

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE WORKOVER DE LA
EMPRESA STS DE LOS ANDES S.A**

**JOSE ORLANDO VERGARA OSORIO
GABRIEL FERNANDO GARCÍA SANCHEZ**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA**

2010

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE WORKOVER DE LA
EMPRESA STS DE LOS ANDES S.A**

**JOSE ORLANDO VERGARA OSORIO
GABRIEL FERNANDO GARCÍA SANCHEZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
Alfonso García Castro
Msc. en Ingeniería Mecánica**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA**

2010

A Dios, que me ha regalado la vida y me ha llenado de bendiciones .

A mi madre Carlota, que me ha apoyado y aconsejado en cada instante de mi vida con mucho amor, comprensión y cariño.

A mi padre Luis, que siempre ha sido un ejemplo de honestidad y rectitud, y me ha enseñado lo que es ser una buena persona.

A mis hermanos Diana y Carlos, que han crecido conmigo y siempre han sido mis mejores amigos.

A mis compañeros del coro “Gustavo Gomez Ardila” por disfrutar conmigo de la forma de expresión más bella de todas, la música.

A mis amigos de “Juventud Activa Salvatoriana”, por demostrarme que en el mundo hay gente buena que quieren seguir a Dios y hacer de este un lugar mejor.

A mis amigos de Zapatoca y de “La Inopia”, que me han brindado su amistad y compañía en grandes momentos de la vida.

A mis amigos de la Universidad, por ser mis compañeros de batallas y amigos de aventuras.

GABRIEL FERNANDO GARCÍA SANCHEZ

A Dios, por permitirme vivir y dejarme sentirle a lo largo de mi vida

A mis padres José Orlando y Gladys, por la formación que me han dado, por sus múltiples consejos y el apoyo incondicional que me han brindado

A mi hermano John Fredy, que me aconsejó y ayudó tanto en Barrancabermeja, gran parte del desarrollo de este proyecto se debe a él.

A Kelly Johanna, quien además de ser una persona de carisma y alegría admirables, me ha entregado su corazón y me ha enseñado la magnificencia del Amor.

JOSE ORLANDO VERGARA OSORIO

AGRADECIMIENTOS

A STS de los Andes S.A, por permitirnos realizar este proyecto, y culminar así con nuestra formación de pregrado.

Al personal de STS, en especial al Ingeniero Delfin y José Dorridt, quienes en principio fueron jefes laborales y ahora amigos, que con su basta experiencia aportaron una gran cuota en la realización de este proyecto.

A Nelson Martínez, Ingeniero Mecánico, que con cuyo buen ánimo y colaboración, siempre estuvo abierto a sacar adelante este proyecto.

A Alfonso García, Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica y Director del proyecto, por abrir un espacio en su agenda y brindarnos su colaboración oportuna.

A Leonardo Gutiérrez y su esposa Luz Marina, por su admirable y desinteresado apoyo, así como su afable acogida en la ciudad de Barrancabermeja.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Mecánica, por ejercer su vocación y con esta, transmitirnos los conocimientos y formación necesaria, para ser profesionales UIS.

CONTENIDO

| | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 24 |
| 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA | 26 |
| 1.1 RESEÑA HISTÓRICA | 26 |
| 1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL | 27 |
| 1.2.1 Organigrama | 27 |
| 1.2.2 Misión | 27 |
| 1.2.3 Visión | 27 |
| 1.2.4 Valores corporativos | 27 |
| 1.2.5 Políticas empresariales | 29 |
| 1.2.5.1 Política de calidad | 29 |
| 1.2.5.2 Política de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente | 29 |
| 1.2.5.3 Política corporativa sobre transporte terrestre | 29 |
| 1.2.5.4 Política de no alcohol y no drogas | 30 |
| 1.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS | 30 |
| 1.3.1 Sistema de Workover | 33 |
| 1.4 ACTIVIDADES REALIZADAS POR LA EMPRESA | 44 |
| 1.4.1 Servicio de transporte especializado de carga | 44 |
| 1.4.2 Actividades de Workover | 44 |
| 1.4.2.1 Swabbing (suabeo) | 45 |
| 1.4.2.1.1 Gomas de suabeo | 47 |
| 1.4.2.1.2 Mandriles | 47 |
| 1.4.2.1.3 Lubricador (Hydraulic Wire line Oil Saver) | 51 |
| 1.4.2.1.4 Sistema de accionamiento del lubricador | 52 |

| | pág. |
|--|------|
| 1.4.2.2 Varilleo | 54 |
| 1.4.2.3 Reacondicionamiento de pozos | 54 |
| 1.4.2.4 Completamiento de pozos | 54 |
| 1.4.2.5 Operaciones de Pulling y Running | 55 |
| 1.4.2.5.1 Bajada de tubería | 55 |
| 1.4.2.5.2 Sacada de tubería | 55 |
| 1.4.2.6 Limpieza de arena (desarenamientos) | 58 |
| 1.4.2.6.1 Causas de los arenamientos | 62 |
| 1.4.2.6.2 Perjuicios de los arenamientos | 62 |
| 1.5 SITUACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVIA AL PROYECTO | 63 |
| 1.5.1 Recurso humano | 63 |
| 1.5.2 Mantenimiento de reacción | 63 |
| 1.5.3 Mantenimiento preventivo | 63 |
| 1.5.4 Mantenimiento predictivo | 63 |
| 1.5.5 Documentación técnica | 64 |
| 1.5.6 Sistema de información | 65 |
| 2. INVENTARIO Y CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS | 66 |
| 2.1 CODIFICACIÓN | 66 |
| 2.1.1 Código del tipo de equipo | 66 |
| 2.1.2 Código del Sistema. | 67 |
| 2.1.3 Número consecutivo | 67 |
| 2.2 INVENTARIO DE EQUIPOS | 68 |
| 2.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD | 73 |
| 3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | 80 |

| | pág. |
|---|------|
| 3.1 OBJETIVO, ALCANCE Y META | 80 |
| 3.1.1 Objetivo | 80 |
| 3.1.2 Alcance | 80 |
| 3.1.3 Meta | 80 |
| 3.2 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN TÉCNICA | 80 |
| 3.3 DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO | 81 |
| 3.4 PROGRAMACIÓN ANUAL DE MANTENIMIENTO | 87 |
| 4 MODELO ORGANIZACIONAL DEL MANTENIMIENTO | 90 |
| 4.1 ÓRDEN DE TRABAJO | 90 |
| 4.1.1 Flujo de órdenes de trabajo | 92 |
| 4.2 RELACIONES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | 94 |
| 4.2.1 Entradas externas | 95 |
| 4.3 SUGERENCIAS PARA RECURSOS HUMANOS Y LOGÍSTICOS | 96 |
| 4.4 ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO | 98 |
| 5 ACTIVIDADES DE CONTROL | 99 |
| 5.1 COORDINACIÓN Y PLANEACIÓN DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO | 99 |
| 5.2 PROCESAMIENTO DE ÓRDENES DE TRABAJO | 100 |
| 5.3 RETROALIMENTACIÓN DE INFORMACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA | 101 |
| 5.3.1 Indicadores de gestión de mantenimiento. | 101 |
| 5.3.1.1 Disponibilidad | 101 |
| 5.3.1.2 Cumplimiento del plan de mantenimiento CPM. | 102 |
| 5.3.1.2.1 CPM de lubricación | 102 |
| 5.3.2 Acciones de mejora | 102 |
| 5.3.2.1 Diagrama de causa-efecto (espina de pescado) | 102 |
| 5.3.2.2 Acciones correctivas posibles | 104 |

| | pág. |
|---|------|
| 5.3.2.2.1 Organización y personal | 104 |
| 5.3.2.2.2 Productividad de la mano de obra | 104 |
| 5.3.2.2.3 Capacitación gerencial | 105 |
| 5.3.2.2.4 Capacitación de los técnicos | 105 |
| 5.3.2.2.5 Motivación | 105 |
| 5.3.2.2.6 Control de almacenes, materiales y herramientas | 105 |
| 5.3.2.2.7 Mantenimiento preventivo e historia del equipo | 106 |
| 5.3.2.3 Formato de acciones de mejora | 106 |
| 6. SISTEMA DE INFORMACIÓN | 109 |
| 6.1 DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN | 109 |
| 6.1.1 Hoja de Vida | 109 |
| 6.1.2 Ficha Técnica. | 109 |
| 6.1.3 Orden de Trabajo. | 111 |
| 6.1.4 Ficha de Lubricación | 112 |
| 6.1.5 Reporte de Indicadores | 112 |
| 6.1.6 Formato de acción de mejora | 113 |
| 6.2 SISTEMA COMPUTARIZADO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO | 114 |
| 6.2.1 Desarrollo del sistema de información computarizado | 114 |
| 6.2.1.1 Requerimientos del sistema computarizado | 114 |
| 6.2.1.2 Selección del gestor de base de datos | 117 |
| 6.2.1.3 Diseño de la estructura general del sistema | 117 |
| 6.2.1.4 Diseño del flujo de datos | 118 |
| 6.2.1.5 Diseño de entradas y salidas | 121 |
| 6.2.1.6 Creación de las tablas y relaciones. | 121 |
| 6.2.1.7 Diseño de la interfaz de usuario | 121 |
| 6.2.1.8 Programación | 122 |

| | pág. |
|--|------|
| 6.2.2 Manual del usuario | 124 |
| 6.2.2.1. Requisitos del programa | 124 |
| 6.2.2.2. Instalación | 124 |
| 6.2.2.3. Ingreso al sistema | 125 |
| 6.2.2.4. Usuarios | 126 |
| 6.2.2.5. Manejo de SIM-STS1. | 126 |
| 6.2.2.6 Módulo equipos | 127 |
| 6.2.2.7 Módulo personal de mantenimiento. | 128 |
| 6.2.2.8 Módulo programación del mantenimiento. | 129 |
| 6.2.2.9 Módulo inventario. | 133 |
| 6.2.2.10 Módulo cálculo de indicadores | 134 |
| 7. CONCLUSIONES | 139 |
| BIBLIOGRAFÍA | 141 |
| ANEXOS | 144 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Elementos de Workover susceptibles de mantenimiento | 32 |
| Tabla 2. Elevadores de varilla y tubería | 43 |
| Tabla 3. Codificación de equipos de acuerdo a su tipo | 66 |
| Tabla 4. Código del sistema | 67 |
| Tabla 5. Inventario de Equipos | 68 |
| Tabla 6. Criterios según la norma ISO 14224 | 73 |
| Tabla 7. Criterio de la importancia del equipo (A) | 74 |
| Tabla 8. Criterio de la confiabilidad inherente del equipo (B) | |
| Tabla 9. Impacto del equipo en el sistema (C) | 74 |
| Tabla 10. Clasificación de equipos y herramientas por criticidad | 53 |
| Tabla 11. Formato de inspección diaria anexo a la matriz de mantenimiento | 83 |
| Tabla 12. Formato de inspección mensual anexo a la matriz de Mantenimiento | 84 |
| Tabla 13. Formato de inspección mensual anexo a la matriz de Mantenimiento | 85 |
| Tabla 14. Equivalencia aproximada entre kilometraje recorrido y horas de operación | 87 |
| Tabla 15. Formato de mantenimientos mensuales correspondiente a Octubre 2009 para el sistema STS 02 (fragmento). | 89 |

| | pág. |
|---|------|
| Tabla 16. Prioridad de las órdenes de trabajo | |
| | 92 |
| Tabla 17. Sugerencias logísticas | 96 |
| Tabla 18. Sugerencias en recurso humano | 98 |
| Tabla 19. Requerimientos del sistema computarizado para administración del mantenimiento | 115 |
| Tabla 20. Requisitos del programa | 124 |
| Tabla 21. Indicadores de gestión calculados por SIM-STS1 | 135 |
| Tabla 22. Nomenclatura de colores del programa semáforo de lubricación | 154 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Organigrama | 28 |
| Figura 2. Esquema de instalaciones y equipos de STS de los Andes S.A | 31 |
| Figura 3. Layout de equipos de Workover en pozo | 33 |
| Figura 4. Workover Rig | 34 |
| Figura 5. Sistema de levantamiento | 34 |
| Figura 6. Bomba de lodos | 36 |
| Figura 7. Planta eléctrica | 36 |
| Figura 8. Trailer | 37 |
| Figura 9. Power Swivel | 38 |
| Figura 10. Frac Tank | 38 |
| Figura 11. Acumulador | 39 |
| Figura 12. Poor boy (Izquierda) y Choke Manifold (derecha). | 40 |
| Figura 13. Conjunto de preventoras. Arriba preventora anular (Hydril) y abajo preventora de arietes (rams de tubería) | 41 |
| Figura 14. Elevadores de varilla junto a un gancho elevador de varilla (pirigallo) | 42 |
| Figura 15. Llave hidráulica | 42 |
| Figura 16. Encuelladero con dos tubos colgados | 43 |
| Figura 17. Mesa rotaria con su mesa de respaldo | 44 |
| Figura 18. Representación esquemática de la operación de suabeo. | 46 |
| Figura 19. Diferentes tipos de gomas utilizadas en operaciones de Suabeo | 48 |
| Figura 20. Tipos de mandriles utilizados en las operaciones de Suabeo. | 49 |

| | pág. |
|--|------|
| Figura 21. Lista de partes de los mandriles Tipo Estándar, Articulado y UF | 50 |
| Figura 22. Lista de partes del lubricador de suabeo (Hydraulic Wire line Oil Saver) (sencillo y doble) | 52 |
| Figura 23. Sistema de accionamiento del lubricador de Suabeo. | 53 |
| Figura 24. Equipo de Workover realizando labores de bajada de tubería en dobles. | 57 |
| Figura 25. Desarenamientos a) Representación gráfica de un pozo con los intervalos inferiores taponados por sedimentos. b) Representación gráfica de una limpieza de arena por circulación en directa. c) Bombas para limpieza de arena. | 59 |
| Figura 26. Equipo de Workover realizando labores de limpieza de arena por circulación en directa. | 61 |
| Figura 27. Gráficos de documentación técnica | 64 |
| Figura 28. Estructura del código de equipos | 66 |
| Figura 29. Apoyos para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo | 72 |
| Figura 30. Formato de orden de trabajo | 91 |
| Figura 31. Flujo de órdenes de trabajo | 93 |
| Figura 32. Relación del departamento de mantenimiento con el departamento de procurement. | 94 |
| Figura 33. Relación del departamento de mantenimiento con sus clientes externos | 95 |
| Figura 34. Organigrama sugerido para el área de mantenimiento | 98 |
| Figura 35. Efecto a estudiar en el diagrama espina de pescado | 103 |
| Figura 36. Factores que pudieran afectar el cumplimiento de las metas | 103 |
| Figura 37. Ejemplo completo de diagrama causa-efecto | 104 |

| | pág. |
|--|------|
| Figura 38. Formato de acciones de mejora. | 107 |
| Figura 39. Seguimiento de las acciones correctivas y preventivas. | 108 |
| Figura 40. Hoja de Vida | 110 |
| Figura 41. Ficha Técnica | 110 |
| Figura 42. Orden de Trabajo | 112 |
| Figura 43. Reporte de indicadores | 113 |
| Figura 44. Entradas del Sistema de información | 116 |
| Figura 45. Entradas del Sistema de información | 117 |
| Figura 46. Estructura del sistema de información | 119 |
| Figura 47. Diagrama de flujo general del sistema | 120 |
| Figura 48. Diagrama Entidad-Relación | 123 |
| Figura 49. Aviso de seguridad de Microsoft Office Access | 125 |
| Figura 50. Menú principal de SIM-STS1 | 127 |
| Figura 51. Pasos para acceder a la información de un equipo | 128 |
| Figura 52. Ventanas del módulo Personal de Mantenimiento | 129 |
| Figura 53. Formulario crear nueva OT | 130 |
| Figura 54. Inicio del Archivo de programación del mantenimiento | 132 |
| Figura 55. Sección Herramientas | 134 |
| Figura 56. Formulario cálculo de indicadores | 136 |
| Figura 57. Pasos para calcular la disponibilidad | 137 |
| Figura 58. Reporte de indicadores | 137 |
| Figura 59. Cálculo del Cumplimiento del Programa de Mantenimiento | 138 |
| Figura 60. Sistema típico de mantenimiento. | 146 |
| Figura 61. Cambios programados vs. Cambios realizados, para la Planta eléctrica del sistema STS 03 en el mes de Mayo. | 155 |
| Figura 62. Primera etapa del programa semáforo de lubricación. Matriz de comparación programado contra ejecutado. | 134 |

| | pág. |
|--|------|
| Figura 63. Segunda etapa del programa semáforo de lubricación | 158 |
| Figura 64. Cálculo de indicadores de cumplimiento en la lubricación y gráficas comparativas | 159 |

LISTA DE ANEXOS

| | pág. |
|--|------|
| ANEXO A. EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL | 145 |
| ANEXO B. MATRIZ PLAN DE MANTENIMIENTO 2009 (Ver CD 2) | |
| ANEXO C. FICHAS DE LUBRICACIÓN DE CADA SISTEMA DE WORKOVER (Ver CD 2) | |
| ANEXO D. FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA: SEMÁFORO DE LUBRICACIÓN | 152 |
| ANEXO E. MATRIZ PLAN DE MANTENIMIENTO CON TAREAS DE APLICACIÓN SELECCIONADAS (Ver CD 2) | |
| ANEXO F. PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA CADA SISTEMA DE WORKOVER (Ver CD 2) | |

RESUMEN

TÍTULO:

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE WORKOVER DE LA EMPRESA STS DE LOS ANDES S.A¹

AUTORES:

JOSE ORLANDO VERGARA OSORIO

GABRIEL FERNANDO GARCÍA SANCHEZ**

PALABRAS CLAVES:

Gestión de mantenimiento, mantenimiento, sistema de información, operadora de campo, Workover

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto nace con la necesidad de controlar la gestión de mantenimiento por medio de su organización y reestructuración, con miras a una adecuada preservación de equipos y a un cumplimiento ejemplar de los ajustados itinerarios que exigen las operaciones de Workover.

El departamento de mantenimiento se caracterizaba por realizar labores meramente reactivas. Por lo cual se trabajó apuntando a una estrategia de mantenimiento preventiva, basada en inspecciones periódicas. Dicha estrategia se enmarca en un sistema de información computarizado, que además de llevar registros, controla la gestión del mantenimiento, por medio del cálculo de indicadores y la generación de reportes.

El sistema de información está centrado en un plan de mantenimiento de equipos, que posee una programación inicial, que con el pasar de los días, es ajustada de acuerdo al desempeño del departamento, las necesidades de la empresa y la capacidad de mantenimiento.

El desarrollo de la gestión de mantenimiento propuesta requiere de un trabajo en conjunto realizado por el área de operaciones y la de mantenimiento, que a la vez deben ser apoyadas a nivel gerencial.

La implantación gradual de la gestión de mantenimiento propuesta ha demostrado ser funcional, además de ser avalada por la compañía operadora del campo e Icontec.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Msc. Alfonso García Castro

ABSTRACT

TITLE:

MANAGEMENT OF MAINTINANCE FOR EQUIPMENT OF WORKOVER OF COMPANY STS DE LOS ANDES S.A²

AUTHORS:

JOSE ORLANDO VERGARA OSORIO

GABRIEL FERNANDO GARCÍA SANCHEZ**

KEY WORDS:

Management of maintainance, maintainance, system of information, field operador company, Workover

DESCRIPTION:

This project was born with the need to control the management of maintenance through its organization and restructuring, with a view to a proper preservation of equipment, and an exemplary compliance of the adjusted schedules that require Workover operations.

The department of maintenance was characterized by carrying out purely reactive. So there work pointing to a strategy of preventive maintenance, based on periodic inspections. This strategy is part of a system of computerized information, which also keep records, controls the working of the maintenance, by means of the calculation of indicators and the generation of reports.

The information system is centered on a maintenance plan for equipment, which has an initial programming, that with every passing day, is adjusted according to the performance of the department, the needs of the company and maintenance capacity.

The development of the proposed maintenance management requires a teamwork by operations and maintenance, which must at once be supported at the managerial level.

The gradual implantation of the propose management of maintenance has demonstrated to be functional, besides being guaranteed by the operator field company and Icontec.

* Graduation Project

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering.
Msc. Alfonso García Castro

INTRODUCCIÓN

Dada la compleja rivalidad industrial existente a nivel mundial, en la cual se busca incesantemente la reducción de costos y el aumento en la competitividad, el mantenimiento y sus relaciones con la administración y las operaciones de la empresa, así como los costos que el mismo conlleva toman cada vez más importancia en la prestación de un servicio o la entrega de un producto de calidad.

El enfoque actual del mantenimiento no se limita a la reparación de máquinas o sistemas que han fallado, sino que constituye un campo especializado con múltiples situaciones a resolver, debido a que: los equipos recientes ofrecen mayores capacidades y en cadenas de producción que exigen la más alta disponibilidad, la vida útil de los equipos debe ser más larga, debido que las inversiones en equipos nuevos o sustitución se realizan a intervalos más prolongados y adicional a esto las exigencias de seguridad y protección del ambiente son más severas.

Todos los equipos sometidos a operaciones, son susceptibles de mantenimiento, según el plan establecido por la empresa. Con este proyecto de grado se podrá controlar y bajar costos del departamento de mantenimiento, previniendo reparaciones costosas antes de que ocurran y mejorando la eficacia de las tareas del mantenimiento general, realizando rutinas de inspección, ajuste, lubricación o cambio de piezas menores. Por otro lado también se hará énfasis en la programación de tareas de carácter predictivo, como herramienta poderosa en el correcto desempeño de las labores de la empresa.

La mayoría de las fallas mayores que se reportan en los equipos, por lo general se inician con el desgaste de un componente menor que al fallar desencadena en un problema de magnitud mucho mayor, lo cual es particularmente cierto en la

industria petrolera y específicamente en el campo del Workover, donde se manejan herramientas y piezas de gran tamaño y potencia, que en el momento de una eventual falla, es casi seguro que terminará con graves heridos e incluso víctimas fatales. Estas fallas por lo general son previsibles y pueden evitarse llevando a cabo rutinas de mantenimiento preventivo, redundando en: salvamento de vidas humanas, preservación del medio ambiente, continuidad y aumento del prestigio de la empresa, derivando todo lo anterior en importantes ahorros y aumento en ganancias.

Las operaciones de Workover y well service realizadas por la empresa STS de los Andes S.A, son un importante engranaje de la gran dinámica de perforación de pozos y extracción de hidrocarburos, los cuales con frecuencia están sometidos a ajustados itinerarios. Es por esto que sus equipos deben permanecer con la mayor disponibilidad prestando servicios oportunos y de calidad, estandarizando procesos ya sean en el área operacional, HSEQ (Health Safety Environment and Quality) o relativos al mantenimiento.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

STS DE LOS ANDES S.A., es una empresa que además de prestar el servicio de transporte especializado de carga en el sector de hidrocarburos, centra sus operaciones en la realización de mantenimiento, reacondicionamiento y completamiento a pozos de crudo, gas y agua.

Los organismos gerenciales de la compañía se encuentra radicados en la ciudad de Bogotá y los entes encargados de realizar las labores de Workover directamente, deben permanecer en constante comunicación, ya que se encuentran ubicados en los campos que estipule la “Compañía operadora” a la que se le estén prestando los servicios.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

STS DE LOS ANDES S.A., fue creada el 27 de agosto del 2003 por iniciativa del ingeniero Nelson Augusto Martínez Rodríguez. Ingeniero mecánico egresado la universidad INCCA de Colombia en el año 1999, con más de 8 años de experiencia en transporte especializado de cargas en el sector de hidrocarburos. STS inicia su actividad con la operadora HOCOL y sus empresas contratistas en el departamento del Huila, prestando servicios de asesoría, aseguramiento en transportes, izaje de cargas, mejorando así los estándares en el sector, creando una cultura de mejoramiento y actualización en el transporte petrolero del Huila. En el año 2007 STS se impone en el mercado con nuevas líneas de servicios como Mantenimiento (Swabbing, varilleo, flushing), Reacondicionamiento y completamiento a pozos de crudo, gas y agua. En general servicios de Workover. En la actualidad STS se encuentra vinculado al proyecto la Cira-Infantas (ubicado en el corregimiento de “El Centro” en Barrancabermeja), el cual hace parte de la recuperación de campos maduros de Colombia, siendo ECOPETROL el operador de las actividades de producción del campo y OCCIDENTAL ANDINA el ejecutor de las inversiones que el proyecto requiera.

1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

1.2.1 Organigrama. El talento humano que busca la planeación, programación, ejecución y control de las labores de mantenimiento, así como las relaciones que tiene este departamento con las demás secciones de la compañía, pueden ser observadas en la próxima figura (fig. 1).

1.2.2 Misión. Sts de los andes S.A., es una empresa prestadora de servicios de calidad en las actividades de mantenimiento, reacondicionamiento y completamiento a pozos de crudo, gas y agua; transporte especializado de cargas en el sector de hidrocarburos, tendiendo siempre a un mejoramiento continuo en materia de seguridad, rentabilidad y medio ambiente, para fortalecerse como empresa líder.

1.2.3 Visión. Sts de los andes S.A., quiere en el año 2012, convertirse en una empresa líder en la prestación de servicios de workover y transporte de carga especializada en el sector de hidrocarburos, con gran reconocimiento a nivel nacional e internacional.

1.2.4 Valores corporativos. Tanto el personal de STS como las labores realizadas por el mismo se caracterizan por su:

- ✓ Honestidad
- ✓ Responsabilidad
- ✓ Cumplimiento
- ✓ Respeto
- ✓ Trabajo en equipo
- ✓ Sentido de pertenencia

1.2.5 Políticas empresariales.

1.2.5.1 Política de calidad. Centra sus esfuerzos en la satisfacción del cliente para lo cual la organización se compromete a:

- ✓ Exceder las expectativas del cliente ofreciendo servicios al sector de hidrocarburos competitivos con calidad total en cada una de las líneas.
- ✓ Garantizar la satisfacción del cliente, la rentabilidad y el desarrollo social de sus colaboradores.
- ✓ Propender por un extenso conocimiento de las normas operativas.
- ✓ Mantener el nivel necesario de desarrollo profesional del recurso humano. Ejecutar evaluaciones continuas y mejoras de los procesos, productos y servicios.

Mantener el reconocimiento, aprobación y confianza de los clientes, mediante el cumplimiento y compromiso con el sistema de gestión de calidad, tendiendo siempre a un mejoramiento continuo, para así fortalecerse como una empresa líder.

1.2.5.2 Política de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente. Brindar un ambiente de trabajo seguro a sus empleados y entorno en general, previniendo accidentes de trabajo, enfermedades profesionales, lesiones personales, cualquier daño a la propiedad y al medio ambiente, que se deriven de las actividades de la empresa. Cumpliendo con la legislación aplicable y requisitos contractuales, proporcionando los recursos económicos necesarios, ya que nuestro enfoque se enmarca dentro de una filosofía preventiva más que correctiva, siendo este un compromiso específico.

1.2.5.3 Política corporativa sobre transporte terrestre. Busca mantener altos estándares de HSEQ durante el desarrollo de las actividades de transporte,

involucrando no solo el aspecto operacional sino la gestión administrativa, condiciones de los vehículos, experiencia y capacitación de los conductores que garanticen un manejo seguro un control estricto y un mejoramiento continuo.

1.2.5.4 Política de no alcohol y no drogas. Propender por la salud física y mental de sus empleados. Por lo tanto se prohíbe terminantemente la posesión, uso, venta y tráfico de bebidas alcohólicas y/o drogas psicoactivas, al igual que laborar bajo sus efectos, dentro de las instalaciones de la empresa. Dentro de sus actividades STS de los Andes S.A. ha programado actividades orientadas a la prevención del consumo de alcohol y drogas, y a la concientización de los efectos dañinos de estas sustancias para la salud, sin embargo la empresa no se compromete a la rehabilitación en casos de dependencia.

1.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS

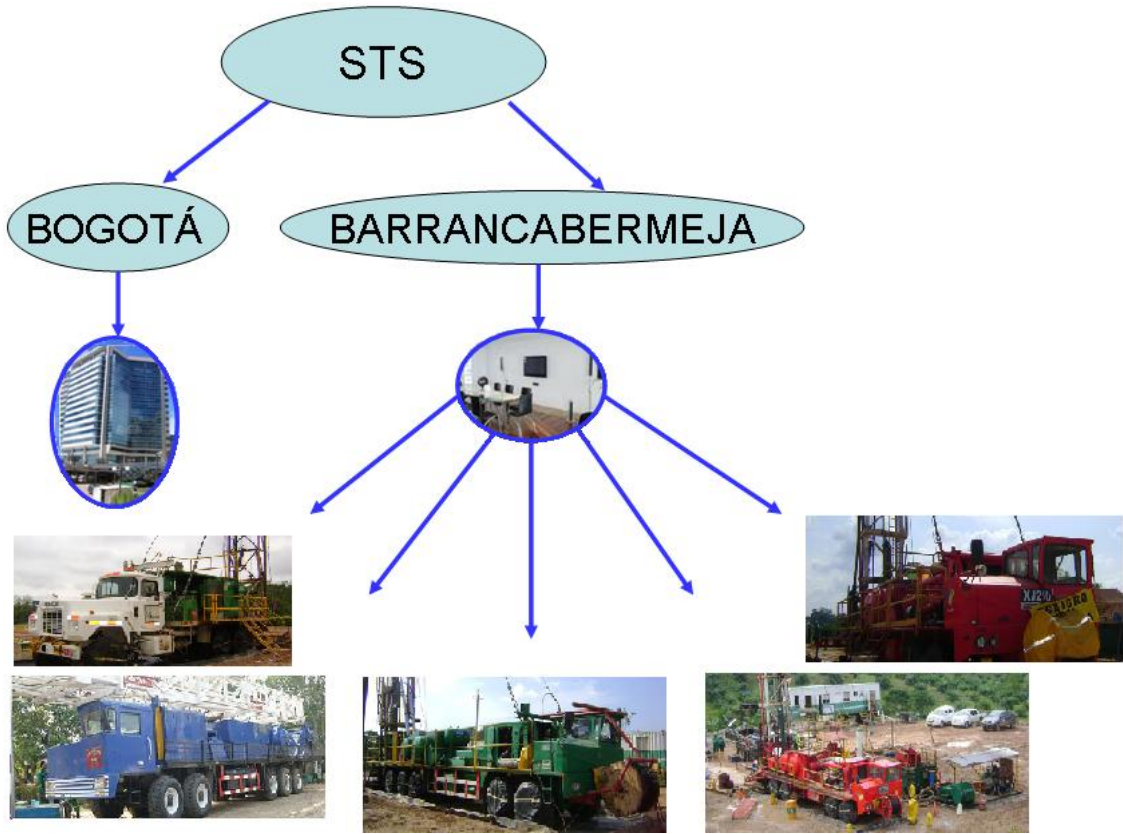
Las instalaciones de STS se pueden dividir en dos grupos como son: la parte gerencial y la parte operativa. La parte gerencial se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá, mientras que la parte encargada de la realización directa del trabajo, posee una base cerca al lugar de operaciones (actualmente en Barrancabermeja), desde la cual se coordinan todas las tareas a realizar en los pozos (Ver figura 2).

