

**Análisis ergonómico del trabajo en la coordinación de subsuelo de
mares**

INFORME FINAL

José Luis Gil Gómez

Janeth Rocío Moreno Almeida

MARIA EMMA REYES

Asesora

EDWIN SILVA

Asesor

ESCUELA COLOMBIANA DE REHABILITACIÓN

FACULTAD DE TERAPIA OCUPACIONAL

POSGRADO DE ERGONOMIA

BOGOTA D.C., DICIEMBRE DE 2011

Hoja de Agradecimientos

Agradezco a mi esposa e hijos por el apoyo y comprensión brindados para el desarrollo del posgrado en ergonomía y a Ecopetrol S.A. por entregarme todas las herramientas para llevar a feliz término este proceso educativo y a mi compañera de proyecto Dra. Janeth Moreno con quien creamos un gran equipo de trabajo y apporto a mi conocimiento

Agradezco a mi Hija María Fernanda y a mi familia por la paciencia y comprensión brindada a lo largo de este proceso educativo, a Ecopetrol S.A, la Gerencia Regional Magdalena Medio y la Coordinación de subsuelo de Mares quienes nos permitieron desarrollar este trabajo de práctica - proyecto y patrocinaron nuestro proceso de formación, igualmente a mi compañero de equipo Dr. José Luis Gil con quien construimos este proyecto.

Resumen

La coordinación de subsuelo de Mares perteneciente a la Gerencia Regional Magdalena Medio presenta el mayor índice de ausentismo originado por problemas Osteomusculares al igual que accidentes de trabajo y enfermedades profesionales al interior de Ecopetrol S.A. por tal razón se toma la decisión de evaluar el proceso de subsuelo; específicamente el que se realiza en campo abierto en la actividad de limpieza de pozos o Varilleo, para poder identificar causas, elaborar propuestas e intervenir en busca de proteger la salud e integridad de los trabajadores.

Esta evaluación se realiza por medio del método de análisis crítico de la actividad, el cual al ser aplicado identificó las variables de persona y métodos de trabajo como los puntos críticos, por lo cual se plantea intervenir usando herramientas desde el campo de la ergonomía cognitiva, participativa y organizacional, y continuar fortaleciendo la ergonomía física desde la antropometría, biomecánica y fisiología del trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS

DEMANDA	7
MODELO DE INTERVENCIÓN	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
DIAGNÓSTICO.....	14
DIAGNÓSTICO LOCAL	14
DIAGNÓSTICO GENERAL.....	20
ANTECEDENTES.....	21
MEDIDAS DE CONTROL	22
CITAS Y LISTAS DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Aplicación análisis crítico en actividad de subsuelo	13
Tabla No. 2 Propuesta de intervención desde los ejes ergonómicos	22

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Descripción del proceso macro-subsuelo	8
Figura No. 2 Comportamiento accidentalidad GRM año 2010	9
Figura No. 3 Accidentalidad con pérdida de tiempo año 2010 GRM	9
Figura No. 4 Accidentalidad coordinaciones de Subsuelo año 2010	9
Figura No. 5 Accidentalidad subsuelo año 2010 por superintendencias	10
Figura No. 6 Acumulado de accidentalidad por superintendencia 2010	10
Figura No. 7 Comportamiento Ausentismo de interés ocupacional 2010	11
Figura No. 8 Ausentismo osteomuscular asociado a EIO	11
Figura No. 9 Parte del cuerpo afectada en subsuelo	12
Figura No. 10 Modelo análisis crítico de la Actividad	13
Figura No. 11 Actividad de trabajo Maquinista	15
Figura No. 12 Actividad de trabajo de los cuñeros	16
Figura No. 13 Actividad de trabajo del encuellador	17
Figura No. 14 Resumen ergonomía cognitiva	19

