

**MEJORAMIENTO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
EQUIPOS DE WORKOVER DE LA EMPRESA INDEPENDENCE S.A.**

**DIEGO MAURICIO MONCADA TOVAR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DÉ SANTANDÉR  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2014**

**MEJORAMIENTO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
EQUIPOS DE WORKOVER DE LA EMPRESA INDEPENDENCE S.A.**

**DIEGO MAURICIO MONCADA TOVAR**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: Ramiro Candela Herrera  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DÉ SANTANDÉR  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2014**

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

*A Dios por la oportunidad que me da día a día de poder disfrutar y aprender cada vez más de la vida.*

*A mi madre, hacedora de mi presente y a la cual le debo todo. A mis hermanas y abuelos por el apoyo y el cariño recibido. A mi novia por la paciencia y el amor entregado día a día.*

*A mi abuelo, que ya no está con nosotros, que con sus enseñanzas y cariño me ayudo a forjar mi presente.*

*Agradezco al grupo de ingeniería y planeación de Independence S.A. por el soporte en la información para la elaboración de la presente monografía.*

**Diego Mauricio Moncada Tovar**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b>	17
<b>1. CONTEXTUALIZACION</b>	18
<b>1.1 INDEPENDENCE S.A.</b>	18
1.1.1 Misión y visión	20
1.1.2 Unidades estratégicas de negocio	21
1.1.3 Estructura organizacional	21
1.1.4 Estructura del proceso de mantenimiento	22
1.1.5 ¿Qué es Workover?	25
1.1.6 Layout y componentes de un equipo de workover	28
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	48
<b>1.3 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS</b>	50
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	52
<b>2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	52
2.1.1 Características	56
2.1.2 Ventajas	57
2.1.3 Consideraciones de implementación	58
<b>2.2 ANÁLISIS DE HISTORICOS DE FALLAS</b>	61
2.2.1 Metodologías	64
2.2.1.1 Análisis de Pareto	64
2.2.1.2 Matriz RIM	67
<b>3. RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN</b>	69
<b>3.1 METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE FALLAS</b>	69
<b>3.2 HISTÓRICOS DE FALLA DE COMPONENTES DEL EQUIPO DE WORKOVER</b>	76

	<b>Pág.</b>
<b>3.3 ANÁLISIS DE PARETO POR COMPONENTE</b>	77
<b>3.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO</b>	94
<b>4. PROPUESTA</b>	95
<b>4.1 MEJORAMIENTO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE WORKOVER DE INDEPENDENCE S.A.</b>	95
4.1.1 Planes de mantenimiento preventivo actuales Vs Históricos de falla	95
<b>5. ESTRATEGIA METODOLOGICA</b>	110
<b>5.1 ACTUALIZACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	110
<b>5.2 TABLAS DE RECURSOS</b>	123
<b>5.3 DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA LA PROGRAMACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	123
<b>6. CONCLUSIONES</b>	127
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	129
<b>ANEXOS</b>	131

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Historia de la innovación en Independence S.A.	19
Figura 2. Distribucion de equipos en Colombia, de Independence S.A.	20
Figura 3. Estructura organizacional de Independence S.A.	22
Figura 4. Estructura organizacional área mantenimiento, Independence S.A.	23
Figura 5. Equipo convencional de workover	27
Figura 6. Layout de un equipo convencional de workover	28
Figura 7. Tanque de lodos	29
Figura 8. Motor eléctrico acoplado a moto reductor	30
Figura 9. Agitador de lodos	31
Figura 10. Bomba centrifuga	32
Figura 11. Esquema eléctrico y de iluminación en un tanque de lodos	32
Figura 12. Bomba de lodos triplex	33
Figura 13. Generador eléctrico	34
Figura 14. Disposición de motor diésel en una unidad básica	36
Figura 15. Transmisión Allison serie 6000	36
Figura 16. Caja de ángulo recto	37
Figura 17. Malacate en el sistema de izaje	37
Figura 18. Freno hidromático	39
Figura 19. Despiece winche hidráulico	39
Figura 20. Esquema del sistema neumático para frenado de unidad básica	40
Figura 21. Acumulador	41
Figura 22. Mástil de un equipo de workover	42
Figura 23. Bloque de corona	43
Figura 24. Subestructura	44
Figura 25. Bloque viajero	45

	<b>Pág.</b>
Figura 26. Elevador de tubería	45
Figura 27. Llave de potencia	46
Figura 28. Cuña manual	47
Figura 29. Compresor de tornillo	48
Figura 30. Distribucion básica, general de un equipo de workover	49
Figura 31. Curva de comportamiento de los fallos potenciales (intervalo P-F)	54
Figura 32. Estrategias de mantenimiento	57
Figura 33. Etapas de la vida de un equipo “curva de la bañera”	62
Figura 34. Gráfica de análisis de Pareto	66
Figura 35. Flujo de estados de las órdenes de trabajo de mantenimiento	70
Figura 36. Orden de trabajo, pestaña detalle de orden	72
Figura 37. Orden de trabajo, pestaña programación	73
Figura 38. Orden de trabajo, pestaña clasificación	74
Figura 39. Orden de trabajo, pestaña contabilidad	75
Figura 40. Gráfica de Pareto motores eléctricos de tanques de lodos	77
Figura 41. Gráfica de Pareto agitadores de lodos de tanques de lodos	78
Figura 42. Gráfica de Pareto sistema eléctrico de tanques de lodos	78
Figura 43. Gráfica de Pareto bomba de lodos	80
Figura 44. Gráfica de Pareto generadores (elementos vitales)	81
Figura 45. Gráfica de Pareto unidad básica (elementos vitales)	82
Figura 46. Gráfica de Pareto motor diésel unidad básica (elementos vitales)	83
Figura 47. Gráfica de Pareto transmisión automática unidad básica	84
Figura 48. Gráfica de Pareto caja de ángulo unidad básica	85
Figura 49. Gráfica de Pareto malacate de la unidad básica	86
Figura 50. Gráfica de Pareto freno hidromatico de la unidad básica	87
Figura 51. Gráfica de Pareto winche hidráulico de la unidad básica	88
Figura 52. Gráfica de Pareto unidad acumuladora	89
Figura 53. Gráfica de Pareto del mástil	90

	<b>Pág.</b>
Figura 54. Gráfica de Pareto de la subestructura	91
Figura 55. Gráfica de Pareto del bloque viajero	91
Figura 56. Gráfica de Pareto de elevadores de tubería	92
Figura 57. Gráfica de Pareto de llaves de potencia	92
Figura 58. Gráfica de Pareto de compresores de tornillo	93
Figura 59. Indicador de disponibilidad de Independence S.A.	94
Figura 60. Plan de mantenimiento para motores eléctricos tanques de lodos	110
Figura 61. Plan de mantenimiento para agitadores de tanques de lodos	111
Figura 62. Plan de mantenimiento para sistema eléctrico de tanques de lodos	111
Figura 63. Plan de mantenimiento para bombas de lodos	112
Figura 64. Plan de mantenimiento para generadores (parte motriz)	113
Figura 65. Plan de mantenimiento para generadores (parte generación)	114
Figura 66. Plan de mantenimiento motor de unidad básica	114
Figura 67. Plan de mantenimiento motor de unidad básica (continuación)	115
Figura 68. Plan de mantenimiento transmisiones automáticas	116
Figura 69. Plan de mantenimiento para cajas de ángulo recto	116
Figura 70. Plan de mantenimiento para malacates	117
Figura 71. Plan de mantenimiento para frenos hidromaticos	118
Figura 72. Plan de mantenimiento para winches hidráulicos	119
Figura 73. Plan de mantenimiento para unidades acumuladoras	119
Figura 74. Plan de mantenimiento para mástil	120
Figura 75. Plan de mantenimiento para Subestructura	120
Figura 76. Plan de mantenimiento para bloque viajero	121
Figura 77. Plan de mantenimiento para elevadores de tubería	121
Figura 78. Plan de mantenimiento para llaves de potencia	122
Figura 79. Plan de mantenimiento para compresores de tornillo	122
Figura 80. Estructura proceso de programación Independence S.A.	125
Figura 81. Metodología para la programación de mantenimiento	126

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Motores eléctricos de tanques de lodos (rutina actual vs Vitales)	95
Tabla 2. Agitadores de tanques de lodos (rutina actual vs Vitales)	96
Tabla 3. Sistema eléctrico de tanques de lodos (rutina actual vs Vitales)	96
Tabla 4. Bombas de lodos (rutina actual vs Vitales)	97
Tabla 5. Generadores (rutina actual vs Vitales)	98
Tabla 6. Motor diésel unidad básica (rutina actual vs Vitales)	100
Tabla 7. Transmisión unidad básica (rutina actual vs Vitales)	102
Tabla 8. Caja de ángulo recto unidad básica (rutina actual vs Vitales)	102
Tabla 9. Malacate unidad básica (rutina actual vs Vitales)	103
Tabla 10. Freno hidromático unidad básica (rutina actual vs Vitales)	104
Tabla 11. Winche hidráulico de unidad básica (rutina actual vs Vitales)	104
Tabla 12. Unidad acumuladora (rutina actual vs Vitales)	105
Tabla 13. Mástil (rutina actual vs Vitales)	106
Tabla 14. Bloque viajero (rutina actual vs Vitales)	107
Tabla 15. Elevador de tubería (rutina actual vs Vitales)	108
Tabla 16. Elevador de tubería (rutina actual vs Vitales)	108
Tabla 17. Compresor de tornillo (rutina actual vs Vitales)	109
Tabla 18. Historial de fallas de motores eléctricos en tanques de lodos	131
Tabla 19. Historial de fallas de agitadores de lodos en tanques de lodos	131
Tabla 20. Historial de fallas en sistema eléctrico de tanques de lodos	131
Tabla 21. Historial de fallas de bomba de lodos triplex	132
Tabla 22. Historial de fallas en generadores	134
Tabla 23. Historial de fallas en la Unidad básica	140
Tabla 24. Historial de fallas en motor diésel de unidad básica	143
Tabla 25. Historial de fallas en transmisión de unidad básica	147
Tabla 26. Historial de fallas en caja de ángulo recto	148