La base, además de oficinas posee taller de reparaciones y adecuaciones a equipos y herramientas. Cuenta con bodegas de repuestos e insumos tales como: Racores, Copas de suabeo, elevadores, Combustibles, aceites, pinturas, entre otros varios. Dicha base posee el espacio necesario para alojar y maniobrar, hasta dos sistemas de Workover con todos sus equipos. Además de proporcionar áreas para descanso y alimentación.

Para el desarrollo de sus trabajos, la empresa posee cinco sistemas de Workover completos (STS 01, STS 02, STS 03, STS 04, STS 05), a los cuales se les deben adicionar equipos de respaldo como: dos plantas eléctricas, una power swivel, y

un elevador de back up de cada medida. Como es de esperarse, los equipos de Workover (Objeto principal del proyecto), se encuentran en la ciudad de Barrancabermeja. Cada unidad de Workover consta de los siguientes elementos susceptibles de mantenimiento (Ver Tabla 1):

Figura 2. Esquema de instalaciones y equipos de STS de los Andes S.A



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 1. Elementos de Workover susceptibles de mantenimiento

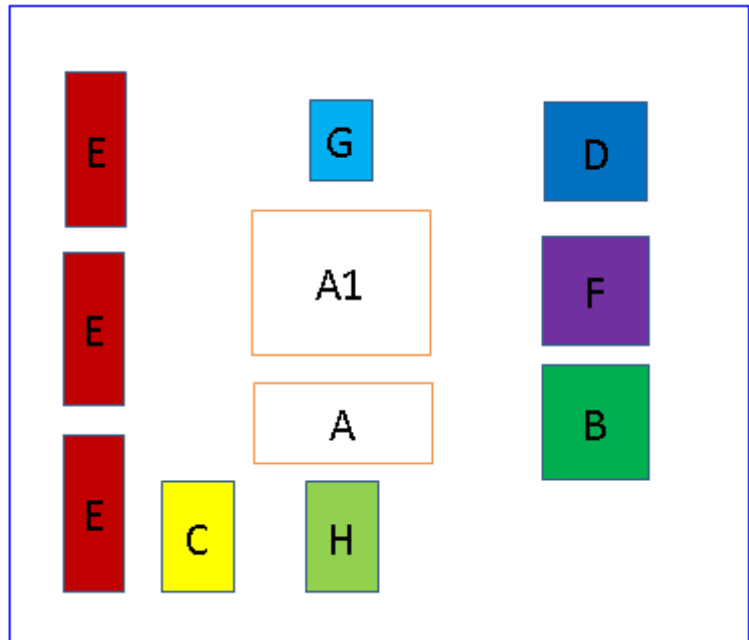
| EQUIPO |
|-----------------------------|
| Workover Rig |
| Bomba de lodos |
| Planta Eléctrica |
| Trailer |
| Power Swivel |
| Frac Tank |
| Acumulador |
| Poor Boy y Choke Manifold |
| Bloque Viajero |
| Preventor Anular – Hydrill |
| Preventor Tipo Ram |
| Elevador de Varilla |
| Elevador de Tubería |
| Llave Hidráulica de Varilla |
| Llave Hidráulica de Tubería |
| Gancho de Varilla |
| Encuelladero |
| Mesa Rotatoria |

Fuente: Autores del proyecto

El Layout de los equipos en un pozo al que se le están prestando servicios de Workover es como se muestra a continuación (Ver figura 3). Esta distribución de planta cambia según la operación a realizar, el tamaño de la locación y el estado de la misma.

Figura 3. Layout de equipos de Workover en pozo

A= VEHÍCULO
A1= UNIDAD BÁSICA
B= BOMBA DE LODOS
C=PLANTA ELÉCTRICA(generator)
D=POWER SWIVEL
E=CASETAS (Container)
F=TANQUES PARA FLUÍDOS
G=MESA ROTARIA



Fuente: Autores del proyecto

1.3.1 Sistema de Workover. Como se ha venido mostrando, en la realización de actividades de mantenimiento y reacondicionamiento de pozos, es menester contar con todo un conjunto de equipos que realizan labores específicas dentro del sistema de Workover. Dichos equipos se describen a continuación.




✓ **Workover Rig:** Es un equipo especial de apoyo a la perforación y producción de petróleo. Está compuesto por un vehículo o cargador autopropulsado, la unidad básica o drawwork (incluye la torre del equipo y el sistema de levantamiento de cargas); además del sistema hidráulico y neumático (Ver figura 4). El sistema de levantamiento consta de: los malacates principal y de suabeo, la corona, el bloque viajero y su gancho, y los cables de operación (Ver figura 5).

Figura 4. Workover Rig



Fuente: Archivo fotográfico STS de los Andes S.A

Figura 5. Sistema de levantamiento

| | |
|--|--|
|  <p>Bloque viajero</p>  <p>Malacate</p>  <p>Corona</p> | <ul style="list-style-type: none">* Bloque Viajero y Gancho: Se encarga de soportar la carga que está dentro de la torre mientras se mete o se saca del agujero.* Los Malacates: Son tambores en los que se enrollan los cables de perforación, sirven de centro de distribución de potencia para el sistema de izaje y el sistema rotatorio.* El cable de perforación: Es un cable de acero grueso, enlaza otros elementos del sistema de levantamiento como corona y bloque viajero.* Corona: Es un arreglo de poleas montado en vigas en el tope de las torres de perforación. |
|--|--|

Fuente: Autores del proyecto

La cabina es de cabeza plana y de un solo puesto, todos los controles del cargador están centralizados en la cabina, mientras que los controles de la unidad básica se encuentran cerca de la operación, es decir en la base de la torre.

El sistema de potencia tiene un motor diesel electrónico con transmisión automática (Servotransmisión), que por medio de una caja de transferencia, puede ser empleado para impulsar el cargador (vehículo), o para suministrar el torque necesario a los malacates y realizar así una operación dada. Lo mencionado anteriormente aplica para los Workover Rig STS 02 a STS 05, ya que el STS 01 posee dos motores diesel independientes, es decir uno para mover el vehículo y otro para funcionamiento exclusivo de la unidad básica.

Los “rigs” de la empresa poseen torres que pueden ser de una o dos secciones (telescópica), con una altura de hasta 96 pies.

✓ **Bomba de lodos:** Es utilizada para realizar limpieza por circulación o para matar los pozos mediante el envío de fluidos de control o lodos a estos. Cuenta con una bomba desplazamiento positivo recíprocante de tres émbolos, un motor diesel, una bomba centrífuga alimentadora y una transmisión (ver figura 6).

Figura 6. Bomba de lodos



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Planta eléctrica:** Son generadores acoplados a un motor Diesel. Con ella se brinda energía eléctrica a los Containers donde permanece personal de la empresa, se da iluminación a la torre y a la locación y se alimentan los motores eléctricos de los equipos (ver figura 7).

Figura 7. Planta eléctrica



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Trailer:** Su número varía entre dos y tres según el tamaño del rig. Los trailers son utilizados para tres situaciones diferentes, como son:

- Alojamiento y comedor del personal.
- Oficinas del supervisor de seguridad, supervisor del equipo y company man.
- Instalación de la planta eléctrica y cuarto de repuestos y herramientas.

Un ejemplo de trailer de oficinas se muestra en la figura 8.

Figura 8. Trailer



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Power Swivel:** Es un sistema que se usa simultáneamente para sostener y hacer girar los elementos que se introducen en el pozo para realizar las diferentes operaciones de workover, mientras permite el paso de los fluidos de control al pozo. Mediante un sistema hidráulico impulsado por un motor Diesel da rotación a la parte inferior de la carga mientras la parte superior se mantiene estacionaria (ver figura 9).

Figura 9. Power Swivel



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Frac Tank:** Cada sistema de workover tiene dos tanques abiertos similares al mostrado en la figura 10. En uno se almacenan fluidos del pozo que son mezclados con aditivos (popularmente llamado píldora), para ser usados en caso de una contingencia. Mientras que el otro contiene el crudo y los demás fluidos extraídos del pozo.

Figura 10. Frac Tank



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Acumulador:** Controla el comportamiento de los preventores. En realidad no se trata de un solo acumulador sino de toda una batería de botellas (ver figura 11). El número de botellas acumuladoras depende de la capacidad del “rig”. Este componente esta conformado por: las botellas, un motor eléctrico q acciona una bomba ripples para presurizar el aceite y un sistema oleoneumático adicional, usado en caso de falla del motor eléctrico.

Figura 11. Acumulador



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Poor Boy y Choke Manifold:** El Choke manifold es el arreglo de tuberías y válvulas especiales, llamadas chokes a través del cual se circula el fluido de perforación cuando se cierran las preventoras para controlar presiones encontradas en la formación durante un reventón (El escape sin control de aceite, gas o agua de un pozo debido a la liberación de presión en un yacimiento o a la falla de los sistemas de contención). El Poor boy es un tanque separador que se usa para aislar el gas que sale del pozo de los de más fluidos. Este gas es luego dirigido hacia una tea donde se procede con su ignición. El Poor boy es un paso intermedio que deben dar los lodos, después de pasar por el Choke manifold y antes de llegar al tanque de lodos.

A continuación se muestran imágenes del poor boy y el choke manifold (figura 12).

Figura 12. Poor boy (Izquierda) y Choke Manifold (derecha).



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Preventores (BOP - Blow Out Preventer):** Es una gran válvula en la parte superior de un pozo que puede ser cerrada si el equipo de perforación o de Workover pierde el control de los fluidos de la formación. Cerrando esta válvula (operada mediante actuadores hidráulicos), el equipo recobra el control del reservorio y puede iniciar los procedimientos para incrementar la densidad del lodo hasta que sea posible abrir el BOP y mantener el control de la presión en la formación. Las preventoras son de gran importancia para la seguridad de las personas, máquinas y del pozo mismo por lo que deben ser inspeccionadas, probadas y renovadas en intervalos de tiempo determinados por las prácticas que se realizan y los requisitos legales. Las preventoras utilizadas en STS de los Andes son del tipo Anulares y de arietes como se ve en la figura 13.

Las preventoras de arietes impiden que los fluidos del pozo salgan a través de la tubería a la locación, mientras que el preventor anular, como su nombre lo indica, se ocupa de impedir la salida de fluidos por el espacio anular existente entre la tubería y el pozo.

Figura 13. Conjunto de preventoras. Arriba preventora anular (Hydril) y abajo preventora de arietes (rams de tubería)



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Elevadores:** Los elevadores pueden ser de varilla o tubería, y se encuentran en diferentes medidas según el diámetro de la sarta con la que se vaya a trabajar. STS de los Andes cuenta con elevadores de varilla y de tubería con las siguientes dimensiones:

Tabla 2. Elevadores de varilla y tubería

| Elevadores de varilla y tubería |
|--|
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" |

Fuente: Autores del proyecto

Figura 14. Elevadores de varilla junto a un gancho elevador de varilla (pirigallo)



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Llaves hidráulicas:** Existen dos clases de llaves hidráulicas, las de varilla y las tubería. Son utilizadas para aplicar torque a las uniones entre la sarta, ya sea para desarmarla cuando se saca del pozo, o para armarla miembro a miembro a medida que se va corriendo sarta al interior del pozo. Estos procesos también se pueden realizar manualmente, pero la llave hidráulica le imprime velocidad a la operación y garantiza un torque uniforme, cada vez que es usada.

Figura 15. Llave hidráulica



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Encuelladero:** El encuelladero o trabajadero es una plataforma en lo alto de la torre, la cual se va desplegando a medida q se va izando la torre. Durante el transporte del rig, él está paralelo y junto a la torre, pero su posición de trabajo es perpendicular a ella. En el trabajadero se ubica el “Encuellador”, que es la persona que guía la sarta de tubería (o varillas) que se están sacando del pozo. Esta plataforma posee dos vientos para mayor estabilidad, y de ella se pueden colgar los tubos o las varillas, en lugar de bajarlas a los soportes de tubería de a una en una, lo cual agiliza en gran medida la operación (ver figura 16).

Figura 16. Encuelladero con dos tubos colgados



Fuente: Autores del proyecto

✓ **Mesa rotaria:** Tiene dos funciones principales: impartir el movimiento rotatorio a la sarta de perforación (tubería de perforación), o sostener todo el peso de la misma mientras se le enrosca otro tubo para seguir ahondando el hueco o se desenrosca para sacarlo del hueco.

Figura 17. Mesa rotaria con su mesa de respaldo



Fuente: Archivo fotográfico STS de los Andes S.A.

1.4 ACTIVIDADES REALIZADAS POR LA EMPRESA

Las actividades de STS de los Andes se desarrollan en el sector de Hidrocarburos y son básicamente mantenimiento, reacondicionamiento y completamiento a pozos de crudo, gas y agua. Además de prestar el servicio de transporte especializado de carga.

1.4.1 Servicio de transporte especializado de carga. STS presta este servicio valiéndose de la subcontratación de carromachos, cabezotes de tractomula, camabajas, y demás vehículos de transporte pesado; En donde STS busca supervisar y mantener altos estándares de HSEQ, a nivel logístico y operacional.

1.4.2 Actividades de Workover. El Workover puede sintetizarse como la reparación o estimulación de un pozo con el propósito de restaurar, prolongar o mejorar la producción de hidrocarburos. Las operaciones realizadas por STS de los Andes S.A. son:

- Servicio de mantenimiento (Varilleo, Swabbing)
- Servicio de reacondicionamiento
- Servicio de completamiento

1.4.2.1 Swabbing (suabeo)³. La Estimulación Mecánica (Suabeo) se realiza por medio de la acción descendente y ascendente de la barra de Suabeo halada por el cable de 9/16" (Sand-line), esta barra actúa como el pistón de una bomba de subsuelo desalojando el fluido contenido en el tubing –en cada viaje–, generando que la presión hidrostática descienda, provocando una fuerza de succión que induce la entrada de fluido desde la formación al agujero del pozo.

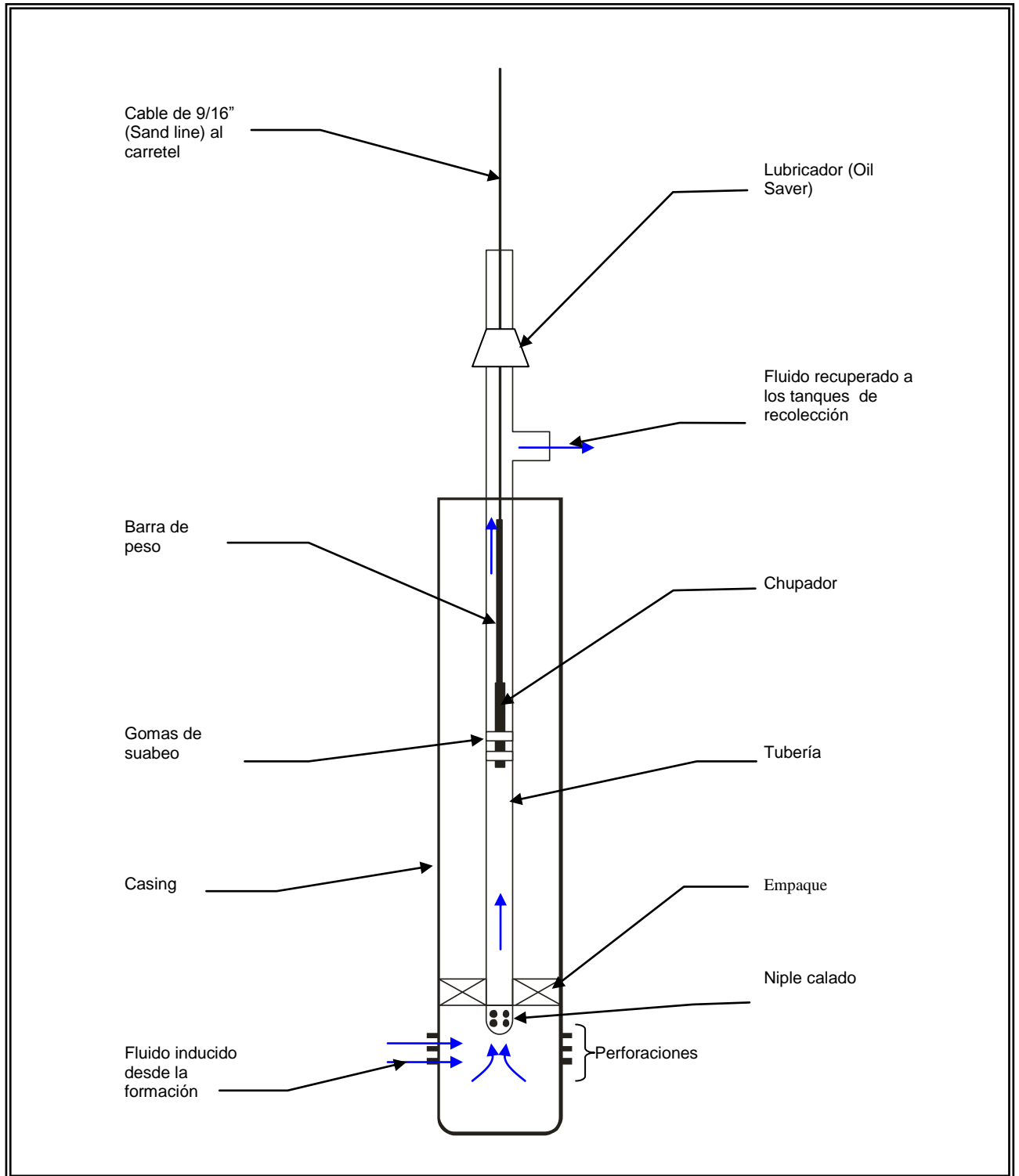
El fluido recogido, es dirigido a los tanques de prueba donde se lleva un registro de sus características. De igual manera en cada viaje se lleva el registro del nivel de fluido encontrado y la profundidad alcanzada por la barra de Suabeo. Estos registros se llevan en unas tablas que permiten el monitoreo de la operación.

Generalmente se revisan las gomas cada cierto número de viajes (según la profundidad a la que se encuentre el nivel de fluido), esto con el fin de verificar su integridad y cambiarlas si es necesario. De esta manera se realizan el número de viajes necesario para suabear el pozo, verificando constantemente el nivel de fluido en la tubería; si el nivel de fluido dentro de la tubería se encuentra cada vez más bajo en cada viaje, indica que el pozo no está aportando, si el nivel de fluido dentro de la tubería permanece constante, es indicio de que el pozo está aportando.

Para realizar esta operación se utiliza un equipo de Suabeo el cual generalmente hace parte del equipo de Workover, aunque puede ser una unidad independiente. En estos momentos en la Coordinación de Mantenimiento de Subsuelo de la SMA, se trabaja con el Sand Drum de los equipos de Workover.

³ Ver [7] ECOPETROL S.A. “Estimulación mecánica”

Figura 18. Representación esquemática de la operación de suabeo.



Fuente: Ecopetrol S.A

1.4.2.1.1 Gomas de suabeo. Están hechas de un caucho especial, el cual posee alta resistencia a la abrasión y alta flexibilidad para facilidad de carga y obturación. Estas gomas se fabrican de acuerdo al tipo y características del trabajo en el que se vayan a utilizar, ya sea para carga liviana, mediana o pesada, para tubería de producción, de trabajo, revestimiento y también para tubería de diámetro reducido. Existen en el mercado varios tipos de gomas. Véase la figura 19.

1.4.2.1.2 Mandriles. Existen diferentes tipos de mandriles para cada tipo de goma (ver figura 20), la utilización inadecuada de estos, traerá como consecuencia el prematuro desgaste de las gomas. Los diferentes tipos de mandriles, al combinarse con los distintos tipos de gomas, aseguran una mayor eficiencia en las diferentes aplicaciones, teniendo en cuenta las características de cada trabajo, como la carga de fluido que se va a levantar, el diámetro y tipo de tubería, propiedades del fluido (aporte de arena), etc.

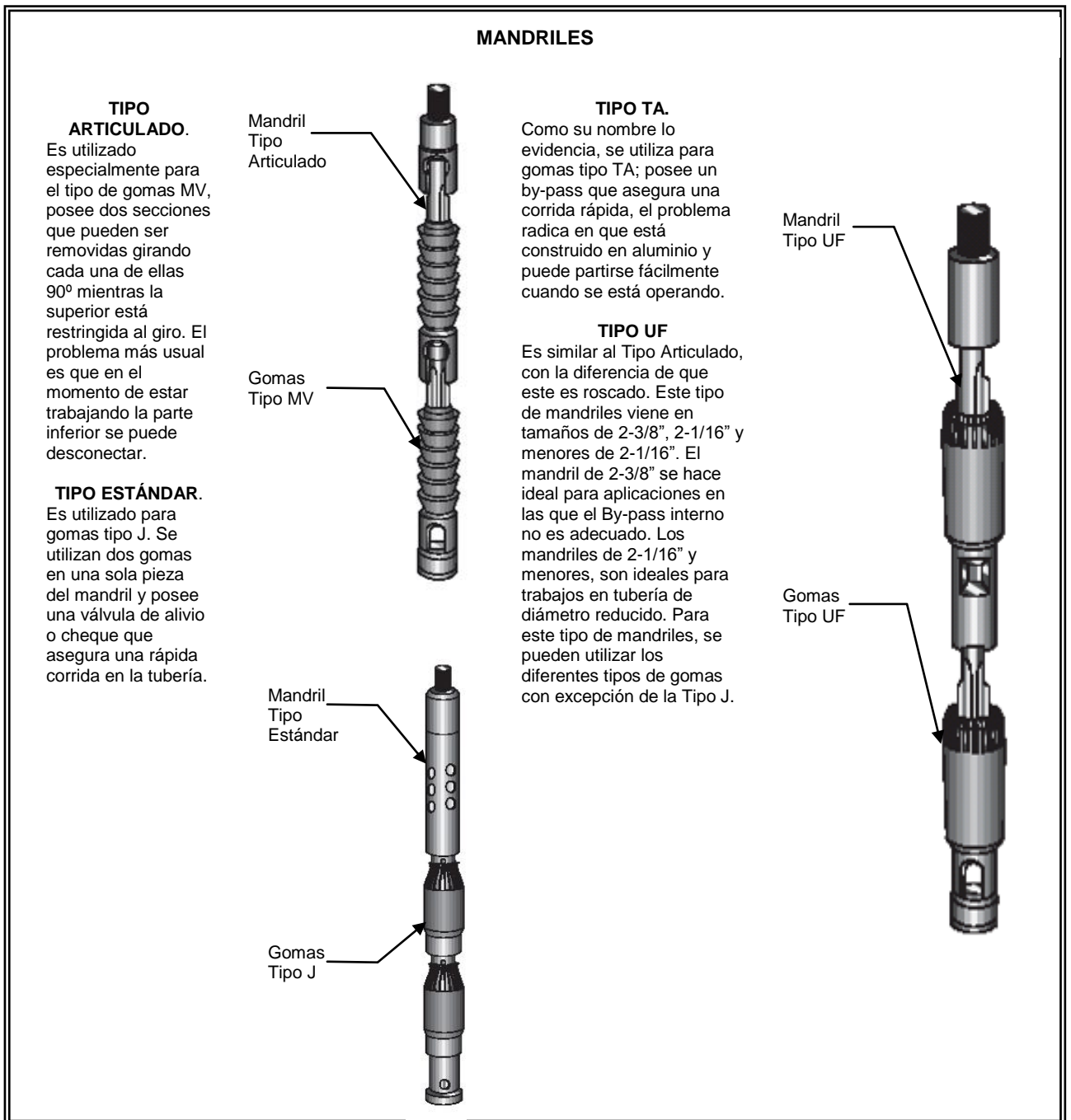
Figura 19. Diferentes tipos de gomas utilizadas en operaciones de Suabeo.

GOMAS DE SUABEO

| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>TIPO J: es el tipo más utilizado, soporta altas cargas y es recomendado para trabajar a profundidades mayores de 8000 pies, posee un refuerzo de alambre que soporta la carga del fluido. Además da un sello más efectivo.</p> |  | <p>TIPO MV: se recomienda utilizar este tipo en un fluido que contiene gran cantidad de arena en suspensión, posee 7 juegos de copas que dan un mayor sello; es de notar que la copa superior es más grande y ejerce un sello más efectivo.</p> |  |
| <p>TIPO GW: es una goma de un solo labio, es flexible, resistente a la abrasión y esta reforzada por alambres de acero. Su mayor diámetro le provee mayor garantía de sello en tuberías con superficie interna rugosa o cuyo diámetro no sea parejo a lo largo de la sarta, sin embargo este tipo de gomas se recomienda para trabajos con cargas livianas de fluido.</p> |  | <p>TIPO UF: posee un refuerzo consistente en alambres flexibles reforzados en acero, lo que le permite mayor versatilidad para trabajos a gran velocidad y con grandes cargas de fluido, aunque también se puede utilizar para cargas ligeras. El reforzamiento de alambres de acero, disminuye el desgaste, prolongando la vida útil de las gomas.</p> |  |
| <p>TIPO TA: la goma está totalmente fabricada de caucho, montada sobre un "bushing" de aluminio, es utilizado para cargas medianas, tiene un diseño especial de labio que posee mayor flexibilidad dando un sello rápido y efectivo.</p> |  | <p>TIPO TUF: al igual que el UF, este tipo de gomas posee un refuerzo alambres flexibles reforzados en acero, esto la hace muy resistente para trabajar con grandes cargas, pero lo suficientemente flexible para trabajar con cargas livianas. Puede ser utilizada tanto en tubería regular como para tubería de diámetro reducido.</p> |  |
| <p>TIPO V: Esta goma está diseñada para trabajar con fluidos que contienen una elevada concentración de partículas de arena en suspensión.</p> |  | | |

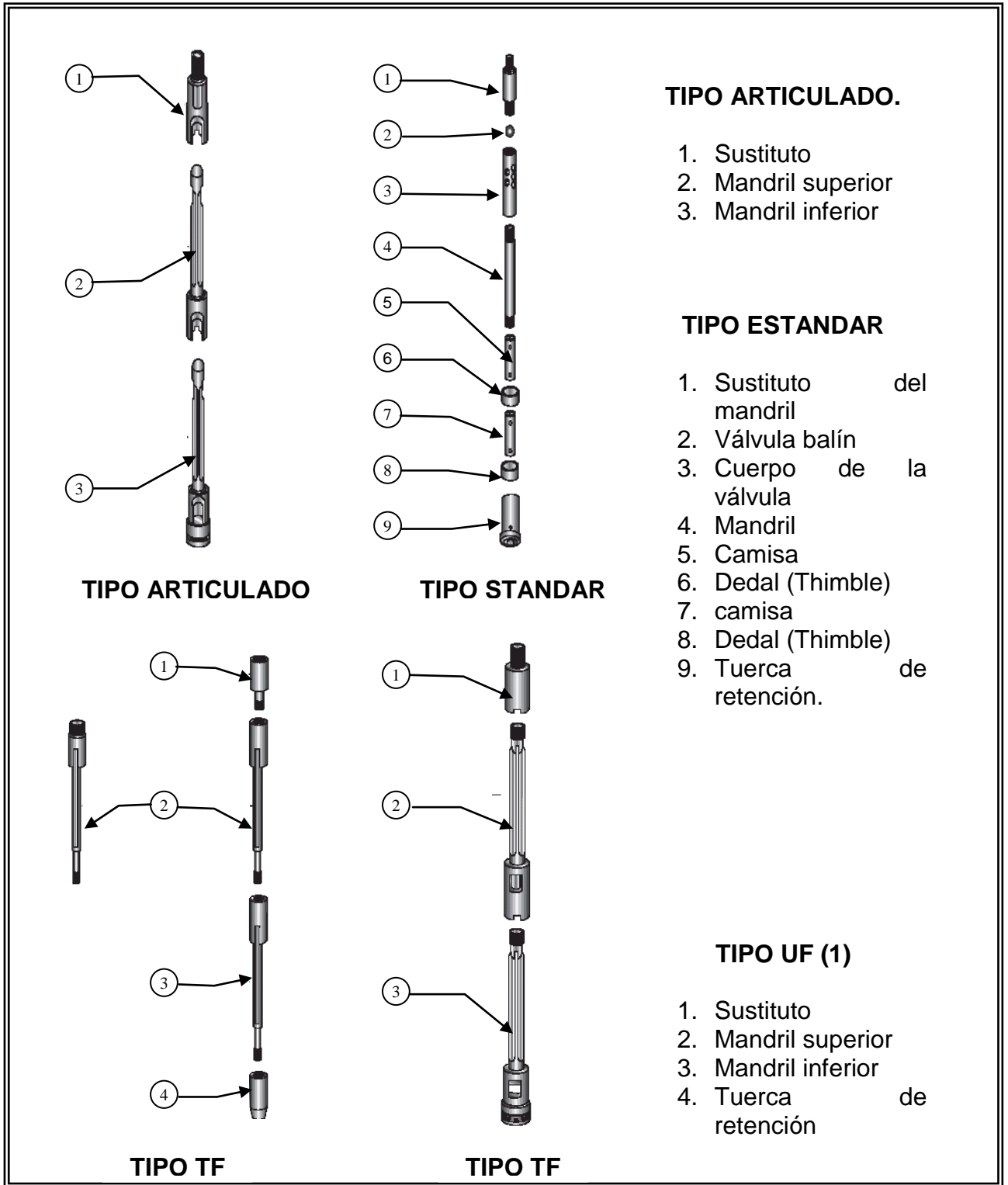
Fuente: Ecopetrol S.A

Figura 20. Tipos de mandriles utilizados en las operaciones de Suabeo.