DEMANDA

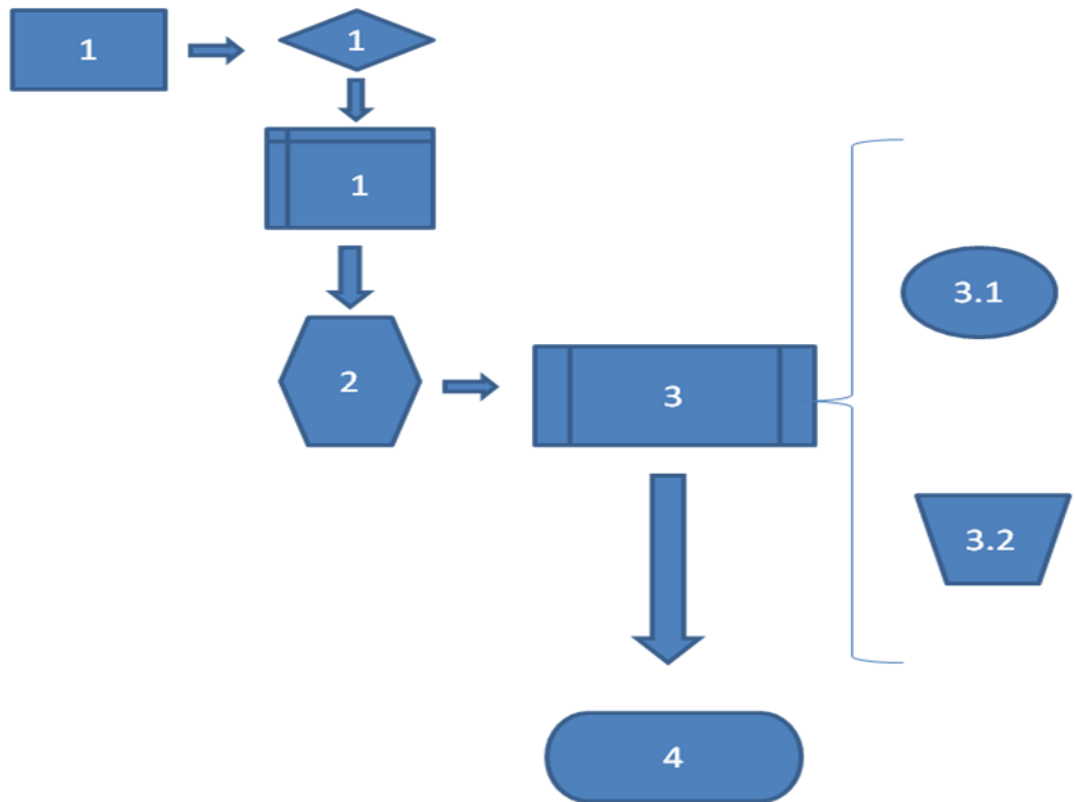
Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, Ecopetrol S.A. pertenece al grupo de las 35 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica.

La Superintendencia de Operaciones De Mares (SOM) opera sus campos en los departamentos de Santander (Barrancabermeja, San Vicente de Chucuri, Cimitarra, el Carmen de Chucuri y Sabana de Torres) y Cesar (San Martín).

Macroprocesos del campo de producción con el crudo:

1. Extracción del crudo de los pozos por medio de unidades de bombeo y bombeo a estaciones (Departamento de Producción Mares)
2. Revisión de las condiciones operacionales de los pozos productores (Coordinaciones de Producción Lisama, Llanito, Galán, Provincia)
3. Recolección del crudo en Estaciones recolectoras o tratamiento en plantas deshidratadoras. (Coordinación de plantas de proceso de Mares)
4. Verificación de condiciones del crudo desde cuartos de control de plantas y estaciones (Coordinación de plantas de proceso de Mares)
5. Bombeo del crudo a Refinería. (Coordinación de plantas de proceso de Mares).

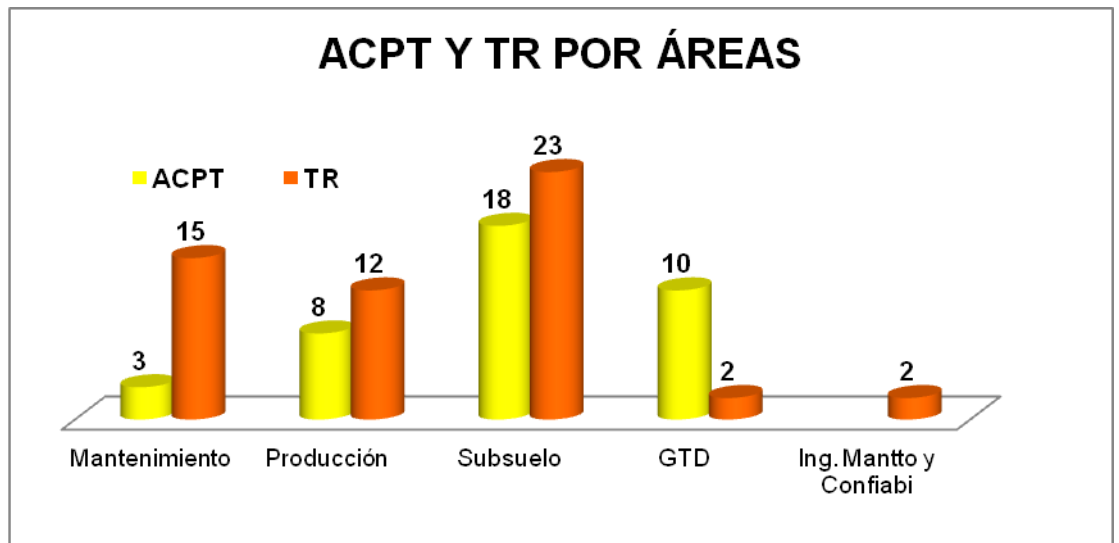
Figura No. 1 Descripción del proceso macro-subsuelo