	<b>Pág.</b>
Tabla 27. Historial de fallas en malacates	149
Tabla 28. Historial de fallas en frenos hidromaticos	153
Tabla 29. Historial de fallas en winches hidráulicos	154
Tabla 30. Historial de fallas en acumuladores	155
Tabla 31. Historial de fallas en mástil	156
Tabla 32. Historial de fallas en subestructura	158
Tabla 33. Historial de fallas en bloque viajero	158
Tabla 34. Historial de fallas en elevadores de tubería	158
Tabla 35. Historial de fallas en llaves de potencia	159
Tabla 36. Historial de fallas en cuñas manuales	160
Tabla 37. Historial de fallas en compresores de tornillo	160
Tabla 38. Elementos de falla en motores eléctricos de tanques de lodos	161
Tabla 39. Elementos de falla en agitadores de lodos de tanques de lodos	161
Tabla 40. Elementos de falla en el sistema eléctrico de tanques de lodos	161
Tabla 41. Elementos de falla en bombas de lodos	162
Tabla 42. Elementos de falla en generadores	163
Tabla 43. Elementos de falla en motor diésel de unidad básica	166
Tabla 44. Elementos de falla en transmisiones automáticas	168
Tabla 45. Elementos de falla en caja de ángulo	168
Tabla 46. Elementos de falla en malacates	169
Tabla 47. Elementos de falla en frenos hidromaticos	171
Tabla 48. Elementos de falla en winches hidráulicos	171
Tabla 49. Elementos de falla en la unidad acumuladora	172
Tabla 50. Elementos de falla en mástil	172
Tabla 51. Elementos de falla en subestructura	174
Tabla 52. Elementos de falla en el bloque viajero	174
Tabla 53. Elementos de falla en elevadores de tubería	174
Tabla 54. Elementos de falla en llaves de potencia	175

	<b>Pág.</b>
Tabla 55. Elementos de falla en compresores de tornillo	175
Tabla 56. Fichas de recursos	176

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A Historiales de falla de los componentes de un equipo de workover en Independence s.a.	131
Anexo B Tablas de datos para Gráficas de Pareto de equipos de Workover en Independence s.a.	161
Anexo C Fichas de recursos	176

## RESUMEN

### TITULO:

**MEJORAMIENTO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE WORKOVER DE LA EMPRESA INDEPENDENCE S.A.\***

### AUTOR:

Diego Mauricio Moncada Tovar\*\*

### PALABRAS CLAVES:

Plan de mantenimiento, Pareto, Workover, Mantenimiento preventivo

### CONTENIDO:

Este trabajo nace de la necesidad de mejora de los planes de mantenimiento preventivo, para los equipos de Workover de la compañía Independence S.A., mediante la revisión del historial de fallas, de sus componentes, para luego analizarlos mediante gráficos de Pareto.

Es de gran importancia analizar los históricos de falla de los diferentes componentes de un equipo para verificar que las rutinas de mantenimiento preventivo, aseguren la revisión de estos elementos. La metodología de análisis de Pareto es una herramienta que ayuda a detectar los elementos vitales, generadores de falla, para los cuales se deberá definir la actividad de mantenimiento que ayude a prevenir paros no planeados.

Un plan de mantenimiento donde las actividades aseguren la revisión de todos los elementos que generan fallas, sea clara en los recursos necesarios y se programe de una manera correcta, ayudara a lograr altos índices de disponibilidad en los equipos.

Los planes de mantenimiento de Independence S.A., están basados en las recomendaciones de los fabricantes de los equipos. Estos planes son conservadores y no tienen en cuenta el historial de fallas, construido durante la experiencia de varios años de operación.

La correcta recolección de la información de fallas, para la toma de decisiones, es vital; de la confiabilidad de esta información dependerá el éxito de la construcción de un plan de mantenimiento acertado y eficaz.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de ingenierías físico mecánicas, Escuela de ingeniería mecánica, Director del proyecto Ing. Ramiro Candela

## SUMMARY

**TITLE:**

**IMPROVEMENT PREVENTIVE MAINTENANCE PLANS FOR EQUIPMENT WORKOVER COMPANY INDEPENDENCE S.A.\***

**AUTHOR:**

Diego Mauricio Moncada Tovar\*\*

**KEYWORDS:**

Plan maintenance, Pareto, Workover, Preventive Maintenance

**DESCRIPTION:**

This job is born from the need to improve preventive maintenance plans for equipment Workover Company Independence S.A., by reviewing the fault history, its components, and then analyze it using Pareto charts.

It is very important to analyze the historical failure of the different components of a rig to verify that the preventive maintenance routines ensure the review of these elements. The Pareto analysis methodology is a tool that helps detect the vital elements, generators fail, for which you must define the maintenance activity to help prevent unplanned shutdowns.

A maintenance plan where activities ensure the review of all the elements that generate faults, is clear in the resources and schedule the right way, help to achieve high levels of equipment availability.

Maintenance plans for Independence SA, are based on the recommendations of the manufacturers of the equipment. These schemes are conservative and do not take into account the history of failures, the experience built up over several years of operation.

Proper collection of fault information for decision making is vital; reliability of this information will depend on the success of the plan of building a successful and efficient maintenance.

---

\* Graduation Project

\*\* Faculty of physical – mechanical engineering, School of mechanical engineering, Project engineer manager Ramiro Candela

## INTRODUCCION

Dado el crecimiento actual del sector energético, por la necesidad de aumento en la producción petrolera, los equipos que se dedican a la prestación de mantenimiento y perforación de pozos petroleros son demandados cada vez más, con los más altos estándares de cumplimiento, lo cual implica altas disponibilidades.

Se hace necesario entonces contar con equipos confiables y disponibles que aseguran una alta producción con el menor tiempo de parada, por intervenciones de mantenimiento no planeadas. El mantenimiento bien planeado cobra importancia para asegurar intervenciones en el momento justo y con todos los recursos disponibles para una eficiente y eficaz ejecución.

Debe existir un balance entre una alta disponibilidad y los costos del mantenimiento. La industria exige altas disponibilidades de equipo pero a su vez exige costos de mantenimiento óptimos, lo cual obliga al gerente de mantenimiento a desarrollar metodologías para la planeación de actividades de mantenimiento estrictamente necesarias, por lo general basadas en análisis estadísticos para determinar elementos a intervenir a la frecuencia apropiada.

Independence S.A., por ser una compañía del sector petrolero y que presta servicios a grandes operadoras del país, es evaluada con los más altos estándares de calidad, lo que implica disponibilidades y confiabilidades cada vez mayores, que obligan a la implementación de estrategias de mejoramiento en cuanto a la gestión del mantenimiento. Las pérdidas generadas por una parada no planeada pueden ser millonarias y pueden, incluso, afectar vidas humanas e impactos ambientales.

## **1. CONTEXTUALIZACION**

Como parte de la contextualización y por ser Independence S.A., la corporación de la cual se basa la presente monografía, a continuación se reseña su historia, misión, visión, unidades estratégicas de negocio y estructuras organizacionales.

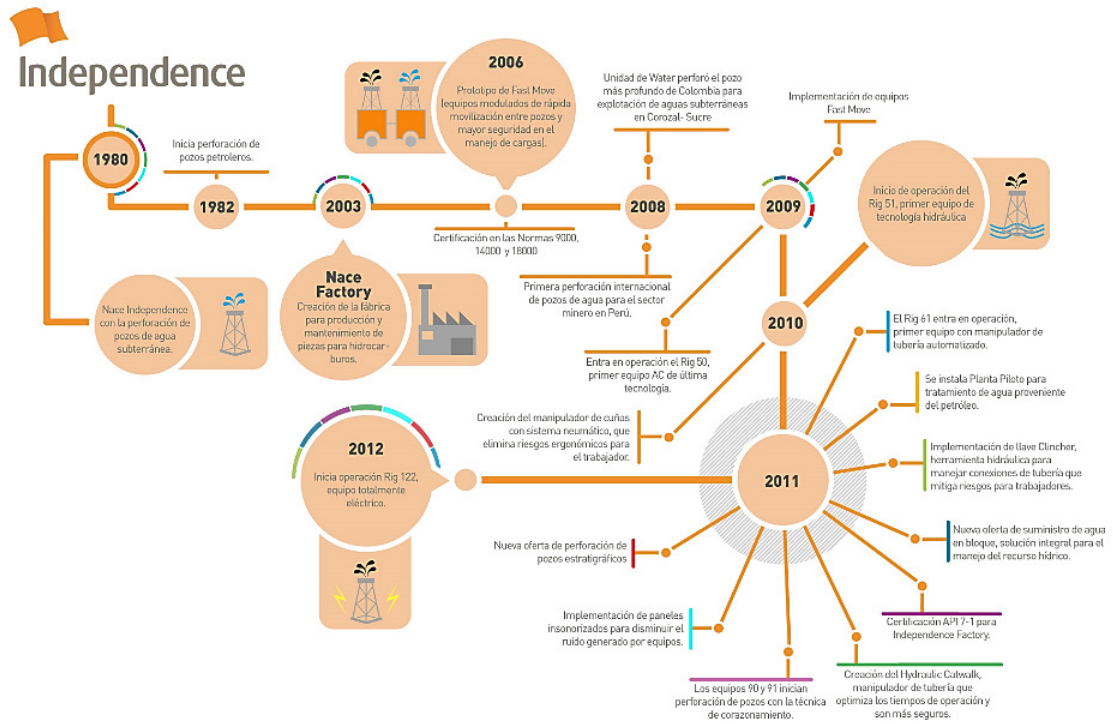
### **1.1 INDEPENDENCE S.A.**

La corporación Independence S.A. nació en 1980 en el negocio de perforación de pozos de agua subterránea para luego extender sus operaciones hacia el sector petrolero en 1985. A partir de entonces creció hasta convertirse en una organización fortalecida por una visión de negocio ambiciosa, guiada por valores y políticas.