Fuente: Ecopetrol S.A

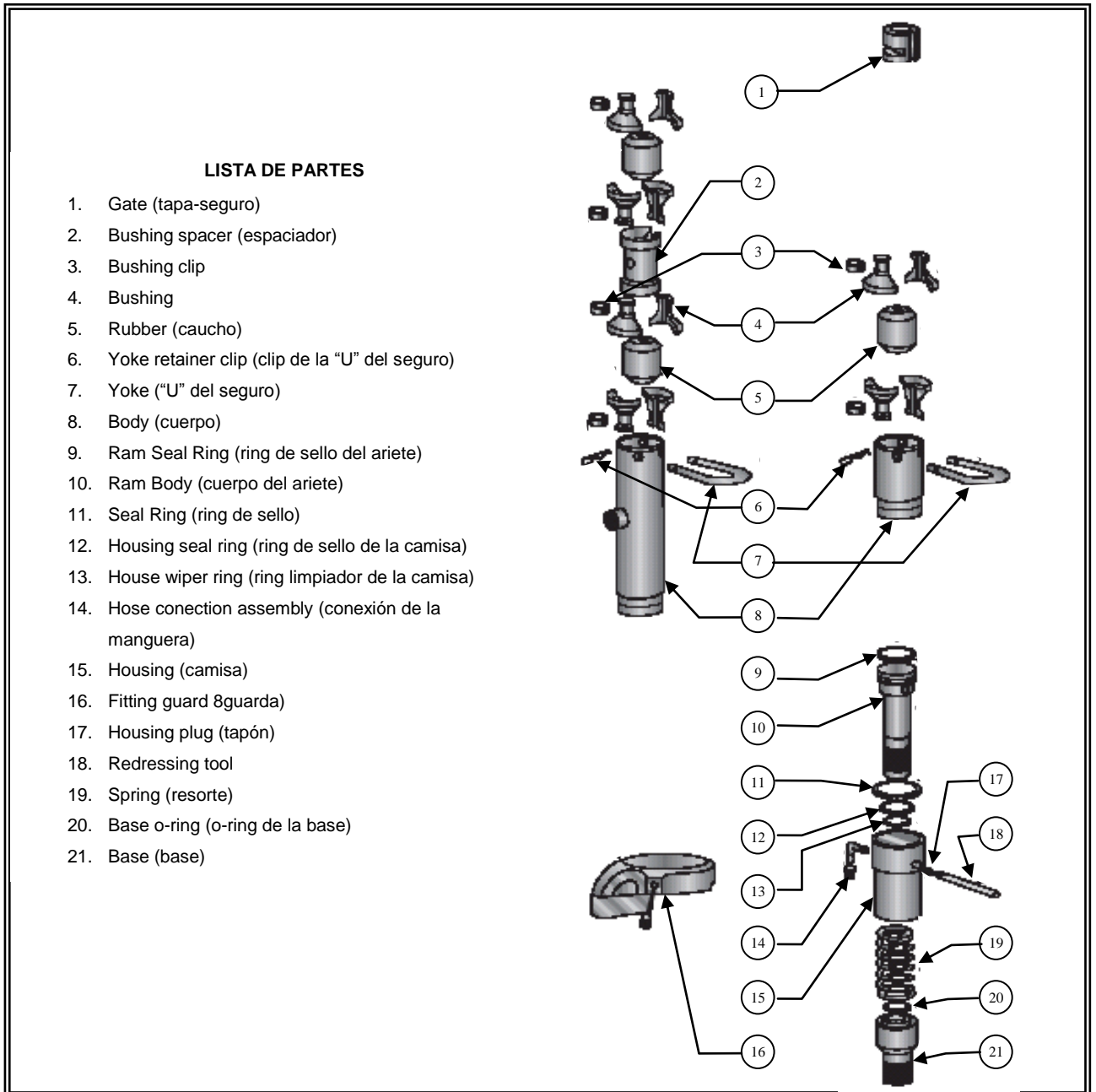
Figura 21. Lista de partes de los mandriles Tipo Estándar, Articulado y UF.



Fuente: Ecopetrol S.A

1.4.2.1.3 Lubricador (Hydraulic Wire line Oil Saver). Permite limpiar el cable de Sand-line a medida que este es sacado del pozo, minimizando la pérdida de fluido, y por consiguiente la contaminación y el riesgo de incendio y/o explosión en el pozo. El componente clave del lubricador es el conjunto de empaque, el cual está conformado por un juego de “bushings” y un elemento de empaque (caucho). El caucho (Stripping Rubber) está fabricado de una goma especial, resistente a la abrasión y al desgaste producido por el contacto con los fluidos presentes en el pozo (aceite, agua, gas, salmuera, etc.). El lubricador funciona bajo el principio de acción de un pistón, por medio de un juego de “bushings”, que al comprimir el caucho, brindan un sello constante al ser accionada la herramienta.

Figura 22. Lista de partes del lubricador de suabeo (Hydraulic Wire line Oil Saver)
(sencillo y doble)

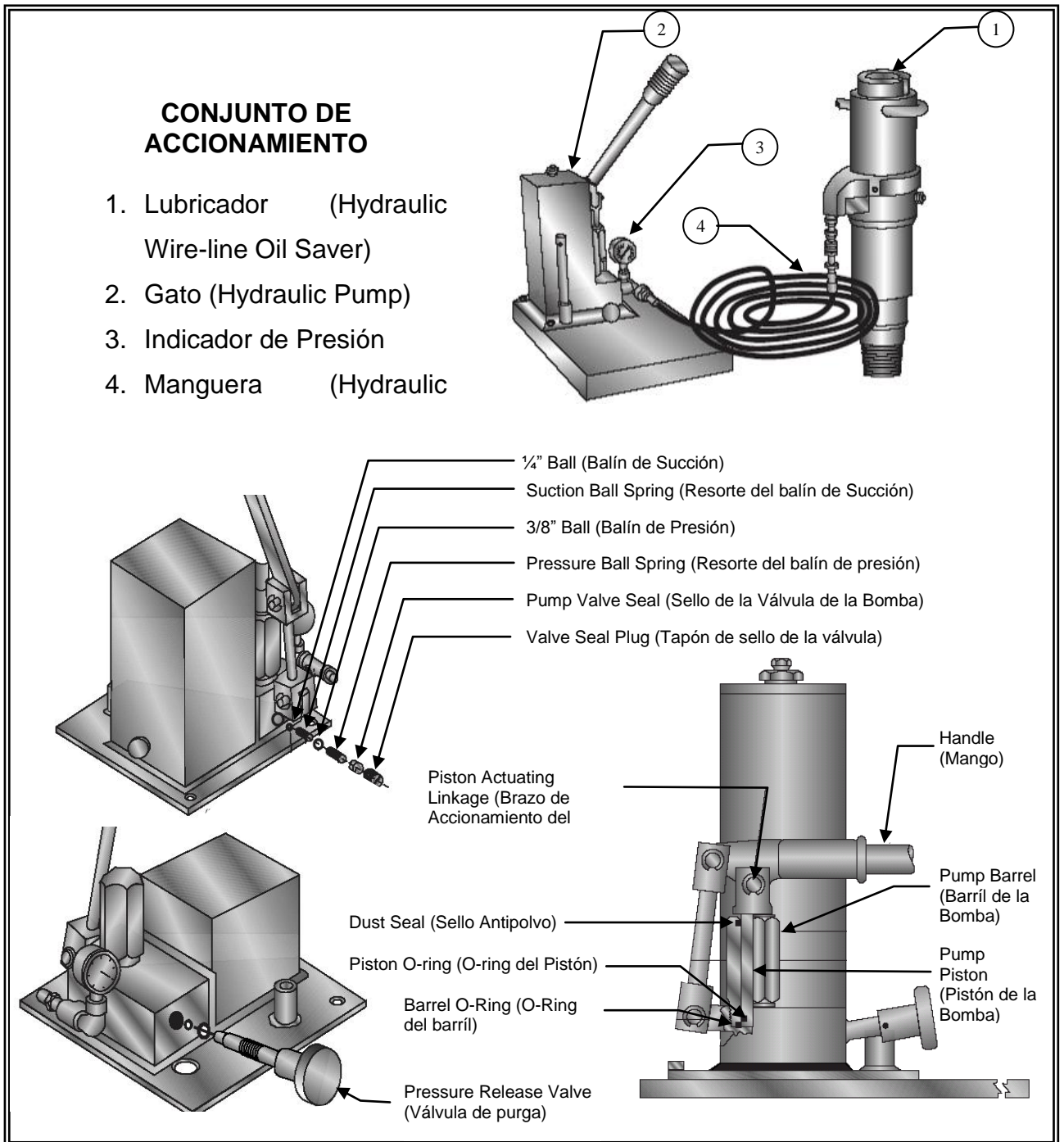


Fuente: Ecopetrol S.A

1.4.2.1.4 Sistema de accionamiento del lubricador. El lubricador es accionado por medio de un "gato" manual (Hydraulic Pump) que bombea aceite a la herramienta a través de una manguera que tiene generalmente de 40 a 50 pies de longitud. Esto

permite la operación remota de la herramienta, con lo que se reduce la exposición del personal al área de influencia del cable, minimizando el riesgo de accidentes.

Figura 23. Sistema de accionamiento del lubricador de Suabeo.



Fuente: Ecopetrol S.A

1.4.2.2 Varilleo⁴. Una varilla es el medio utilizado para llevar al fondo de la sarta de tubería el pistón o la bomba de subsuelo, de transmitir el movimiento recíproco (ascendente y descendente) dado en superficie por la unidad y el motor, para que así la bomba de subsuelo pueda succionar y llevar el fluido a la superficie.

El varilleo consiste en introducir o extraer la sarta de varillas desde o hacia el pozo, con el fin de:

- Llevar a fondo una nueva bomba o pistón
- Bajar a pescar otras varillas o “perros” que han sido anclados para probar la tubería.
- Desparafinar.
- Bajar cortadores mecánicos de tubería.

1.4.2.3 Reacondicionamiento de pozos. Son todas las labores que se llevan a cabo para cambiar o transformar el estado de un pozo productor, esto sucede cuando se presentan situaciones donde se tenía un pozo productor por flujo natural, pero que al tener un decrecimiento muy alto y rápido de la presión necesita que se le aplique algún mecanismo de empuje para que siga y se mantenga la producción, o en el mejor de los casos aumente la producción.

1.4.2.4 Completamiento de pozos. Se entiende por completamiento o terminación al conjunto de trabajos que se realizan en un pozo después de la perforación o durante la reparación, para dejarlos en condiciones de producir eficientemente los fluidos de la formación o destinarlos a otros usos, como

⁴ Ver [10]ECOPETROL S.A. “Sacada y bajada de varillas”

inyección de agua o gas. Los trabajos pueden incluir el revestimiento del intervalo productor con tubería lisa o ranurada, la realización de empaques con grava o el cañoneo del revestidor y, finalmente, la instalación de la tubería de producción.

1.4.2.5 Operaciones de Pulling y Running. Los servicios mencionados anteriormente, están basados en estas dos grandes actividades. El running hace referencia a la “corrida” o introducción de un elemento dado dentro del pozo, este puede ser: tubería de producción, casing, una herramienta, etc... Por su parte el pulling es lo contrario, es decir, trata de la “sacada” de los elementos del interior del pozo.

1.4.2.5.1 Bajada de tubería⁵. Como su nombre lo evidencia, esta operación consiste en bajar al pozo la sarta de tubería en, esto puede perseguir diversos fines, por ejemplo; cuando se quiere bajar la sarta de tubería para dejar el pozo en producción o para correr herramientas tales como empaques, pescadores, brocas, bloque de impresión, Casing Roller, etc. (Ver figura 24).

Esta es una operación en equipo que exige total coordinación entre los trabajadores que componen la cuadrilla, ya que una desconcentración de cualquiera de ellos, puede comprometer la integridad física de los demás. En particular existe un operario (encuellador), que está expuesto a un alto riesgo de caída, debido a que trabaja en altura, sobre el encuelladero de tubería, por esto es imperativo que tenga en regla sus elementos de seguridad tales como el arnés, la línea de vida retráctil, el cinturón de seguridad, etc..., su función es la de enganchar con el elevador los dobles (o sencillos), de tubería en el trabajadero. Uno de los asistentes (cuñero), está encargado de sostener (aguantar) cada doble de tubería, a medida que es levantado, para evitar que golpee la llave hidráulica, la torre o los mismos compañeros, y también liberar el elevador cuando el doble (o sencillo), se ha bajado totalmente en el pozo y se encuentra asegurado con la mesa de cuñas, el otro asistente (cuñero), es el encargado de operar la llave hidráulica para tubería. Por último, se tiene el maquinista, que es el

⁵ Ver [6]ECOPETROL S.A. “Bajada de tubería en dobles”

encargado de subir o bajar la polea y por ende la tubería, maniobrando los controles del equipo, también es función suya accionar las cuñas para asegurar o liberar la sarta de tubería.

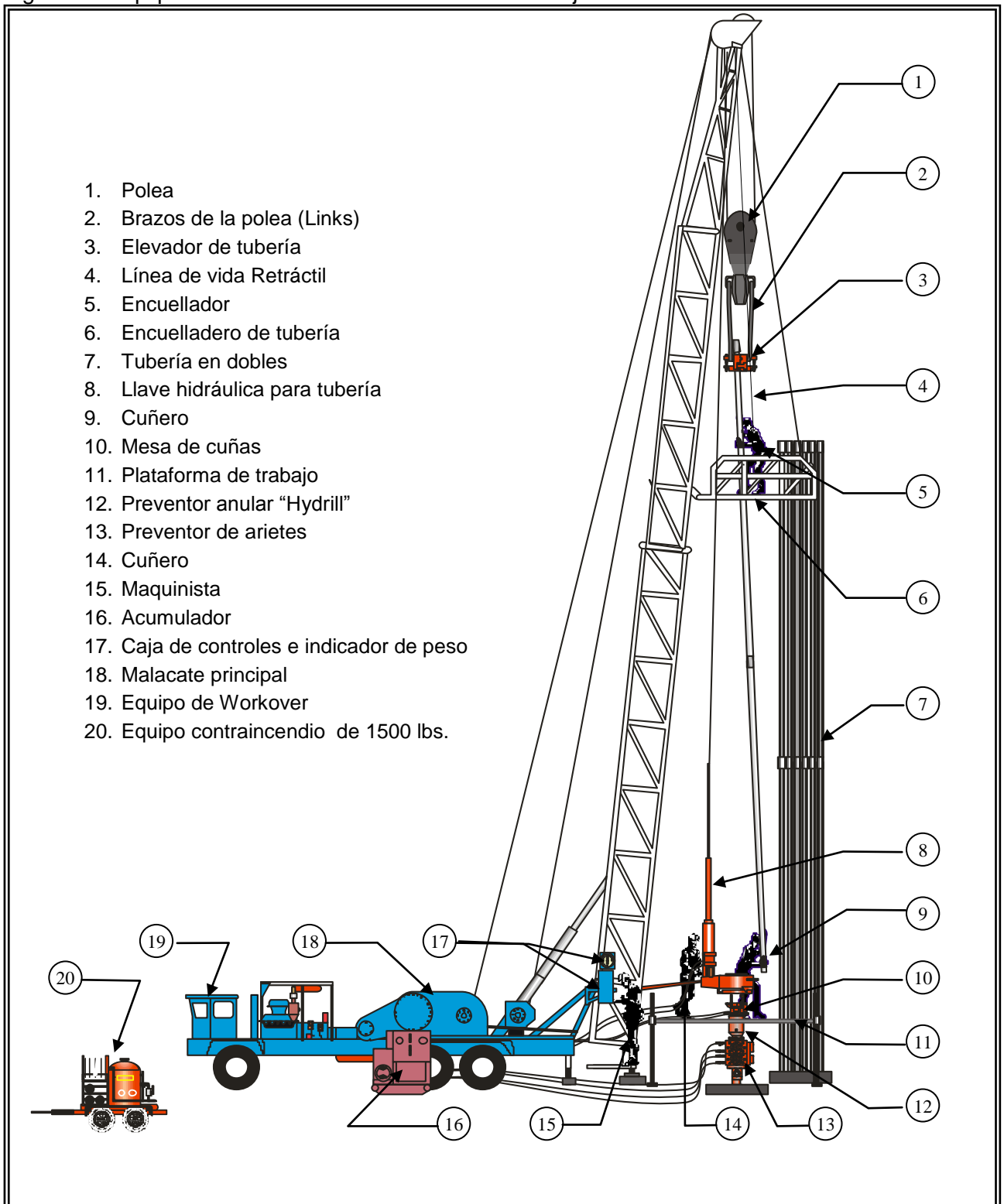
1.4.2.5.2 Sacada de tubería⁶. El procedimiento de sacada de tubería es riesgoso y requiere de coordinación entre sus operarios, por lo tanto, es necesario mantener el área y línea de recorrido del tubo despejada.

El propósito de sacar la tubería obedece a varios factores, entre los que se encuentran:

- Después de haber terminado los trabajos de Reacondicionamiento en el pozo y este se va a dejar en producción.
- Cuando se va a cambiar la sarta por otra.
- Cuando se va a abandonar el pozo.

⁶ Ver [9]ECOPETROL S.A. “Sacada de tubería en sencillos”

Figura 24. Equipo de Workover realizando labores de bajada de tubería en dobles.



Fuente: Ecopetrol S.A

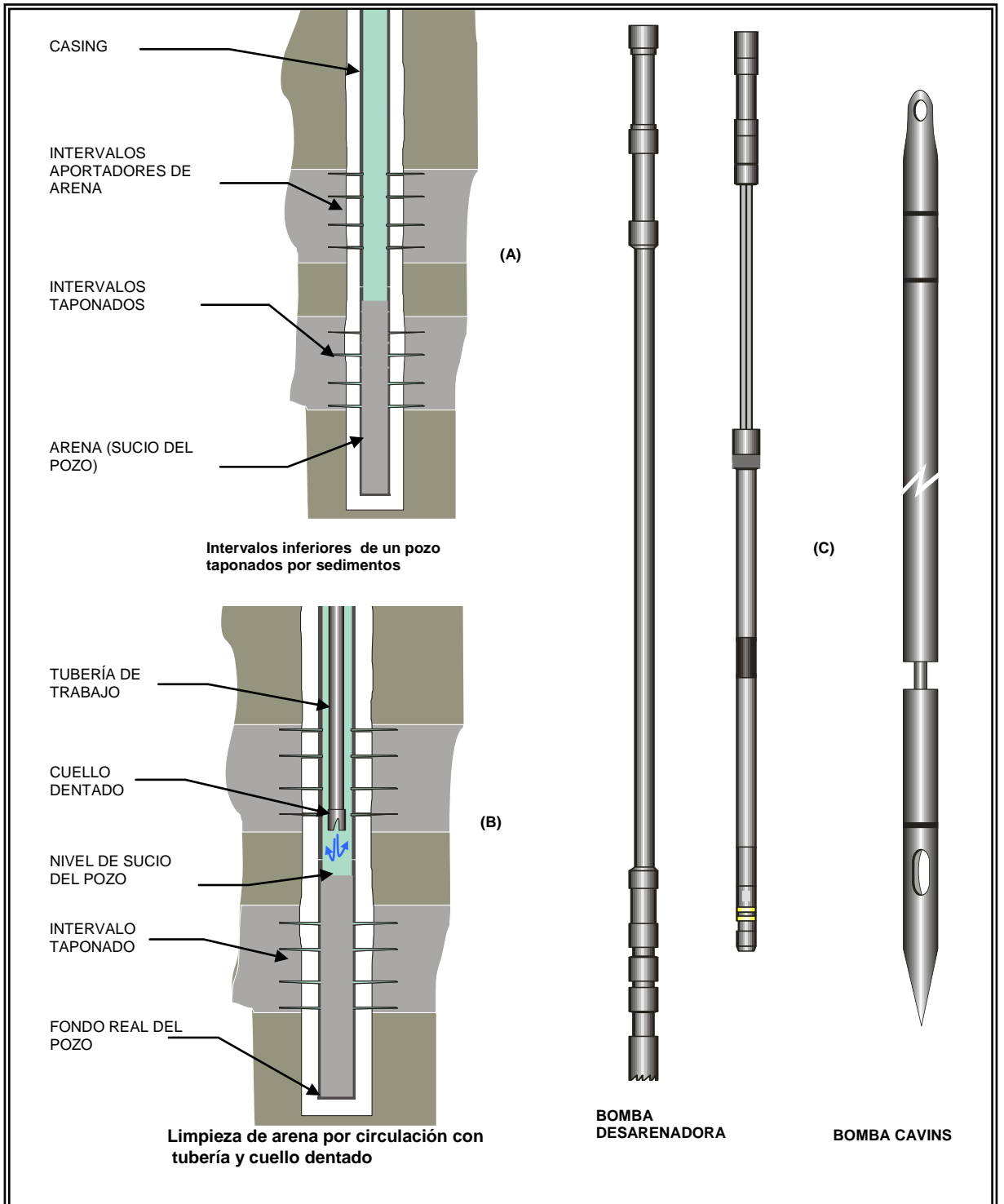
1.4.2.6 Limpieza de arena (desarenamientos)⁷. En la mayoría de los casos un pozo productor de petróleo produce arena, la cual es arrastrada por el fluido, que se filtra por las perforaciones del revestimiento, desde la formación al interior del pozo (ver figura 25). La producción de arena en un pozo es considerado un inconveniente cuya severidad depende de la mayor o menor cantidad de arena producida. los problemas mas comunes derivados de la presencia de arena en el pozo son: la dificultad de operación de la bomba de subsuelo, atascamientos del extremo inferior del tubing, y disminución de la producción debido a la obstrucción de las perforaciones del revestimiento, ocasionada por la acumulación de sedimentos desde el fondo del pozo hasta cierto nivel (nivel de sucio). Debido a estas razones, en los pozos en los cuales se presenta este problema, existe la necesidad de realizar una limpieza periódica de la arena que se sedimenta en el fondo.

Existen varios procedimientos para la limpieza de arena, la elección del procedimiento adecuado para cada caso depende de las condiciones del pozo. El procedimiento mas comúnmente utilizado es el de limpieza de arena por circulación (en directa o en reversa), sin embargo en ocasiones especiales se utilizan métodos mecánicos a través de la utilización de bombas especiales (bomba Besarenadora, bombas Midco y bombas Cavins) diseñadas especialmente para extraer arena (ver figura 25). Las bombas Midco y Cavis se bajan con cable, mientras que la bomba desarenadota se baja con tubería.

La limpieza de arena por circulación en directa –a la que hace referencia este procedimiento– consiste en circular un fluido (agua, agua salada, o aceite) por el tubing, el cual lleva en su extremo un accesorio (cuello dentado, tubo chaflán, reducción de 1') cuya función es remover mecánicamente la arena (muy compacta) o aumentar la presión de trabajo (debido a la disminución del diámetro) según el accesorio utilizado. (Ver figura 26)

⁷ Ver [8]ECOPETROL S.A. “Limpieza de arena por circulación”

Figura 25. Desarenamientos a) Representación gráfica de un pozo con los intervalos inferiores taponados por sedimentos. b) Representación gráfica de una limpieza de arena por circulación en directa. c) Bombas para limpieza de arena.



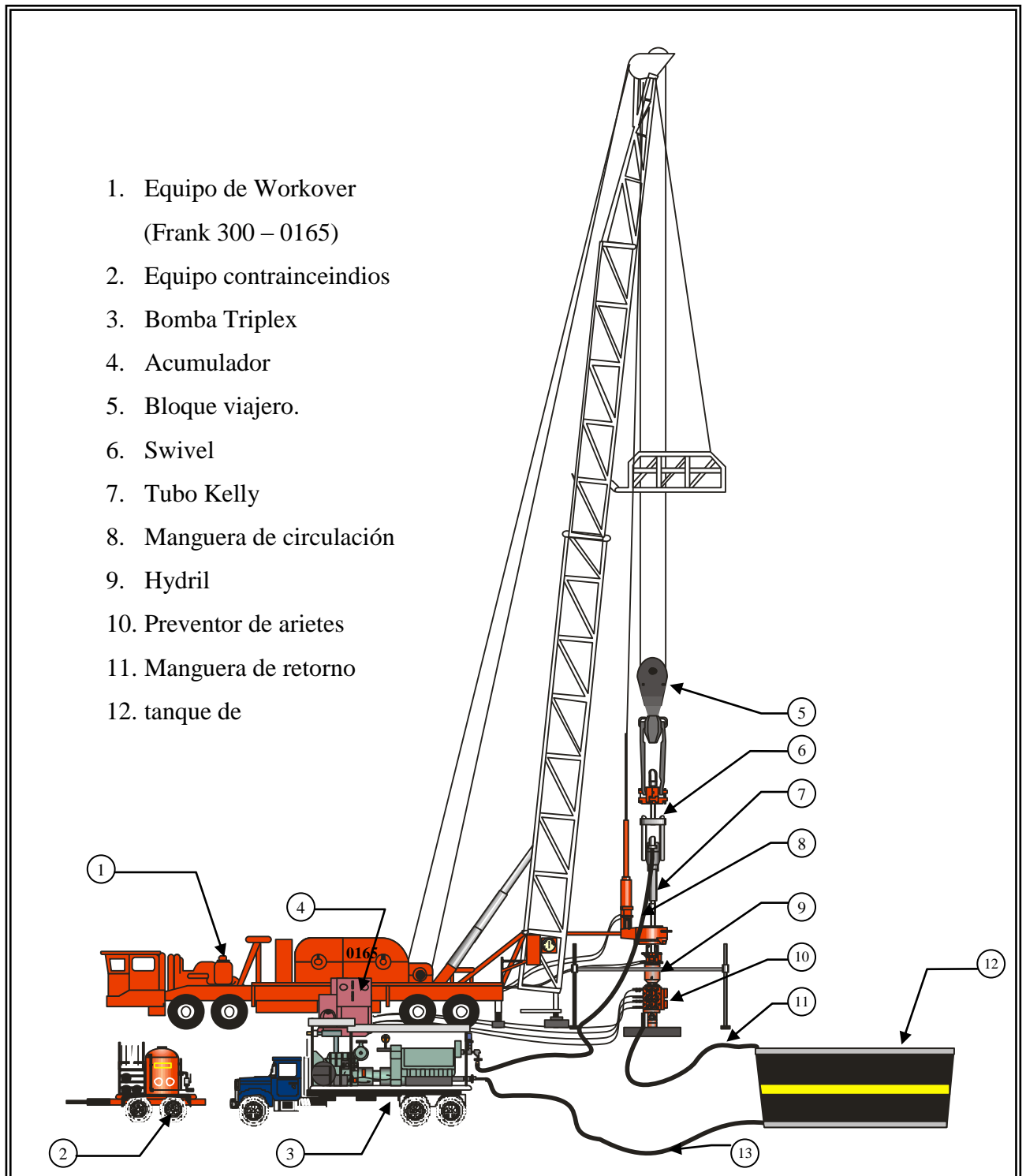
Fuente: Ecopetrol S.A

Puesto que en esta operación se manejan altas presiones, el pozo debe estar debidamente empacado, para esto se instala un preventor anular (Hydrill) encima del preventor de arietes. Debido a que el tubo Kelly es de mayor diámetro que la tubería, se garantiza el sello. Para suministrar la presión al fluido que se va a circular, se utiliza una bomba Triplex, la cual impulsa el fluido al tubing a través de una manguera (generalmente de 2") conectada a un Swivel acoplado en el extremo superior del tubo Kelly (ver figura 26). Al ser bombeado por la tubería, el fluido forma un flujo turbulento que realiza el arrastre de las partículas desde el fondo hasta superficie.

La limpieza de arena por circulación presenta inconvenientes cuando se trabaja en pozos, en los cuales se presenta baja presión de formación en algún intervalo o en toda su zona productora. El problema se presenta debido a que en el intervalo de baja presión, la formación se "toma" el fluido circulado junto con la arena removida, por lo cual el retorno a la superficie será mínimo o nulo.

Cuando se instala una reducción en el extremo de la sarta, la eficiencia aumenta, debido al aumento en la presión del fluido. La mezcla (fluido-sólidos) retorna por el anular y es llevado a un tanque (por medio de una manguera) y depositado en un compartimiento, en donde los sólidos se sedimentan en el fondo y el agua es recuperada por decantación. A medida que se realiza la remoción de sedimentos, la sarta avanza hasta que finalmente llega al fondo del pozo, a partir de este momento, se deja circulando el pozo por un espacio de tiempo, con el fin de remover totalmente los sedimentos hasta superficie y evitar que vuelvan a depositarse en el fondo.

Figura 26. Equipo de Workover realizando labores de limpieza de arena por circulación en directa.



Fuente: Ecopetrol S.A

1.4.2.6.1 Causas de los arenamientos. En formaciones no consolidadas los fluidos erosionan hasta que se provoca un arrastre de arena, el cual se va acumulando en el fondo del pozo, otra parte alcanza a ser producida junto con el aceite ocasionando graves daños en los pistones y barriles de las bombas de subsuelo, en los empaques y pistones de las bombas de superficie, grandes acumulaciones de arena en los tanques de almacenamiento, etc.

Los parámetros determinantes en la producción de arena son la fuerza de confinamiento y la velocidad de flujo. En el interior del yacimiento, la fuerza originada por el peso de los sedimentos, es soportada por la estructura rocosa y en parte por fluidos contenidos en la misma. Las areniscas que no posean suficiente cohesión entre sus granos, no son capaces de transmitir esa carga a los estratos inferiores, si se eliminan estas fuerzas de confinamiento. Durante la vida productiva del pozo estas fuerzas están sujetas a alteraciones que debilitan la formación, haciendo que la arena se arrastre y fluya al hueco.

Cuando los fluidos del yacimiento se mueven hacia el pozo, hay una velocidad máxima de flujo por encima de la cual se logra el potencial necesario para que se muevan los granos no cementados (velocidad crítica). En la vecindad del pozo, la velocidad aumenta hasta los niveles críticos, produciendo el arenamiento del pozo.

1.4.2.6.2 Perjuicios de los arenamientos. Como ya se mencionó anteriormente, la producción de arena en pozos de gas o petróleo, así como por reflujos en los pozos inyectoros, es uno de los problemas permanentes en la industria de la producción de petróleo. Los perjuicios más significativos son los siguientes:

- Disminución de la tasa de producción del pozo.
- Disminución de la tasa de inyección.
- Desgaste de los equipos.
- Alto costo de mantenimiento de los pozos.

1.5 SITUACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVIA AL PROYECTO

El departamento de mantenimiento de STS, realiza algunas intervenciones de tipo preventivo y predictivo, pero a pesar de esto, se caracteriza por ejecutar labores de mantenimiento meramente reactivas, ante la falla de un equipo.

1.5.1 Recurso humano. Para la realización de las labores de mantenimiento, en cada turno cada equipo tiene asignado: un mecánico, un electricista y un soldador, que trabajan según la instrucción de un coordinador de mantenimiento y el superintendente de operaciones.

1.5.2 Mantenimiento de reacción. El coordinador de mantenimiento es informado en el momento de suceder una falla, y es él, quien se encarga de la logística y supervisión de la reparación a efectuar.