Pasos del proceso: 1. Reporte de problemas operativos en pozo por producción a la coordinación de subsuelo. 1. Decisión de realizar mantenimiento en pozo (subsuelo o Varilleo). 2. Preparación de cuadrillas, vehículos y materiales que se requieren transportar a la locación. 1. Almacenamiento de tubería y herramientas en bodegas internas de la empresa de donde envían el material. 3. Trabajo en campo. (3.1. Inspección de herramientas y equipos de trabajo. 3.2. Trabajo manual de la cuadrilla (cuñero, encuellador maquinista)). 4. Entrega del pozo a producción.

Se adjuntan datos graficados de la accidentalidad en GRM durante el año 2010.

Figura No. 2 Comportamiento accidentalidad GRM año 2010



ACPT: Accidentes con pérdida de tiempo. TR: Trabajo restringido

Figura No. 3 Accidentalidad con pérdida de tiempo año 2010 GRM

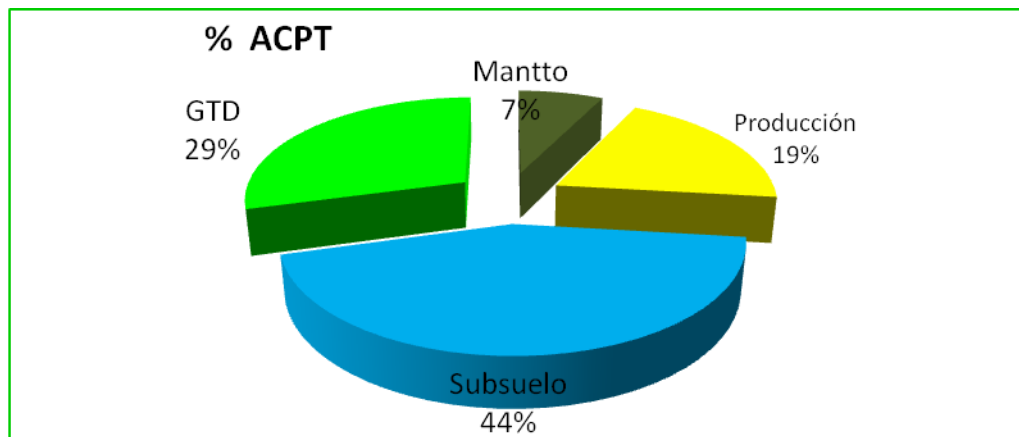


Figura No. 4 Accidentalidad coordinaciones de Subsuelo año 2010