Independence es líder en la prestación de servicios asociados a la perforación de petróleo, gas y agua subterránea, siendo innovadores en Colombia en implementar el sistema de operación fast-move para equipos utilizados en la industria del petróleo y gas.

Independence S.A. está certificada bajo las normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001. Así mismo, ha recibido numerosos reconocimientos del Consejo Colombiano de Seguridad desde 2002, logrando desde 2007 la Cruz Esmeralda en categoría Excelencia y una calificación del 100% en el RUC (Registro Unificado de Contratistas del Consejo Colombiano de Seguridad) en 2010.

**Figura 1. Historia de la innovación en Independence S.A.**

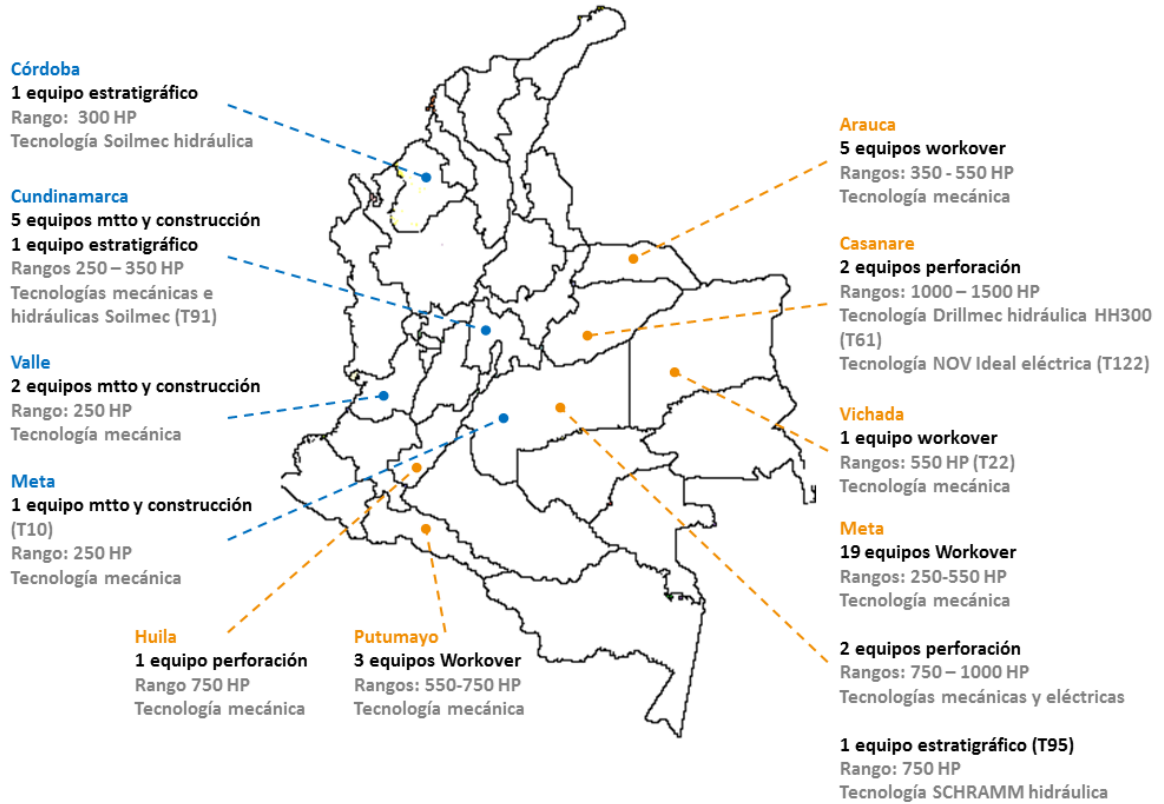


Fuente: <http://www.independence.com.co>

Actualmente, emplea directamente a más de 1.400 personas en todo el territorio nacional, siendo los empleados los socios más importantes en la construcción y expansión de la compañía. Compromiso, honestidad, autodisciplina, responsabilidad, respeto, productividad y perseverancia son los valores corporativos que identifican a sus empleados. El desarrollo de las competencias profesionales de nuestro equipo es clave para el alcance de los objetivos estratégicos de cada una de las unidades estratégicas del negocio.

Independence S.A. cuenta con más de 40 equipos, de workover, perforación y exploración de pozos de agua, distribuidos de la siguiente manera:

**Figura 2. Distribucion de equipos en Colombia, de Independence S.A.**



Fuente. Autor de la monografía

### 1.1.1 Misión y visión

**Visión.** Ser la corporación líder con presencia internacional de mayor crecimiento sostenible en los mercados en los que participa.

**Misión.** Generar desarrollo sostenible y bienestar en los sectores de energía, agua, minería e infraestructura, garantizando productos y servicios excelentes e innovadores, con un equipo humano íntegro y comprometido.

### **1.1.2 Unidades estratégicas de negocio**

Independence, dentro de su marco organizacional y en línea con sus estrategias, posee tres unidades de negocio así:

***Independence Energy:*** Esta unidad de negocio se dedica a actividades de mantenimiento de pozos petroleros (Workover) y perforación de pozos, con taladros de tecnología mecánica, hidráulica y eléctrica. Los equipos están diseñados bajo el sistema “Fast-move” o modulados, con el fin de generar mayor velocidad de movilización entre pozos y seguridad en el manejo de cargas.

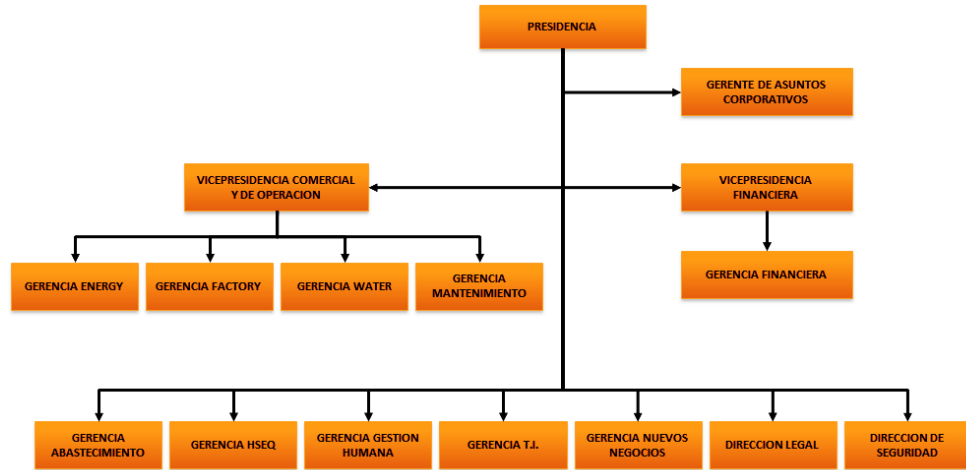
***Independence Wáter:*** La unidad de negocio Wáter, se dedica a la perforación de pozos profundos para extracción de agua subterránea, mantenimiento de pozos profundos y obras civiles.

***Independence Factory:*** Unidad de negocio que genera valor a la organización prestando servicios tales como mantenimiento y reacondicionamiento de equipos, inspección, calibración y mantenimiento de herramientas y producción de partes y piezas para la industria de hidrocarburos e infraestructura.

