0,1912418	2	80
Suerte 48	30	Fill up y G. D. P Y T	0,9983781	3	90
Suerte 38	30	Limpieza de parafina	0,0549439	3	90
UTILIZACIÓN DEL EQUIPO EN DÍAS				22	
Factor de Utilización del Equipo Provincia				71%	
PRODUCCIÓN DIFERIDA PROVINCIA SUMA MES ENERO					1085

Tabla 9. Factor de utilización y producción diferida en BIs asociados a la realización de Fill up en los campos del Grupos 3, Enero año 2009

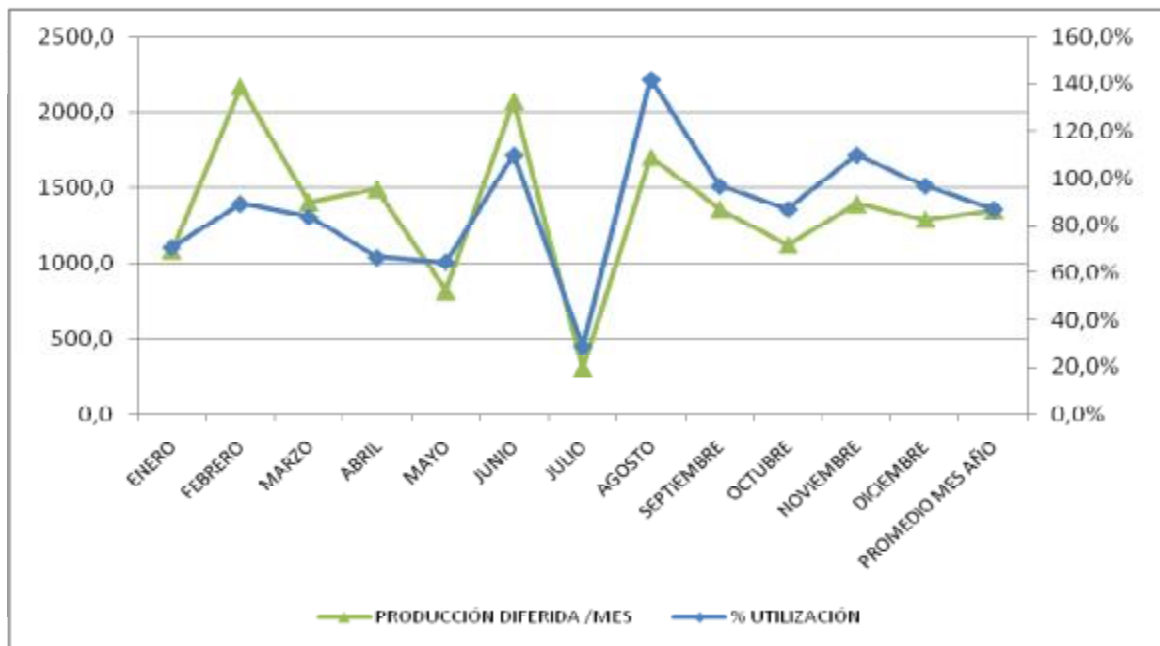
FEBRERO					
POZO	POTENCIAL EN BPD	TRABAJO	ALEATORIO	DURACIÓN EN DÍAS	PRODUCCIÓN DIFERIDA FEB
Suerte 38	30	Limpieza de parafina	0,032311	3	90
Suerte 34	26	Limpieza de parafina	0,5542733	5	130
Santos 115	150	Calibrando valvulas y mandriles	0,5594249	1	150
Santos 113	200	Pescando Standing Valve	0,190944	1	200
Santos 115	150	Fill up y G. D. P Y T	0,8011491	3	450
Santos 115	150	Gradiente Estatico	0,4385278	3	450
Santos 106	100	Fill up y G. D. P Y T	0,7696026	3	300
Santos 113	200	Pescando Standing Valve	0,2353561	1	200
Suerte 45	40	Limpieza de parafina	0,7541393	5	200
UTILIZACIÓN DEL EQUIPO EN DÍAS				25	
Factor de Utilización del Equipo Provincia				89%	
PRODUCCIÓN DIFERIDA PROVINCIA SUMA MES FEBRERO					2170

Tabla 10. Factor de utilización y producción diferida en BIs asociados a la realización de Fill up en los campos del Grupos 3, Febrero año 2009

Se calculó el factor de utilización para los meses de marzo a diciembre del año 2009 realizando el mismo procedimiento. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