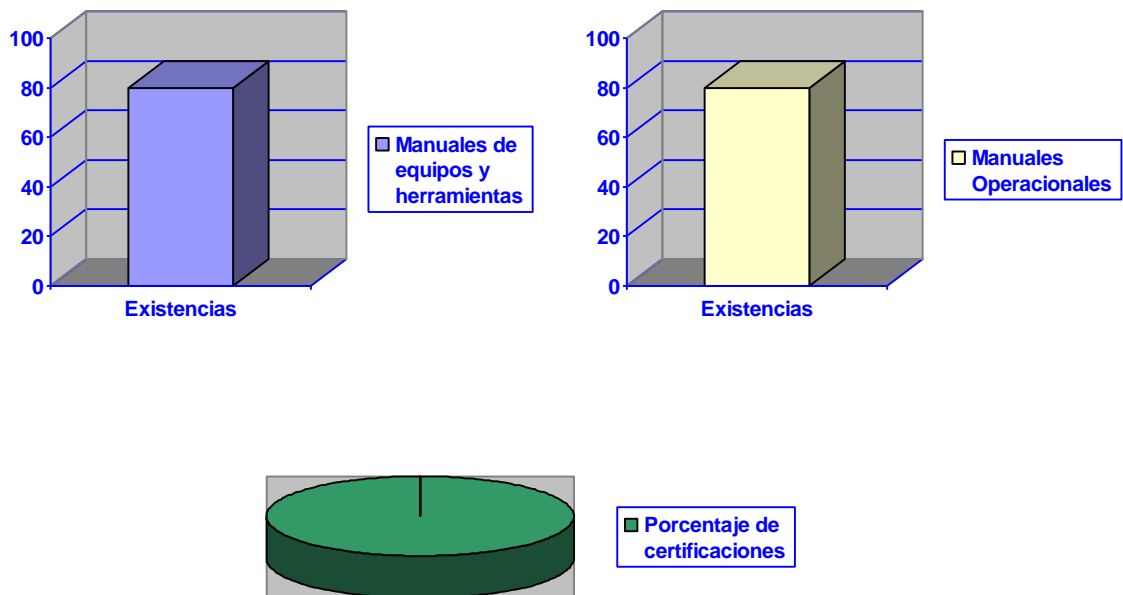
1.5.3 Mantenimiento preventivo. Los mantenimientos preventivos realizados están relacionados con la lubricación de los equipos. Cada mecánico lleva registros (bitácora diaria), de los cambios de grasas, aceites y filtros que se han realizado, y de esta manera y teniendo en cuenta las horas de trabajo de cada equipo, se puede estimar el tiempo de intervención de los elementos en mención; a pesar de esto, no existe una programación a largo plazo para trabajar en el mantenimiento los equipos.

1.5.4 Mantenimiento predictivo. Se realizan ensayos de tipo predictivo como inspecciones con partículas magnéticas y pruebas de luz negra. Estos ensayos se realizan a las torres de los equipos y a los diferentes aparejos de izamiento como los brazos elevadores y los elevadores de varilla y tubería. La frecuencia de estas pruebas varia según el elemento a inspeccionar y su realización es de tipo obligatorio, ya que además de mostrar su buen estado, estas certificaciones son exigidas por la empresa operadora del campo y sugeridas por las normas API

(American Petroleum Institute) en su especificación API SPEC 4E: Specification for Drilling and Well Servicing Structures.

1.5.5 Documentación técnica. La empresa cuenta con buena parte de los manuales e instructivos de todos los equipos y se está trabajando por complementar los manuales operacionales, además de esto, se tiene la totalidad de las certificaciones de las herramientas y equipos.

Figura 27. Gráficos de documentación técnica



Fuente: Autores del proyecto

Un punto importante a tratar es la compilación de la información existente, ya que se encuentra distribuida en las dos sedes de la empresa, Es decir, entre Barrancabermeja y Bogotá, lo cual dificultará ampliamente su consulta.

1.5.6 Sistema de información. Actualmente la empresa no cuenta con un sistema de información, por lo que suplir esta necesidad, requerirá de un arduo trabajo.

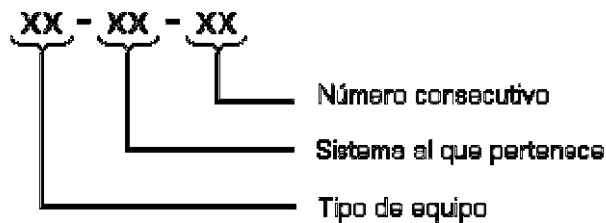
2. INVENTARIO Y CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS

2.1 CODIFICACIÓN

Con el fin de identificar de manera única cada equipo de la empresa y facilitar así las actividades de planeación y control del mantenimiento, se estableció un sistema alfanumérico de codificación en el cual se indica el tipo, ubicación y número de cada máquina.

El código correspondiente a cada equipo está constituido por tres partes como se muestra a continuación:

Figura 28. Estructura del código de equipos



Fuente: Autores del proyecto

2.1.1 Código del tipo de equipo. Este código está conformado por la primera letra del nombre del equipo seguida por la primera letra de la segunda palabra del nombre del equipo, sin tener en cuenta preposiciones como de o para. En el caso de equipos cuyo nombre esté compuesto por una sola palabra las dos letras del código serán las dos primeras letras del nombre (ver tabla 3).

Tabla 3. Codificación de equipos de acuerdo a su tipo

| EQUIPO | CÓDIGO |
|------------------|--------|
| Workover Rig | WR |
| Bomba de lodos | BL |
| Planta Eléctrica | PE |
| Trailer | TR |

| | |
|-----------------------------|-----|
| Power Swivel | PS |
| Frac Tank | FT |
| Acumulador | AC |
| Poor Boy y Choke Manifold | PB |
| Bloque Viajero | BV |
| Preventor Anular – Hydrill | PA |
| Preventor Tipo Ram | PR |
| Elevador de Varilla | EV |
| Elevador de Tubería | ET |
| Llave Hidráulica de Varilla | LLV |
| Llave Hidráulica de Tubería | LLT |
| Gancho de Varilla | GV |
| Encuelladero | EN |
| Mesa Rotatoria | MR |

Fuente: Autores del proyecto

2.1.2 Código del Sistema. Este código consiste en números entre el 01 y el 05 que permiten saber a cuál de los cinco sistemas STS pertenece el equipo (ver tabla 4). Si el equipo es de reserva (Back-Up) aparecerá “BU” antes del número en esta parte del código.

Tabla 4. Código del sistema

| SISTEMA | CÓDIGO |
|---------|--------|
| STS 01 | 01 |
| STS 02 | 02 |
| STS 03 | 03 |
| STS 04 | 04 |
| STS 05 | 05 |

Fuente: Autores del proyecto

2.1.3 Número consecutivo. Permite enumerar los diferentes equipos de la misma clase en el mismo sistema STS.

2.2 INVENTARIO DE EQUIPOS

De acuerdo al código establecido en la sección anterior se hizo el inventario de los equipos de la empresa como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Inventario de Equipos

| EQUIPO | CÓDIGO |
|--|---------------|
| Workover Rig STS 01 | WR-01-01 |
| Bomba de lodos | BL-01-01 |
| Planta Eléctrica | PE-01-01 |
| Trailer herramienta y comedor | TR-01-01 |
| Frac Tank | FT-01-01 |
| Acumulador | AC-01-01 |
| Poor Boy y Choke Manifold | PB-01-01 |
| Bloque Viajero | BV-01-01 |
| Preventor Anular - Hydrill | PA-01-01 |
| Preventor Tipo Ram | PR-01-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-01-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-01-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-01-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-01-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-01-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-01-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-01-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-01-01 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-01-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-01-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-01-04 |
| Llave Hidráulica de varilla | LLV-01-01 |
| Llave Hidráulica de tubería | LLT-01-01 |
| Gancho para varilla (Pirigallo) | GV-01-01 |
| Workover Rig STS 02 | WR-02-01 |
| Bomba de lodos | BL-02-01 |
| Planta Eléctrica | PE-02-01 |
| Trailer Herramienta | TR-02-01 |
| Trailer dormitorio mecánico y electricista | TR-02-02 |
| Trailer dormitorio company man y tool pusher | TR-02-03 |
| Power Swivel | PS-02-01 |
| Frac Tank | FT-02-01 |

| | |
|--|-----------|
| Acumulador | AC-02-01 |
| Poor Boy y Choke Manifold | PB-02-01 |
| Bloque Viajero | BV-02-01 |
| Preventor Anular - Hydrill | PA-02-01 |
| Preventor Tipo Ram | PR-02-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-02-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-02-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-02-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-02-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-02-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-02-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-02-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-02-01 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-02-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-02-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-02-04 |
| Llave Hidráulica de varilla | LLV-02-01 |
| Llave Hidráulica de tubería | LLT-02-01 |
| Gancho para varilla (Pirigallo) | GV-02-01 |
| Encuelladero (Trabajadero) | EN-02-01 |
| Workover Rig STS 03 | WR-03-01 |
| Bomba de lodos | BL-03-01 |
| Planta Eléctrica | PE-03-01 |
| Trailer Herramienta | TR-03-01 |
| Trailer dormitorio mecánico y electricista | TR-03-02 |
| Trailer dormitorio company man y tool pusher | TR-03-03 |
| Frac Tank | FT-03-01 |
| Acumulador | AC-03-01 |
| Mesa Rotaria | MR-03-01 |
| Poor Boy y Choke Manifold | PB-03-01 |
| Bloque Viajero | BV-03-01 |
| Preventor Anular - Hydrill | PA-03-01 |
| Preventor Tipo Ram | PR-03-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-03-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-03-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-03-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-03-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-03-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-03-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-03-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-03-01 |

| | |
|--|-----------|
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-03-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-03-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-02-04 |
| Llave Hidráulica de varilla | LLV-03-01 |
| Llave Hidráulica de tubería | LLT-03-01 |
| Gancho para varilla (Pirigallo) | GV-03-01 |
| Encuelladero (Trabajadero) | EN-03-01 |
| Workover Rig STS 04 | WR-04-01 |
| Bomba de lodos | BL-04-01 |
| Planta Eléctrica | PE-04-01 |
| Trailer Herramienta | TR-04-01 |
| Trailer dormitorio | TR-04-02 |
| Frac Tank | FT-04-01 |
| Acumulador | AC-04-01 |
| Poor Boy y Choke Manifold | PB-04-01 |
| Bloque Viajero | BV-04-01 |
| Preventor Anular - Hydrill | PA-04-01 |
| Preventor Tipo Ram | PR-04-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-04-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-04-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-04-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-04-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-04-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-04-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-04-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-04-01 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-04-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-04-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-04-04 |
| Llave Hidráulica de varilla | LLV-04-01 |
| Llave Hidráulica de tubería | LLT-04-01 |
| Gancho para varilla (Pirigallo) | GV-04-01 |
| Encuelladero (Trabajadero) | EN-04-01 |
| Workover Rig STS 05 | WR-05-01 |
| Bomba de lodos | BL-05-01 |
| Planta Eléctrica | PE-05-01 |
| Trailer Herramienta | TR-05-01 |
| Trailer dormitorio | TR-05-02 |
| Frac Tank | FT-05-01 |
| Acumulador | AC-05-01 |
| Poor Boy y Choke Manifold | PB-05-01 |
| Bloque Viajero | BV-05-01 |
| Preventor Anular - Hydrill | PA-05-01 |

| | |
|--|-----------|
| Preventor Tipo Ram | PR-05-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-04-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-04-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-04-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-04-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-04-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-04-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-04-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-04-01 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-04-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-04-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-04-04 |
| Llave Hidráulica de varilla | LLV-05-01 |
| Llave Hidráulica de tubería | LLT-05-01 |
| Gancho para varilla (Pirigallo) | GV-05-01 |
| Encuelladero (Trabajadero) | EN-05-01 |

| EQUIPOS DE BACK UP | |
|--|-----------------------------|
| EQUIPO | CÓDIGO DE INVENTARIO |
| Planta Eléctrica Back up | PE-BU-01 |
| Planta Eléctrica Back up | PE-BU-02 |
| Power Swivel Back up | PS-BU-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-BU01-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-BU01-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-BU01-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-BU01-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-BU01-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-BU01-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-BU01-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-BU01-01 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-BU01-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-BU01-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-BU01-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-BU02-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-BU02-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-BU02-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-BU02-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-BU02-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-BU02-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-BU02-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-BU02-01 |

| | |
|--|------------|
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-BU02-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-BU02-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-BU02-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-BU03-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-BU03-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-BU03-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-BU03-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-BU03-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-BU03-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-BU03-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-BU03-01 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-BU03-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-BU03-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-BU03-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-BU04-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-BU04-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-BU04-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-BU04-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-BU04-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-BU04-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-BU04-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-BU04-01 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-BU04-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-BU04-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-BU04-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | EV-BU05-01 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | EV-BU05-02 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | EV-BU05-03 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | EV-BU05-04 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | EV-BU05-05 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | EV-BU05-06 |
| Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | EV-BU05-07 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | ET-BU05-01 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | ET-BU05-02 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | ET-BU05-03 |
| Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | ET-BU05-04 |

Fuente: Autores del proyecto

2.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una herramienta que permite jerarquizar por importancia los elementos sobre los cuales mantenimiento debe dirigir recursos humanos, económicos y tecnológicos. Un paso importante antes de plantear un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa fue el análisis de criticidad de los equipos, para realizar dicho análisis se utilizó la metodología desarrollada por la firma DATABANK MKS Ltda., para ECOPETROL S.A. la cual se basa en la norma ISO 14224.

Esta metodología se desarrolló para determinar los equipos críticos en sus plantas de Magdalena Medio y Norte; y fue utilizada en este proyecto debido a que la norma ISO 14224 brinda una base para la recolección de datos de Confiabilidad y Mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación transporte de petróleo y gas natural, razón por la cual resulta adecuada para los equipos de la empresa STS de los Andes.

La siguiente ecuación calcula el índice de criticidad:

$$IC = (0,275) \times (11,2 - A^{1,5}) \times \sqrt{(B^{1,1} + (6 - C)^{1,2})}$$

Las variables A, B y C son determinadas por los criterios presentados en la siguiente tabla:

Tabla 6. Criterios según la norma ISO 14224

| FACTOR | CRITERIO |
|--------|--|
| A | Criterio de la importancia del equipo dentro del sistema |
| B | Criterio de confiabilidad inherente del equipo |
| C | Impacto del equipo dentro del sistema |

Fuente: Seminario de investigación en metodologías para análisis de falla

Cada uno de estos criterios es calificado de 1 a 5 de acuerdo a las características que posea el equipo que se está analizando, las posibles calificaciones para cada

criterio de acuerdo a las características del equipo son presentadas en las tablas 7, 8 y 9.

Tabla 7. Criterio de la importancia del equipo (A)

| CALIFICACIÓN | CARACTERÍSTICA |
|--------------|---|
| 1 | Puede causar riesgo en seguridad o violación ambiental. |
| 2 | Puede causar impacto económico negativo significativo. Pérdida de producción. |
| 3 | Puede reducir las ratas de producción, recuperación o calidad de producción. |
| 4 | Puede causar demandas incrementadas sobre el personal operativo per ningún impacto en seguridad, medio ambiente o producción. |
| 5 | No tiene importancia con respecto a la seguridad, medio ambiente o producción y no incrementa las demandas sobre el personal operativo. |

Fuente: Seminario de investigación en metodologías para análisis de falla

Tabla 8. Criterio de la confiabilidad inherente del equipo (B)

| CALIFICACIÓN | CARACTERÍSTICA |
|--------------|--|
| 1 | Extremadamente confiable. Normalmente no tiene partes en movimiento, servicio limpio. |
| 2 | Muy confiable. Pocas partes en movimiento, servicio ligeramente sucio. |
| 3 | Normalmente confiable. Más partes en movimiento/desgaste, servicio más severo. |
| 4 | De algún modo no confiable. Sistema complejo, servicio muy sucio, cargado fuertemente. |
| 5 | No confiable. |

Fuente: Seminario de investigación en metodologías para análisis de falla

Tabla 9. Impacto del equipo en el sistema (C)

| CALIFICACIÓN | CARACTERÍSTICA |
|--------------|---|
| 1 | Causa shutdown del sistema. |
| 2 | Causa reducción a largo plazo en el desempeño de un sistema. No tiene instalado equipo de respaldo. |

| | |
|---|--|
| | Tiempo de reparaciones o reemplazo significativo. |
| 3 | Causa reducción a corto plazo en el desempeño de un sistema. Tiene instalado equipo de respaldo. Puede ser reparado rápidamente. |
| 4 | Puede operar bypassado o en manual, sin pérdida de desempeño del sistema. Se encuentra en servicio intermitente. |
| 5 | No tiene efecto de desempeño del sistema. |

Fuente: Seminario de investigación en metodologías para análisis de falla

Los valores obtenidos en la calificación de A, B y C son reemplazados en la ecuación y una vez calculado el valor de IC se clasifica el equipo en alguna de las siguientes categorías:

- Equipos no críticos. Son aquellos que al fallar no afectan trascendentalmente la producción del campo. Su índice de criticidad está comprendido entre 0 y 4 ($0 < IC < 4$).
- Equipos medianamente críticos. Son aquellos cuya falla tiene poca influencia en el proceso, permitiendo un periodo prolongado de tiempo para su reparación. Su índice de criticidad comprende valores entre 4 y 6 ($4 \leq IC \leq 6$).
- Equipos críticos. Son aquellos equipos que al fallar impactan en gran medida a la producción y deben ser intervenidos inmediatamente. Su índice de criticidad es mayor o igual a 6 ($6 \leq IC$).

La evaluación del índice de criticidad para los equipos de STS de los Andes es presentada en la siguiente tabla, las celdas de la columna “Índice de Criticidad” toman diferentes colores de acuerdo al grado de criticidad del equipo; rojo en equipos críticos, naranja en medianamente críticos y amarillo en no críticos.

Tabla 10. Clasificación de equipos y herramientas por criticidad

| Código | Equipo o Herramienta | A | B | C | IC |
|-----------|--|---|---|---|------|
| BL-01-01 | Bomba de lodos | 1 | 3 | 2 | 8,24 |
| PE-01-01 | Planta Eléctrica | 2 | 2 | 3 | 5,58 |
| TR-01-01 | Trailer herramienta y comedor | 4 | 1 | 3 | 1,92 |
| FT-01-01 | Frac Tank | 1 | 1 | 3 | 6,11 |
| AC-01-01 | Acumulador | 1 | 1 | 1 | 7,88 |
| PB-01-01 | Poor Boy y Choke Manifold | 2 | 1 | 4 | 4,18 |
| BV-01-01 | Bloque Viajero | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PA-01-01 | Preventor Anular - Hydrill | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PR-01-01 | Preventor Tipo Ram | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| EV-01-01 | Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-01-02 | Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-01-03 | Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-01-04 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-01-05 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-01-06 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-01-07 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-01-01 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-01-02 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-01-03 | Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-01-04 | Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| LLV-01-01 | Llave Hidráulica de varilla | 3 | 4 | 3 | 4,77 |
| LLT-01-01 | Llave Hidráulica de tubería | 3 | 4 | 3 | 4,77 |
| GV-01-01 | Gancho para varilla (Pirigallo) | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| BL-02-01 | Bomba de lodos | 1 | 3 | 2 | 8,24 |
| PE-02-01 | Planta Eléctrica | 2 | 2 | 3 | 5,58 |
| TR-02-01 | Trailer Herramienta | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| TR-02-02 | Trailer dormitorio mecánico y electricista | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| TR-02-03 | Trailer dormitorio company man y tool pusher | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| PS-02-01 | Power Swivel | 1 | 4 | 3 | 8,10 |
| FT-02-01 | Frac Tank | 1 | 1 | 3 | 6,11 |
| AC-02-01 | Acumulador | 1 | 1 | 1 | 7,88 |
| PB-02-01 | Poor Boy y Choke Manifold | 2 | 1 | 4 | 4,18 |
| BV-02-01 | Bloque Viajero | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PA-02-01 | Preventor Anular - Hydrill | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PR-02-01 | Preventor Tipo Ram | 1 | 3 | 1 | 8,98 |

| | | | | | |
|-----------|--|---|---|---|------|
| EV-02-01 | Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-02-02 | Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-02-03 | Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-02-04 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-02-05 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-02-06 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-02-07 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-02-01 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-02-02 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-02-03 | Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-02-04 | Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| LLV-02-01 | Llave Hidráulica de varilla | 3 | 4 | 3 | 4,77 |
| LLT-02-01 | Llave Hidráulica de tubería | 3 | 4 | 3 | 4,77 |
| GV-02-01 | Gancho para varilla (Pirigallo) | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EN-02-01 | Encuelladero (Trabajadero) | 1 | 1 | 3 | 6,11 |
| BL-03-01 | Bomba de lodos | 1 | 3 | 2 | 8,24 |
| PE-03-01 | Planta Eléctrica | 2 | 2 | 3 | 5,58 |
| TR-03-01 | Trailer Herramienta | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| TR-03-02 | Trailer dormitorio mecánico y electricista | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| TR-03-03 | Trailer dormitorio company man y tool pusher | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| FT-03-01 | Frac Tank | 1 | 1 | 3 | 6,11 |
| AC-03-01 | Acumulador | 1 | 1 | 1 | 7,88 |
| MR-03-01 | Mesa Rotaria | 3 | 3 | 2 | 4,85 |
| PB-03-01 | Poor Boy y Choke Manifold | 2 | 1 | 4 | 4,18 |
| BV-03-01 | Bloque Viajero | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PA-03-01 | Preventor Anular - Hydrill | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PR-03-01 | Preventor Tipo Ram | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| EV-03-01 | Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-03-02 | Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-03-03 | Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-03-04 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-03-05 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-03-06 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-03-07 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-03-01 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-03-02 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-03-03 | Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-02-04 | Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| LLV-03-01 | Llave Hidráulica de varilla | 3 | 4 | 3 | 4,77 |

| | | | | | |
|-----------|--|---|---|---|------|
| LLT-03-01 | Llave Hidráulica de tubería | 3 | 4 | 3 | 4,77 |
| GV-03-01 | Gancho para varilla (Pirigallo) | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EN-03-01 | Encuelladero (Trabajadero) | 1 | 1 | 3 | 6,11 |
| BL-04-01 | Bomba de lodos | 1 | 3 | 2 | 8,24 |
| PE-04-01 | Planta Eléctrica | 2 | 2 | 3 | 5,58 |
| TR-04-01 | Trailer Herramienta | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| TR-04-02 | Trailer dormitorio | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| FT-04-01 | Frac Tank | 1 | 1 | 3 | 6,11 |
| AC-04-01 | Acumulador | 1 | 1 | 1 | 7,88 |
| PB-04-01 | Poor Boy y Choke Manifold | 2 | 1 | 4 | 4,18 |
| BV-04-01 | Bloque Viajero | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PA-04-01 | Preventor Anular - Hydrill | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PR-04-01 | Preventor Tipo Ram | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| EV-04-01 | Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-02 | Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-03 | Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-04 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-05 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-06 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-07 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-04-01 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-04-02 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-04-03 | Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-04-04 | Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| LLV-04-01 | Llave Hidráulica de varilla | 3 | 4 | 3 | 4,77 |
| LLT-04-01 | Llave Hidráulica de tubería | 3 | 4 | 3 | 4,77 |
| GV-04-01 | Gancho para varilla (Pirigallo) | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EN-04-01 | Encuelladero (Trabajadero) | 1 | 1 | 3 | 6,11 |
| BL-05-01 | Bomba de lodos | 1 | 3 | 2 | 8,24 |
| PE-05-01 | Planta Eléctrica | 2 | 2 | 3 | 5,58 |
| TR-05-01 | Trailer Herramienta | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| TR-05-02 | Trailer dormitorio | 4 | 1 | 4 | 1,60 |
| FT-05-01 | Frac Tank | 1 | 1 | 3 | 6,11 |
| AC-05-01 | Acumulador | 1 | 1 | 1 | 7,88 |
| PB-05-01 | Poor Boy y Choke Manifold | 2 | 1 | 4 | 4,18 |
| BV-05-01 | Bloque Viajero | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PA-05-01 | Preventor Anular - Hydrill | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| PR-05-01 | Preventor Tipo Ram | 1 | 3 | 1 | 8,98 |
| EV-04-01 | Elevador de varilla Tipo SRE de 5/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-02 | Elevador de varilla Tipo SRE de 3/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |

| | | | | | |
|-----------|--|---|---|---|------|
| EV-04-03 | Elevador de varilla Tipo SRE de 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-04 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-05 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-06 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/4" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EV-04-07 | Elevador de varilla Tipo SRE de 1 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-04-01 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 3/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-04-02 | Elevador para Tubería Tipo TA 2 7/8" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-04-03 | Elevador para Tubería Tipo TA 3 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| ET-04-04 | Elevador para Tubería Tipo TA 4 1/2" | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| LLV-05-01 | Llave Hidráulica de varilla | 3 | 4 | 3 | 4,77 |
| LLT-05-01 | Llave Hidráulica de tubería | 3 | 4 | 3 | 4,77 |
| GV-05-01 | Gancho para varilla (Pirigallo) | 1 | 2 | 3 | 6,80 |
| EN-05-01 | Encuelladero (Trabajadero) | 1 | 1 | 3 | 6,11 |

Fuente: Autores del proyecto

3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El plan de mantenimiento creado busca priorizar la gestión sobre la reparación, ya que esta última es la predominante en STS, con lo cual se hace imposible prever, analizar, planificar, controlar y rebajar costos.

Apoyándose en el estudio de criticidad efectuado, analizando sus resultados y teniendo en cuenta el alto costo de las horas operativas de la empresa, se puede observar que todo el sistema de Workover a excepción de los diferentes trailers con los que cuenta la compañía, deben ser incluidos en el plan de mantenimiento preventivo.

3.1 OBJETIVO, ALCANCE Y META

3.1.1 Objetivo. Reducir y evitar paradas de equipo logrando un desempeño seguro y económico de los mismos.

3.1.2 Alcance. Este plan aplica a todos los equipos y herramientas críticos de STS de los Andes S.A.

3.1.3 Meta. Realizar el 80% de las labores de mantenimiento preventivo a los diferentes elementos que componen el plan.

3.2 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN TÉCNICA

Dado que la empresa cuenta con aproximadamente el 80% de los manuales e instructivos de cada equipo y adicional a esto posee personal calificado de más de treinta años de experiencia, el diseño del plan de mantenimiento preventivo fue ampliamente apoyado en estos dos factores.

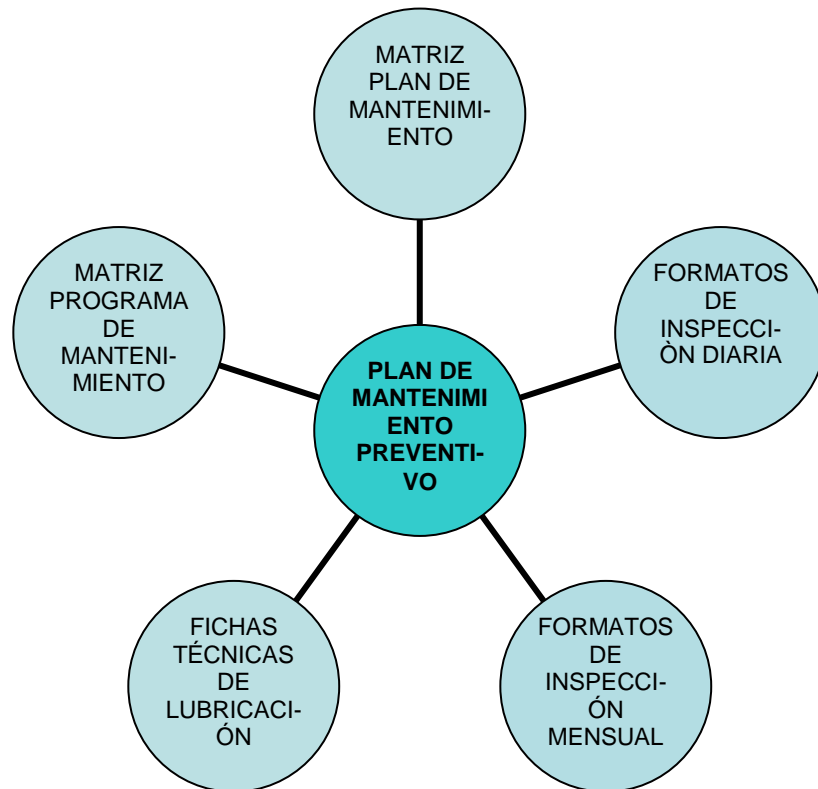
En primer lugar se debió obtener el pleno conocimiento de la maquinaria con la que contaba la empresa y los diferentes procedimientos propios del Workover, a los cuales iba a ser sometida, para una vez asimilados estos conocimientos, poder hacerse una idea de la gestión de mantenimiento adecuada para una empresa de estas características, y de esta forma trazar los primeros visos del plan de mantenimiento preventivo.

3.3 DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

En busca de rebajar el mantenimiento correctivo y todo lo que representa, el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se basa en una serie de inspecciones periódicas cuya frecuencia varía según el elemento a inspeccionar (la matriz del plan de mantenimiento puede ser observada en el anexo B); adicional a las inspecciones en mención (ver figura 29), la matriz del plan de mantenimiento posee tres formatos anexos, uno de carácter diario y dos mensuales, también llamados Check list o listas de chequeo, como lo muestran las tablas 11, 12 y 13. Las listas de chequeo mensuales van dirigidas específicamente hacia los siguientes componentes del Workover Rig: la unidad básica, la estructura de la torre, los frenos de los malacates, el winche de maniobra y el bloque viajero con su gancho, ya que son elementos de suma importancia por su desempeño en las labores, para la seguridad de la cuadrilla y porque el registro del estado de estos componentes, puede ser solicitado en cualquier momento por el representante de la compañía operadora en el campo, es decir el Company man. Además de esto, la matriz plan de mantenimiento también se apoya en las fichas técnicas de lubricación de cada sistema de Workover, en las cuales se especifican los diferentes engrases, cambios de aceites, cambios de filtros y limpiezas de elementos metálicos lavables (filtros lavables) de cada equipo. Las fichas técnicas de lubricación de cada sistema de Workover pueden ser vistas en el anexo C. La programación de la lubricación se ha trabajado con una herramienta informática creada por STS, basada en formatos condicionales tipo semáforo de Microsoft Excel 2007 (Ver Anexo D.3 Programa semáforo de lubricación en el CD adjunto),

los cuales se establecieron de acuerdo con los tiempos estipulados en las fichas de cada sistema de Workover. El funcionamiento del programa semáforo de lubricación es explicado en el anexo D.

Figura 29. Apoyos para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo




Fuente: Autores del proyecto

En situaciones técnicas específicas se remitirá a la biblioteca existente en la compañía (manuales, catálogos de equipos y procedimientos).

Para operaciones de servicio que requieran desensamble de componentes o el uso de instrumentos especializados, se deberá contactar con el taller respectivo.