### **1.1.3 Estructura organizacional**

Independence S.A., se encuentra organizada de la siguiente manera:

**Figura 3. Estructura organizacional de Independence S.A.**



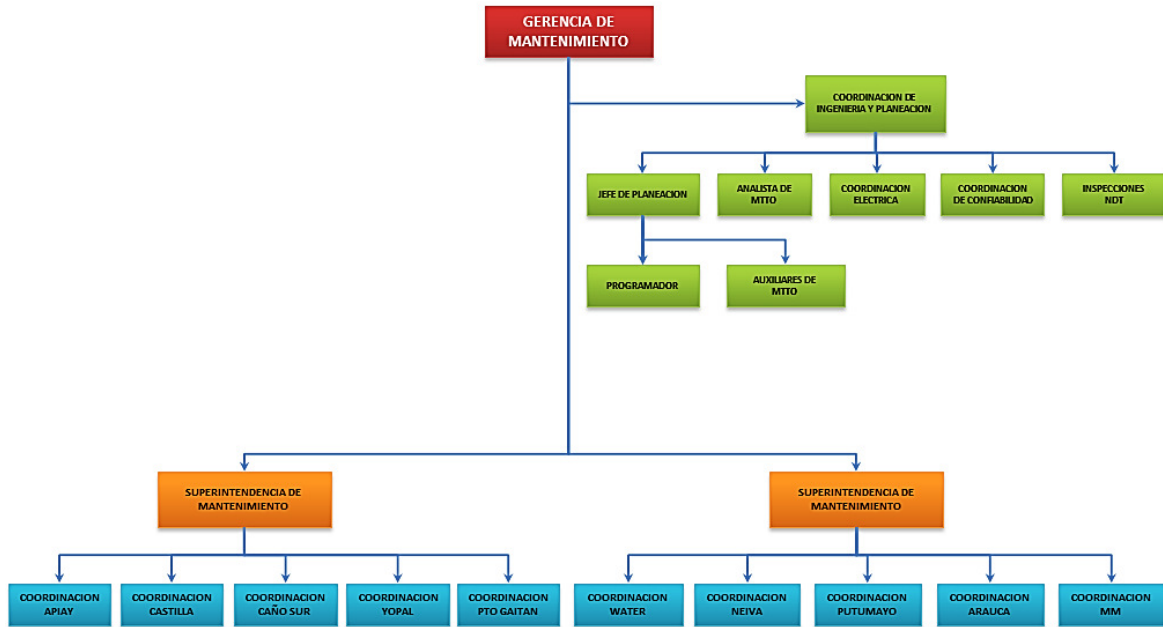
Fuente. Autor de la monografía

Existe una presidencia, de la cual dependen dos vicepresidencias, creadas en vista del alto crecimiento de la compañía a nivel nacional y en línea con las estrategias corporativas para los siguientes años. La vicepresidencia comercial y de operaciones es la encargada de soportar y controlar las gerencias de las tres unidades de negocio más la gerencia de mantenimiento, mientras que la vicepresidencia financiera soporta y controla a la gerencia financiera. De la presidencia dependen las USC o unidades de servicios compartidos.

#### **1.1.4 Estructura del proceso de mantenimiento**

Debido al crecimiento de la compañía y por ende la cantidad de equipos en operación, el área de mantenimiento de Independence S.A., en los últimos años ha tenido la necesidad de reorganizarse para suplir la demanda que las unidades de negocio de la compañía requieren. La siguiente es la estructura del proceso de mantenimiento de Independence S.A.:

**Figura 4. Estructura organizacional área mantenimiento, Independence S.A.**



Fuente. Autor de la monografía

La estructura del área de mantenimiento está conformada por sub-áreas así:

**Técnicos de mantenimiento:** Cada uno de los equipos de perforación y de workover tienen asignada una cuadrilla de mantenimiento conformada por mecánico, eléctrico, soldador, aceitero (para el caso de equipos de perforación) y para equipos de última tecnología, ingenieros electrónicos. Esta cuadrilla está disponible las 24 horas, durante la operación, y es responsable de velar por el correcto funcionamiento de los diferentes componentes que conforman el equipo. Son responsables de ejecutar los diferentes programas de mantenimiento, con la supervisión de las coordinaciones de mantenimiento.

**Coordinaciones de mantenimiento:** encargadas de supervisar la ejecución de las tareas programadas de mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo y de proyectos. Son las coordinaciones las responsables del cumplimiento de los

programas de mantenimiento y del reporte y análisis de fallas o averías que se pudieran presentar en los equipos de workover y perforación.

***Superintendencia de mantenimiento:*** a su cargo se encuentran las coordinaciones de mantenimiento, la superintendencia analiza los resultados de la ejecución de los programas de mantenimiento y los reportes de fallas de sus coordinaciones asignadas para analizar de manera global sus resultados y dar reporte a la gerencia de mantenimiento. Mantienen comunicación directa con los responsables del área de operaciones para lograr acuerdos de niveles de servicio y en general coordinación entre la operación y el mantenimiento para la ejecución de trabajos críticos.

***Ingeniería y planeación de mantenimiento:*** dentro del área de ingeniería y planeación de mantenimiento se encuentran los siguientes grupos:

- ✓ *Grupo de Planeación y programación de mantenimiento:* Esta parte del área es la encargada del diseño e implementación de planes de mantenimiento (preventivos, predictivos y proyectos del área), y de la programación de los mismos. Los programas son entregados a las diferentes coordinaciones de mantenimiento para su ejecución. También es responsabilidad del área mejorar los planes de mantenimiento en base a las recomendaciones y análisis de fallas realizadas por el grupo de confiabilidad.
- ✓ *Grupo de confiabilidad:* Encargado de implementar técnicas de confiabilidad tales como RCM, RCA, RIM y todo lo referente a la norma ISO14224. Este grupo está compuesto por un coordinador y un analista que dentro de sus funciones principales está la de analizar y llevar históricos de fallas de los diferentes componentes de los equipos.

- ✓ *Coordinación eléctrica:* responsable de analizar todo evento eléctrico que haya generado fallas en los equipos así como soportar todo proyecto que tenga que ver con diseños y estandarizaciones eléctricas en los equipos de la compañía.
- ✓ *Coordinación NDT o ensayos no destructivos:* La coordinación NDT es la encargada de supervisar toda la ejecución de los programas de aplicación de ensayos no destructivos a las herramientas y partes críticas de los equipos de workover y perforación, según las normas aplicables.

Los grupos y coordinaciones del área de ingeniería y planeación están supervisados por una coordinación que es la responsable de todo el proceso y de rendir cuentas ante la gerencia de mantenimiento.

El área de ingeniería y planeación es el cerebro del proceso de mantenimiento, en donde uno de sus principales objetivos es proponer mejoras al proceso mediante el análisis de eventos y resultados.

**Gerencia de mantenimiento:** la gerencia de mantenimiento es la responsable de toda la gestión del proceso ante la vicepresidencia de operaciones y comercial. Maximizar la disponibilidad y optimizar los costos son sus principales objetivos.

### **1.1.5 ¿Qué es Workover?**

Hasta ahora se ha contextualizado acerca de la compañía objeto de esta monografía y de cómo se encuentra estructurada a nivel general y a nivel del área de mantenimiento. La presente monografía hace referencia al mejoramiento de planes de mantenimiento preventivo de equipos de workover por lo cual

iniciaremos con un esbozo de lo que significa workover o mantenimiento de pozos, como parte de las actividades productivas de la compañía Independence S.A.

La etapa de producción de un pozo necesita una serie de operaciones que en realidad constituyen su terminación. Durante su vida productiva es necesario su reacondicionamiento para aprovechar correctamente la energía del yacimiento, así como eliminar problemas mecánicos que impidan su producción, o su inyección, en el caso de pozos para recuperación mejorada, hasta llegar finalmente a su taponamiento definitivo.

Workover o mantenimiento de pozos son todas aquellas intervenciones realizadas en los pozos para mantener la producción, mejorar la recuperación de hidrocarburos, cambiar los horizontes de producción aprovechando al máximo la energía propia del yacimiento. Los servicios de workover tienen por objeto aumentar la producción o reparar pozos existentes. Estos equipos se utilizan para sellar zonas agotadas en pozos existentes, abrir nuevas zonas productoras para aumentar la producción o bien activar zonas productoras mediante procesos de fracturación o acidificación. Se utilizan también para convertir pozos productores en pozos de inyección a través de los cuales se bombea agua o dióxido de carbono a la formación, para aumentar la producción del yacimiento. Otros servicios de workover incluyen reparaciones importantes en el subsuelo, como reparaciones de la cañería de revestimiento (casing) o el reemplazo de equipamiento de fondo de pozo que ha sufrido deterioro. Los equipos de workover se usan en el proceso de terminación de pozos, que es la preparación de un pozo de petróleo o gas natural recientemente perforado para ponerlo en producción.

Los equipos de workover se clasifican en convencionales y auto transportables. Los convencionales tienen mayor capacidad y se pueden hacer trabajos de workover en pozos profundos. Los equipos auto transportables disponen de un

conjunto de malacate – motores de combustión interna montados en un remolque, son más fáciles de desplazar entre locaciones.