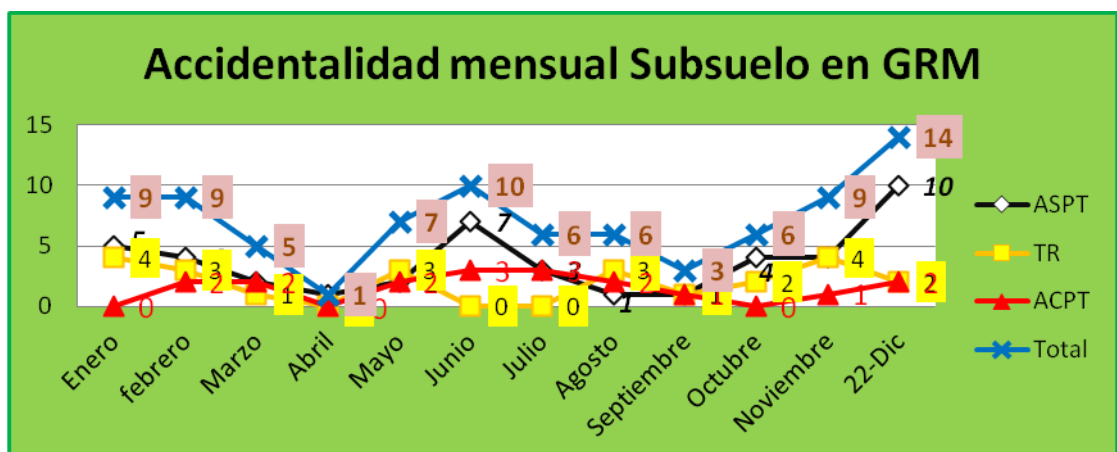


Figura No. 5 Accidentalidad subsuelo año 2010 por superintendencias

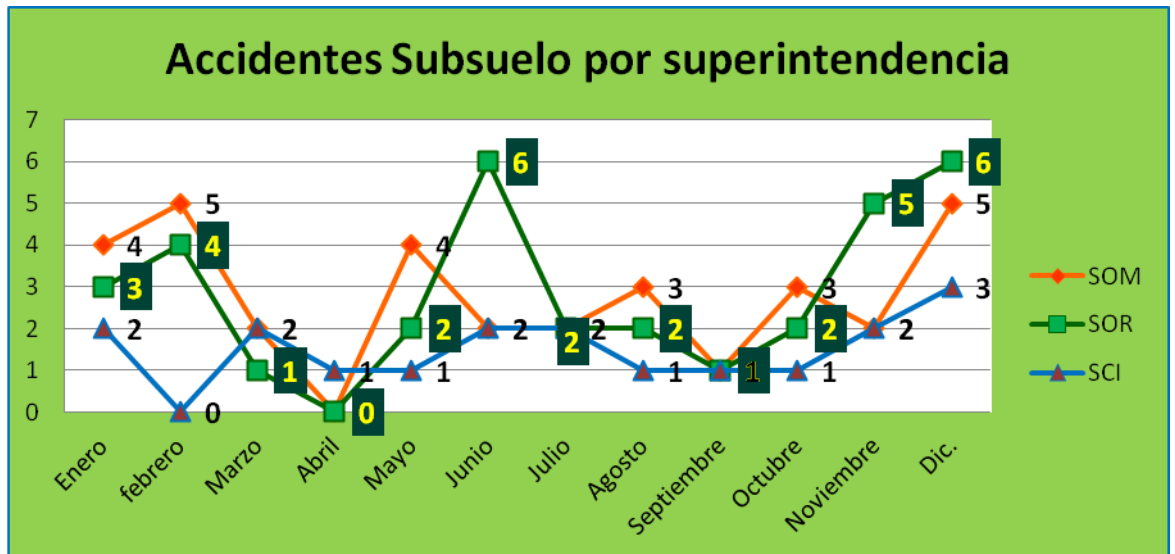


Figura No. 6 Acumulado de accidentalidad por superintendencia 2010

Accidentalidad		
SOM	SOR	SCI
33	34	18

SOM: Superintendencia de Mares. SOR: Superintendencia Río. SCI: superintendencia Cira Infantas.

En el tema de ausentismo por enfermedades de interés ocupacional se presentaron durante 2010 en GRM 36 eventos, de los cuales 16 se registraron en las Coordinaciones de Subsuelo, de estos 16, 14 correspondieron a patologías del sistemas osteomuscular, con 8 eventos por patología de columna y 6 eventos por patología de miembro superior. Correspondieron. Estos 16 eventos generaron 63 días de ausentismo de los 262 días de ausentismo por enfermedades de interés ocupacional que se presentaron en la Gerencia.

Figura No. 7 Comportamiento Ausentismo de interés ocupacional 2010



EIO: Enfermedad de interés ocupacional.