Tabla 11. Formato de inspección diaria anexo a la matriz de mantenimiento


PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE REACONDICIONAMIENTO Y VARILLO DE POZOS
MANTENIMIENTO PROGRAMADO 1: MP 1
FRECUENCIA CADA 24 HORAS DE OPERACIÓN
FORMATO No. 1

EQUIPO: _____
 MECÁNICOS: _____

FECHA: _____

| LECTURA HORÓMETRO: | DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO | ESTADO | | | | | | |
|--------------------|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| | | Lun | Mar | Mie | Jue | Vie | Sab | Domingo |
| VISUAL | 1.- Inspeccione el funcionamiento de los indicadores de: presión Temperatura, combustible, Amperímetro | | | | | | | |
| VISUAL | 2.- Inspeccione las correas de alternador, ventilador, bomba de dirección. Ajuste o cambie si es necesario. | | | | | | | |
| VISUAL | 3.- Chequee el nivel de agua en los radiadores. Agregue si es necesario. | | | | | | | |
| VISUAL | 4.- Chequee el nivel del electrolito en las baterías. Agregue si es necesario.. | | | | | | | |
| VISUAL | 5.- Chequee el nivel de los aceites en los motores. Agregue si es necesario. | | | | | | | |
| OPERACIONAL | 6.- Drene los tanques de ACPM, de aire y secadores. | | | | | | | |
| VISUAL | 7.- Verifique ajuste de crucetas y bridas. Ajuste si es necesario. | | | | | | | |
| OPERACIONAL | 8.- FRENO HIDROMÁTICO: Verifique conexiones antes y después de ser usado. Compruebe estado de desgaste de las pastillas de freno. | | | | | | | |
| VISUAL | 9.- Chequee el nivel de aceite de los lubricadores de la línea de aire. Agregue si es necesario y ajuste. | | | | | | | |

Comentarios: _____

Iconografía: B = Bueno ; R = Regular ; M = Malo

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 12. Formato de inspección mensual anexo a la matriz de mantenimiento



Inspección de equipos de Workover y Varilleo

Equipo:

Fecha:

OK: Correcto operación y/o estado

R: Regular operación y/o estado

M: Mal operación y/o estado

Unidad Básica (Chasis, malacates, winche, cable)

| ITEM | COMPONENTE/ESTADO | OK | R | M |
|------|--|----|---|---|
| 1 | Las llantas de la unidad, aprietes; presión; labrado | | | |
| 2 | Sistema eléctrico y lámparas: iluminación | | | |
| 3 | Nave: Latonería y pintura | | | |
| 4 | Aterrizajes: polo a tierra | | | |
| 5 | Estabilidad: nivelación del equipo | | | |
| 6 | Cables de Malacates y Winches: Ton-Milla trabajados - Enrollamiento. | | | |
| 7 | Enrollamiento de cable del malacate y el winche | | | |
| 8 | Swivel giratorio de la polea viajera | | | |
| 9 | Pasadores y pines del gancho del elevador | | | |
| 10 | Seguro del elevador | | | |
| 11 | Pasadores, seguros y tuerca de seguridad del gancho, para asegurar brazos de elevador. | | | |
| 12 | Winche de maniobra: cables, ganchos, seguros | | | |
| 13 | Eslingas de hízaje de cargas | | | |

Frenos malacates (Accionamientos, pastillas, S. enfriar) Estructura (Torre, Corona, Trabajadero)

| ITEM | COMPONENTE/ESTADO | OK | R | M |
|------|--|----|---|---|
| 1 | 1.1 Bandas malacate Ppal - tacos. | | | |
| | 1.2 Ajuste de palanca de accionamiento freno | | | |
| | 1.3 Sistema de enfriamiento bandas. | | | |
| 2 | 2.1 Bandas malacate Swabo -tacos | | | |
| | 2.2 Ajuste de palanca de accionamiento del freno. | | | |
| | 2.3 Sistema de enfriamiento de bandas. | | | |
| 3 | Freno auxiliar de malacates (hidromático o neumático de disco) | | | |


| ITEM | COMPONENTE/ESTADO | OK | R | M |
|------|--|----|---|---|
| 1 | Ranuras de las poleas de la corona | | | |
| 2 | Rodamientos de ejes de las poleas | | | |
| 3 | Soldaduras de bases o soportes de poleas | | | |
| 4 | Luz de la corona | | | |
| 5 | Lámparas de la torre | | | |
| 6 | Vientos y Tensores de la Torre. | | | |
| 7 | Soldaduras de uniones en la estructura de 2 ^{DA} | | | |
| 8 | Pines y pasadores de anclaje de 2 ^{DA} sección | | | |
| 9 | Soldaduras, pines y barandas del trabajadero. | | | |
| 10 | Estructura del trabajadero | | | |
| 11 | Soldaduras de uniones en la estructura de 1 ^{ERA} sección | | | |
| 12 | Pines y pasadores de anclaje de la 1 ^{ERA} sección | | | |
| 13 | Pines y pasadores del cilindro elevador de 1 ^{ERA} | | | |
| 14 | Perfilería de 1 ^{ERA} y 2 ^{DA} sección | | | |
| 15 | Pintura de la torre | | | |
| 16 | Escalera de la torre | | | |
| 17 | Cadenas de la torre | | | |
| 18 | Cilindros niveladores de Torre. | | | |

| PERSONAL QUE REVISÓ EL EQUIPO | |
|-------------------------------|-------|
| NOMBRE | FIRMA |
| Ing: | |
| T P/ SUP: | |
| Maq: | |
| Sup. Hseq: | |

OBSERVACIONES

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 13. Formato de inspección mensual anexo a la matriz de mantenimiento



INSPECCIÓN DEL BLOQUE VIAJERO Y EL GANCHO

FECHA: d / m / a /

EQUIPO:

| ITEM | COMPONENTE | OK | R | M |
|------|-------------------|----|---|---|
| 1 | Cuerpo del bloque | | | |
| 2 | Cuerpo del gancho | | | |
| 3 | Seguro del gancho | | | |
| 4 | Pines | | | |
| 5 | Eje de poleas | | | |

OBSERVACIONES:

INSPECCIÓN DEL WINCHE HIDRÁULICO DE MANIOBRA

| ITEM | COMPONENTE | OK | R | M |
|------|---|----|---|---|
| 1 | Mangueras y conexiones hidráulicas | | | |
| 2 | Cable de 5/8" o 1/2" | | | |
| 3 | Válvulas de maniobra y control. | | | |
| 4 | Tambor de enrolle | | | |
| 5 | Anclajes. | | | |
| 6 | Poleas guías, y ganchos de izaje. | | | |
| 7 | Mecanismo interno del cuerpo del winche | | | |

OBSERVACIONES:

Fuente: Autores del proyecto

La matriz plan de mantenimiento posee dos nomenclaturas como son:

1. Nomenclatura de operaciones de mantenimiento:

| | | |
|---|---|-------------|
| I | = | Inspección |
| A | = | Ajuste |
| R | = | Reemplazar |
| T | = | Torquear |
| L | = | Lubricación |

2. Nomenclatura de equipos (también utilizada en las fichas técnicas de lubricación):

| | | |
|----|---|---------------------------------------|
| A | = | Vehículo o (Carrier) |
| A1 | = | Unidad básica |
| B | = | Bomba de lodos |
| C | = | Planta eléctrica (equipo generador) |
| D | = | Power Swivel |
| E | = | Casetas de oficina /Dormitorio/Bodega |
| F | = | Tanques de lodos |
| F1 | = | Poor boy (Tanque separador) |
| G | = | Mesa Rotaria |
| H | = | Acumulador |
| I | = | Herramientas auxiliares |
| J | = | Planta física |
| K | = | Transporte |

A continuación se presentan las equivalencias aproximadas entre kilometraje recorrido y horas de operación (ver tabla 14), la cual se encuentra en la matriz plan de mantenimiento y debe ser chequeada según el equipo de interés, ya que algunos componentes de la matriz además de realizar sus operaciones, son también autopropulsados para llevar de una locación a otra.

Tabla 14. Equivalencia aproximada entre kilometraje recorrido y horas de operación

| | | | | | |
|------------------------|------|-----|-----|-----|------|
| Intervalo por 1000 Km. | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| Horas de operación | 62,5 | 125 | 250 | 500 | 1000 |

Fuente: Autores del proyecto

En el proceso de desarrollo del plan de mantenimiento (desarrollo logístico y operacional) y de creación de conciencia de mantenimiento al personal de la empresa, STS de los Andes S.A ha decidido establecer su plan de mantenimiento por etapas, es decir, en el año 2009 se trabajará con tareas seleccionadas de la “matriz plan de mantenimiento”, y al estudiar sus resultados se decidirá el desarrollo de la matriz completa. La matriz con tareas de aplicación seleccionadas puede verse en el anexo E. Esta matriz posee las siguientes columnas: componente, subcomponente (con su numeral), acción o evento, frecuencia (días, semanas, meses y años), tiempo de realización, procedimiento, y sugerencias en HSEQ. A medida que se va avanzando hacia abajo en dicha matriz, se irán encontrando títulos en “negrilla” que indicarán el equipo al cual se está haciendo referencia.

3.4 PROGRAMACIÓN ANUAL DE MANTENIMIENTO

De acuerdo con las labores mandadas por la matriz plan de mantenimiento, se procedió con la asignación de fechas concretas de ejecución para el año 2009 para cada uno de los ítems allí estipulados y para cada sistema de Workover, teniendo especial cuidado de no sobrecargar fechas, ya que esto requeriría parar determinados equipos por espacios muy prolongados de tiempo, lo cual implicaría dos grandes problemas: - Se afectan directamente las operaciones, y por ende la productividad de la empresa.

- Se corre el riesgo que todo el plan de mantenimiento en sí mismo, colapse, puesto que no será viable su aplicación.

Las matrices de programación de mantenimiento de cada sistema de Workover pueden ser observadas en el anexo F.

La persona encargada de supervisar la programación de mantenimiento para cada sistema de Workover es el coordinador de mantenimiento, y es él, quien comunica a los mecánicos y electricistas las labores preventivas a realizar por medio del formato llamado “mantenimientos mensuales”, que se muestra en la tabla 15. La primera columna (fecha recomendada), corresponde a la fecha que aparece en la matriz de programación, en caso de no ser posible la realización de la tarea en la fecha recomendada, debe explicarse el por qué en la casilla observaciones y señalarse la fecha en que sí se pudo realizar en la columna “fecha realización”.

Tabla 15. Formato de mantenimientos mensuales correspondiente a Octubre 2009 para el sistema STS 02 (fragmento).

**MANTENIMIENTOS MENSUALES
SISTEMA: STS 02
OCTUBRE**



| FECHA RECOMENDADA | REALIZÓ EN LA FECHA RECOMENDADA (SI - NO) | FECHA REALIZACIÓN | COMPONENTE | ITEM | ESPECIFICACIÓN | MECÁNICO QUE REALIZÓ | OBSERVACIONES |
|-------------------|---|-------------------|------------------------|--------------------------------|--|----------------------|---------------|
| Vie 02 Oct 09 | | | SERVOTRANSMISIÓN BY620 | Exterior | Superficie y sensores | | |
| Sáb 03 Oct 09 | | | Unidad Básica | Elementos de conexión y amarre | Inspección visual elementos de conexión y amarres | | |
| | | | Motor CAT C13 | Refrigeración | Panel del radiador | | |
| | | | | | Tapa y termostatos | | |
| | | | Vehículo | Dirección | Lubricar articulaciones de la dirección | | |
| Mar 06 Oct 09 | | | Unidad Básica | Malacate | Estado banda freno | | |
| | | | Unidad Básica | | Gatos de hizamiento y nivelación hidráulicos | | |
| | | | | Sistema hidráulico | | | |
| | | | | | Recorrido y juego libre de pedal | | |
| | | | | | Graduación de frenos | | |
| | | | | | Verificar fugas de aire en el sistema | | |
| Jue 08 Oct 09 | | | Vehículo | Frenos de servicio | Limpieza orificios de escape de válvulas de freno y de relevo. | | |
| | | | | | Limpieza orificios de escape de válvulas maestras de aire | | |

Fuente: Autores del proyecto

4 MODELO ORGANIZACIONAL DEL MANTENIMIENTO

Este capítulo busca plantear la forma en la cual debe ejecutarse el plan de mantenimiento, así como sus requerimientos de funcionamiento. Las labores de mantenimiento se realizarán en base a órdenes de trabajo, las cuales serán el vehículo para planear y controlar las tareas de mantenimiento a efectuar, así como también se usarán, en la adquisición de la información necesaria para vigilar e informar sobre el trabajo de mantenimiento.

4.1 ÓRDEN DE TRABAJO

Es un importante elemento del sistema de información del mantenimiento, la cual es creada a partir de una solicitud de servicio o bien basándose en el plan de mantenimiento establecido. Las órdenes de trabajo incluyen información como: datos generales del equipo, descripción de la falla, duración del trabajo, entre otras (Ver figura 31). Cabe anotar que la ejecución de la totalidad de órdenes de trabajo, debe ser autorizada y supervisada por el coordinador de mantenimiento. Existen diferentes tipos de órdenes de trabajo, y la diversidad entre ellas se debe a la mayor o menor prioridad que posean. Esta clasificación se realiza con el fin de asegurar que los trabajos más críticos sean programados en primer lugar. En la tabla presentada a continuación se pueden observar las distintas clases de órdenes de trabajo, así como su caracterización.

Figura 30. Formato de orden de trabajo



ORDEN DE TRABAJO

OT Número Fecha Sistema

Prioridad Estado Fecha de Terminación

Código equipo Nombre del Equipo

Descripción general del trabajo

| Tipo de Trabajo | Mano de obra | | Descripción detallada del trabajo | Materiales y Repuestos | | | |
|-----------------|----------------|------|-----------------------------------|------------------------|----------|-----------|-----------|
| | Tiempo (horas) | | | Insumos | | | |
| | Estimado | Real | | Nombre | Cantidad | Precio U. | Precio T. |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Observaciones del coordinador:

Observaciones del coordinador:

martes, 26 de enero de 2010

Página 1 de 1

Fuente: Autores del proyecto

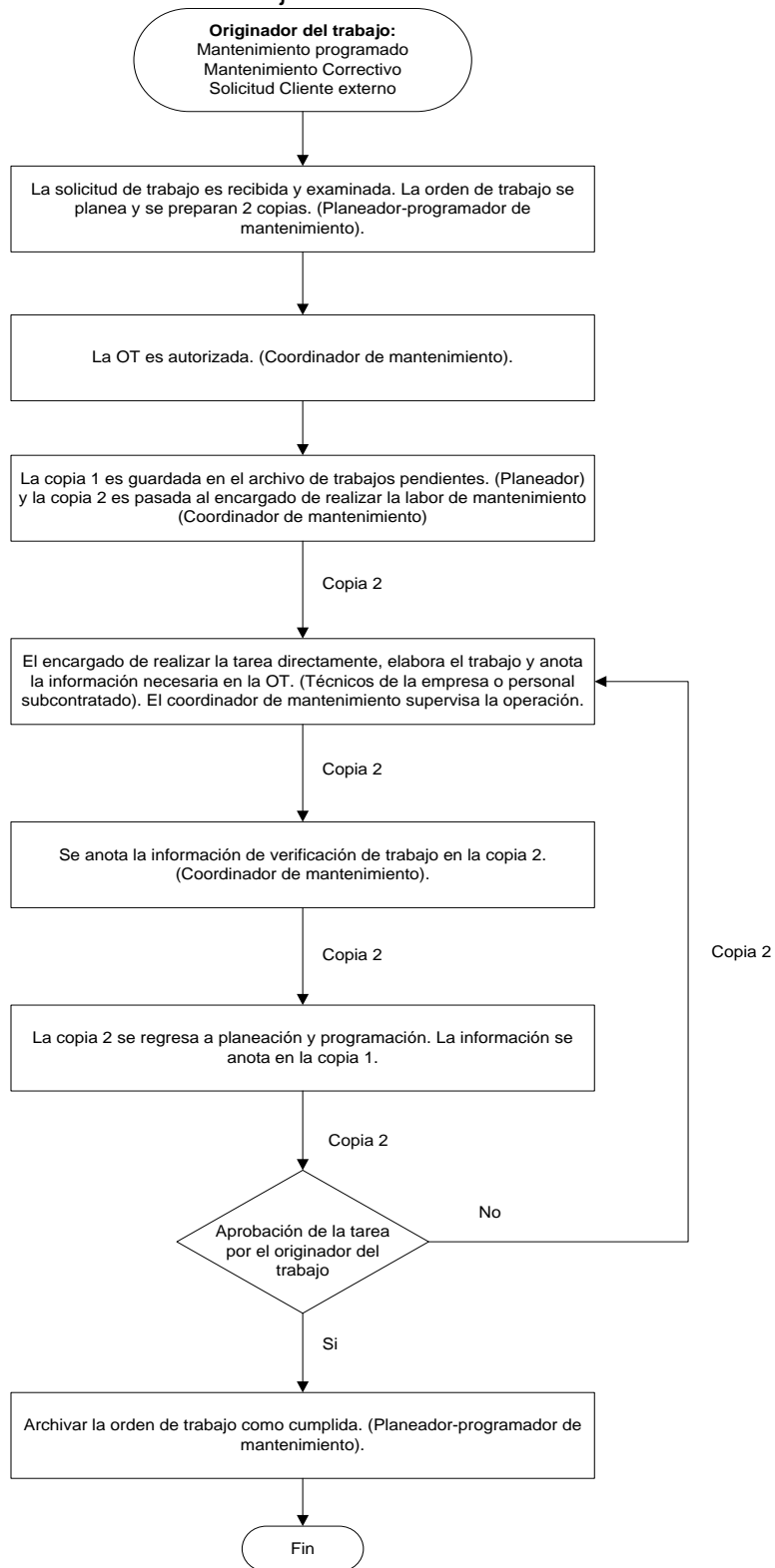
Tabla 16. Prioridad de las órdenes de trabajo

| PRIORIDAD DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO | | |
|--|--|--|
| PRIORIDAD | TIEMPO DE INICIACIÓN DE TRABAJO | TIPO DE TRABAJO |
| Emergencia | Debe comenzar inmediatamente. | Trabajo que tiene un efecto inmediato en la seguridad, el ambiente, la calidad o que parará la operación. |
| Urgente | Debe comenzar dentro de las próximas 24 horas. | Trabajo que probablemente tendrá un impacto en la seguridad, el ambiente, la calidad o que podrá parar la operación. |
| Normal | Debe comenzar dentro de las próximas 24 horas. | Trabajo que probablemente tendrá un impacto en la producción dentro de una semana. |
| Programada | Según esta programado. | Mantenimiento preventivo y de rutina todo el trabajo programado. |

Fuente: Autores del proyecto

4.1.1 Flujo de órdenes de trabajo. Con el flujo de órdenes de trabajo se busca ilustrar los procedimientos para la realización del mismo y el orden en que este se debe ejecutar desde su inicio hasta su terminación (Ver figura 32).

Figura 31. Flujo de órdenes de trabajo



Fuente: Autores del proyecto

4.2 RELACIONES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Puesto que el departamento de mantenimiento no es autónomo en la compra o adquisición de sus repuestos, insumos o subcontratación de trabajos, la programación de mantenimiento y en general sus labores pueden verse afectadas. La figura a continuación muestra la relación existente entre el departamento de mantenimiento y el área de compras.

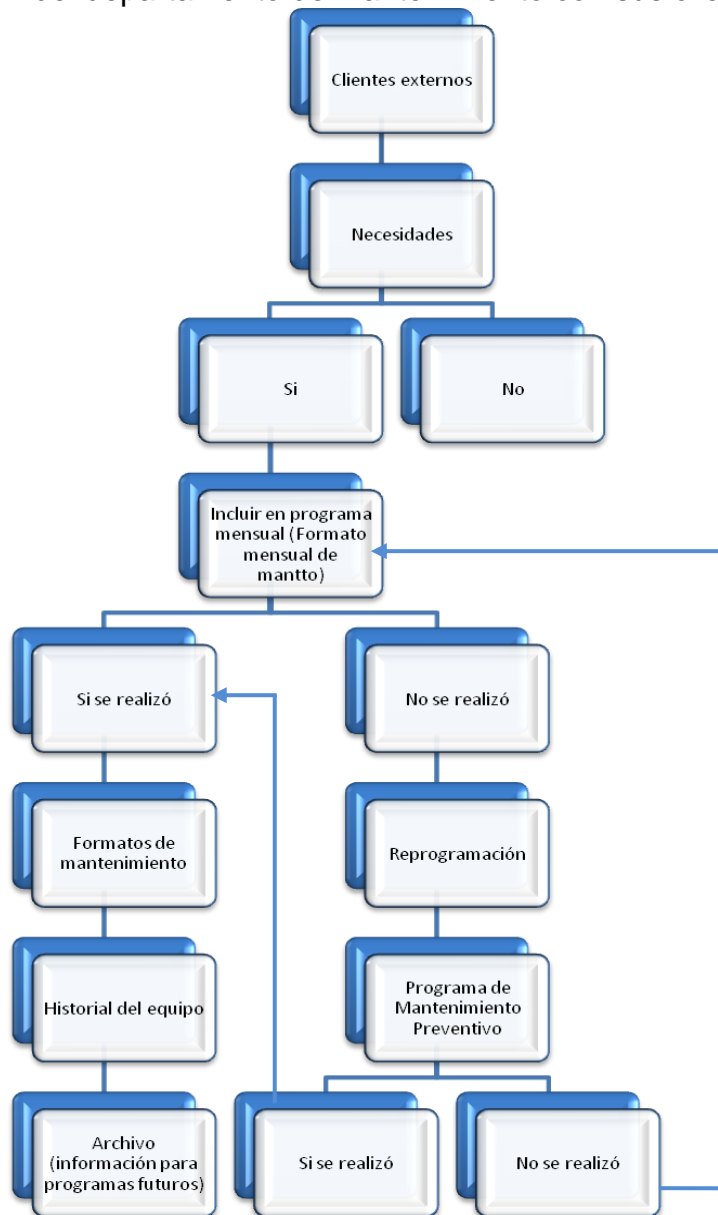
Figura 32. Relación del departamento de mantenimiento con el departamento de procurement.



Fuente: Autores del proyecto

4.2.1 Entradas externas. Los clientes externos al área de mantenimiento son: el departamento de HSEQ, el departamento de operaciones (en campo) y las compañías operadoras (Actualmente Occidental Andina). Las relaciones del departamento de mantenimiento con sus clientes externos pueden verse en la figura a continuación.

Figura 33. Relación del departamento de mantenimiento con sus clientes externos



Fuente: Autores del proyecto

4.3 SUGERENCIAS PARA RECURSOS HUMANOS Y LOGÍSTICOS

Cuando se desea implantar un nuevo proceso o modificar uno ya existente, siempre se debe realizar una revisión y en muchas ocasiones acudir a una reestructuración en las unidades afectadas e incluso en toda la organización.

Para la efectiva ejecución y total aprovechamiento de la gestión de mantenimiento propuesta, la cual sin duda alguna mejorara la prestación de servicios de STS de los Andes S.A y conllevara a un aumento en sus dividendos, se sugiere tener en cuenta las siguientes indicaciones (Ver tablas 17 y 18):

Tabla 17. Sugerencias logísticas

| SUGERENCIAS LOGÍSTICAS | | |
|---|--|---|
| SITUACIÓN | ESTADO ACTUAL | PROPUESTA |
| Herramientas para reparación | Las herramientas son traídas de los pozos y arrojadas en diversos lugares de la base, especialmente a la entrada de las oficinas de esta. | Adecuar un salón amplio, con estantería adecuada y de fácil acceso para descargar las herramientas en cuestión y proceder con su intervención. |
| Automóvil para el área de mantenimiento | El coordinador de mantenimiento debe esperar a que el vehículo de operaciones se encuentre disponible, lo cual entorpece todas sus tareas ya sean en campo o consecución de repuestos específicos. | Rentar un automóvil de uso exclusivo para el área de mantenimiento, puesto que el coordinador debe supervisar labores a diario en cada sistema de Workover, así como realizar múltiples salidas fuera de la base. |
| Adquisición de repuestos | Se solicitan al departamento de compras o a la superintendencia de operaciones. | Asignar una caja menor al coordinador de mantenimiento, mediante la cual se alivianara la gran carga que posee "procurement" y a la vez se agilizara la gestión de mantenimiento. |

| | | |
|--|---|--|
| Mantenimiento correctivo | Es el que se realiza en mayor parte en la empresa. | Utilizar el plan de mantenimiento preventivo, evitando así paradas innecesarias de equipos por falta de mantenimiento. |
| Mantenimiento preventivo y predictivo | Se limita a la lubricación y ensayos de luz negra según API Spec 4E. | Ampliar el rango de cobertura preventiva a cada ámbito que lo requiera, ya sea en la base o en las operaciones de cada pozo, según el plan de mantenimiento propuesto. |
| Sistema de información | No se maneja un sistema de información, los únicos registros que se tienen son los escritos por los mecánicos en sus bitácoras. | Llevar clara y ordenadamente los datos concernientes a cada elemento susceptible de mantenimiento y registro de las intervenciones realizadas. |
| Planeación y programación de mantenimiento | Es muy precaria puesto que no existe un plan de mantenimiento. | Implantar toda la gestión de mantenimiento propuesta en el presente proyecto. |

Fuente: Autores del proyecto

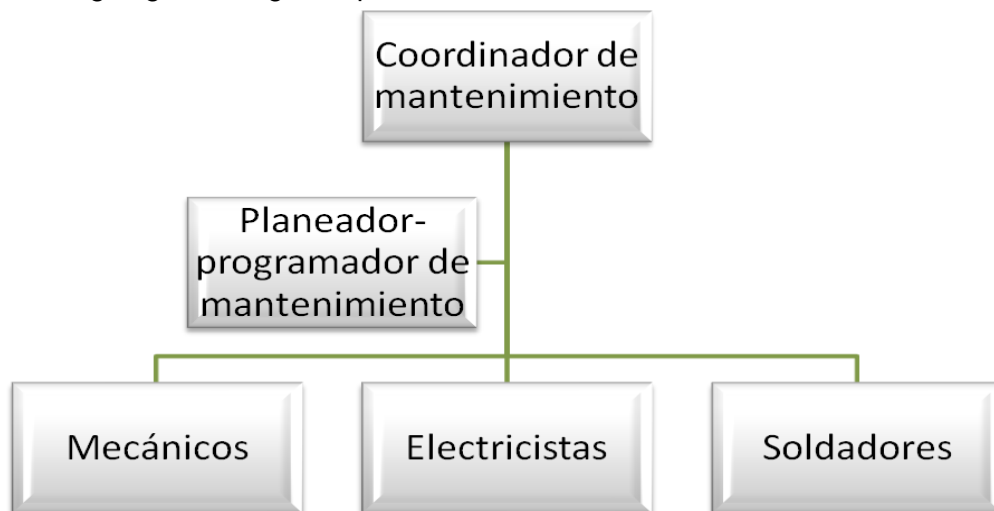
Tabla 18. Sugerencias en recurso humano

| SUGERENCIAS PARA RECURSO HUMANO | | |
|---|--|--|
| SITUACIÓN | ESTADO ACTUAL | PROPUESTA |
| Acumulación de elementos para reparación en la base | Los mecánicos que trabajan en la base, lo hacen de forma truncada ya que su lugar es en los pozos atendiendo las necesidades del sistema de Workover. | Contratar un mecánico de permanencia fija en la base, que se pueda ocupar de lleno en las reparaciones que lo requieran. |
| No existe una gestión de mantenimiento preventiva | No hay una persona que se ocupe de la gestión de mantenimiento preventiva, ya que el coordinador sólo da abasto para resolver y supervisar los problemas de carácter correctivo. | Contratar un Ingeniero mecánico con el cargo de planeador y programador de mantenimiento. |

Fuente: Autores del proyecto

4.4 ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

Figura 34. Organigrama sugerido para el área de mantenimiento



Fuente: Autores del proyecto

5. ACTIVIDADES DE CONTROL

Las labores de mantenimiento se controlaran siguiendo el enfoque a continuación:

1. Coordinación y planeación de las órdenes de trabajo.
2. Procesamiento de las órdenes de trabajo.
3. Retroalimentación de información y acción correctiva.

La coordinación y la planeación de órdenes de trabajo se encargan de satisfacer la demanda de mantenimiento, cumpliendo al mismo tiempo los requerimientos de las operaciones (Servicios de Workover) y las capacidades de los recursos de mantenimiento. El procesamiento de las órdenes de trabajo consiste en la liberación de órdenes, la programación y el despacho del trabajo. La función de retroalimentación y control se ocupa esencialmente de la recopilación de información y la toma de decisiones para alcanzar las metas y los objetivos establecidos.

5.1 COORDINACIÓN Y PLANEACIÓN DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO

Como lo indica su nombre, esta función del mantenimiento se encarga de planear y coordinar los diferentes tipos de solicitudes de mantenimiento con base en las restricciones de operación, la disponibilidad de recursos y la prioridad.

Esta función se ocupa de la vigilancia del plan de mantenimiento preventivo y del proceso de las solicitudes de servicio correctivas. El plan de mantenimiento puede arrojar dos clases de órdenes de trabajo: unas fijas y rutinarias (mensuales, semanales, etc...) que deben ser ejecutadas según está planeado, y otras un poco más específicas “especiales”, para las cuales debe decidirse su aceptación y ejecución final. En cuanto a las órdenes correctivas hay que clasificarlas teniendo en cuenta las consecuencias de la falla para la operación y el estado actual de la capacidad de mantenimiento. Según las características de la falla debe llegarse a

un acuerdo con el departamento de operaciones. Teniendo en cuenta lo anterior, surgen dos tipos de órdenes de trabajo correctivas. En primer lugar se tienen las urgentes (y de emergencia) que deben ejecutarse de manera inmediata, y en segundo lugar están las aplazables (normales de poca incidencia) que pueden ser utilizadas como un grupo pendiente en espera de programación.

5.2 PROCESAMIENTO DE ÓRDENES DE TRABAJO

Hace referencia a la realización de las órdenes de trabajo teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos que deben alcanzarse. El procesamiento de las órdenes de trabajo puede dividirse en tres labores específicas como son:

1. Liberación de órdenes de trabajo
2. Programación de las órdenes de trabajo
3. Despacho de las órdenes de trabajo

El área de liberación de órdenes de trabajo es la encargada de decidir cuanto trabajo deberá mandarse por período, teniendo en cuenta la capacidad de mano de obra y materiales, además de considerar las órdenes de trabajo urgentes y de emergencia. En cuanto a la función programación de las órdenes de trabajo, se encarga de asignar los recursos necesarios para su desarrollo, así como de delegar un momento de realización y un tiempo de ejecución determinado, lo cual proporciona una idea bastante aproximada acerca de cuándo se completará el trabajo, pero debido a la incertidumbre existente en los trabajos de mantenimiento, es imposible ceñirse al programa inicial de mantenimiento, y en muchos casos, se apelará a la reprogramación de órdenes de trabajo o incluso a la replaneación de otras. El despacho de las órdenes de trabajo es una función de control que se encarga de tomar las órdenes y asignarlas a un tipo de capacidad de mantenimiento específica.

5.3 RETROALIMENTACIÓN DE INFORMACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA

Esta función es la encargada de la recopilación de datos acerca del estado de la ejecución de los trabajos, la calidad de los trabajos realizados y los trabajos pendientes. Una vez recopilada la información, esta se debe analizar para posteriormente formular el curso de acción más apropiado.