**Figura 5. Equipo convencional de workover**

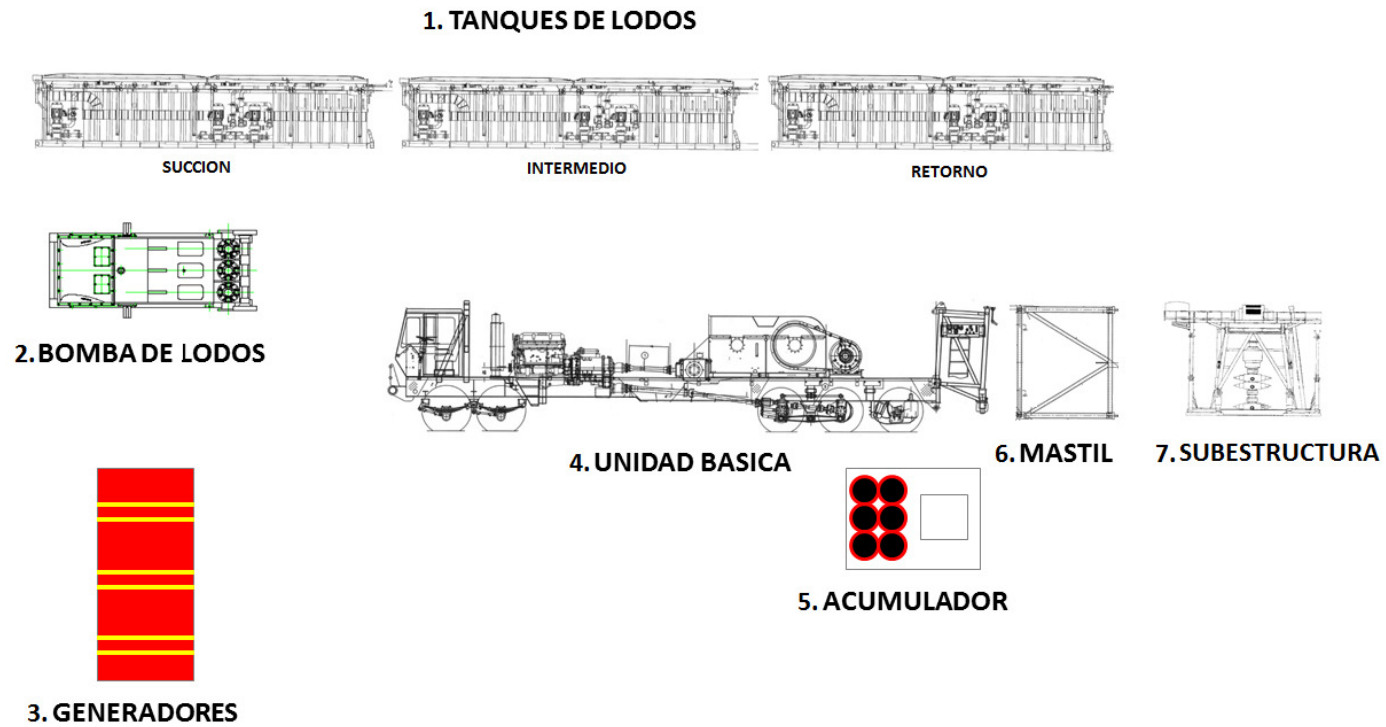


Fuente. Autor de la monografía

### 1.1.6 Layout y componentes de un equipo de workover

A continuación se describen, mediante un Layout, los equipos que componen un taladro de workover:

**Figura 6. Layout de un equipo convencional de workover**



Fuente. Autor de la monografía

Cada uno de estos componentes, numerados, posee una serie de equipos, susceptibles de mantenimiento así:

1. Tanques de lodos: La función de los tanques de lodos es la de almacenar los fluidos desalojados del pozo durante las diferentes operaciones de workover. Hay tres tipos de tanques de lodos:
  - a. Tanque de retorno: primer tanque que recibe los fluidos desalojados por el pozo, mediante sedimentación se hace un primer tratamiento a estos fluidos para retirar arenas y lodos.
  - b. Tanque intermedio: tanque que recibe los fluidos del tanque de retorno, allí sigue el proceso de sedimentación. En este tanque se reserva cierta cantidad de fluidos para procesos de inyección o contingencias que se generen durante la operación.
  - c. Tanque de succión: Los fluidos que provienen del tanque intermedio se mezclan en el tanque de succión con una serie de aditivos para inyectar al pozo. En este tanque el fluido debe tener el mínimo de sedimentos pues en este punto la bomba de lodos los succiona para inyectarlos y si estos se encuentran con bastantes impurezas pueden rayar las camisas de la bomba.

**Figura 7. Tanque de lodos**

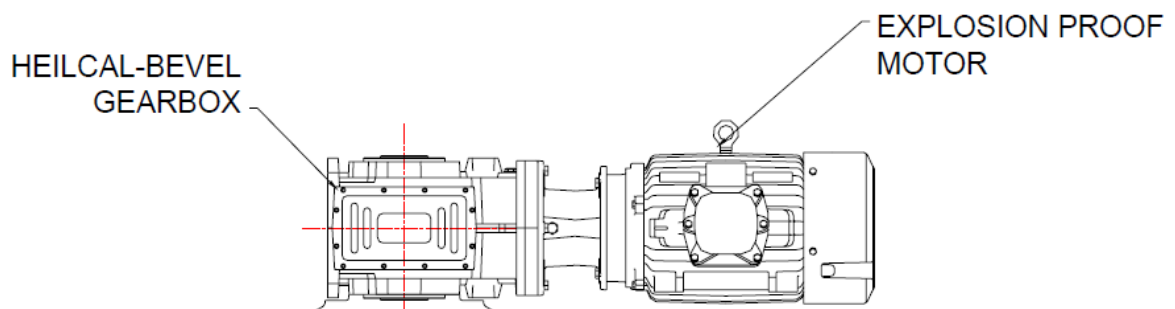


Fuente. Autor de la monografía

Los componentes susceptibles de mantenimiento que aplican en los tanques de lodos son:

- a) Motores eléctricos: los motores eléctricos están unidos a los agitadores de lodos y bombas centrífugas. La función de este componente es la de transmitir potencia al reductor del agitador de lodos y hacer girar las bombas centrífugas

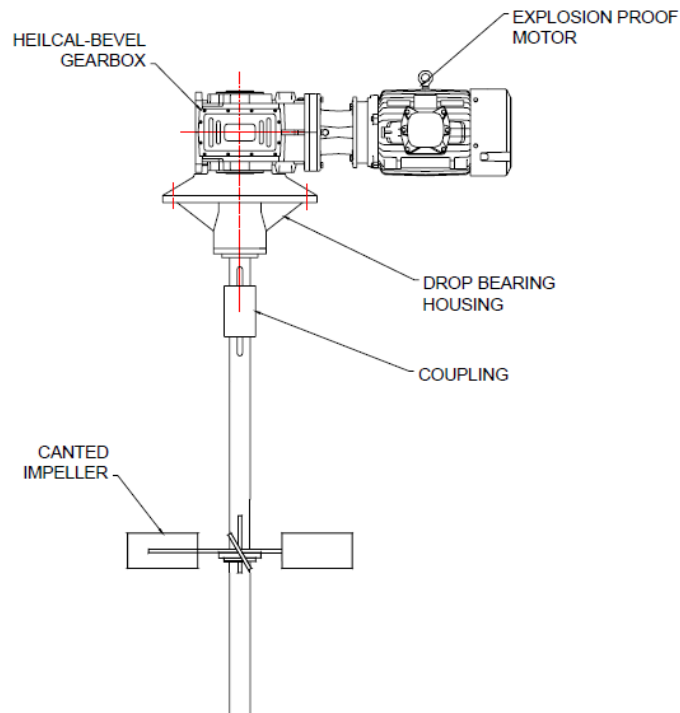
**Figura 8. Motor eléctrico acoplado a moto reductor**



Fuente. Catalogo moto-agitadores NOV

- b) Agitadores de lodos con reductores: los agitadores de lodos cumplen la función de mezclar los fluidos provenientes del pozo y que se almacenan en los tanques de lodos. La mezcla tiene la finalidad de preparar aditivos para inyectar al pozo según requerimientos de la operación.

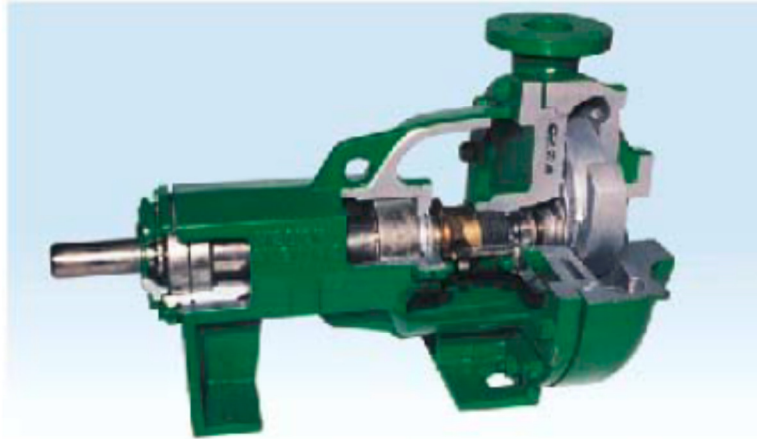
**Figura 9. Agitador de lodos**



Fuente. Catálogo de agitadores de lodos NOV

- c) Bombas centrífugas: Como su nombre lo explica son bombas que por medio de una fuerza centrífuga genera una presión de fluido que es utilizada en los equipos de perforación para elevar de un nivel a otro superior para poder completar los sistemas de fluido, ya sea el lodo de perforación de una presa a otra, agua industrial para preparar el mismo lodo, o para el sistema de enfriamiento de las balatas de los frenos principales y el freno auxiliar electromagnético, o para elevar agua tratada de un tanque a otro para el sistema de enfriamiento de los motores diésel, para suministrarle presión a la succión de las bombas triplex de lodo, etc.