Figura No. 8 Ausentismo osteomuscular asociado a EIO

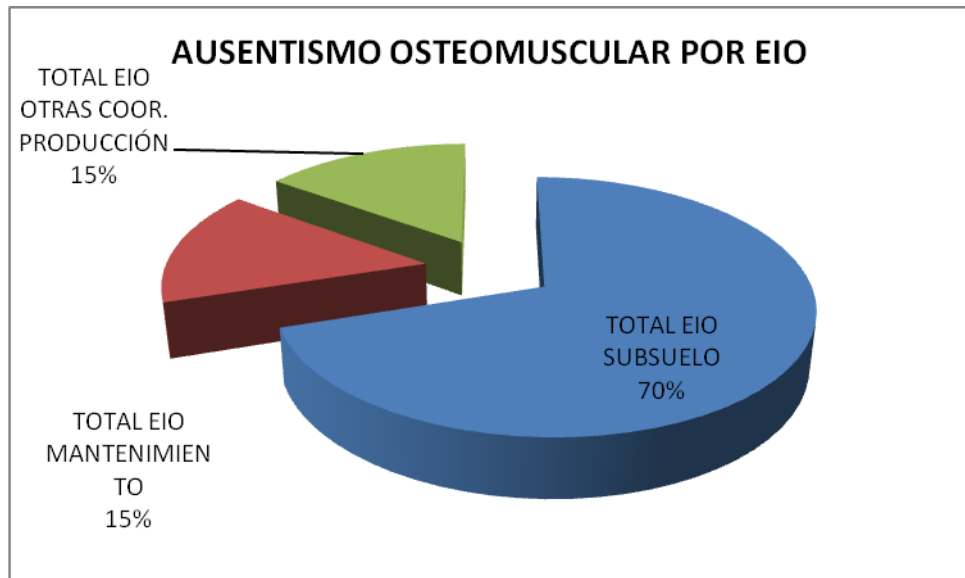
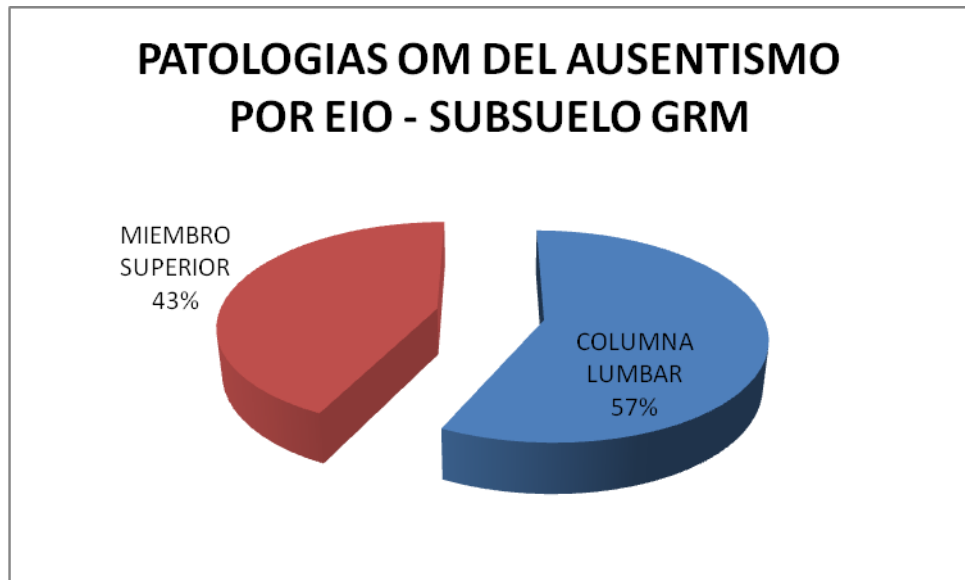


Figura No. 9 Parte del cuerpo afectada en subsuelo



OM: Osteomuscular

Al identificar esta problemática a nivel humano es que se toma la decisión de evaluar el proceso de subsuelo; específicamente el que se realiza en campo abierto en la actividad de limpieza de pozos o Varilleo, para poder identificar causas, elaborar propuestas e intervenir en busca de proteger la salud e integridad de los trabajadores y por consiguiente disminuir los costos económicos que generan los accidentes y las enfermedades profesionales para la Gerencia y la empresa.

MODELO DE INTERVENCIÓN

El modelo de intervención es basado en el análisis crítico de la actividad y contiene el Propósito, lugar, tiempo, personas y medios.

Figura No. 10 Modelo análisis crítico de la Actividad

CONCEPTO	PREGUNTAS	ACCIONES POTENCIALES
PROPÓSITO	¿Qué se hace? ¿Por qué se hace? ¿Qué otra cosa podría hacerse? ¿Que debería hacerse?	Eliminar actividades innecesarias
LUGAR	¿dónde se hace? ¿Por qué se hace allí? ¿En que otro lugar podría hacerse? ¿Dónde debería hacerse?	Combinar o cambiar el lugar
TIEMPO O SECUENCIA	¿cuándo se hace? ¿Por qué se hace entonces? ¿En que otro momento podría hacerse? ¿Cuándo debería hacerse?	Combinar o cambiar la secuencia
PERSONA	¿quién lo hace? ¿ por qué lo hace esa persona? ¿Qué otra persona podría hacerlo? ¿Quién debería hacerlo?	Combinar o cambiar la persona
MEDIOS	¿Cómo se hace? ¿Por qué se hace de ese modo? ¿De qué otro modo podría hacerse? ¿Cómo debería hacerse?	Simplificar o mejorar el método