MES 2009	DÍAS DE USO DEL EQUIPO	DÍAS/MES	% UTILIZACIÓN	PRODUCCIÓN DIFERIDA /MES
ENERO	22,0	31	71,0%	1085,0
FEBRERO	25,0	28	89,3%	2170,0
MARZO	26,0	31	83,9%	1406,9
ABRIL	20,0	30	66,7%	1491,0
MAYO	20,0	31	64,5%	819,0
JUNIO	33,0	30	110,0%	2073,7
JULIO	9,0	31	29,0%	306,0
AGOSTO	44,0	31	141,9%	1703,0
SEPTIEMBRE	29,0	30	96,7%	1360,9
OCTUBRE	27,0	31	87,1%	1123,3
NOVIEMBRE	33,0	30	110,0%	1395,8
DICIEMBRE	30,0	31	96,8%	1293,3
PROMEDIO MES AÑO	318,0	365,0	87,1%	1352,3

Tabla 11. Factor de utilización y producción diferida en BIs asociadas a la realización de fill up en los campos del Grupo 3 - vigencia 2009



Gráfica 2. Factor de utilización y producción diferida en BIs asociadas a la realización de fill up en los campos del Grupo 3 - vigencia 2009.

Los resultados anteriores, evidencian una mayor demanda del equipo de slick line alcanzando un 87.1% promedio de utilización durante el año 2009. Los picos más altos se presentan durante los meses de junio, agosto y noviembre

como resultado de un mayor número de actividades requeridas en los pozos del campo Provincia. Para estos casos, fue necesario recurrir al alquiler de un equipo de slick line debido a que la demanda de estos meses superó la disponibilidad del equipo con que se cuenta, incurriendo en el aumento de los costos de operación de la superintendencia.

Se estima para las vigencias siguientes, un aumento en el número de pozos del grupo 3 basado en el Plan de Desarrollo para el área, el cual contempla la perforación de 86 pozos adicionales y esto representa un incremento en la demanda de trabajos con el equipo de slick line en un 36% considerando datos históricos en cuanto al aumento del número de trabajos registrados en los años 2008 y 2009 y realizando las proyecciones hacia las vigencias 2010 a 2015.

3.4 OFERTA

Ø Grupo 1 y 2: para la prestación de servicios a los campos de estos grupos se cuenta con dos unidades de Slick Line. Estos equipos están disponibles 9 horas del día los 365 días del año para atender los requerimientos de la operación. Una de estas unidades presta servicio a la Superintendencia de Operaciones De Mares y la otra a la Superintendencia de Operaciones La Cira Infantas, razón por la cual se considerará sólo una unidad disponible para De Mares.

Ø Grupo 3: para la prestación de servicios a los campos de este grupo se cuenta con 3 unidades de Slick Line, de las cuales sólo una está en servicio, las otras dos no están operables. Estos equipos están disponibles 9 horas del día los 365 días del año para atender los requerimientos de la operación.

4. ESTUDIO TÉCNICO

4.1 TECNOLOGÍA

Considerando las condiciones de salud ocupacional de los operarios en las actividades de slick line, los largos tiempos involucrados en el armado y desarmado de los equipos actuales para realizar los trabajos en fondo, la producción diferida ocasionada con las intervenciones a pozos y los costos de transporte por carretera nacional para el traslado de los equipos; se realizó un acercamiento con las compañías que se destacan por brindar este servicio en la zona con el fin de identificar las tecnologías disponibles en el mercado.

Entre las compañías consultadas tenemos AIP Ltda., HS y Colregistros, evidenciándose el uso tecnologías muy similares por las dos empresas. Además, se consideraron empresas de talla internacional como Schlumberger, Halliburton, Strong Services L.P, Well Logging. Estas empresas presentan tecnologías similares a las utilizadas en nuestros Campos como se muestra a continuación:



Contempla cabina de insonorización y torre de izaje

Imagen 6. Equipo de slick Line propiedad de la empresa AIP Ltda.



Desventaja: No cuenta con cabina de insonorización

Imagen 7. Equipo de slick Line propiedad de la empresa HS.



Contempla cabina de insonorización y torre de izaje

Imagen 8. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Colregistros.



Contempla cabina de insonorización y torre de izaje

Imagen 9. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Schlumberger.



Contempla cabina de insonorización y torre de izaje

Imagen 10. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Halliburton.



Contempla cabina de insonorización y torre de izaje

Imagen 11. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Strong Services L.P.



Contempla cabina de insonorización y torre de izaje

Imagen 12. Equipo de slick Line propiedad de la empresa Well Logging.