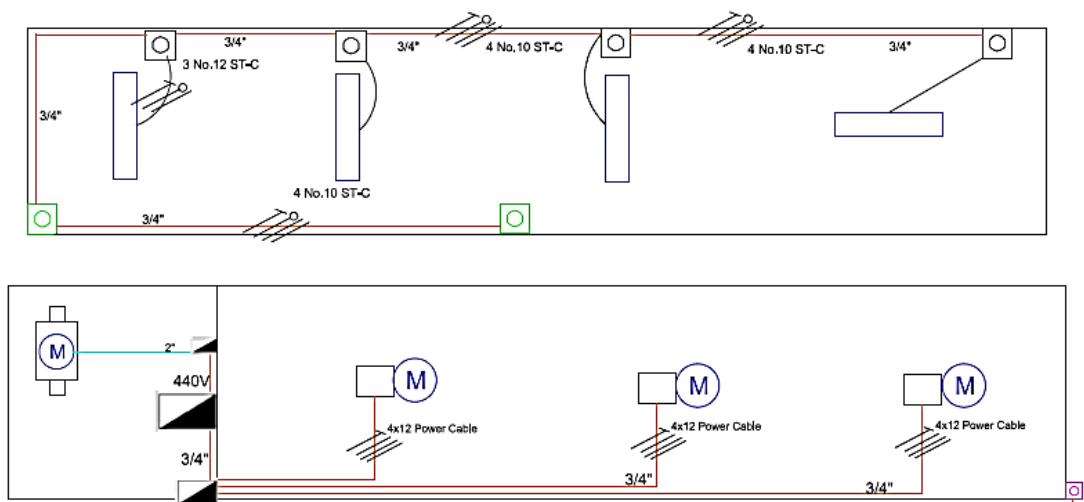
**Figura 10. Bomba centrífuga**



Fuente. Manual de mantenimiento Pemex

- d) Sistema de iluminación y eléctrico: el sistema de iluminación de los tanques de lodos está compuesto por una serie de luminarias utilizadas en las operaciones nocturnas. El sistema eléctrico de los tanques de lodos también poseen elementos como lo son tableros eléctricos para la conexión de todo el sistema de iluminación, motores eléctricos y bombas centrífugas.

**Figura 11. Esquema eléctrico y de iluminación en un tanque de lodos**



Fuente. Autor de la monografía

2. Bomba de lodos: Son las encargadas de hacer cumplir el ciclo de circulación del lodo, desde que lo succionan del tanque respectivo, hasta que el fluido retorna al extremo opuesto del tanque de succión, después de pasar por el interior de las tuberías y los espacios anulares respectivos. Son bombas de embolo y pistón (reciprocantes) y se fabrican de dos o tres pistones. Las bombas de lodos usadas en los equipos de workover son bombas de tres pistones o triplex; estas bombas son de acción sencilla, es decir, el pistón desplaza fluido solamente en su carrera de enfrente y no succiona. Debido a esto, las bombas centrifugas necesitan mantener las camisas llenas de fluido y esto es logrado a través de bombas centrifugas.

**Figura 12. Bomba de lodos triplex**



Fuente. Autor de la monografía

Los componentes susceptibles de mantenimiento en las bombas de lodos son:

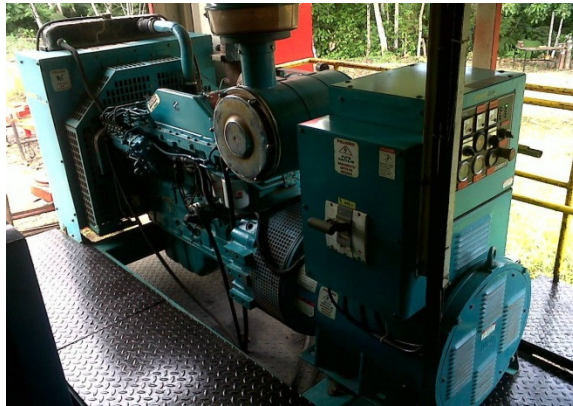
- a) Motor diésel: encargado de generar la potencia para la transmisión de movimiento a la bomba de lodos. Para equipos de workover, por lo general se utilizan motores de 350 HP.
- b) Transmisión: debido a la necesidad de variar las velocidades en la bomba de lodos, según los requerimientos de la operación,

existe una transmisión que se encarga de esta función. La transmisión puede ser mecánica o automática.

c) Bomba centrífuga: encargada de mantener llenas las camisas de la bomba de lodos debido a que esta no succiona, solo descarga.

3. Generadores: Los generadores eléctricos hacen parte del sistema eléctrico y su función es la de proveer de energía a los diferentes componentes del equipo de workover. Generalmente están conformados por un motor diésel conectado a un generador de 150 KVA. Los generadores vienen en parejas para tener equipo de respaldo a la hora de realizar alguna actividad de mantenimiento.

**Figura 13. Generador eléctrico**



Fuente. Autor de la monografía

4. Unidad básica: la unidad básica o carrier es el vehículo que sostiene al mástil o torre de workover. La unidad básica está compuesta por una serie de equipos susceptibles de mantenimiento así:

a) Motor diésel: el motor diésel hace parte del sistema de transmisión de potencia. El sistema de transmisión de potencia es el encargado de generar y transmitir la energía requerida por

cada uno de los equipos y/o sistemas que conforman el taladro. El motor de combustión interna, puede ir conectado directamente los diferentes equipos que lo requieran (transmisión mecánica) o a un generador de corriente eléctrica (transmisión eléctrica).

La mayor parte de la potencia del equipo es consumida por los sistemas de levantamiento y circulación. Los otros sistemas componentes tienen requerimientos de potencia menores y afortunadamente, los sistemas de circulación y levantamiento no son utilizados comúnmente de manera simultánea.

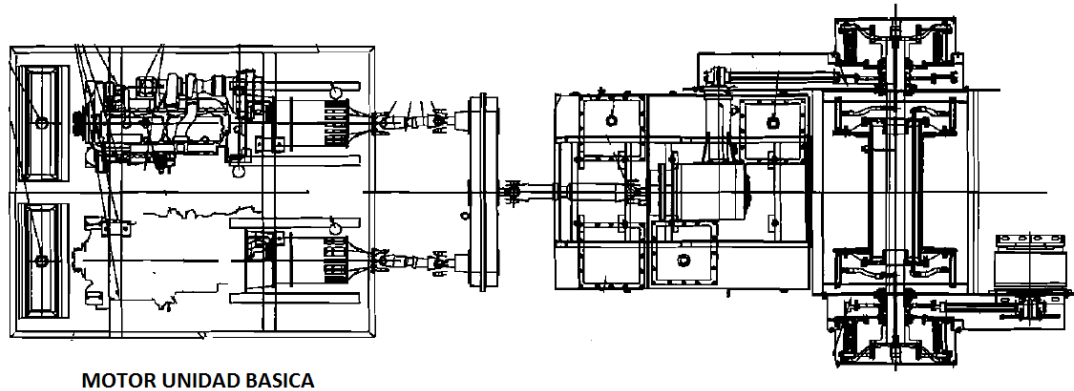
El requerimiento total de potencia para la mayoría de los equipo de workover es de 350 a 750 HP.

La potencia primaria de potencia se provee, generalmente, por motores de combustión interna llamados motores primarios.

Mediante el sistema de transmisión de potencia mecánica, la potencia generada en los motores diésel se transmite mecánicamente.

Este proceso se realiza conectando el grupo de motores generadores de potencia a un acoplamiento y este, a su vez, se conecta a una serie de cadenas, embragues, acoples, transmisiones, mandos y cajas de velocidades, las cuales transmiten potencia y controlan la velocidad de operación del equipo.

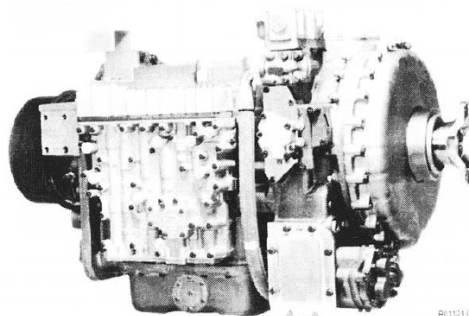
**Figura 14. Disposición de motor diésel en una unidad básica**



Fuente. Manual de fabricante equipos de workover Loadcraft

- b) Transmisión: La transmisión o caja automática va ligada al motor diésel y hace parte del sistema de transmisión de potencia. La transmisión proporciona la manera de cambiar la dirección y velocidad del sistema de transmisión de potencia y para los cambio en la movilización de la unidad básica.