5.3.1 Indicadores de gestión de mantenimiento. Los indicadores de gestión son usados como un método eficaz en el control de los trabajos realizados, con ellos se puede obtener una idea general del estado del área de mantenimiento, ayudando en la toma de decisiones y proporcionando un monitoreo de la gestión realizada.

Los indicadores deben ser seleccionados con sumo cuidado, de manera que se implanten sólo los necesarios, y estos sean claros, fiables, fáciles de medir (y graficar) y que sobretodo aporten información relevante del proceso, con la cual se pueda cuantificar razonablemente el rendimiento del área y a su vez se puedan preparar informes de gestión. En el caso de STS de los Andes S.A los indicadores de gestión serán calculados automáticamente por el software suministrado en este proyecto (SIM-STS1).

5.3.1.1 Disponibilidad. La disponibilidad de un equipo determinado es la medida de tiempo de operación o de manera alterna, una medida de la duración del tiempo muerto. El indicador de disponibilidad se calcula mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$ID = \frac{\text{TIEMPO DE PRODUCCIÓN PLANEADO} - \text{TIEMPO MUERTO NO PLANEADO}}{\text{TIEMPO DE PRODUCCIÓN PLANEADO}} \times 100$$

Determinando la disponibilidad de un equipo se puede deducir su capacidad para llevar a cabo con éxito la función que se requiere que haga en un momento específico o durante un período de tiempo específico.

5.3.1.2 Cumplimiento del plan de mantenimiento CPM. Debido a la naturaleza de las labores de mantenimiento como por ejemplo: dependencia del departamento de compras, trabajo conjunto con el área de operaciones para autorización de paradas de equipos y la eventual aparición de solicitudes de trabajo urgentes, hay una brecha existente entre lo esperado o planeado y los resultados obtenidos. Con este indicador se busca medir la administración de mantenimiento existente en la empresa, comparando las labores de mantenimiento planeadas con las que realmente son ejecutadas. Este indicador es calculado usando la fórmula presentada a continuación:

$$CPM = \frac{TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EJECUTADAS}{TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADAS} \times 100$$

5.3.1.2.1 CPM de lubricación. El indicador de “cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo” en su subsección de lubricación es calculado por el programa semáforo de lubricación el cual se encuentra explicado en el anexo 4 (funcionamiento del programa semáforo de lubricación).

5.3.2 Acciones de mejora. Una vez recopilada la información de mantenimiento y calculados los indicadores de gestión, es fácil ver si se han alcanzado las metas propuestas o no; de no ser así, se debe proceder con el análisis de la causa raíz del problema, para posteriormente ejecutar su solución.

5.3.2.1 Diagrama de causa-efecto (espina de pescado). Este diagrama es quizás la herramienta más poderosa para el análisis de las causas fundamentales de por ejemplo: baja productividad de los trabajadores, excesivo tiempo muerto, descomposturas recurrentes, etc. En nuestro caso será usado para determinar la principal razón por la cual no hayan sido alcanzadas las metas impuestas por la empresa.

Seguidamente se presenta un ejemplo de realización de diagrama causa-efecto.

- ✓ Paso 1. Se debe enunciar el efecto que se desea estudiar, ya sea para mejorarse o controlarse, de la siguiente manera.

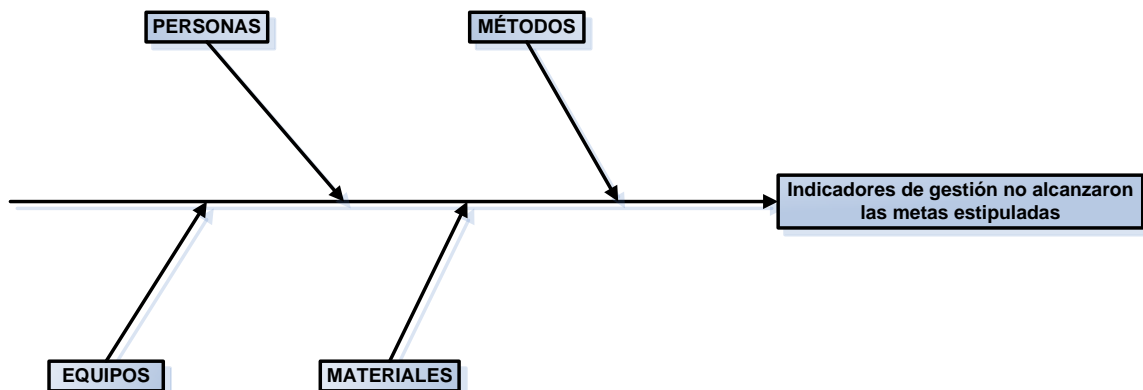
Figura 35. Efecto a estudiar en el diagrama espina de pescado



Fuente: Autores del proyecto

- ✓ Paso 2. Se deben definir los principales factores que pudieran estar ocasionando el incumplimiento de las metas, dirigiendo una rama en forma de flecha a la flecha principal. Hecho esto las principales causas posibles se deben agrupar en categorías como materiales, equipo, métodos de trabajo, métodos de medición y personas. Cada categoría formará una rama como se muestra en la figura 37.

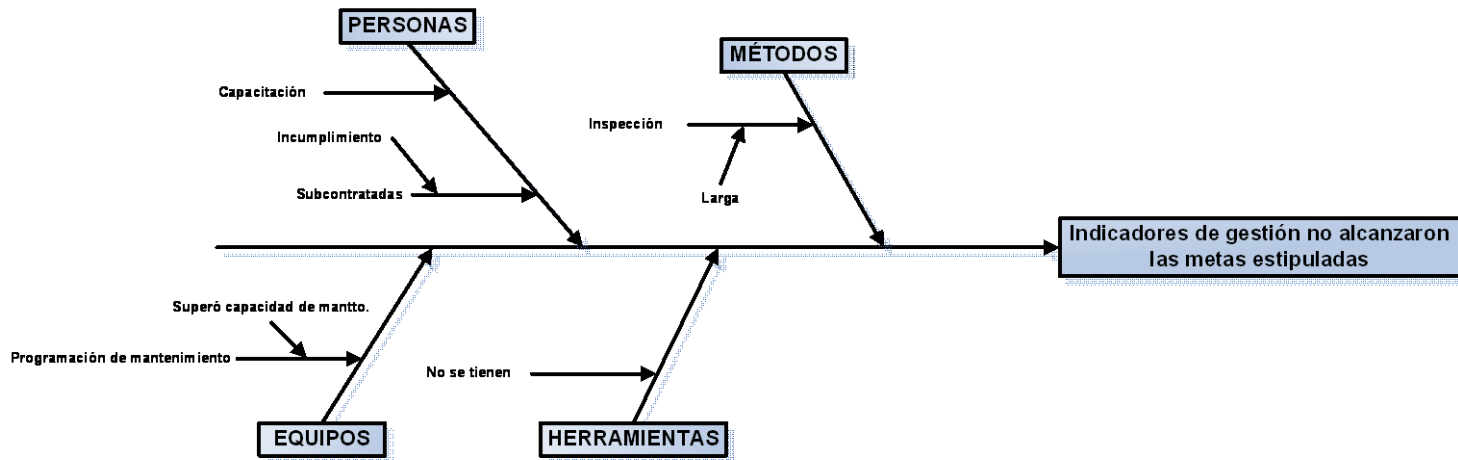
Figura 36. Factores que pudieran afectar el cumplimiento de las metas



Fuente: Autores del proyecto

- ✓ Paso 3. Escribir en cada una de las ramas los factores que pudieran ser considerados como causas.

Figura 37. Ejemplo completo de diagrama causa-efecto



Fuente: Autores del proyecto

5.3.2.2 Acciones correctivas posibles⁸. A continuación se presenta una guía para corregir los factores deficientes, en el caso que no se alcancen las metas constantemente, o se desee aumentar la productividad del mantenimiento.

5.3.2.2.1 Organización y personal. De encontrarse que la organización y el personal muestran deficiencias, las posibles acciones correctivas incluyen las siguientes:

- ✓ Elaborar una descripción específica del trabajo.
- ✓ Emplear una política escrita para el control de la mano de obra.

5.3.2.2.2 Productividad de la mano de obra. Las siguientes son algunas posibles acciones correctivas:

- ✓ Establecer un sistema para recopilar datos sobre el tiempo real consumido en los trabajos por los trabajadores.

⁸ Ver [5] DUFFAA, Salih. “Sistemas de mantenimiento”

- ✓ Comparar el tiempo real consumido en la realización de un trabajo con su estándar.
- ✓ En el informe mensual de mantenimiento incluir el índice de productividad compuesta (IPC) utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{IPC} = (\text{Tiempo estándar} / \text{Tiempo real}) * \text{Utilización}$$

La utilización es el porcentaje de tiempo que los trabajadores están provechosamente ocupados, y puede obtenerse utilizando el muestreo de trabajo.

- ✓ Revisar los trabajos pendientes por trabajador.

5.3.2.2.3 Capacitación gerencial. Lanzar y actualizar anualmente un programa de capacitación para la gerencia. Este debe incluir capacitación en productividad, administración de proyectos y habilidades de supervisión.

5.3.2.2.4 Capacitación de los técnicos. Las posibles acciones correctivas para la capacitación de los trabajadores son las siguientes:

- ✓ Establecer un programa de capacitación anual para todos los trabajadores.
- ✓ Establecer un programa de certificación para todos los trabajadores.

5.3.2.2.5 Motivación. Las posibles acciones correctivas son las siguientes:

- ✓ Hacer que el trabajador sienta que es parte de la empresa.
- ✓ Establecer un excelente sistema de remuneración.
- ✓ Realizar una encuesta informal para evaluar el estado de ánimo de los trabajadores.

5.3.2.2.6 Control de almacenes, materiales y herramientas. Las posibles acciones correctivas incluyen las siguientes:

- ✓ Establecer un catálogo de refacciones en existencia.
- ✓ Analizar las demoras en mantenimiento debido a la falta de disponibilidad de piezas.

- ✓ Realizar un análisis ABC (de Pareto) para establecer los requerimientos de materiales.


5.3.2.2.7 Mantenimiento preventivo e historia del equipo. Si se encuentra que el mantenimiento preventivo y la historia del equipo no están funcionando como debieran, se sugiere estudiar lo siguiente:

- ✓ Asignar a una persona la responsabilidad de la planeación, programación y control del mantenimiento preventivo.

5.3.2.3 Formato de acciones de mejora. Una vez realizado el diagrama causa-efecto, este puede adjuntarse al formato “Acción de mejora”, con el cual se puede profundizar aun más en el análisis de la causa raíz de no haber alcanzado las metas, así como también ayuda en la proposición de un plan de acciones correctivas y preventivas.

Después de haber hecho los análisis necesarios y haber iniciado con las acciones correctivas y/o preventivas, se puede hacer seguimiento a las labores realizadas por medio del complemento del formato acción de mejora (Ver figura 40).

Figura 38. Formato de acciones de mejora.

| | | | | | | | |
|---|--|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------|---------------|--|
|  | | ACCION DE MEJORA | | | | | |
| | | ACCION DE MEJORA | | RESPONSABLE: | | FECHA: | |
| No _____ | | | | | | | |
| SOLICITADA EN: | | AUDITORIAS INTERNAS | | AUDITORIAS EXTERNAS | | | |
| | | ACCIDENTE | | REUNION DE GESTION | | | |
| | | OTRO | | CUAL: | | | |
| INVESTIGACIÓN ASIGNADA A: | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| DESCRIPCION DE LA NO CONFORMIDAD | | | | | | | |
| PROCESO: | | CLASIFICACION: | | REQUISITO | | | |
| | | | | | | | |
| IDENTIFICACION DE LA NO CONFORMIDAD (DIAGRAMA CAUSA- EFECTO) | | | | | | | |
| Ver diagrama | | | | | | | |
| POSIBLES CAUSAS REALES DE LA NO CONFORMIDAD | | | | | | | |
| 1. PORQUE | | 2. PORQUE | | 3. PORQUE | | | |
| | | | | | | | |
| OBJETIVO DEL PLAN DE ACCION | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| PLAN DE ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS | | | | | | | |
| TAREAS | | RESPONSABLE | | | FECHA | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| PREPARADO POR: | | FECHA: | APROBADO POR: | | | FECHA: | |
| | | | | | | | |

Fuente: Autores del proyecto

Figura 39. Seguimiento de las acciones correctivas y preventivas.

| SEGUIMIENTO DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS | | | |
|---|-------------|--------|-------|
| SEGUIMIENTO | RESPONSABLE | | FECHA |
| | | | |
| | | | |
| CIERRE DE LA SOLICITUD DE ACCION CORRECTIVA Y PREVENTIVAS | | EFICAZ | |
| | | SI | NO |
| | | FECHA: | |
| | | FECHA: | |

Fuente: Autores del proyecto

6. SISTEMA DE INFORMACIÓN

Una buena gestión del mantenimiento solo es posible si se tiene un buen sistema de información para el mantenimiento. Este no solo permite acceder a la información de forma oportuna sino que es la base para el análisis estadístico y la obtención de indicadores de gestión, y facilita la evaluación del mantenimiento y la presentación de informes.

En este capítulo se presentan los documentos creados para el sistema de información de la empresa STS de los Andes y se describe el software “SIM-STS1” que apoya al sistema de forma computarizada.


6.1 DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

6.1.1 Hoja de Vida. Este documento contiene un registro de las intervenciones que se le han realizado a un equipo determinado, es de gran utilidad para el análisis y diagnóstico de fallas, ver figura 40.

6.1.2 Ficha Técnica. Es un documento que contiene las características del equipo (funcionales, estructurales, dimensionales, de fabricación, lubricación e instalación). Es muy útil en la ejecución de las labores de mantenimiento, ver figura 41.

6.1.3 Orden de Trabajo. La orden de trabajo es una forma donde se detallan las instrucciones para el trabajo que se va a realizar, cuando se emplea en toda su extensión puede ser usada como una forma de solicitud de trabajo, un registro histórico, una herramienta para monitoreo y control y una notificación de trabajo completado. En la empresa STS de los Andes se utilizarán dos tipos de órdenes de trabajo: la general, que se utiliza en pequeños trabajos de rutina o repetitivos (cuando el costo de procesar la orden de trabajo individual puede exceder el costo del trabajo mismo o cuando es un trabajo fijo), y la especial que se elabora para todos los demás trabajo individuales. En la figura 42 se puede observar el formato de orden de trabajo que utilizará la empresa STS de los Andes.

Figura 42. Orden de Trabajo



ORDEN DE TRABAJO

OT Número Fecha Sistema

Prioridad Estado Fecha de Terminación

Código equipo Nombre del Equipo

Descripción general del trabajo

| Mano de obra | | | Materiales y Repuestos | | | | |
|-----------------|----------------|------|-----------------------------------|---------|----------|-----------|-----------|
| Tipo de Trabajo | Tiempo (horas) | | Descripción detallada del trabajo | Insumos | | | |
| | Estimado | Real | | Nombre | Cantidad | Precio U. | Precio T. |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Observaciones del coordinador:

Observaciones del coordinador:

martes, 26 de enero de 2010

Página 1 de 1

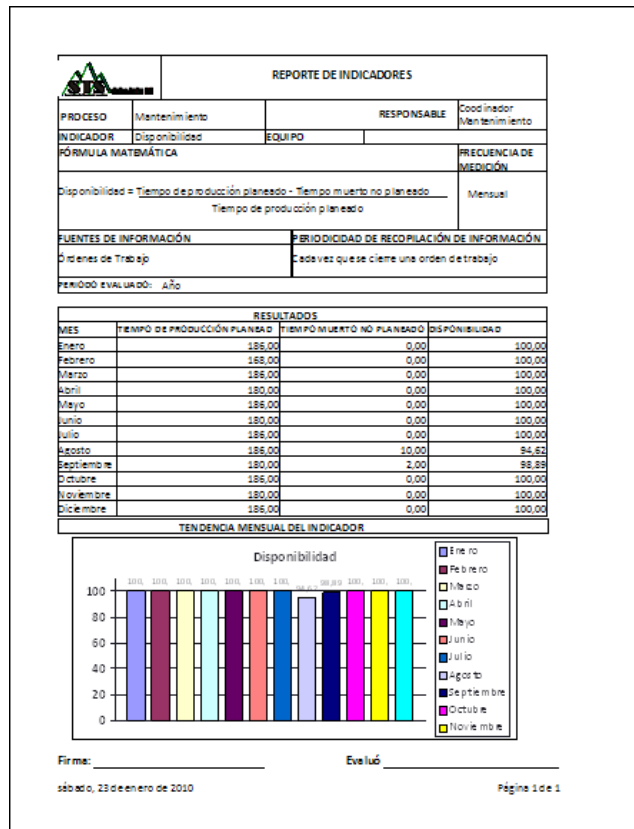
Fuente: Autores del proyecto

6.1.4 Ficha de Lubricación. Es un documento que contiene información importante para realizar la lubricación de los equipos de la empresa, como tipo de lubricante, frecuencia de lubricación, etc. En este caso se realizó una ficha de lubricación para cada sistema de la empresa, que detalla la lubricación para cada equipo que lo compone. En el anexo C se pueden observar estas fichas.

6.1.5 Reporte de Indicadores. Por medio de este documento mantenimiento informa a la gerencia sobre el estado y progreso del departamento presentando

los indicadores de gestión de forma escrita y gráfica. Para cada uno de los indicadores utilizados por el mantenimiento de la empresa (Disponibilidad y CPM) se genera un reporte, en la figura 43 se presenta un ejemplo de reporte de indicadores para disponibilidad.

Figura 43. Reporte de indicadores



Fuente: Autores del proyecto

6.1.6 Formato de acción de mejora. Este formato contiene el diagrama causa-efecto que es una herramienta para identificar las razones de una eficacia por debajo de la norma en mantenimiento. Este documento es explicado en detalle en la sección 6.2 de este libro (pag 91).

6.2 SISTEMA COMPUTARIZADO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

El Departamento de Mantenimiento de la empresa STS de los Andes cuenta con una cantidad considerable de información (equipos, personal, órdenes de trabajo, trabajos ejecutados, etc.), que debe ser bien administrada para conseguir los mejores resultados en el mantenimiento.

Un SCAM (sistema computarizado para la administración del mantenimiento) sería un gran apoyo en este punto ya que permitiría registrar, almacenar, actualizar, procesar y comunicar la información del mantenimiento de una forma rápida y precisa. En la actualidad la empresa no cuenta con una ayuda computacional que apoye el proceso de administración del mantenimiento, por lo cual como parte final de este proyecto de grado creamos el software denominado “SIM-STS1”, dicho software es un SCAM desarrollado a partir de las necesidades del departamento de Mantenimiento de STS de los Andes.

En esta sección se describen los pasos seguidos en el desarrollo de SIM-STS1 y se presenta el manual del usuario SIM-STS1, redactado con el fin de guiar al usuario final del producto en la instalación y manejo de este.

6.2.1 Desarrollo del sistema de información computarizado

6.2.1.1 Requerimientos del sistema computarizado. El primer paso en la creación del sistema computarizado para el mantenimiento fue definir las necesidades que este iba a satisfacer. Para esto analizamos la información que el departamento de mantenimiento maneja, la forma en que se programan y ejecutan las labores de mantenimiento y las expectativas que los futuros usuarios tenían. A partir de este análisis se extrajeron las características que el software debe tener (requerimientos), estas características son mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 19. Requerimientos del sistema computarizado para administración del mantenimiento

| REQUERIMIENTO | DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO |
|--------------------------------|--|
| Información de Mantenimiento | El sistema debe contener y proveer información ordenada acerca de los equipos de la empresa, el personal del área de mantenimiento y los repuestos y herramientas con que cuenta el departamento para realizar sus labores. |
| Órdenes de trabajo | El sistema debe facilitar la generación y modificación de órdenes de trabajo, así como llevar un registro histórico de las órdenes de trabajo generadas hasta la fecha. |
| Generación de Reportes | El sistema debe ayudar en el monitoreo de la eficacia del departamento mediante el cálculo de indicadores de gestión basado en el historial de órdenes de trabajo y generar reportes del comportamiento de dichos indicadores a través del tiempo. |
| Programación del mantenimiento | El sistema debe contener la información acerca de la programación de mantenimientos preventivos para los equipos de la empresa que lo requieran. |
| Actualización de Inventarios | El sistema debe contener un historial de los movimientos del almacén y debe actualizar automáticamente el registro de la cantidad de repuestos a medida que estos se van utilizando en los mantenimientos. |

Fuente: Autores del proyecto

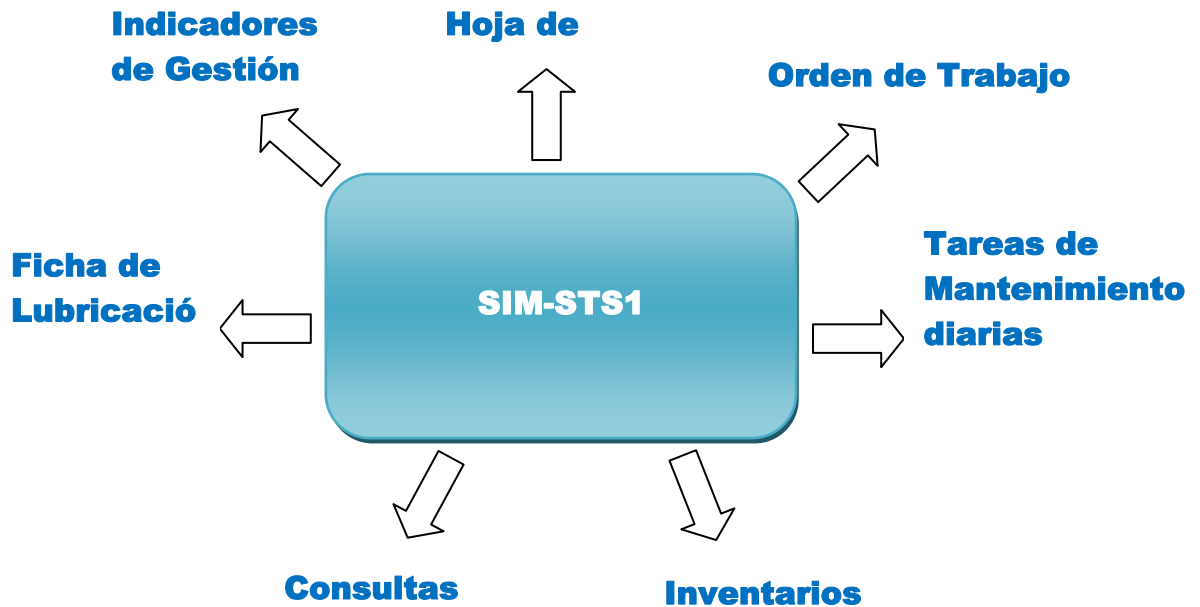
A partir de los requerimientos, se definieron las entradas y salidas que debe tener el sistema de información computarizado tal como se muestra en las figuras 44 y 45.

Figura 44. Entradas del Sistema de información



Fuente: Autores del proyecto

Figura 45. Entradas del Sistema de información



Fuente: Autores del proyecto

6.2.1.2 Selección del gestor de base de datos. Para realizar el sistema de información computarizado utilizamos el software Microsoft Access 2007, este es un sistema de gestión de base de datos relacional que hace parte de la suite Microsoft Office. Access fue elegido por ser un programa de fácil consecución, con el que cuenta la empresa y que se ajusta a las necesidades de pequeñas organizaciones como STS de los Andes.

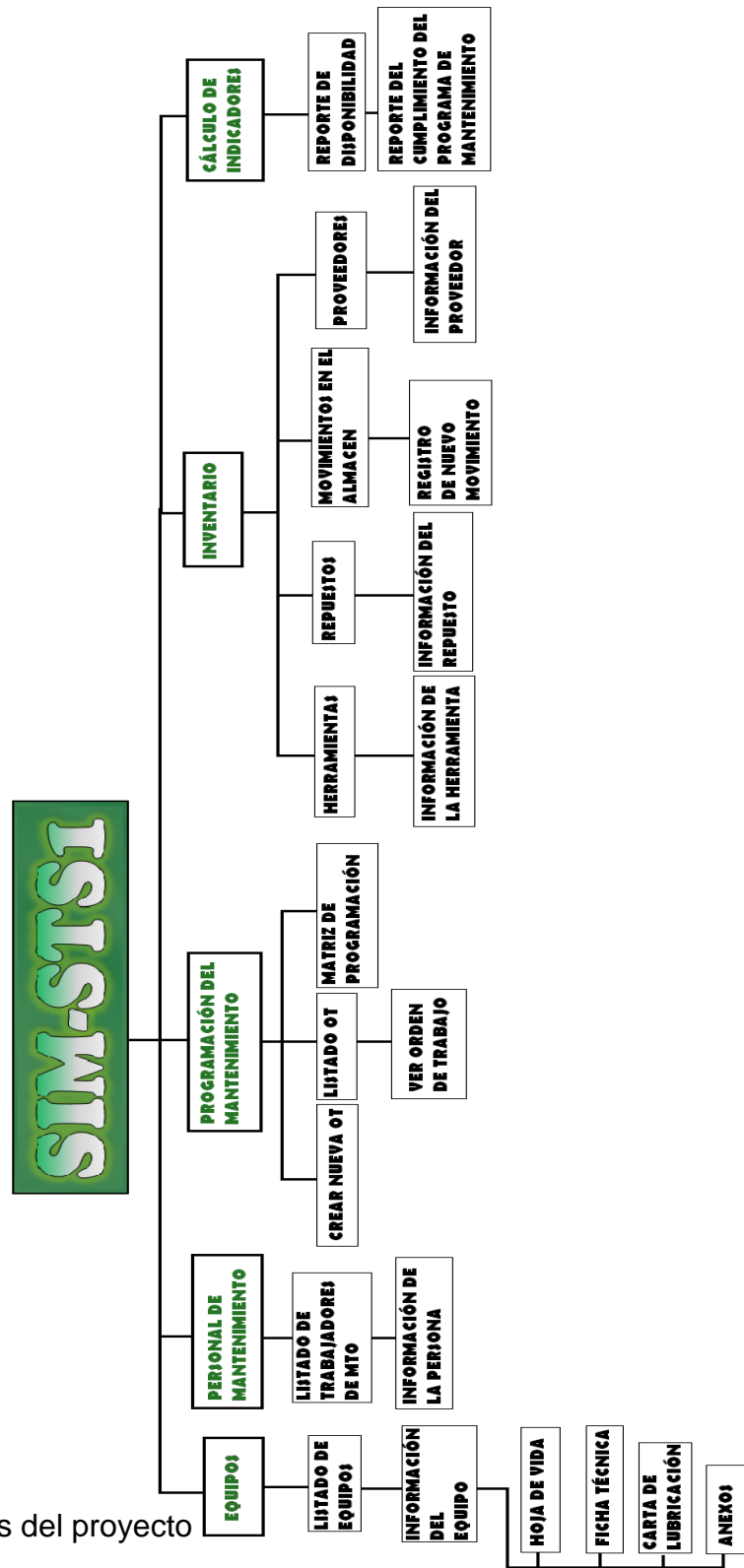
6.2.1.3 Diseño de la estructura general del sistema. Una vez conocidos los requerimientos del sistema computarizado y seleccionado el programa gestor con el cual se realizará se procedió a definir la manera en que se estructurarán sus diferentes componentes, esto de acuerdo a la arquitectura y flujo de información que se manejará en la empresa.

SIM-STS1 se diseñó con 5 módulos principales: Equipos, Personal de Mantenimiento, Programación del Mantenimiento, Inventario y Cálculo de Indicadores; en la figura 46 se puede observar la forma en que se organiza la

información en el SCAM a partir de formularios que se desprenden de estos 5 módulos.

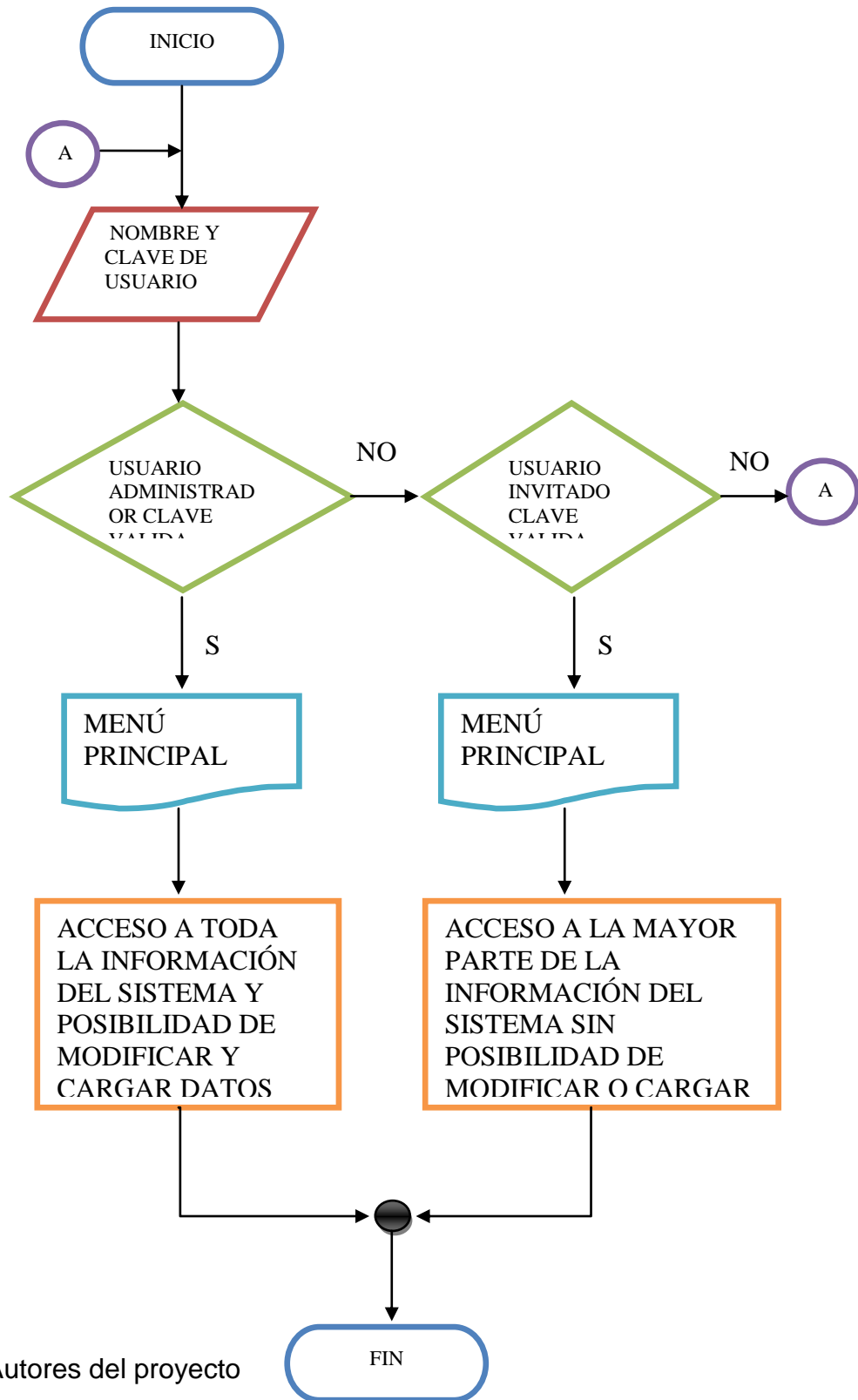
6.2.1.4 Diseño del flujo de datos. En este punto se definió la forma en que fluirá la información en el sistema, los tipos de usuarios que existirán y el nivel de acceso a la información que cada uno de ellos tendrá. En “SIM-STS1” se han definido dos perfiles de usuario, “Administrador” e “Invitado”, el administrador tendrá acceso a toda la información de los cinco módulos del sistema, podrá modificar esta información y agregar nuevos registros, mientras que el invitado podrá ver toda la información de los módulos equipos y cálculo de indicadores, la información más general de los módulos Personal, Programación del Mantenimiento e inventario y no podrá editar la información ni agregar nuevos datos al sistema; esto con el fin de dar mayor seguridad en el manejo del programa. En nuestro caso el perfil de Administrador será utilizado por el coordinador y planeador de mantenimiento mientras que el perfil invitado será utilizado por las demás personas interesadas en la gestión de mantenimiento de la empresa, como el superintendente de operaciones o el gerente general. En la figura 47 se presenta el diagrama de flujo general del sistema en el cual se ilustra este punto.