Después de la observación realizada en campo de los equipos con los que operan las firmas contratistas al servicio de Ecopetrol y de los modelos consultados en otras empresas de talla internacional, se destacan algunos elementos clave que generarían un impacto positivo en la mitigación de riesgos por condiciones inseguras que actualmente se tienen en las operaciones de Slick Line:

Condición	Elemento del equipo	Impacto
Levantamiento de cargas	Torre de izaje	*Disminución del manejo manual de cargas *Mejora en las condiciones de seguridad para el operador en el izaje de cargas
Producción diferida		*Disminución de los tiempos de intervención de los pozos (Menor tiempo detenido el pozo, improductivo) *Aumento de la productividad
Altos niveles de ruido	Cabina de insonorización	*Reducción de exposición a niveles de ruido no permitidos de acuerdo con la resolución 001792 de 1990
Mobiliario no	Asiento y superficie ergonómica	*Disminución de los riesgos ergonómicos

ergonómico	para el operario	
Alquiler de cama baja para transporte de equipo	Camión autopropulsado	* Disminución de los costos operativos por alquiler de cama baja

Tabla 12. Características tecnológicas que ofrece el mercado e impactos que genera sobre las condiciones actuales de trabajo con equipos de slick line de la SOM

La propuesta de la nueva estructura, basados en los modelos consultados y evidenciados en las diferentes compañías enunciadas, así como el aporte realizado por los operarios de los equipos de slick line en la valoración de las diferentes alternativas tecnológicas dada su experiencia en la ejecución de estos trabajos, consiste en contar con un camión autopropulsado con unidad de slick line y torre instalados y con cabina de insonorización para realizar los trabajos de toma de registros y toma de fondos. El equipo contempla algunos componentes básicos como son:

Características del Camión

Chasis	chasis en c. E-11mm
Distancia entre ejes	236 (pulg)
Eje delantero	dana spicer e12021. Cap. 12.00 lbs
Largo de plataforma	7m
Suspensión delantera	resortes parabólicos cap. 12.000 lbs
Caja de velocidades	fuller fs. 6305b 5 velocidades
Motor	international dt466e, 195hp
Eje trasero	dana spicer 23082t. Cap. 23 lbs
Relación diferencial	4.88/6.64
Suspensión trasera	muelles semielípticos, cap 23.500 lb
Cabina	interior deluxe
Sistema eléctrico	Sistema multiplexado 12 volt.
Tanques de combustible	2 tanques de acero cap. 50gls. Geometría en “d”
Caja de herramientas	En lámina de acero de 80x50x50, con tapa escualizable hacia arriba.

Llantas	Michelin 11R22.5, 16 lonas
Rines	rin disco acero 22.5" x 8.25"
Troque sencillo	
Sistema integral de Aire Acondicionado	

Tabla 13. Características del camión de slick line que satisfacen las necesidades del proyecto.

Características de la Unidad de Slick Line

- Ø Capacidad del Tambor: 25.000 ft
- Ø unidad de slick line
- Ø Diámetro de línea: 0,108 in
- Ø Sistema hidráulico:
 - Caja Velocidades y Reversa
 - Presión hidráulica 2500 Psi (Close Loop)
 - Máxima Tensión 3000 Lbs (En Reversa)
 - Máxima Velocidad 1000 ft/Min (En 3a.)
 - Cabeza de medida (Spooler). Rueda de medida de 7", contador en pies.
- Ø Gin Pole
- Ø Aparejo con poleas para subir y bajar el lubricador
- Ø Odómetro para medir la profundidad
- Ø Indicador de peso
- Ø Slick line valve
- Ø Slick line clamp
- Ø Limpiacable
- Ø Lubricador
- Ø Tree connection
- Ø Manila para vientos
- Ø Cadenas

- Ø Martin Decker de 0-2000 lbs, con 100 ft de manguera.
- Ø Polea desviante de 7"
- Ø Lubricadores con uniones rápidas para 10000 psi-wp, en secciones de 10ft.
- Ø Stuffing box mecánico, polea desviante de 7".
- Ø B.O.P. tipo Bowen para 10000 psi, mecánica 2 7/8" y 3-1/2".
- Ø Adaptadores a boca de pozo de 3-1/2", 2-7/8", 2-3/8"EUE, 3"LP.
- Ø Sarta básica de trabajo con cabeza de cable, barras de peso, martillo hidráulico, martillo mecánico, pulling tool 1-1/2", 2", 2-1/2", 3", JDC-JUC.
- Ø Caja de herramientas básicas del operador

Se realiza una evaluación cuantitativa de las alternativas tecnológicas observadas en Campo, considerando las variables de mayor impacto definidas con base en la consulta a expertos. La calificación se realiza de 1 a 4 siendo 1 el valor más bajo (deficiente), 2 regular, 3 bueno y 4 el más alto (excelente). Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Elemento del equipo	% PESO	EQUIPOS					
		CALIF. AIP	POND. AIP	CALIF. COLREGISTROS	POND. COLREGISTROS	CALIF. HS	POND. HS
Torre de Izaje	20	4	0,8	4	0,8	4	0,8
Cabina de insonorización	20	4	0,8	4	0,8	1	0,2
Asiento y superficie ergonómica para el operario	10	3	0,3	3	0,3	1	0,1
Camión autopropulsado	20	4	0,8	4	0,8	4	0,8
Disponibilidad en el Mercado	30	4	1,2	2	0,6	2	0,6
			3,9		3,3		2,5

Tabla 14. Evaluación cuantitativa de las alternativas tecnológicas propuestas por las empresas AIP, Colregistros y HS.