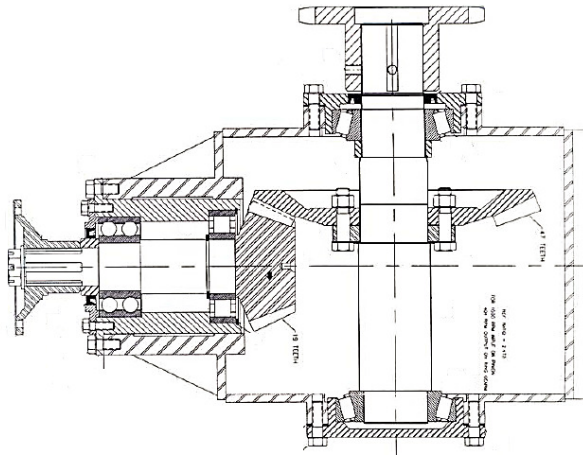
**Figura 15. Transmisión Allison serie 6000**



Fuente. Manual de operador transmisión Allison serie 5000-6000

- c) Caja de ángulo recto: la función de la caja de ángulo recto es transmitir potencia al malacate desde la transmisión a 90° del eje de rotación

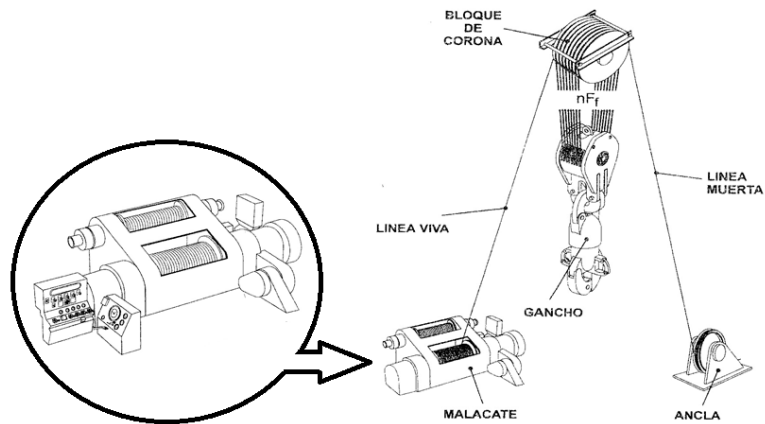
**Figura 16. Caja de ángulo recto**



Fuente. Autor de la monografía

- d) Malacate: Es el equipo encargado de proveer la potencia requerida para el izamiento de las cargas que están colgando del gancho.

**Figura 17. Malacate en el sistema de izaje**



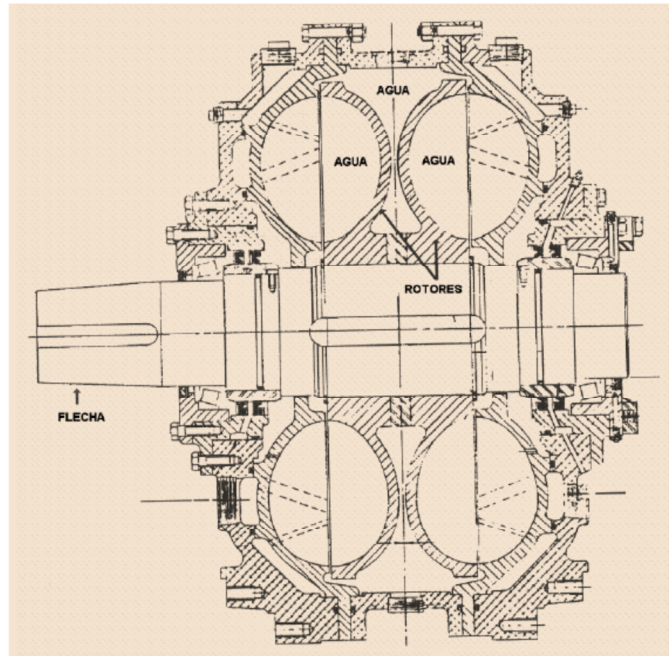
Fuente. Ing. Ernesto Rodriguez, Tipos y componentes del taladro de perforación

El tambor transmite la potencia requerida para el levantamiento o el frenado. También almacena el cable de acero necesario para mover el bloque viajero a lo largo de la altura del mástil.

El freno principal del malacate debe tener la capacidad de detener y de sostener los grandes pesos (cargas) impuestas cuando se baja una sarta de tuberías al pozo. Generalmente, es un sistema de bandas.

- e) Freno hidromático: Se instala acoplado al eje principal del malacate por un embrague de sobre marcha (over running), que permite frenar durante el descenso y liberar durante el ascenso, cuando el rotor permanece estacionario y no ejerce ningún esfuerzo. Consta de un rotor montado en un eje, dentro de una carcasa que está llena de agua. El agua que está dentro del freno se resiste al movimiento del rotor. Esto hace disminuir la rotación del eje del tambor principal del malacate ayudándolo a frenar. El perforador puede variar la fuerza del frenado variando el nivel del agua dentro del freno por medio de una válvula de control. La energía del movimiento convierte el frenado hidrodinámico en calor, igual que en el freno principal, el agua se calienta durante el frenado. Normalmente esta agua es la misma que se utiliza en el enfriamiento de los frenos principales del malacate, debe ser agua dulce y libre de sustancias extrañas tales como arena, que dañan prematuramente el freno. Esta agua caliente retorna al depósito de agua principal del equipo, para enfriarse.

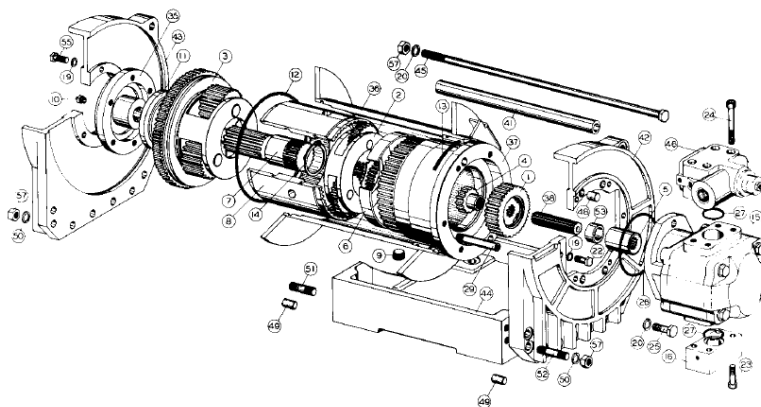
**Figura 18. Freno hidromático**



Fuente. Manual operador freno hidromático marca PARMAC

- f) Winche: también denominado malacate auxiliar, se utiliza para el izaje de herramientas menores en la mesa de trabajo del equipo. Generalmente es del tipo hidráulico con un sistema sin fin- corona y motor hidráulico.

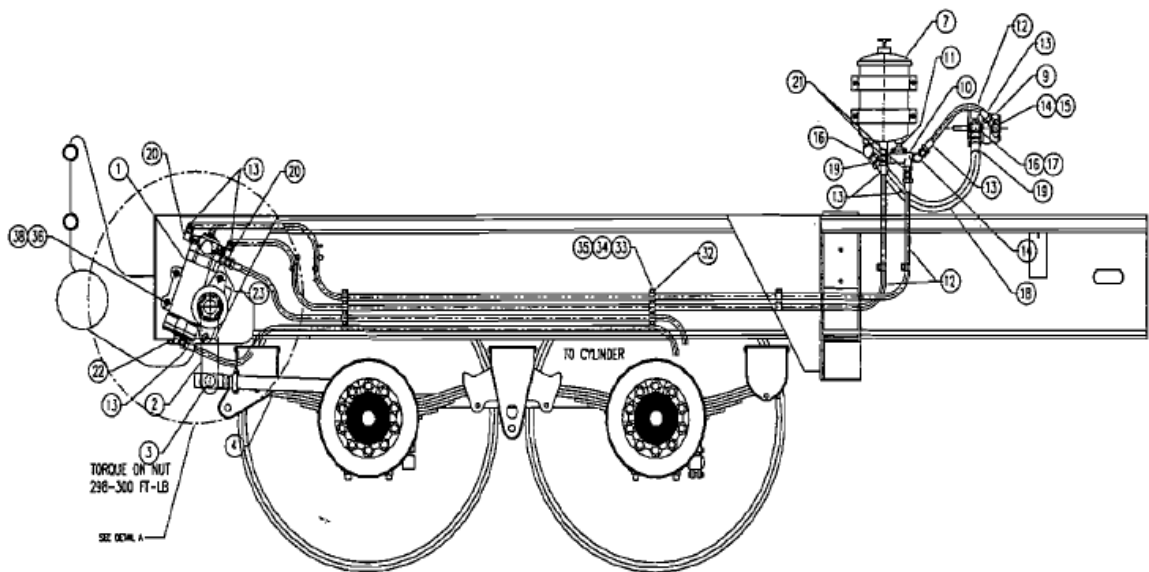
**Figura 19. Despiece winche hidráulico**



Fuente. Manual winches marca Braden

- g) Sistema hidráulico y sistema neumático: La unidad básica posee una serie de sistemas compuestos por todo un conjunto de accesorios tales como válvulas, accesorios, cilindros y mangueras que permiten desde la nivelación del equipo hasta el izaje de la torre o mástil. Diversas herramientas tales como llaves hidráulicas y demás herramientas son potenciadas gracias a estos sistemas.

**Figura 20. Esquema del sistema neumático para frenado de unidad básica**



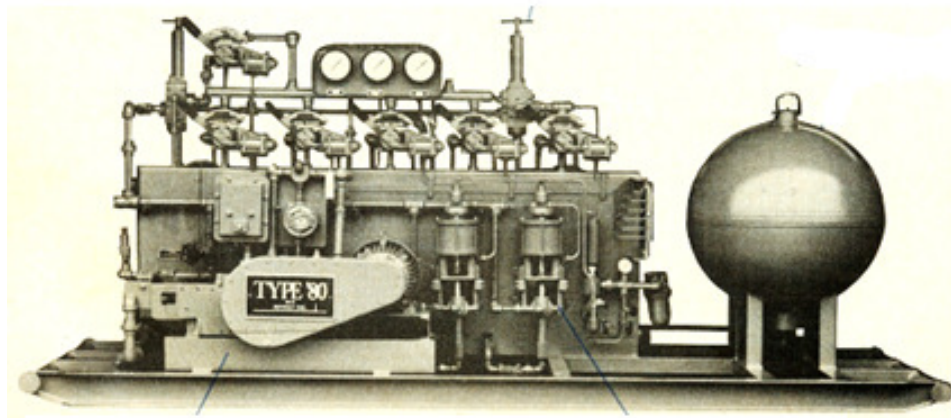
Fuente. Manual de fabricante equipos de workover Loadcraft

5. Acumulador: Es el encargado de presurizar el fluido necesario para hacer accionar las válvulas que logran el cierre de las preventoras y así evitar derrames o accidentes producto de los fluidos que se encuentran en el pozo de petróleo. El fluido se almacena en la unidad, a una presión normalmente del doble de la requerida, en cilindros especialmente diseñados, y se envía a la válvula de seguridad que se desea abrir o cerrar, por medio de válvulas 4 vías y líneas de alta presión.