Tabla No. 1 Aplicación análisis crítico en actividad de subsuelo

PROPOSITO	LUGAR	TIEMPO	PERSONA	METODOS
APOYO OPORTUNO Y EFICAZ EN EL MANTENIMIENTO DE LOS POZOS Y UN BUEN APORTE AL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO	CAMPO ABIERTO	2 A 15 DÍAS DEPENDE DEL TRABAJO A REALIZAR EN CADA POZO	MAQUINISTA - 2 CUÑEROS - ENCUELLADOR	MANUALY MECÁNICO
	LOCACIÓN DE CADA POZO	AFECCIÓN DE CONDICIONES CLIMÁTICAS	REQUIEREN UN FORMACIÓN TÉCNICA EN REACONDICIONAMIENTO DE POZOS	HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS
		RUTAS DE ACCESO	EXPERIENCIA EN LOS CARGOS	AYUDAS MECÁNICAS PARA MANIPULAR TUBERÍA
		ACOPLAMIENTO DE MOVIMIENTOS ENTRE LOS ACTORES DE LA CUADRILLA	CONDICIONES BIOFÍSICAS, (MASA MUSCULAR – CONTEXTURA ÓSEA MEDIANA A GRANDE)	PROCEDIMIENTOS ANEXOS AL MANUAL PARA CADA ACTIVIDAD CON REGISTROS
				PLAN DE RESPUESTA A EMERGENCIA

JUSTIFICACIÓN

En la coordinación de subsuelo de Mares se concentra el mayor grupo de trabajadores directos del área de producción y son quienes este año han presentado la mayor accidentalidad relacionada con el trabajo

(incidentes-accidentes) lesionándose principalmente la mano y/o los dedos; a su vez en el histórico de la Gerencia en el tema de enfermedad profesional determinada, calificada e indemnizada esta sección aporta el mayor número de eventos con afectación a nivel de columna lumbar, hombros, codo y muñeca.

Después de haber realizado el análisis crítico de la actividad como variables a intervenir las personas y los métodos nos decidimos aplicar conceptos y metodologías contempladas en la ergonomía cognitiva y organizacional, debido a que en estos dos componentes encontramos elementos que fortalecen el análisis de las estructuras organizativas, políticas y procesos incluyendo la ergonomía participativa como un común encontrando de suma importancia la diferencia entre el trabajo prescrito y el trabajo real.

DIAGNÓSTICO

Diagnóstico local

A continuación se realiza descripción detallada de las actividades de subsuelo preparación de cuadrillas y trabajo en campo:

1. Preparación de cuadrilla, vehículos y materiales. Los trabajadores que conforman el equipo de trabajo (operador maquinista, encuellador, cuñeros) llegan en transporte hasta la locación del pozo donde tienen asignada la programación del día. Ingresan a un container donde se colocan la ropa de trabajo y reciben la charla pre-operacional que dura 30 minutos.

2. Posteriormente proceden a revisar y preparar el equipo de trabajo, el maquinista revisa la mecánica general del equipo, los niveles de aceite y agua, su función es manipular las palancas de ascenso y descenso de las poleas y activar los malacates (frenos del equipo).

Figura No. 11 Actividad de trabajo Maquinista



Los cuñeros alistan la tubería o sarta de varillas las cuales han sido transportadas a la locación en camas bajas y colocadas en piso por un Winche o un brazo articulado operado por otros trabajadores de la sección. Los cuñeros se ubican en la mesa de trabajo con porras y llaves cuyo peso promedio es de 1-10kg, las cuales usaran para acuñar la tubería, conectarla y corregir las líneas en superficie. Las tuberías miden 22 pies y tienen un peso de entre 9,4-6,4 y 4,3 libras por pie aproximadamente 150 a 200 libras (75-100kg). Responden por la

instalación y desinstalación del equipo, armado de la parrilla, la preventora y toda la mesa de trabajo con las respectivas herramientas.

Figura No. 12 Actividad de trabajo de los cuñeros



El encuellador debe ascender a través de una escalera vertical de la torre hasta la plataforma del trabajador, su trabajo lo realiza todo el tiempo ubicado a una altura de 35 pies para tubería o 52 pies para varilla, su función es guiar el tubo al trabajador de tubería, manipular la bomba mata pozo estar pendiente de los tanques acomodadores y la torre, revisa los equipos hidráulicos. Para su labor utiliza una manila para maniobrar el tubo y llevarlo hasta el trabajador en posición de flexión de columna dorso lumbar y extensión de brazos empleando fuerza de tracción para recoger el tubo y acomodarlo.

Las actividades que deben realizar el equipo de trabajo son: 1. Bajar sarta de tubería. 2. Bajar tubería en parada de la torre. 3. Cambio de cable auxiliar. 4. Cambio de bomba de subsuelo. 5. Bajada y espaciado de la bomba de subsuelo. 6. Bajada de botellas. 7. Cargue, transporte y descargue de material. 8. Cargue y descargue de la bomba. 9. Manejo de extintores portátiles. 10. Pesca con imanes. 12. Pesca con overshot.