El modelo propuesto por AIP presenta el mejor resultado con una puntuación de 3.9, seguido de Colregistros con 3.3 puntos. Los elementos de las tecnologías propuestas en los que se evidencian los más bajos resultados fueron Asiento y superficie ergonómica además de disponibilidad en el mercado. Este último fue el que marcó la diferencia en la puntuación de las 2 empresas mencionadas. Consecuente con esto se puede inferir que el modelo que cumple con las características necesarias para satisfacer las necesidades

estudiadas en este proyecto es el ilustrado en la imagen No. 6 del cual se amplía la vista de su estructura a continuación:



Imagen 13. Equipo de slick line estándar propuesto para la reposición

Las ventajas que proporcionaría este equipo son:

- ü Cabina de insonorización que reduce la exposición del operador a los altos niveles de ruido.
- ü Torre de izaje que disminuye el manejo manual de carga y mejora las condiciones de seguridad para el operador en el izaje. Además impacta positivamente la productividad por la disminución de los tiempos de armado y desarmado del equipo.
- ü El asiento y superficie para el operario disminuyen los riesgos ergonómicos a los que se encuentra expuesto durante la labor.
- ü Camión autopropulsado disminuye los costos operativos de alquiler de cama baja y los tiempos de desplazamiento.

4.2 ESTUDIO DE TIEMPOS DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS CON EL EQUIPO DE SLICK LINE

Se realizó visita a campo para el registro de los tiempos involucrados en los servicios prestados por los equipos de slick line propios en la ejecución de las actividades evidenciando 3 actividades macro como son: el alistamiento, ejecución en subsuelo del pozo y desmonte.

Los resultados muestran un promedio aproximado de 5 horas invertidas en el alistamiento y desmonte, mientras la duración de la ejecución en subsuelo del pozo está sujeta al tipo de trabajo a realizar como se presentó en el estudio de la demanda.

En el análisis de esta información se observa que los tiempos de ejecución en subsuelo del pozo se encuentran estandarizados y sin posibilidad de variaciones que permitan su disminución, sin embargo, el tiempo total de alistamiento y desmonte es susceptible a optimización que sería posible utilizando herramientas de izaje hidráulicas en reemplazo del trabajo manual que se realiza actualmente.

Tiempo Armado, Desarmado y Montaje en Cama Baja Sin Proyecto	5	Horas
Tiempo Armado, Desarmado y Montaje en Cama Baja Con Proyecto	0,5	Horas
% de Disminución del tiempo de Armado, Desarmado y Montaje	90%	

Tiempo prom de un trabajo de Slick Line	48	Horas
Tiempo Armado, Desarmado y Montaje Sin	5	Horas
% Contribución al tiempo total del Trabajo	10,42%	

Ahorro real de Tiempo en % 9,38%

Con base en los registros de tiempos empleados con equipos alquilados de slick line tomados en visita a campo, se observa que los tiempos de alistamiento y desmonte son de 30 minutos representando una disminución del 90% comparándolo con los tiempos involucrados en las mismas operaciones con los equipos actuales.

Con la adquisición del equipo propuesto y la reducción de tiempos que se muestra, lo esperado es tener el cubrimiento total de la demanda de trabajos de slick line de los Campos.

4.3 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

La disponibilidad de equipos se muestra en la tabla No.15, así como la relación con el tiempo de utilización de los equipos:

	No. DE EQUIPOS DISPONIBLES PARA OPERACIÓN	TIEMPO DISPONIBLE EN DÍAS/AÑO	TIEMPO UTILIZACIÓN EN DÍAS/AÑO	No. DE EQUIPOS NO DISPONIBLE	CAUSAS INDISPONIBILIDAD
LISAMA-LLANITO	1	358,2	61,0	1	Equipo dedicado a cubrir los requerimientos de los campos de la Superintendencia de La Cira Infantas
SANTOS-SUERTE- SABANA-CONDE- BONANZA	1	364,60	318,00	2	Equipos fuera de servicio

Tabla 15. Disponibilidad de equipos de Slick Line de la SOM - vigencia 2009

Para el cálculo de los días disponibles se tienen en cuenta la exclusión de los tiempos empleados en los mantenimientos de los equipos de slick line activos por campo. Estos tiempos fueron extraídos del sistema de información corporativo en Ecopetrol (sistema Ellipse).