Figura 46. Estructura del sistema de información



Fuente: Autores del proyecto

Figura 47. Diagrama de flujo general del sistema



Fuente: Autores del proyecto

6.2.1.5 Diseño de entradas y salidas. Los datos de entrada al sistema (ver figura 44 y 45) son ingresados al sistema por digitación o selección del usuario en formularios diseñados para tal fin, generalmente después de dar clic en el botón modificar en la parte inferior derecha de dichos formularios.

Las salidas del sistema son los resultados generados por este, estas son presentadas generalmente en formatos que han sido diseñados a lo largo de este proyecto de grado teniendo en cuenta principalmente las necesidades de información de la empresa y la fácil comprensión de los datos allí consignados. Los documentos utilizados en el sistema de información de STS de los Andes son mostrados en las figuras 42, 43, 44 y 45.

6.2.1.6 Creación de las tablas y relaciones. Las tablas son los objetos en los cuales se almacena la información en la base de datos, para evitar la redundancia de los datos (datos duplicados) conviene desglosar los datos en muchas tablas basadas en temas para que cada dato esté representado sólo una vez, a continuación los campos comunes de las tablas se deben relacionar para dar a Access la posibilidad de volverlos a recopilar. Hay tres tipos de relaciones posibles entre las tablas: Uno a uno (un registro de la primera tabla sólo puede estar relacionado con un único registro de la segunda tabla), uno a varios (un registro de la primera tabla puede estar relacionado con más de un registro de la segunda tabla pero los registros de la segunda tabla solo pueden relacionarse con un único registro de la primera) y varios a varios (un registro de una tabla puede estar relacionado con más de un registro de la otra y viceversa).

En "SIM-STs1" la información se almacenó en tablas llamadas: Equipos, Herramientas, Hoja de Vida, Indicadores, Mov Almacén, Personal, Proveedores, STS, Tipo Herr/Rep, CrearOT1, CrearOT2 y Anexos. Y se relacionaron como se muestra en el diagrama entidad-relación de la figura 48.

6.2.1.7 Diseño de la interfaz de usuario. La interfaz de usuario es medio con que el usuario puede comunicarse con el programa, para diseñarla tuvimos en

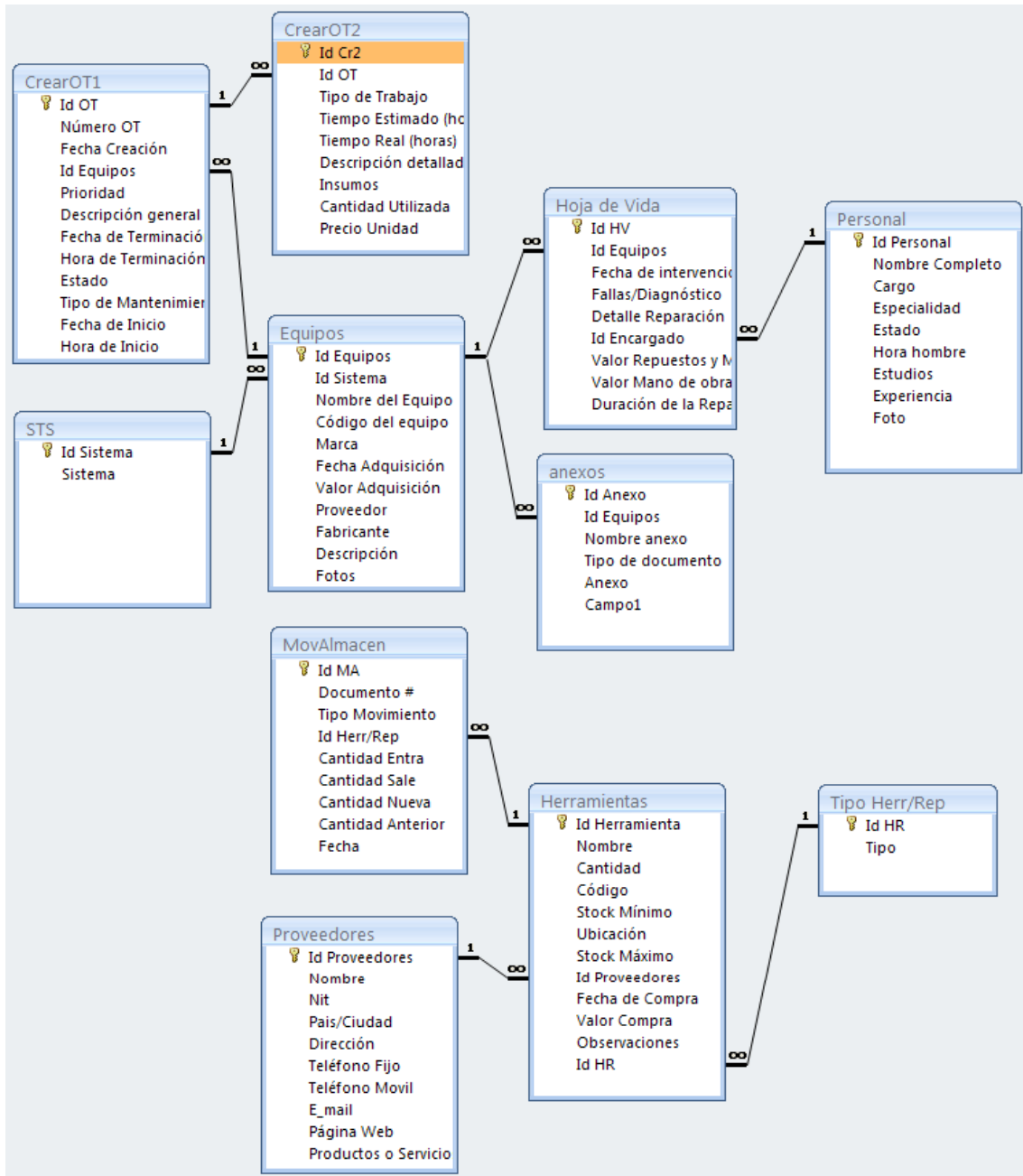
cuenta la facilidad en su uso, las expectativas de los usuarios y la coherencia con la imagen de la empresa. De este modo se diseñaron unas ventanas en las cuales hay fácil acceso a la información, fácil introducción de datos y que brindan la información oportunamente de modo que evitan al usuario tener que memorizar datos para su uso. En la siguiente sección de este capítulo se describen en detalle estas ventanas.

6.2.1.8 Programación. En este punto se estructuró la forma en que el SCAM procesará los datos de entrada para lograr las salidas deseadas (actualizaciones de datos, cálculo de indicadores, etc.), esto mediante macros y códigos de programación en Visual Basic para Access. Posteriormente se realizaron varios ensayos a estos procesos con el fin de corregir errores en la programación y garantizar el buen desempeño del programa.

Algunas de las funciones que el programa realiza mediante la programación de Visual Basic son:

- Cálculo de indicadores de gestión.
- Actualización de la cantidad de insumos en el almacén después de la realización de una orden de trabajo.
- Registro de los movimientos en el almacén a partir de las ordenes de trabajo.
- Búsqueda y filtrado de datos en formularios.

Figura 48. Diagrama Entidad-Relación



Fuente: Autores del proyecto

6.2.2 Manual del usuario

6.2.2.1 Requisitos del programa. En la tabla 20 se pueden observar los requisitos para el buen funcionamiento de SIM-STS1.

Tabla 20. Requisitos del programa

| COMPONENTE | REQUISITO |
|---------------------|--|
| Equipo y procesador | Procesador de 500 megahercios (MHz) o superior |
| Memoria | 256 megabytes (MB) de RAM como mínimo |
| Disco duro | 45 MB de espacio libre en el disco duro (mas el espacio que sea ocupado por la información que se ingrese a la base de datos). |
| Unidad | Unidad de CD-ROM o DVD |
| Pantalla | Monitor con una resolución de 1024x768 o superior |
| Sistema operativo | Sistema operativo Microsoft Windows XP con Service Pack (SP) 2, Windows Server 2003 con SP1 o posterior |

Fuente: Autores del proyecto

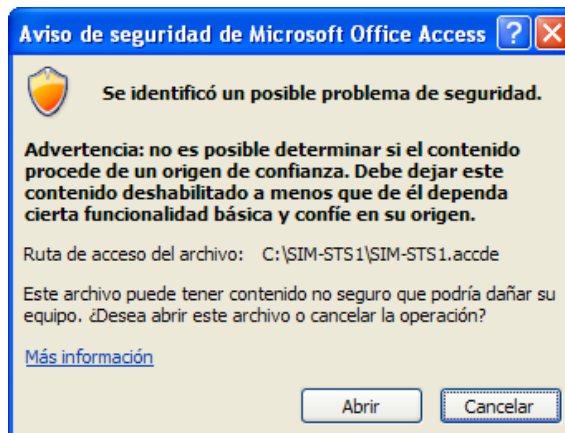
6.2.2.2 Instalación. Para instalar SIM-STS1 en su computador siga estos pasos:

- 1) inserte el CD de instalación en la unidad de CD de su computador.
- 2) Cree una nueva carpeta en la raíz del disco C llamada SIM-STS1.
- 3) Copie todos los archivos del CD y péguelos en esta nueva carpeta.

De este modo podrá ejecutar el programa al hacer doble clic en “SIM-STS1.accde” ubicado en “C:\ SIM-STS1”. Para mayor facilidad en la ejecución del programa se recomienda crear un acceso directo del archivo “SIM-STS1.accde” en el escritorio.

6.2.2.3 Ingreso al sistema. Después de ejecutar el archivo SIM-STS1.accde aparecerá un aviso de seguridad de Microsoft Office Access como el que aparece en la figura 49.

Figura 49. Aviso de seguridad de Microsoft Office Access



Fuente: Autores del proyecto

Este aviso está hecho para proteger el computador de archivos que puedan ocasionar daños al computador, el código de SIM-STS1 solamente se utiliza para el manejo de la base de datos por lo cual es inofensivo para su computador. Para iniciar el programa sin problemas de clic en aceptar al ver esta advertencia.

Al inicial el programa aparecerá la ventana de ingreso al programa, escriba su nombre de usuario y contraseña para acceder a la base de datos y luego de clic en el botón “Entrar”.

6.2.2.4 Usuarios. Con el fin de brindar mayor orden y seguridad en el manejo de los datos del mantenimiento, SIM-STS1 permite dos tipos de usuarios: “Administrador” e “Invitado”.

El usuario “Administrador” tendrá acceso a toda la información almacenada en el programa, podrá modificarla y cargar nuevos datos, mientras que “Invitado” podrá observar la mayor parte de la información del mantenimiento pero sin realizar modificaciones en su contenido.

Cada tipo de usuario tiene su contraseña para ingresar al sistema, éstas se pueden ver en el archivo “Leame.txt” del CD de instalación.

6.2.2.5 Manejo de SIM-STS1. Una vez haya ingresado al sistema aparecerá el menú principal (ver figura 50), que presenta los cinco módulos que contiene el programa (Equipos, Personal de Mantenimiento, Programación de Mantenimiento, Inventario y Cálculo de Indicadores). Para acceder a alguno de los módulos de clic en el botón que contiene su nombre.

Si maneja el programa desde el perfil de “Administrador”, podrá observar el botón “Modificar” en la parte inferior derecha de varias ventanas un vez haya ingresado a alguno de los módulos, por medio de este podrá hacer que la información se pueda modificar e inclusive eliminar el registro completo que esté observando al dar clic en el botón “Eliminar Registro” (que aparecerá después de dar clic en “Modificar”). En algunos formularios usted podrá insertar fotografías, para hacerlo arrastre la foto desde su ubicación original a las casillas destinadas para tal fin.

Figura 50. Menú principal de SIM-STS1



Fuente: Autores del proyecto

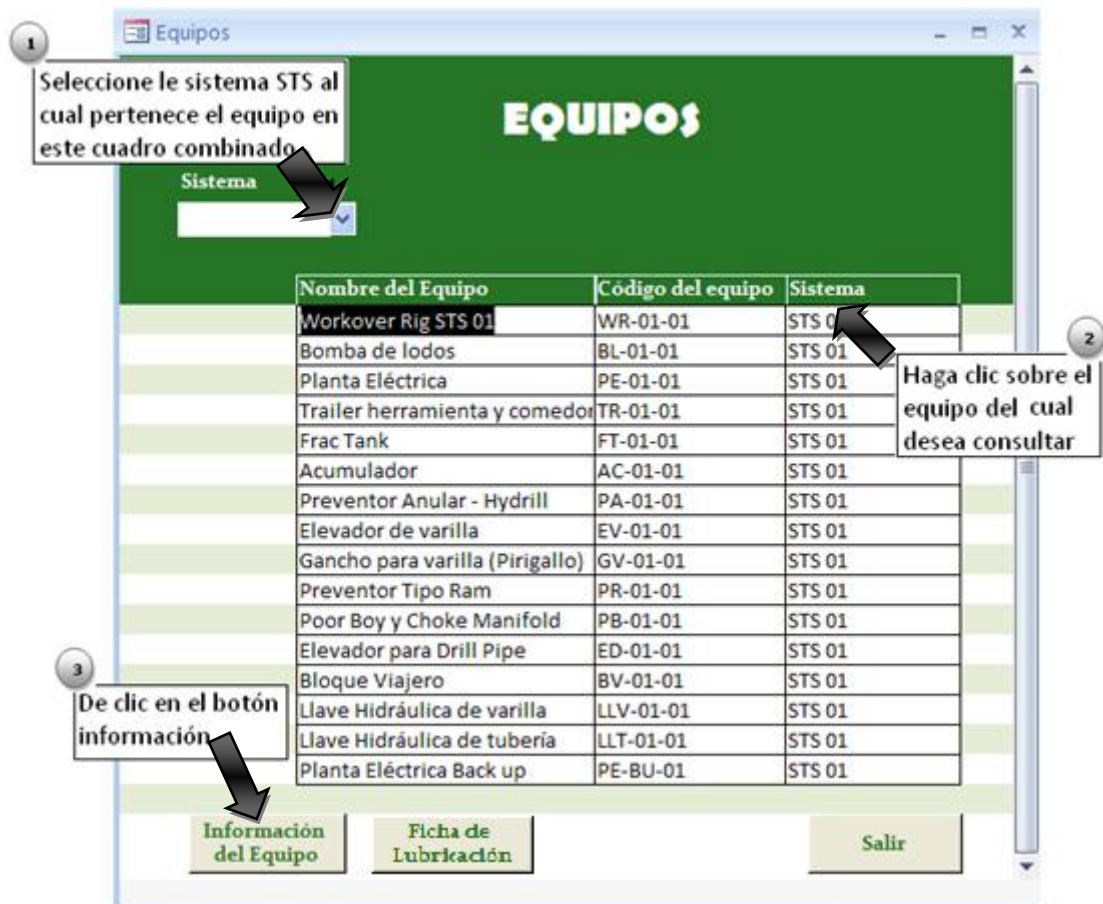
6.2.2.6 Módulo equipos. Este módulo proporciona información acerca de la identificación, fabricante, fecha y valor de adquisición, lubricación, historial, especificaciones técnicas entre otras características de los equipos de la empresa.

La primera ventana de este módulo presenta una lista de los equipos pertenecientes a un sistema STS determinado (STS 01, STS 02, STS 03, STS 04 o STS 05). Allí usted puede ver la ficha de lubricación del sistema o consultar la información de un equipo determinado, para esto último siga las indicaciones presentadas en la figura 51.

Después de estos pasos aparecerá una nueva ventana que presenta información del equipo seleccionado. En la esquina inferior izquierda de esta nueva ventana se pueden ver los siguientes botones:

- Hoja de Vida: Este botón permite observar e imprimir el historial de mantenimiento del equipo.
- Ficha Técnica: Muestra las características técnicas del equipo y permite imprimirlas.
- Anexos: Da acceso a otros documentos importantes para el equipo.

Figura 51. Pasos para acceder a la información de un equipo



Fuente: Autores del proyecto

6.2.2.7 Módulo personal de mantenimiento. Este módulo brinda información acerca de las personas que trabajan en el área de mantenimiento de la empresa. Al entrar a este módulo aparece un listado de las personas del área y su cargo; si

usted se encuentra en el perfil de administrador también podrá ver el botón “Información” en la parte inferior izquierda de la ventana, por medio de este botón podrá acceder a otro formulario que presenta información mas detallada sobre la persona seleccionada (para seleccionar una persona haga clic encima de su nombre), en este nuevo formulario se puede ver el nombre, especialidad, estado, valor hora hombre, estudios, experiencia de la persona, ver figura 52.

Figura 52. Ventanas del módulo Personal de Mantenimiento

The screenshot shows a software interface with two main windows. The primary window, titled "Información de la Persona", has a green header and contains the following fields:

- Nombre Completo:** Pedro Perez Segura
- Especialidad:** Mecánica
- Estado:** Incapacidad
- Cargo:** Coordinador
- Valor Hora Hombre:** \$5,000
- Estudios:** Técnico Mecánico
- Experiencia:** (Empty text area)
- Foto:** Placeholder image

Buttons for "Modificar" and "Salir" are at the bottom right. A secondary window on the left, titled "Personal de Mantenimiento", shows a list of names under the heading "Nombre Completo". The names listed are: Pedro Perez Segura, Calixto Lopez, Hugo Silva, Bonifacio Cadenas, Esgardo Suarez, Don Peñaranda, Viterbo Zuluaga, Sigilfredo Barba, Virgilio Guevara, and Luis Arciniegas. The name "Luis Arciniegas" is highlighted. An arrow points from the "Información" button in the bottom left of this window to the main form window.

Fuente: Autores del proyecto

6.2.2.8 Módulo programación del mantenimiento. El módulo “Programación del Mantenimiento” es una ayuda a la hora de programar y registrar las tareas de

mantenimiento. Al ingresar a él usted verá una ventana con cuatro botones que le permitirán ingresar a las diferentes secciones del módulo o salir de este, las secciones con las que cuenta el módulo son:

- Crear Nueva OT: Esta sección le permitirá crear e imprimir las nuevas ordenes de trabajo de mantenimiento, para hacer una nueva orden de trabajo llene los datos solicitados en el formulario que aparece al ingresar a la sección y haga clic en “Registrar Cambios”, ver figura 53.

Figura 53. Formulario crear nueva OT

CREAR NUEVA ORDEN DE TRABAJO

Número OT Fecha Creación

Sistema

Nombre del Equipo

Descripción general del trabajo

Fecha de Inicio: Fecha de Terminación:

Hora de Inicio: Hora de Terminación:

Prioridad Estado Tipo de Mantenimiento:

| * | Tipo de Trabajo | Descripción detallada del trabajo | Tiempo Estimado | Tiempo Real | Insumos | Cantidad | Precio Unidad | Precio Total |
|---|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-------------|---------|----------|---------------|--------------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Fuente: Autores del proyecto

Los campos “Fecha de Terminación” y “Hora de terminación” permanecerán desactivados hasta que la orden de trabajo esté cerrada y así se pueda registrar el momento real en que termina el trabajo, estos campos no deben ser llenados hasta que la OT llegue a ese estado. Si la orden de trabajo es del tipo general (que se utiliza en pequeños trabajo de rutina y repetitivos) no llene estos campos porque la fecha de terminación de los trabajo allí mencionados es variable.

Si desea imprimir la orden de trabajo haga clic en el botón “Vista preliminar” y podrá visualizar la OT tal como se imprimirá, posteriormente de clic en “Imprimir Orden de trabajo” en la parte superior derecha de la pantalla.

Esta sección tiene conexión con el módulo “Inventario” por lo que los consumos de materiales y repuestos serán registrados en dicho módulo y actualizarán el registro del número de materiales disponibles.

Nota: El botón “Crear Nueva OT” no está disponible para el perfil de “Invitado” por lo que la creación de las OT nuevas será facultad exclusiva del “Administrador”.

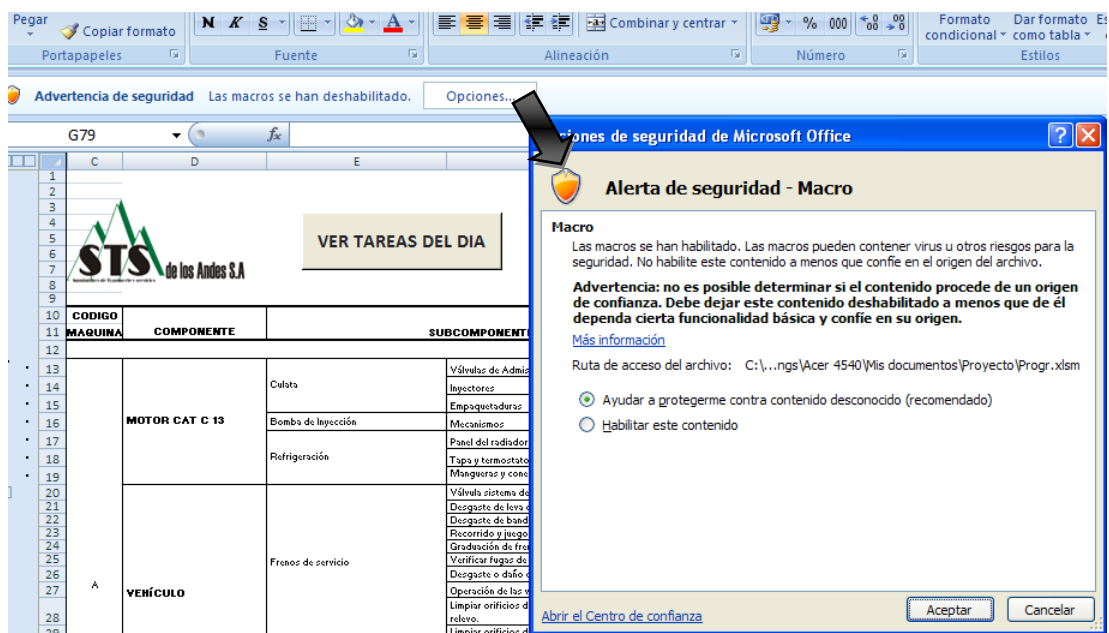
- Listado OT: En esta sección usted verá una lista de las OT registradas hasta el momento junto con su información más relevante. Si se encuentra bajo el perfil de Administrador también podrá consultar la información detallada de cada orden de trabajo haciendo clic en el botón “Detalles” ubicado en la parte inferior derecha de la ventana.

Al dar clic en “Detalles” aparecerá una ventana que presentará los datos de la orden de trabajo seleccionada, allí podrá modificar los e imprimir la orden de trabajo mediante los botones “Modificar” y “Vista previa” respectivamente.

En ocasiones se pueden crear órdenes de trabajo que no son reales o puede que usted quiera eliminar el registro de alguna de ellas, para esto de clic en el botón “Eliminar OT” que aparece después de dar clic en el botón “Modificar” del formulario. Si lo que desea es eliminar una de las tareas que componen la OT (un registro de la tabla inferior del formulario) elija la tarea y de clic en “Eliminar Registro”.

- Programación Mantenimiento: Al ingresar a esta sección se abrirá el archivo que contiene la matriz de programación del mantenimiento del sistema STS que usted seleccione, además se podrá consultar las tareas de mantenimiento de un día específico para ese sistema. Si al abrir el archivo aparece una advertencia de seguridad en la parte superior de la ventana de clic en opciones, elija la opción “Habilitar este contenido” y de clic en aceptar; así podrá aprovechar las ventajas de este archivo (ver figura 54).

Figura 54. Inicio del Archivo de programación del mantenimiento



Fuente: Autores del proyecto

- Si desea saber las actividades de mantenimiento preventivo para un día determinado, de clic en “Ver tareas del día”, seguidamente escriba la fecha para la cual desea consultar y de clic en aceptar. Así en la tercera hoja del archivo aparecerá una tabla que mostrará las tareas de mantenimiento que se deben ejecutar en el día seleccionado.

6.2.2.9 Módulo inventario. El objetivo de este módulo es ayudar en el control de los insumos utilizados en el mantenimiento. Al ingresar al módulo aparece una ventana con cinco botones que le permitirán entrar a las diferentes secciones del módulo o salir de este. Las secciones de este módulo son:

- **Herramientas:** En esta sección usted podrá ver una lista de las herramientas con que cuenta la empresa y si se encuentra en el perfil de administrador podrá ver información mas detallada de cada una de estas haciendo clic en el botón “Detalles” ubicado en la esquina inferior izquierda de la ventana, Ver figura 55.
- **Repuestos:** Esta sección es muy similar a la sección “Herramientas” pero contiene la información de los repuestos utilizados en mantenimiento.
- **Movimientos en el Almacén:** Esta sección contiene un registro de los movimientos en el inventario. En la primera pantalla muestra una tabla que lista los movimientos en el almacén, en ella se puede ver el código y Nombre del repuesto o herramienta, cantidad que entra, cantidad que sale, cantidad anterior, cantidad nueva, código y nombre del documento por el cual se realizó el movimiento. Esta sección se conecta con el módulo “Programación del Mantenimiento” de modo que cada vez que mediante una OT se utilicen insumos del almacén se creará o modificará el respectivo registro en la tabla de “Movimientos en el Almacén”.

Figura 55. Sección Herramientas

| Nombre | Cantidad | Código | Ubicación | Proveedor |
|--------|----------|--------|-----------|-----------|
| Herr2 | | | | |
| Herr3 | | | | |
| Herr4 | | | | |
| Herr5 | | | | |

| | | | |
|--------------|---------------------------------------|-----------------|---|
| Nombre | <input type="text" value="Herr2"/> | Cantidad | <input type="text" value="10"/> |
| Código | <input type="text" value="H2222"/> | Stock Mínimo | <input type="text" value="3"/> |
| Ubicación | <input type="text"/> | Stock Máximo | <input type="text" value="30"/> |
| Proveedor | <input type="text"/> | Fecha de Compra | <input type="text" value="05/05/2009"/> |
| Valor Compra | <input type="text" value="\$20.000"/> | | |

Observaciones

Detalles

Modificar Salir

Fuente: Autores del proyecto

Si usted se encuentra bajo el perfil de “Administrador” también podrá registrar nuevos movimientos o eliminar los ya registrados con los botones “Nuevo Registro” y “Eliminar Registro” respectivamente.

- Proveedores: En esta sección usted verá un listado de los proveedores de insumos de mantenimiento de la empresa, para cada proveedor podrá ver su nombre, Nit y los productos o servicios que ofrece. El usuario “Administrador” podrá ver mas detalles de cada proveedor seleccionándolo y haciendo clic en el botón “Detalles”.

6.2.2.10 Módulo cálculo de indicadores. Este módulo tiene la función de ayudar en el monitoreo de las actividades de mantenimiento calculando y graficando

algunos indicadores que miden la eficacia del mantenimiento. El programa calcula y grafica la Disponibilidad y el cumplimiento del programa de mantenimiento para un equipo determinado de acuerdo a las ecuaciones presentadas en la Tabla 21:

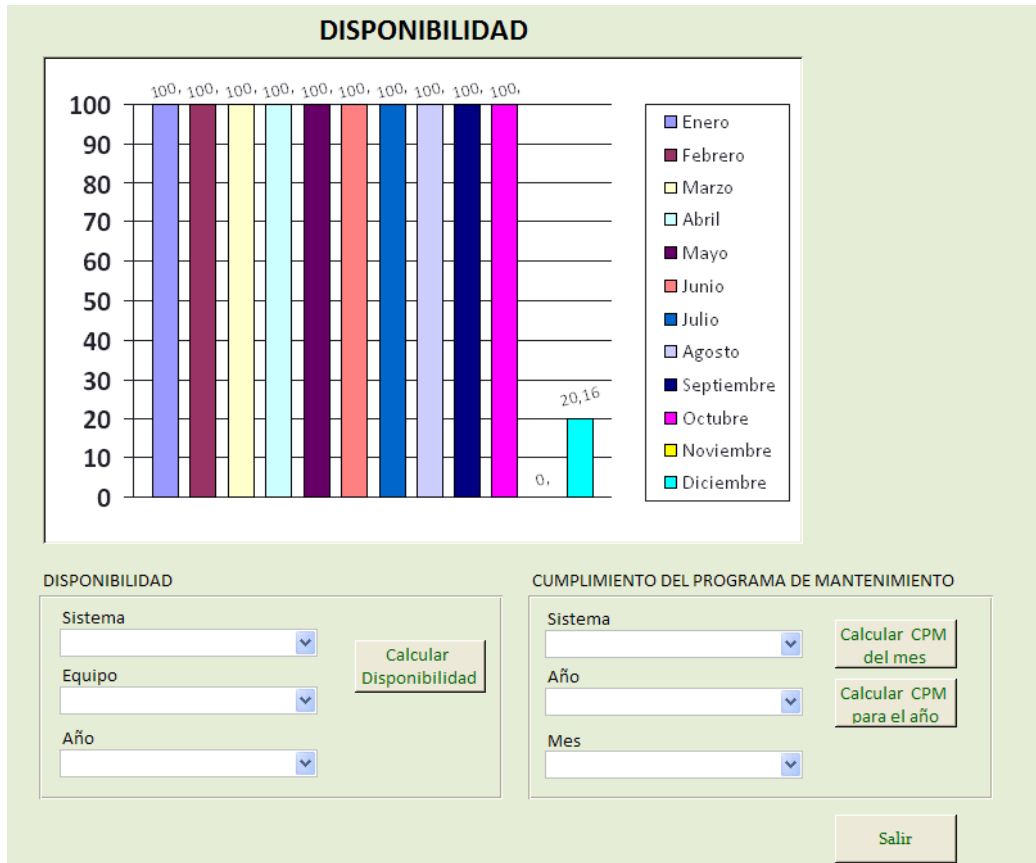
Tabla 21. Indicadores de gestión calculados por SIM-STS1

| INDICADOR | ECUACIÓN |
|--|---|
| Disponibilidad | $\frac{\textit{Tiempo de producción planeado} - \textit{Tiempo muerto no planeado}}{\textit{Tiempo de producción planeado}} \times 100$ |
| Cumplimiento del Programa de Mantenimiento | $\frac{\textit{Tareas de mantenimiento preventivo ejecutadas}}{\textit{Tareas de mantenimiento preventivo Programadas}} \times 100$ |

Fuente: Autores del proyecto

Al ingresar al módulo se verá un formulario como el presentado en la figura 56:

Figura 56. Formulario cálculo de indicadores

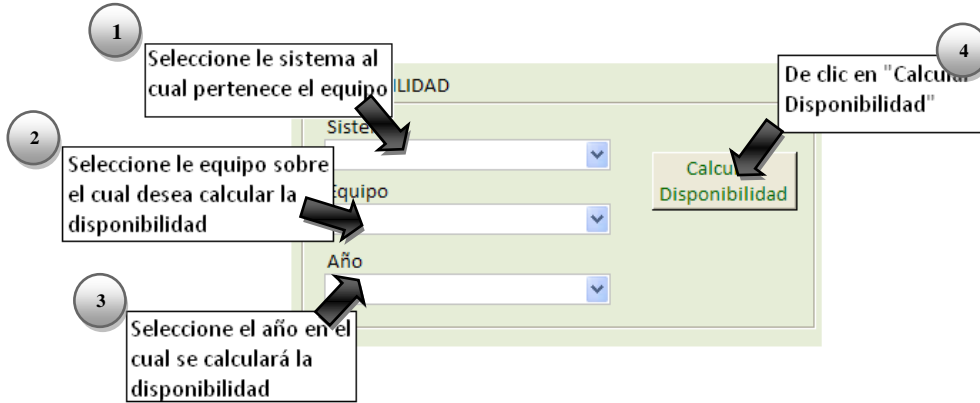


Fuente: Autores del proyecto

Para calcular y graficar la disponibilidad siga los pasos mostrados en la figura 57.