Figura No. 13 Actividad de trabajo del encuellador



Los resultados de las observaciones, aplicando el análisis crítico de la actividad se obtienen los siguientes resultados:

Propósito: No se evidencian actividades innecesarias que se puedan eliminar.

Lugar: Campo abierto, en donde se encuentre ubicado el pozo. No se puede cambiar el lugar de trabajo.

Tiempo o secuencia: Es una actividad que se realiza dentro de todo el proceso productivo no se puede cambiar el momento de realización,

pueden variar son los tiempos que se tienen para ejecutar el trabajo en cada pozo (de 2 a 15 días) y está dado más es por los requerimientos técnicos y el problema presentado por el pozo. Está también afectado por las condiciones ambientales, climáticas, rutas de acceso, temporadas de lluvia. En el grupo de trabajo se requiere una coordinación precisa del trabajo y es aquí donde se identifican fallas ya que cuando no se realiza perfectamente engranado el movimiento del encuellador con cuñeros y maquinistas se desacoplan los procesos y se generan lesiones principalmente en los cuñeros por atrapamiento de partes del cuerpo entre tubos y herramientas. Se debe reforzar el trabajo con los procedimientos elaborados por la empresa y su cumplimiento. Asegurar una adecuada comunicación entre los miembros del equipo.

Persona: Los funcionarios que laboran en esta área requieren un proceso de formación específico para el área. Se han detectado actualmente funcionarios con poca experiencia realizando actividades de encuellador que es la más crítica por procesos de reemplazo de los funcionarios jubilados o por funcionarios que fueron declarados no aptos para laborar en alturas. Se debe ser estricto en el perfil y requisitos de estos cargos. Se deben generar programas de entrenamiento para respuesta ante emergencias en el área. Debe trabajarse en procesos de auto cuidado, tener laborando personas con perfil biofísico que tenga buena masa muscular, contextura gruesa, que permite protección de articulaciones ante los movimientos repetitivos con manipulación de pesos.

Métodos: El trabajo actualmente se realiza en una combinación de manual y mecánico. Se debe continuar con procesos de adquisición de herramientas neumáticas que disminuyan los movimientos repetitivos y de impacto. Asegurar que todos los equipos cuenten con palancas ecualizables para el maquinista de tal forma que se adapte a la antropometría de cada trabajador, asegurar superficies amplias de trabajo, mejorar el espacio del trabajador del encuellador y el mecanismo de protección ante caídas. Se pueden generar pausas en el trabajo que permitan cambiar de posición bípeda a sedente y rotación entre los

diferentes puestos de la cuadrilla cuando todo el personal tiene las competencias. No permitir el movimiento de tubería o varilla de forma manual. Considerar inversión en equipos de nueva tecnología donde se están cambiando procesos manuales por automáticos como el izaje y acople de la varilla o tubería.

Hallazgos desde la ergonomía cognitiva

Figura No. 14 Resumen ergonomía cognitiva



Diagnóstico General

En el alcance de la práctica desarrollada se identificaron situaciones comunes desde la ergonomía participativa, cognitiva y organizacional como son el tema de inclusión de los trabajadores que desarrollan una actividad en el proceso de elaboración de documentos, guías, instructivos y procedimientos, el proceso de capacitación y entrenamiento cuando rotan de actividad o área de trabajo, el proceso de verificación del conocimiento adquirido por un trabajador en sus procesos de capacitación, las dificultades de comunicación en los diferentes niveles jerárquicos. Lo anterior favorece desviaciones en el sistema SISO de la

organización que se reflejan también en presentación de incidentes, accidentes y enfermedades de interés ocupacional.

ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta el eje definido como antropometría y biomecánica encontramos el estudio antropométrico de la población laboral de OPEL España por medio del cual conocieron los índices antropométricos de la población para intervenir adecuadamente en los riesgos ergonómicos en cada una de las actividades que se desarrollan en esta empresa. Y permite demostrar que en organizaciones donde se dispone del recurso económico se pueden generar sus propios datos antropométricos y no guiarse solamente por tablas ya realizadas que en el caso de Colombia son de otros grupos poblacionales.

Desde el eje de la fisiología del trabajo se encuentra estudio donde se relaciona el ambiente físico y la deshidratación en la población laboral de España, el cual midió el impacto del trabajo en las condiciones de salud del trabajador debido a las jornadas laborales establecidas basadas en turnos de trabajo rotatorios alterando las funciones normales fisiológicas del organismo. Este informe en conjunto con lo identificado a través de la observación realizada en nuestra práctica nos permitió concluir que la coordinación de subsuelo requiere un estudio del gasto calórico y recuperación de la fatiga en los trabajadores de campo durante los 3 turnos de trabajo para poder elaborar un adecuado programa de nutrición, hidratación y recuperación de la fatiga que repercuta en la disminución de enfermedades ocupacionales y riesgos de accidentalidad.