El tiempo de utilización se obtiene del acumulado por año estimado en el dimensionamiento de la demanda (Ver tabla No. 7 y tabla No. 11)

Consecuente con el estudio de demanda, oferta y disponibilidad de los equipos del Grupo 1 y 2, se observa que la capacidad instalada para suplir la demanda es suficiente para cubrir los servicios generados por la operación. No obstante se propone realizar la reposición del equipo de slick line por uno que cumpla con estándares de seguridad y salud ocupacional, dando de baja el equipo existente.

En el Grupo 3, de acuerdo con los estudios de demanda, oferta y disponibilidad de los equipos se evidencia la imposibilidad para cubrir en algunos meses la demanda operacional de los campos como fueron junio, agosto y septiembre del año 2009. Sin embargo, los datos obtenidos en campo y relacionados en el numeral 4.2, en cuanto a la reducción de tiempos empleados en alistamiento y desmonte mediante la utilización de otras tecnologías, se propicia el aumento de productividad en los trabajos que se realizan de lo que se puede derivar la cobertura total de la demanda por el equipo destinado a esta área. Basado en lo anterior, se recomienda la adquisición de un nuevo equipo de slick line en reemplazo del que se encuentra actualmente operando, en respuesta a las características de seguridad y salud ocupacional que se deben cumplir.

Visualizando las alternativas de ubicación de los equipos, se plantean dos alternativas:

- a. Ubicar los dos equipos en El Centro: las distancias implícitas en esta alternativa son:
 - El Centro-Llanito: 32 Km
 - El Centro-Lisama: 25 Km
 - El Centro-Provincia: 110 Km

La distancia entre El Centro y Provincia, implica realizar desplazamientos de cerca de 1,5 horas a una velocidad de 80 Kph, lo cual impacta la productividad de los trabajos al aumentarse este tiempo de desplazamiento que retarda la

hora de iniciación de los trabajos y adicionalmente se aumentan los costos operativos (aumento de consumo de combustible, rodamiento y desgaste del camión).

Lo anterior sin contar los riesgos a los que estarían expuestos los trabajadores involucrados en la labor.

b. Mantener la ubicación actual: las distancias implícitas en esta laternativa son:

- El Centro-Llanito: 32 Km
- El Centro-Lisama: 25 Km
- Provincia: El equipo permanecería en este Campo

Se considera esta como la opción más viable ya que se reducen los tiempos de desplazamiento con respecto a la alternativa anterior y se mitigan las consecuencias que eso implica.

En conclusión, se propone mantener la capacidad instalada de acuerdo con la ubicación geográfica de los campos, es decir, un equipo prestando servicio a los campos de los grupos 1 y 2 y otro equipo prestando servicio a los campos del grupo 3, con el fin de evitar su frecuentemente movilización por carreteras nacionales a distancias cercanas a 110 Km evitando incurrir en costos de consumo de combustible, el desgaste por rodamiento del vehículo y los riesgos asociados a la seguridad del trabajador en la vía.

5. ESTUDIO FINANCIERO

5.1 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

Para el estudio financiero se tienen en cuenta todas las consideraciones realizadas en el estudio técnico en cuanto a tiempos de ejecución de trabajos, número de trabajos ejecutados, diferidas de producción, entre otras.

Dado que este es un proyecto que propone la reposición de equipos, se supone un flujo de caja incremental a 5 años, es decir, se evaluará una situación inicial **sin** proyecto y una situación final **con** proyecto en el período de tiempo señalado.

En primera instancia se presentará la evaluación realizada para la evaluación **sin** proyecto:

Flujo De Caja De La Situación Actual Proyectada (Sin El Proyecto)

PERIODO	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ingresos		5.163.875.000	7.035.779.688	9.586.249.824	13.061.265.385	17.795.974.088
-Costos y gastos de operación y mantenimiento		4.122.493.074	4.205.492.797	4.373.712.509	4.548.661.009	4.730.607.450
-Depreciaciones/Amort		0	0	0	0	0
+Otros Ingresos no operacionales						
- Otros Gastos no operacionales						
=UAIL		1.041.381.926	2.830.286.890	5.212.537.315	8.512.604.376	13.065.366.638
-Intereses						
=UAI		1.041.381.926	2.830.286.890	5.212.537.315	8.512.604.376	13.065.366.638
-Impuestos	33%	343.656.035	933.994.674	1.720.137.314	2.809.159.444	4.311.570.990
=U.Neta		0	697.725.890	1.896.292.216	3.492.400.001	5.703.444.932
+Depreciaciones/Amort			0	0	0	0
-Inversiones activos no corrientes						
-Capital de trabajo						
+ Valor Terminal						
+Prestamos						
-Abonos a capital						
=Flujo de caja Neto (con financiación)		0	697.725.890	1.896.292.216	3.492.400.001	5.703.444.932
VALOR PRESENTE NETO	12,2%	13.122.632.056				

-Prestamos		0	0	0	0	0
+ Abonos a capital		0	0	0	0	0
+ Intereses		0	0	0	0	0
- Impacto Tributario	33%	0	0	0	0	0
= Flujo de caja Neto (Sin financiación)		0	697.725.890	1.896.292.216	3.492.400.001	5.703.444.932
VALOR PRESENTE NETO	12,2%	13.122.632.056				

Ø Ingresos: Se calculan tomando como base la tarifa que actualmente cobra una empresa contratista por realizar un trabajo de Slick Line.