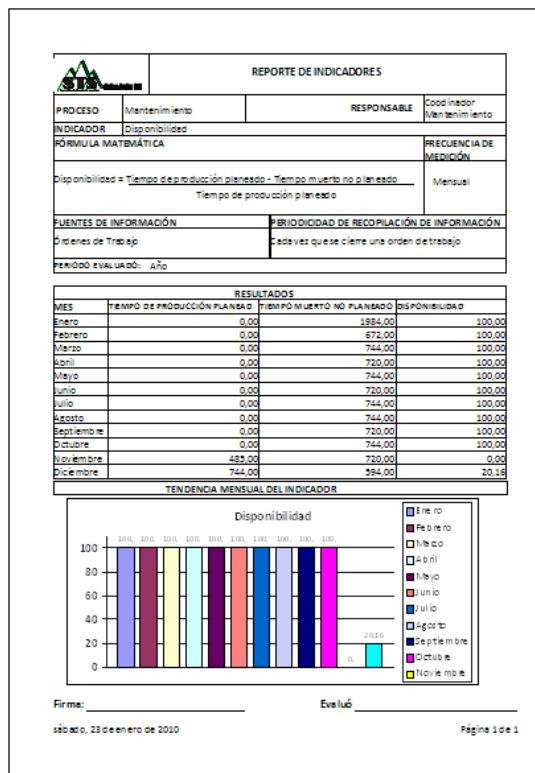
Después de esto el gráfico de barras de la parte superior del formulario mostrará la disponibilidad del equipo para los diferentes meses del año seleccionado, también aparecerá un botón debajo del botón “Calcular Disponibilidad” llamado “Reporte Disponibilidad”, por medio de él se podrán generar el reporte del indicador para el equipo seleccionado, ver figura 58.

Figura 57. Pasos para calcular la disponibilidad



Fuente: Autores del proyecto

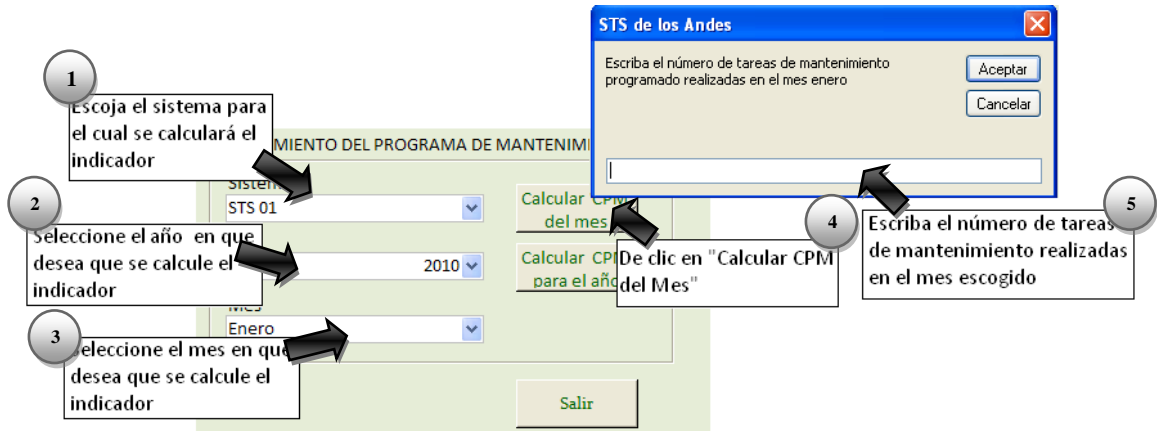
Figura 58. Reporte de indicadores



Fuente: Autores del proyecto

Para calcular el cumplimiento del programa de mantenimiento (CPM) para un mes determinado siga los pasos mostrados en la figura 59.

Figura 59. Cálculo del Cumplimiento del Programa de Mantenimiento



Fuente: Autores del proyecto

Después de esto se graficará el CPM del mes seleccionado en la parte superior del formulario.

Si desea calcular y graficar el CPM de todos los meses del año haga clic en "Calcular CPM para el año" y escriba el número de tareas de mantenimiento realizadas en cada mes en la ventana que posteriormente aparece. Al igual que en los anteriores cálculos aparecerá la gráfica del indicador en la parte superior del formulario.

El módulo cálculo de indicadores toma la información del registro de órdenes de trabajo contenido en el módulo "Programación del Mantenimiento" por lo que es importante que los datos de estas órdenes sean correctos para que el cálculo de indicadores sea confiable.

7. CONCLUSIONES

- ✓ Se inventariaron y codificaron los equipos de la empresa STS de los Andes S.A. para facilitar su identificación y vinculación al plan de mantenimiento de la empresa.
- ✓ Se clasificaron los equipos de la empresa de acuerdo a su criticidad.
- ✓ Se recopiló la información técnica de cada uno de los equipo de la empresa (catálogos, manuales, fichas técnicas, etc.).
- ✓ Se elaboraron las fichas de lubricación para cada sistema de Workover.
- ✓ Se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo para los equipos de Workover de STS de los Andes S.A, al cual se le adjuntaron ítems adicionales como el mantenimiento requerido por su planta física y los vehículos de transporte de personal y transporte especializado.
- ✓ Se realizó el programa de mantenimiento para los equipos de Workover atendiendo a las necesidades inmediatas de la empresa.
- ✓ Se estableció una organización en la gestión del mantenimiento, siguiendo lineamientos establecidos por la empresa y acudiendo a sugerencias realizadas a la misma.

- ✓ Se participó activamente con el plan de mantenimiento, durante el proceso de certificación de la empresa, en ISO 9001, ISO 140001 y la renovación de OSHAS 18001.

- ✓ Se diseñó un sistema de información computarizado para la administración del mantenimiento (SIM-STS1) que permite el registro, almacenamiento, actualización, procesamiento y comunicación de la información de mantenimiento de la empresa STS de los Andes S.A. de una forma más rápida y precisa.

- ✓ Se elaboró el manual del usuario SIM-STS1 que facilita la instalación y manejo del sistema de información computarizado

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AULACLIC. Curso de Access 2007 [en línea]
< <http://www.aulaclitic.es/access2007/index.htm>> [Citado el 1 de Septiembre de 2009]
- [2] CALDERON, Luis y NAVARRETE, Pablo. Plan de Mantenimiento de Campo Colorado. Bucaramanga, 2007. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela Ingeniería Mecánica. 217p.
- [3] CANO, Hortensia. Hojas Electrónicas de Cálculo Técnicas Avanzadas [En línea]
<<http://www.scribd.com/doc/7369090/Excel-Tecnicasavanzadas>> [Citado el 20 de Noviembre de 2009]
- [4] CARREÑO, Eder y ANAYA, Nelson. Gestión de Mantenimiento para la Industria de Colchones Wonder S.A, 2008. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 178p.
- [5] DUFFAA, Salih. RAOUF, A y DIXON, Jhon. Sistemas de mantenimiento. 1ra Edición. México D.F.: Limusa, 2000. 419p.
- [6] ECOPETROL S.A. Instructivos para operaciones de Workover: Bajada de tubería en dobles EXT – I – 032. Barrancabermeja, 2005
- [7] ECOPETROL S.A. Instructivos para operaciones de Workover: Estimulación mecánica EXT – I – 052. Barrancabermeja, 2005

- [8] ECOPETROL S.A. Instructivos para operaciones de Workover: Limpieza de arena por circulación EXT – I – 048. Barrancabermeja, 2005
- [9] ECOPETROL S.A. Instructivos para operaciones de Workover: Sacada de tubería en sencillos EXT – I – 030. Barrancabermeja, 2005
- [10] ECOPETROL S.A. Instructivos para operaciones de Workover: Sacada y bajada de varillas EXT – I – 036. Barrancabermeja, 2005
- [11] GONZALEZ B., Carlos R. Conferencias Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2001.
- [12] HYNE, Norman J. Dictionary of Petroleum Exploration, Drilling & Production, 1991. 2da Edición. Tulsa: PennWell Books. 625p.
- [13] OLAZ, Eduardo. Comencemos a Programar con VBA-Access [En línea] < http://www.olaz.net/descargas/access/curso_vba/vba_entregas.htm> [Citado el 1 de Septiembre de 2009]
- [14] RUEDA G., Gustavo. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento, Principios de Mantenimiento Documento N° 1. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1999.
- [15] QUIÑONES G., Jelder, RAMÍREZ, Davian, RUEDA, Julián y SARMIENTO, Juan. Seminario de investigación en metodologías para análisis de falla. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. Trabajo de grado

(Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

[16] SANABRIA, Ronald. Sistema Computarizado para la Administración de Campo Colorado. Bucaramanga, 2007. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 266p.

[17] SCHLUMBERGER. Oilfield Glossary [En línea]
<<http://www.glossary.oilfield.slb.com>> [Citado el 20 agosto de 2009]

ANEXOS

ANEXO A. EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

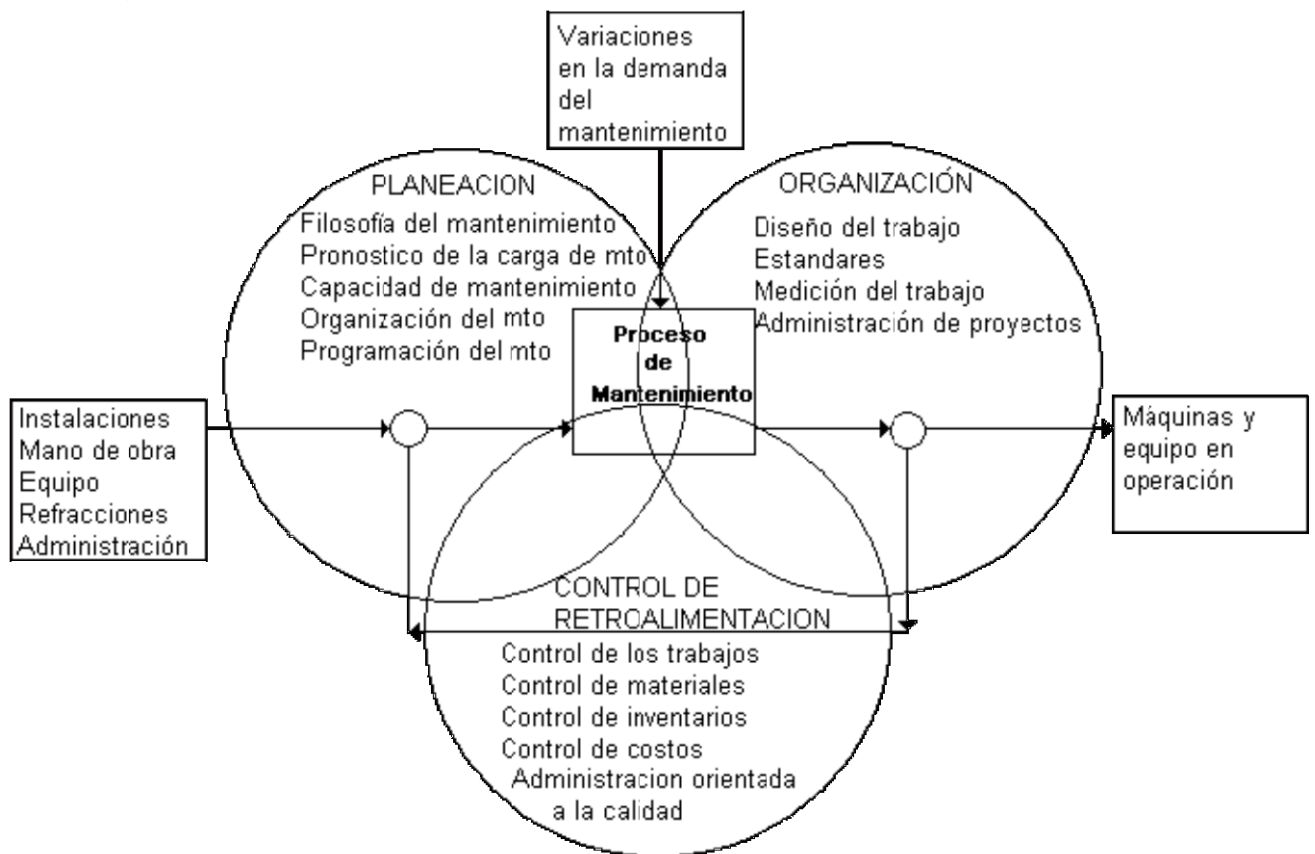
A.1 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO⁹

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para la competencia exitosa de una empresa.

El mantenimiento puede ser considerado como un sistema, es decir como un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. En la figura 60 podemos observar una representación gráfica de un sistema típico de mantenimiento.

⁹ Ver [5] DUFFAA, Salih. "Sistemas de mantenimiento"

Figura 60. Sistema típico de mantenimiento.



Fuente: DUFFAA, Salih. "Sistemas de mantenimiento"

Desde este enfoque encontramos como parte del mantenimiento actividades de planeación, de organización y de control.

A.1.1 Actividades de planeación. En la planeación del mantenimiento se maneja la filosofía de tener un nivel mínimo de personal de mantenimiento que sea consistente con la optimización de la producción y la disponibilidad de la planta sin que se comprometa la seguridad. Para lograr esto se aplica una combinación de las siguientes estrategias de mantenimiento:

- **Mantenimiento Correctivo:** El mantenimiento que se lleva a cabo después de que ocurre una falla y que pretende restablecer el equipo a un estado en el que pueda realizar la función requerida.
- **Mantenimiento Preventivo:** El mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o con la intención de minimizar la probabilidad de falla o la degradación del funcionamiento del equipo. Este puede ser con base en las condiciones (predictivo) o con base en el tiempo o en el uso.
- **Mantenimiento de oportunidad:** Es el que se realiza cuando hay la posibilidad de hacerlos debido a que hay periodos de paros generalmente programados de un sistema particular.
- **Detección de fallas:** Es un acto o inspección que se lleva a cabo para evaluar el nivel de presencia inicial de fallas.
- **Modificación del diseño:** Se hacen cambios al equipo para que alcance una condición que sea aceptable en ese momento.
- **Reparación General:** Es un examen completo y el restablecimiento de un equipo o sus componentes principales a una condición aceptable.
- **Reemplazo:** Esta estrategia implica reemplazar el equipo en lugar de darle mantenimiento. Puede ser un reemplazo planeado o un reemplazo ante una falla.

Dentro de las actividades de planeación generalmente se incluyen el pronóstico de la carga, la planeación de la capacidad (determinación de recursos necesarios para realizar el trabajo), la organización y la programación del mantenimiento.

A.1.2 Actividades de organización. Las actividades de organización incluyen:

- **Diseño del trabajo:** Comprende el contenido del trabajo de cada área y determina el método a utilizar y los recursos necesarios.
- **Estándares de tiempo:** Es en esta actividad en donde se estima el tiempo necesario para completar el trabajo.

- **Administración de proyectos:** En el caso de las plantas grandes, las reparaciones generales de gran envergadura o el mantenimiento preventivo que se ha planeado se lleva a cabo en forma periódica y debido a su magnitud toda o parte de la planta se para; razón por la cual conviene planear y graficar el trabajo para hacer el mejor uso de los recursos.

A.1.3 Actividades de control. El control tal y como se aplica en un sistema de mantenimiento incluye lo siguiente:

- **Control de trabajos:** Es esencial para lograr los planes establecidos, este control se hace mediante las ordenes de trabajo.
- **Control de inventarios:** El control de inventarios es la técnica de mantener refracciones y materiales en los niveles deseados. El óptimo nivel de refracciones es en cual se minimiza el costo de tener el artículo en existencia y el costo en que se incurre si las refracciones no están disponibles.
- **Control de costos:** El costo de mantenimiento tiene muchos componentes como el mantenimiento directo, la producción perdida, la degradación del equipo, los respaldos y costos del mantenimiento excesivo. El control de los costos de mantenimiento es una función de la filosofía del mantenimiento, el patrón de operación, el tipo de sistema y las normas adoptadas en la organización. Es un componente importante en el ciclo de vida del equipo.
- **Control de calidad:** La calidad en el mantenimiento puede evaluarse como el porcentaje de trabajos de mantenimiento aceptados de acuerdo a la norma adoptada por la organización.

A.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA MANTENIMIENTO (SIM)

El sistema de información para mantenimiento permite realizar un seguimiento y control a la gestión del grupo de mantenimiento, proporcionando información al momento sobre planeación, productividad, carga de trabajo, costo de

mantenimiento y recursos materiales para brindar elementos de apoyo en la toma de decisiones de la dirección.

Entre las condiciones de diseño del SIM debemos contemplar:

- Que tenga información veraz y actualizada.
- Que sea adaptable para su inclusión en un sistema integral de información de la empresa.
- Que sea flexible de modo que permita la inclusión de nuevos módulos o nuevas variables a los módulos existentes.
- Que ayude en la utilización del recurso disponible.

A.2.1 Descripción. El SIM está diseñado para su uso como auxiliar en los procesos de toma de decisiones y de planeación, tanto a nivel de grupo como de la dirección superior, en lo concerniente a la gestión de mantenimiento, al respecto se consideran dos categorías de información operativa y directiva.

La información suministrada por el SIM se orienta a evaluar el desempeño del mantenimiento, de modo que todo el análisis posterior se constituya en un proceso de retroalimentación que mejore continuamente la gestión del mantenimiento.

Las variables necesarias para el logro de las metas anteriores, están contempladas dentro de los siguientes subsistemas básicos máquina, mano de obra, materiales y programas:

- **Máquina:** La información que toma el sistema referente a la máquina se divide en dos partes: la historia y los módulos que la constituyen. La primera incluye las características descriptivas, capacidades de operación, los manuales y los planos necesarios para cualquier servicio de mantenimiento. Los módulos se refieren a los subsistemas constitutivos de la máquina, de acuerdo con el proceso específico que realicen como parte del conjunto total. Cada uno de estos módulos a su vez contempla componentes de tipo mecánico, eléctrico y de control, con el fin de

determinar exactamente los lugares y procedimientos necesarios en la descripción de cualquier servicio de mantenimiento.

- **Mano de Obra:** Este módulo contempla la información en tres grupos generales: Personal Administrativo, personal operativo y terceros. El personal administrativo no contempla las horas trabajadas. En cuanto al personal operativo, se considera el tiempo programado y laborado, incluyendo horas normales, extras, etc.
- **Materiales:** Contempla la descripción del material y el uso a que se destina. En el subsistema de materiales, se incluyen los repuestos y herramientas a utilizar, así como los materiales para la fabricación de piezas de repuesto. Se consideran tres subdivisiones: repuestos, piezas fabricadas en el taller y piezas fabricadas por terceras personas.
- **Programas:** Contempla la elaboración de la programación a corto plazo y su comparación contra lo ejecutado.

A.2.2 Archivo. Para el manejo de los datos contenidos en cada subsistema, es necesario la creación de archivos. Se consideran tres archivos principales: maestro de máquinas, de materiales y de programación.

El archivo de materiales contiene la descripción, cantidad y utilización de los diferentes repuestos y materiales solicitados por mantenimiento en incluye las fechas de entrada y salida del almacén, la máquina y el responsable de su utilización. Esta información puede ser utilizada posteriormente para realizar un análisis histórico que permita evaluar aspectos como cantidades mínima y máxima, clasificación del repuesto, punto de recompra, etc.

El archivo de programación contiene la información necesaria para la ejecución de los diferentes programas de mantenimiento y su posterior comparación contra lo ejecutado, incluyendo descripción, materiales, horas hombre, costos, fechas y frecuencia.

A.2.3 Resultados esperados. El SIM está orientado a suplir los requerimientos de información para un eficiente proceso de control y evaluación de la gestión de mantenimiento.

Las cifras e indicadores que sean definidos ahora, deben servir para analizar periódicamente el comportamiento del grupo, fijando metas en busca de la combinación óptima entre la cantidad del mantenimiento empleado y el costo de penalización en la producción. El SIM puede también generar listados de las máquinas por mayor número de fallas, las más costosas por mantenimiento y las de mayor cantidad de horas muertas, para evaluar los equipos que presentan problemas crónicos, así como el análisis de fallas.

La máxima utilidad del SIM se logrará si la información es utilizada correctamente, para cerrar el ciclo de retroalimentación que garantice una exitosa dirección del mantenimiento. En este sentido se contempla el suministro de estadísticas necesarias para la evaluación del desarrollo de los planes, la programación de los requerimientos de repuestos y el suministro de informes de las modificaciones en las máquinas para la actualización de los archivos técnicos.

En cuanto al mejoramiento de la eficiencia y la reducción de costo, el sistema está orientado a suministrar la información necesaria para que se controle la gestión en la búsqueda de la optimización a través de la aplicación de estrategias y de mantenimiento.




ANEXO D. FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA: SEMÁFORO DE LUBRICACIÓN

El programa semáforo fue desarrollado por STS con el animo de crear una herramienta informática con la que se pudiera explorar y analizar visualmente la programación de la lubricación de todos los sistemas de Workover.

D.1 INTERFAZ DE USUARIO

El programa funciona de la siguiente manera: las celdas pueden tener tres colores: verde, amarillo y rojo, donde cada uno posee un significado específico como se puede ver en la tabla 22. Además de esto, algunas celdas tendrán la letra “C”, como abreviatura de la palabra “Cambio”, esto indica que esta es la fecha en la que está programada esta actividad, ya sea cambio de aceite, de grasa o de filtros.

Tabla 22. Nomenclatura de colores del programa semáforo de lubricación

| COLOR | SIGNIFICADO |
|----------|---|
| Verde | Significa que todo está bien y que por el momento no se debe intervenir el elemento.  |
| Amarillo | Simboliza un estado de precaución o preparación, ya que se aproxima la fecha ideal para el “cambio” del elemento. Este color aparece cuando faltan menos de 150 horas de operación para el cambio programado.  |
| Rojo | Es una alerta que indica que ya es momento de cambiar el elemento. El color rojo se empieza a mostrar cuando aún faltan 10 horas de operación para el cambio, y no desaparecerá a menos que este se realice y se registre en el programa.  |

Fuente: Autores del proyecto

establecidas por el usuario. Se pueden implementar formatos para varias situaciones (cambio del color del fondo, del color de la fuente, del tipo de fuente, etc...), si cambia el valor de una celda y ya no cumple las condiciones, el formato condicional se suprimirá temporalmente hasta que el valor de la celda cumpla con los requisitos especificados. Los valores de las celdas que se seleccionen, pueden compararse con una constante (que será establecida por el usuario) o con los resultados de una fórmula.

El funcionamiento interno del programa sigue la secuencia a continuación:

1. Toma el valor (en horas de trabajo) de la frecuencia de cambio del elemento (Aceite, grasa o filtro), y se lo asigna a una celda específica, como puede verse en la siguiente figura. Todos los valores de frecuencia de cambio se encuentran precargados en el programa y fueron extraídos de las fichas técnicas de lubricación de cada sistema de Workover.

Figura 62. Primera etapa del programa semáforo de lubricación. Matriz de comparación programado contra ejecutado. El marco celeste encierra los valores precargados de las frecuencias de cambio.

| | | | Febrero | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------|---|--------------------------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|
| | | | Frecuencia cambio (hr) | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | | | | | | |
| COMPONENTE | ELEMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOTOR CUMMINS 230 | ACEITE | P | 250 | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | ACEITE | P | 250 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | FILTRO DE AIRE | P | 750 | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | FILTRO DE AIRE | P | 750 | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | FILTRO DE COMBUSTIBLE | P | 250 | ● | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | FILTRO DE COMBUSTIBLE | P | 250 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | FILTRO DE ACEITE | P | 250 | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | FILTRO DE ACEITE | P | 250 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | FILTRO SEPARADOR AGUA | P | 500 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | FILTRO SEPARADOR AGUA | P | 500 | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| DIRECCIÓN HIDRÁULICA | ACEITE | P | 4320 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | ACEITE | P | 4320 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | GRASA TERMINALES. | P | 200 | ● | ● | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | GRASA TERMINALES. | P | 200 | ● | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| DIFERENCIALES | ACEITE | P | 8760 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| DIFERENCIALES | ACEITE | P | 8760 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| TRANSMISIÓN | ACEITE | P | 6000 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| TRANSMISIÓN | ACEITE | P | 6000 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| SUSPENSIONES | GRASA | P | 200 | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| SUSPENSIONES | GRASA | P | 200 | ● | ● | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| FRENOS | GRASA | P | 200 | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| FRENOS | GRASA | P | 200 | ● | ● | ● | ● | C | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| EJES - BOCINES | GRASA | P | 8640 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| EJES - BOCINES | GRASA | P | 8640 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |

Fuente: Autores del proyecto

- Al valor anterior, se le resta el número 48, que equivale a 48 horas de trabajo, es decir dos días de calendario, que en el programa equivalen a una celda. El resultado de esta resta, se le asigna a la celda siguiente (a la derecha). A la nueva celda se le vuelve a restar 48 y su resultado es asignado a la siguiente celda, y así sucesivamente hasta culminar con las horas de operación (Ver figura 63).

Figura 63. Segunda etapa del programa semáforo de lubricación

| | | Febrero | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|---------|-------|-------|-------|------|------|----|-------|-------|----|--|--|
| Frecuencia cambio (hr) | | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | | |
| P | 250 | | | | | | | | | | | | |
| | | C | ● 202 | ● 154 | ● 106 | ● 58 | ● 10 | C | ● 202 | ● 154 | ● | | |

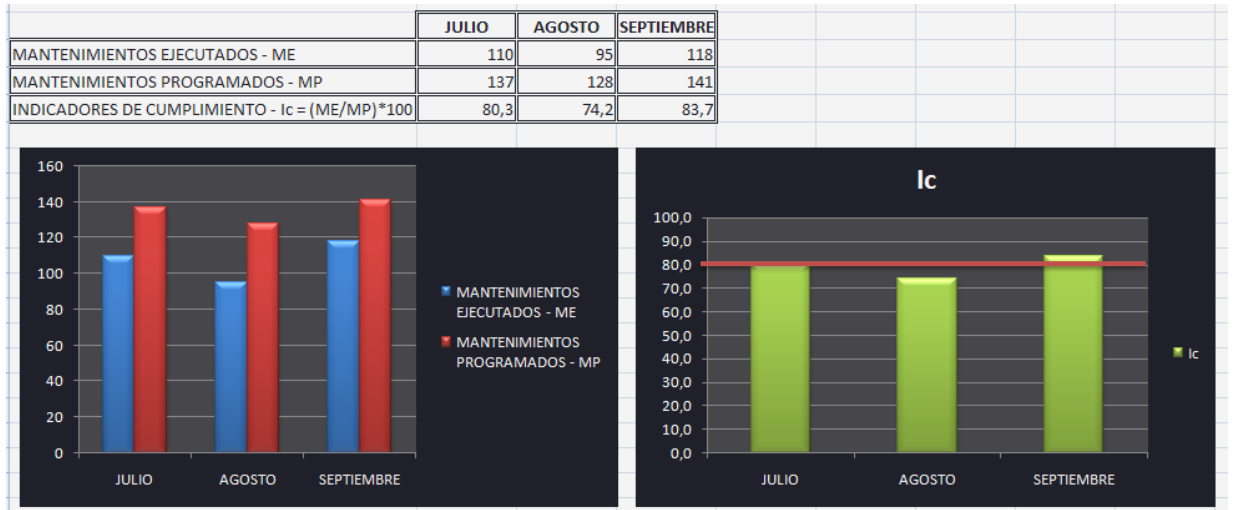
Fuente: Autores del proyecto

3. En el momento en que el semáforo llega a cero, significa que es hora de realizar un cambio y este se encuentra con la letra “C”, que indica un nuevo ciclo en el programa, como bien lo muestra la figura 63 (Ver Febrero 18).
4. Una vez alimentado el programa con la información real, este cuenta el número de mantenimientos programados y ejecutados, para luego compararlos en el calculo del indicador de cumplimiento de lubricación, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Indicador de cumplimiento} = 100 * \frac{\text{Mantenimiento Ejecutados}}{\text{Mantenimientos Programados}}$$

Estos datos pueden verse para los meses de Julio, Agosto y Septiembre en la figura 64.
5. Al tener el valor numérico del indicador correspondiente a cada mes, se puede realizar fácilmente una gráfica comparativa entre los diferentes meses (Ver figura 64).

Figura 64. Cálculo de indicadores de cumplimiento en la lubricación y gráficas comparativas



Fuente: Autores del proyecto