En el eje de la ergonomía cognitiva se recomienda tomar algunos conceptos desarrollados en la guía ergonómica para el diseño de interfaz de supervisión elaborada por el grupo de investigación en ingeniería del conocimiento de la Universidad de Cataluña, para el momento de rediseñar los controles del maquinista en los equipos de subsuelo de tal forma que los controles, su forma, tamaño, ubicación, mecanismos de

frenado y respuesta ante emergencias en el pozo se desarrollen teniendo en cuenta estos conceptos y se disminuya el riesgo del error humano en su operación y sea más confortable para los usuarios del mismo.

Desde el eje de la ergonomía organizacional se encuentra un análisis del trabajo y comunicación y los efectos encontrados como negativos fueron la fatiga correlacionada con las malas condiciones ergonómicas y trabajar bajo presión temporal, estudio realizado en Cuba en el año 2004, estas dos variables fueron observadas igualmente en nuestro trabajo de práctica, manejan turnos de 8 horas a lo largo de las 24 horas del día, los cuales se rotan semanalmente, con un día de descanso y con condiciones ergonómicas en los equipos deficientes, lo anterior soporta la propuesta realizada a la organización de revisar procedimientos, jornadas de trabajo y equipos para desarrollarlo.

MEDIDAS DE CONTROL

Tabla No. 2 Propuesta de intervención desde los ejes ergonómicos

Biomecánica y antropometría	Asegurar que todos los equipos cuenten con palancas ecualizables para el maquinista de tal forma que se adapte a la antropometría de cada trabajador o tecnología de panel de control horizontal con altura graduable que ya se encuentra disponible en equipos modelo 2009
	Asegurar superficies amplias de trabajo, mejorar el espacio del trabajador del encuellador y el mecanismo de protección ante caídas.
	Rotación entre los diferentes puestos de la cuadrilla cuando todo el personal tiene las competencias

	<p>Inversión en equipos de nueva tecnología donde se están cambiando procesos manuales por automáticos para actividades de izaje y acople de la varilla o tubería.</p>
Fisiología del trabajo	<p>Elaborar y aplicar el protocolo para identificar el consumo energético de los 3 oficios y acorde con los resultados obtenidos diseñar el programa de acondicionamiento físico, tiempos de recuperación, hidratación y aporte calórico suministrado en la alimentación de la empresa</p>
Ergonomía cognitiva	<p>Capacitación de procedimientos, instructivos y directrices para las diferentes actividades en el área de subsuelo a los trabajadores inmersos en el proceso</p>
	<p>Establecer un plan de inducción y re-inducción a todos los trabajadores del área de subsuelo.</p>
	<p>Asegurar por parte de todos los trabajadores conocer la información simbólica dado el alto potencial de accidentalidad del área</p>

Ergonomía organizacional	<p>Replantear el proceso actual para la actualización de procedimientos unificados de subsuelo para la empresa:</p> <p>a. Realizar los documentos en equipos de trabajo interdisciplinarios con participación de supervisores y operadores. El trabajo realizado hasta el momento solo ha tenido participación de ingenieros (coordinadores) y personal HSE. b. Una vez elaborados los documentos divulgarlos a los operadores y permitir mesas de trabajo para observaciones y ajustes. c. Con el trabajo realizado del equipo aprobar los documentos. d. Comunicación y entrenamiento en campo de los procedimientos unificados. e. Verificación de la disciplina operativa en su aplicación - utilizando modelo de compromiso con la vida.</p>
	<p>Trabajar en el proceso de comunicación efectiva y asertiva entre los integrantes del equipo y con el equipo de líderes del área (supervisor, coordinador, jefe de departamento)</p>

CITAS Y LISTAS DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almirall, Pedro. Subjetividad y cultura.

Cañas, Jose J. Personas y maquinas: el diseño de su integración desde la ergonomía cognitiva.

Cañas, Jose J; Waerns, Yvonne. Aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información.

Castillo, Juan A. Ergonomía. Fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas.

Garcia, Gabriel. Ergonomía desde la visión sistémica.

Pere, P; Díaz M; Catalá, A. Creación de guía ergonómica para el diseño de interfaz de supervisión.

Saravia, Martha H. Ergonomía en concepción. Su aplicación al diseño y otros procesos proyectuales.