Ø Esta tarifa es de US 5.000/día, se utiliza una TRM constante para la conversión a COP equivalente a 2.000 \$/US que corresponde a la TRM constante oficial del Portafolio de Inversiones 2010-2016 de Ecopetrol. Los días de utilización de equipo para calcular el valor final del ingreso, son tomados del cálculo realizado en las tablas No. 7 y No.11, correspondiente a la demanda de trabajos con equipos de Slick Line en cada uno de los campos de la Superintendencia expresada en días.

Ø Adicional a esto, se calcula el incremento de trabajos del año 2008 al 2009 de acuerdo con la estadística que se lleva, a fin de tener un dato con el cuál proyectar la demanda hacia los años siguientes, así:

TRABAJOS AÑO 2008	80
TRABAJOS AÑO 2009	109
INCREMENTO DE TRABAJOS 2008-2009	36%

Los datos de 2008 y 2009 son reales.

Fuente: Estadísticas control de producción Campo Provincia

- Ø Costos y Gastos de Operación y Mantenimiento: Los costos relacionados en este ítem responden a: costos por pérdida de producción diferida durante la ejecución de los trabajos, costos de alquiler de cama baja para traslado de la unidad de slick line actual de un campo a otro debido a que por regulaciones del tránsito no se puede trasladar halada por tracción y costos de mantenimiento de los equipos de slick line.

COSTOS Y GASTOS DE OPERACIÓN 2010 (M\$)	
Costos de Operación Diferida	3.359.962.639
Costos de Traslado de la Unidad (Alquiler de Cama Baja)	47.006.250
Costos de Mantenimiento	528.251.856
TOTAL	3.888.214.494
Repotenciación (Se contempla realizar en el 2010)	78.750.000

- Los costos de producción diferida se hallaron teniendo en cuenta el precio del barril de crudo, la TRM del portafolio de inversiones de Ecopetrol y los barriles de diferida de producción generados en cada uno de los campos de acuerdo con la estadística existente y proyecciones como se muestra en las tablas No. 7 y No.11. La proyección de estos costos para la situación sin proyecto se hace teniendo en cuenta el último incremento anual del presupuesto de gastos de la Superintendencia De Mares que corresponde al 4% anual. Este dato fue suministrado por el Departamento de Gestión y Crecimiento de la Gerencia Regional Magdalena Medio.
- Los costos de alquiler de cama baja fueron obtenidos del contrato actual que tiene la Superintendencia De Mares para atender este tipo de requerimientos.

- Los Costos de Mantenimiento fueron obtenidos con los valores de Mano de Obra de los mecánicos y costos de materiales que se consultaron en ellipse (Base de Datos de Ecopetrol para las actividades de Mantenimiento).

Se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

- Dado a que en el sistema ellipse se reportan horas hombres de ejecución de la actividad, y teniendo en cuenta que normalmente estos trabajos son atendidos por una pareja (Senior y Ayudante) se calculó el costo de la mano de obra del año 2009 con el valor de Mano de Obra proporcionado por la persona que maneja la facturación de los trabajos. Los costos de horas hombres del 2009 se realizaron teniendo en cuenta el valor actual de hh de un senior y un ayudante.
- El costo de material se consultó en el sistema y hace relación a las solicitudes a bodega que se realizaron durante los años en estudio.

Adicional a esto, se considera una repotenciación de estos equipos a realizar en 2010, la cual debe hacerse si no se adquieren los nuevos equipos.

- Ø Impuestos del 33% sobre la Utilidad Antes de Impuestos.
- Ø La tasa de descuento utilizada es de 12,2% E.A., que corresponde al WACC actual de Ecopetrol. Esta es la tasa utilizada actualmente en la empresa para evaluar financieramente sus proyectos.
- Ø Dado que los recursos para financiar el proyecto provienen directamente de Ecopetrol y no de terceros, el flujo de caja con y sin financiación son iguales.

Flujo De Caja De La Situación Actual Proyectada (Con El Proyecto)

PERIODO	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ingresos		5.163.875.000	7.035.779.688	9.586.249.824	13.061.265.385	17.795.974.088
-Costos y gastos de operación		3.044.966.141	3.188.604.787	3.316.148.979	3.448.794.938	3.645.239.663
-Depreciaciones/Amort			108.576.000	108.576.000	108.576.000	108.576.000
+ Otros Ingresos no operacionales						
- Otros Gastos no operacionales						
=UAll		2.118.908.859	3.738.598.900	6.161.524.846	9.503.894.448	14.042.158.425
-Intereses						
=UAI		2.118.908.859	3.738.598.900	6.161.524.846	9.503.894.448	14.042.158.425
-Impuestos	33%	0	699.239.923	1.233.737.637	2.033.303.199	3.136.285.168
=U.Neta		0	1.419.668.935	2.504.861.263	4.128.221.647	6.367.609.280
+Depreciaciones/Amort			0	108.576.000	108.576.000	108.576.000
-Inversiones activos no corrientes			603.200.000			
-Capital de trabajo						
+ Valor de Salvamento						60.320.000
+ Valor Residual						108.576.000
+Préstamos						
-Abonos a capital						
=Flujo de caja Neto (con financiación)		0	816.468.935	2.613.437.263	4.236.797.647	6.476.185.280
VALOR PRESENTE NETO	12,2%	15.336.850.031				

-Préstamos		0	0	0	0	0
+ Abonos a capital		0	0	0	0	0
+ Intereses		0	0	0	0	0
- Impacto Tributario	33%	0	0	0	0	0
= Flujo de caja Neto (Sin financiación)		0	816.468.935	2.613.437.263	4.236.797.647	6.476.185.280
VALOR PRESENTE NETO	12,2%	15.336.850.031				

Ø Ingresos: Se mantiene el valor de la situación Sin Proyecto

Ø Costos y Gastos de Operación y Mantenimiento: Los costos relacionados en este ítem responden a: costos por pérdida de producción diferida durante la ejecución de los trabajos, costos de operación y mantenimiento de los nuevos equipos. Los costos de alquiler de cama baja para traslado de la unidad de slick line se eliminan en esta situación con proyecto debido a que la unidad propuesta sería autopropulsada.

- Los costos de producción diferida de acuerdo a los señalado en el punto 4.2, se disminuyen así:

Tiempo Armado, Desarmado y Montaje en Cama Baja Sin Proyecto	5	Horas
Tiempo Armado, Desarmado y Montaje en Cama Baja Con Proyecto	0,5	Horas
% de Disminución del tiempo de Armado, Desarmado y Montaje	90%	

Tiempo prom de un trabajo de Slick Line	48	Horas
Tiempo Armado, Desarmado y Montaje Sin	5	Horas
% Contribución al tiempo total del Trabajo	10,42%	

Ahorro real de Tiempo en % 9,38%

Esta reducción final del 9,38% es la que se aplica a la disminución de la producción diferida de los años siguientes a la llegada de los nuevos equipos, es decir, a partir del 2010.

- Los costos y gastos de mantenimiento se calculan basados en los siguientes datos obtenidos de la unidad de Equipo Automotor Pesado de Ecopetrol:

COSTO MANTTO. EQUIPOS NUEVOS EN \$	
PREVENTIVO MENSUAL	1.100.000
PREVENTIVO SEMESTRAL	5.000.000
MANTTO. MAYOR (A los 5 años)	50.000.000

Ø Asimismo, se proyectan para los años siguientes teniendo en cuenta el último incremento anual del presupuesto de gastos de la Superintendencia De Mares que corresponde al 4% anual. Este dato fue suministrado por el Departamento de Gestión y Crecimiento de la Gerencia Regional Magdalena Medio.

Ø Depreciación: Se calcula para un período de tiempo de 5 años dado que se va a depreciar un vehículo y este es el tiempo estipulado.

Ø Se aplica depreciación por línea recta partiendo de un valor de inversión de \$630.200.000, un valor de salvamento del 10% equivalente a \$63.020.000.

Ø Impuestos del 33% sobre la Utilidad Antes de Impuestos.

Ø La tasa de descuento utilizada es de 12,2% E.A., que corresponde al WACC actual de Ecopetrol. Esta es la tasa utilizada actualmente en la empresa para evaluar financieramente sus proyectos.

Ø Análisis de la Diferencia entre los Valores Presentes Con-Sin Proyecto

VALOR PRESENTE CON PROYECTO	15.336.850.031
VALOR PRESENTE SIN PROYECTO	13.122.632.056
VALOR PRESENTE DEL PROYECTO	2.214.217.975

➔ ACEPTABLE EL PROYECTO

Ø Para ver el análisis de flujos incrementales remitirse al archivo **Datos Base Monografía**.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Ø De acuerdo con los resultados obtenidos con el estudio de Prefactibilidad del proyecto, se recomienda realizar el estudio de Factibilidad de la reposición de los equipos actuales de slick line por los propuestos, considerando los estándares de seguridad industrial y salud ocupacional para el personal que opera los equipos.

- Ø El estudio de demanda del proyecto evidencia que la capacidad nominal de los Grupos 1 y 2 se encuentra subutilizada teniendo en cuenta el número de trabajos que se realizan en los pozos. A diferencia, en el Grupo 3 los resultados muestran picos de mayor demanda donde se hace imposible dar cubrimiento con los equipos actuales recurriendo al alquiler del servicio.

- Ø Basados en el estudio tecnológico, se propone adquirir dos camiones autopropulsados con unidad de slick line, torre, y cabina de insonorización para realizar los trabajos de toma de registros y toma de medidas en fondos.

- Ø De acuerdo con el estudio de la Disponibilidad de Equipos de Slick Line, se concluye que un equipo asignado a los grupos 1 y 2 y otro al grupo 3, es suficiente para cubrir la demanda de los Campos. Con la nueva tecnología se evidencia una reducción de los tiempos asociados a armado y desarmado del equipo derivando la disminución en los tiempos totales de ejecución de los trabajos, con lo cual se concluye que la demanda del servicio para el Grupo 3 podría ser cubierta bajo estas nuevas condiciones.

- Ø Teniendo en cuenta la ubicación geográfica de los campos, tiempos de desplazamiento, costos y riesgos de traslado por carreteras nacionales, se

recomienda la adquisición de dos equipos localizados uno en El Centro y otro en Provincia. El primero, favorecería los traslados del equipo hacia los Grupos 1 y 2 por encontrarse cuasi-equidistante a estos campos; el segundo considerando las distancias de El Centro a Provincia, el tránsito por carreteras nacionales y los riesgos presentes en la movilización del equipo se considera debe ser ubicado en el Campo Provincia, es decir, mantener la ubicación original de los equipos.

- Ø Además de los beneficios en seguridad industrial y salud ocupacional, se concluye que financieramente el proyecto es viable ya que el VPN de la situación Con Proyecto es mayor que el VPN de la situación Sin Proyecto.
- Ø Control de Producción debe evaluar la viabilidad financiera de implementar rutinas de toma de registros de presión y temperatura para los pozos de los campos pertenecientes a los Grupos 1 y 2 ya que se evidencian tiempos altos de disponibilidad del equipo de slick line destinado a atender estos campos y un factor de utilización bajo para el mismo. la implementación de estas rutinas permitiría tener un mejor control y seguimiento sobre las condiciones operacionales del pozo y permitiría detectar a tiempo fallas que puedan presentarse en el futuro.
- Ø Los equipos de slick line que se adquieran deben crearse en el sistema de información Ellipse y deben establecerse rutinas de mantenimiento preventivo a los mismos para evitar fallas graves de tipo correctivo en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

ASESORÍA EN INGENIERIA DE PETRÓLEOS LTDA. AIP Ltda [en línea]. <<http://aip.com.co/es/>> [citado en 2010]

CARRILLO, Francisco y CHIQUILLO, Carlos. Barrancabermeja, 2007, 25 h, Instructivo para Manejo Mecánico de Cargas. Disponible en línea de la página de Ecopetrol: <<http://sidoe1.ecopetrol.com.co/MotroV2/consulta?accion=verDocs&id=77400Instructivo para Manejo Mecánico de Cargas>>.

EUROPOWER. Manual Motores Honda [en línea]. <<http://www.acdiamonds.be/pdf/Europowerbrochure2006+PTO.pdf>> [citado en 2010]

HALLIBURTON. Slickline Services. [en línea]. <<http://www.halliburton.com/ps/default.aspx?navid=189&pageid=185&prodgrpid=MSE%3A%3AIQTYB1EFW>> [citado en 2010]

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Plan Indicativo 2009 (SIGOB) [en línea]. <http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=3&id_categoria=43&id_subcategoria=203> [citado en 25 de marzo de 2009]

MINISTERIO DEL TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL Y DE SALUD. Resolución numero 001792 DE 1990 [en línea]. <<http://www.calorcol.com/LinkClick.spx?fileticket=Bozk%2FE0Oj6g%3D&tabid=85&mid=463>> [citado en 3 de Mayo de 1990]

PEÑALOZA, Arturo. Ideam prevé escasez de agua en Barrancabermeja. En: El tiempo.com [en línea]. Artículo 5 <<http://www.eltiempo.com/colombia/oriente/>>

ARTICULO-WEB-PLANTILLA NOTA INTERIOR-6795991.html> [citado en 14 de abril 2010].

SCHLUMBERGER LIMITED. Slickline Services [en línea]. <<http://www.slb.com/services/testing/slickline.aspx>> [citado en 2010]

STRONG SERVICES L.P. Wireline Services for the ARK-LA-TEX since 1979 [en línea]. <<http://www.strongservicelp.com/slickline.html>> [citado en 2010]

WELL LOGGING LTDA. Unidad de Slickline con torre telescópica [en línea]. <<http://www.wlogging.com/slickline-torre-telescopica.html>> [citado en 2009]