Los sistemas de seguridad estándar utilizan unidades acumuladoras que poseen capacidad para almacenar aceite presurizado a 3000 psi, la cual es el doble de presión requerida normalmente para la operación de las preventoras. De igual manera, la capacidad de almacenamiento de aceite del sistema debe ser, aproximadamente, 1,5 veces el volumen requerido para abrir / cerrar simultáneamente todas las válvulas de seguridad accionadas desde la unidad.

Se puede operar también remotamente y las estaciones para tal fin, se ubican estratégicamente en el taladro. Cuando se usa una sola estación remota, debe instalarse en el piso del taladro. Si se tienen dos estaciones, la segunda se instala frente a la oficina del jefe del taladro.

**Figura 21. Acumulador**



Fuente. Manual de acumuladores marca Koomey

6. Mástil: La función del mástil es proporcionar la altura requerida para levantar secciones de tubería desde el pozo o bajarla dentro de este. Mientras mayor sea la altura, mayor será la sección de tubería que puede ser manejada y, en función de esto, más rápidamente puede la tubería sacarse o meterse al pozo.

Los mástiles pueden manejar secciones llamadas paradas (“stands”) o “parejas”, compuestas de dos, tres o cuatro tubos de perforación, se dice que son capaces de sacar dobles, triples o cuádruples, respectivamente.

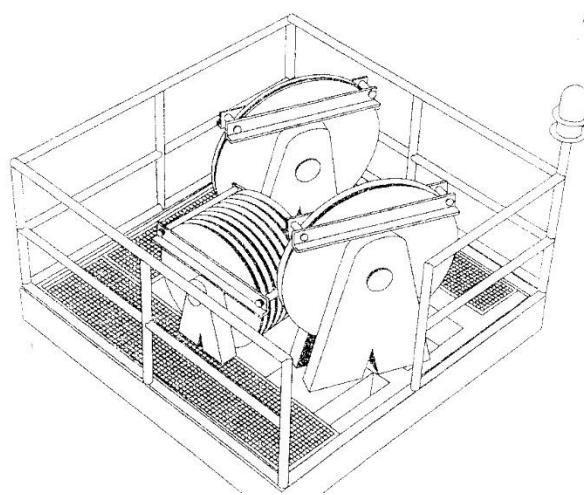
**Figura 22. Mástil de un equipo de workover**



Fuente. Autor de la monografía

El mástil, en su parte superior posee un conjunto de poleas llamado corona o bloque de corona. En conjunto con el bloque viajero, proveen el medio para bajar o levantar las sartas de tuberías utilizadas durante el proceso de perforación.

**Figura 23. Bloque de corona**



Fuente. Ing. Ernesto Rodriguez, Tipos y componentes del taladro de perforación

7. Subestructura: La subestructura debe soportar no solamente el mástil con sus cargas, sino también el peso de otras partes grandes de equipos. Se recomienda que la subestructura tenga un rango de capacidad de soporte de cargas de acuerdo a:

- El peso máximo de tubería que pueda pararse en el mástil
- El máximo peso de tubería que pueda colgarse en la mesa rotatoria, sin considerar la tubería parada
- Peso de los equipos y motores
- Espacio requerido

**Figura 24. Subestructura**



Fuente. Autor de la monografía

8. Otros componentes del equipo de workover: dentro del equipo de workover existe otra serie de componentes que son utilizados como herramientas de levante y equipos de apoyo. Entre estas herramientas y equipos se encuentran:

- Bloque viajero: también se le conoce como polea móvil, con el bloque de corona y el cable de perforación, el conjunto primordial para levantar o bajar diferentes sartas utilizadas en el proceso de perforación. Es un conjunto de poleas integradas en una unidad compacta, de gran peso y solidez, lo cual garantiza rápidas velocidades de caída libre.

Su capacidad de carga varía a un rango muy amplio; desde 40 toneladas, hasta 1200 toneladas.

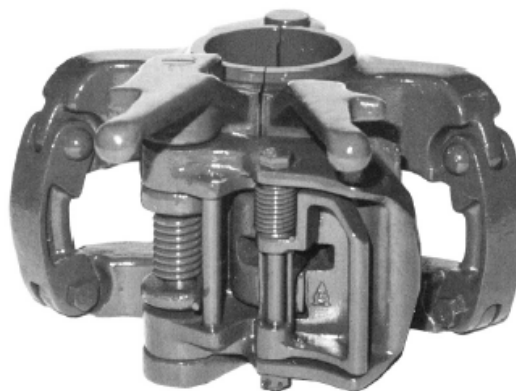
**Figura 25. Bloque viajero**



Fuente. Manual de herramientas marca Oil Tools

- Elevadores de tubería: en combinación con los eslabones, proveen el medio para asir los tubos y poder introducir o sacar del pozo las sargas de tuberías utilizadas. Están fabricados con materiales ultrarresistentes y con cierre tipo cerrojo, el cual evita la apertura del elevador con cargas suspendidas y, al mismo tiempo, de fácil apertura cuando no existen cargas impuestas.

**Figura 26. Elevador de tubería**



Fuente. Manual de herramientas marca Rig tools

- Llaves de potencia: Son las herramientas utilizadas para dar torque necesario en función del tipo de tubulares acoplados. Son fabricadas de material ultrarresistente y están compuestas por dos partes principales: el brazo de la llave y las “quijadas”.

La longitud del brazo de la llave es función del rango de torque que se desee aplicar. Las quijadas son intercambiables en función del diámetro de los tubulares donde van a ser utilizadas. Existen dos tipos fundamentales:

**Mecánicas:** el torque es aplicado por la acción de una tensión actuando en el extremo del brazo. La tensión la provee una cadena acoplada al carrete auxiliar, el cual hala la cadena forzando a la llave a girar y aplicar el momento torsor sobre la unión de dos tubos.

**Hidráulicas:** con ese tipo de llaves de potencia, el torque es aplicado por un mecanismo hidromecánico en el interior de las mismas. Su uso principal es para el acople y aplicación del torque en tuberías de revestimiento.

**Figura 27. Llave de potencia**

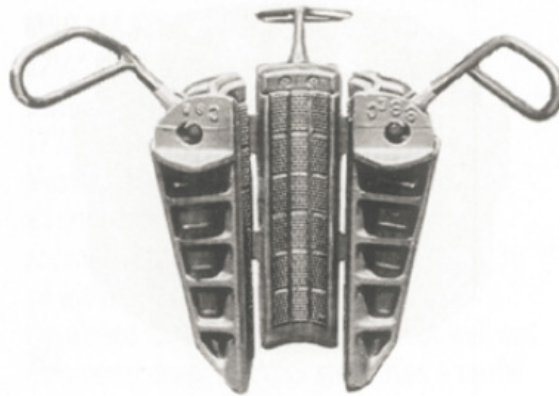


Fuente. Manual de herramientas marca Varco

- **Cuñas manuales:** Esta herramienta permite mantener colgadas las sargas de tubería en la mesa rotaria. Su diseño es ahusado y se fabrican para cada tamaño de tuberías que va a ser utilizado.

Cuando estas herramientas sufren desgaste en los insertos de agarre (cuñas), es necesario reemplazarlas totalmente. Si se reemplazan solamente las cuñas gastadas, aquellas nuevas que las sustituyan, absorberán la mayor parte de la carga que está colgando, provocando daños en el cuerpo de las tuberías.

**Figura 28. Cuña manual**



Fuente. Manual de herramientas marca Varco

- **Compresor de aire:** El compresor es utilizado para proveer de aire a todos los sistemas neumáticos del equipo. Por el alto caudal requerido, estos compresores son, por lo general, de tornillo.

**Figura 29. Compresor de tornillo**



Fuente. Manual compresor Atlas Copco modelo GA30

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Independence S.A., dentro de sus líneas de negocio, se dedica al mantenimiento de pozos petroleros mediante la prestación de servicios de workover. <sup>1</sup>Los servicios de workover tienen por objeto aumentar la producción o reparar pozos existentes. Estos equipos se utilizan para sellar zonas agotadas en pozos existentes, abrir nuevas zonas productoras para aumentar la producción o bien activar zonas productoras mediante procesos de fracturación o acidificación. Se utilizan también para convertir pozos productores en pozos de inyección a través de los cuales se bombea agua o dióxido de carbono a la formación, para aumentar la producción del yacimiento. Otros servicios de workover incluyen reparaciones importantes en el subsuelo, como reparaciones de la cañería de revestimiento (casing) o el reemplazo de equipamiento de fondo de pozo que ha sufrido deterioro.

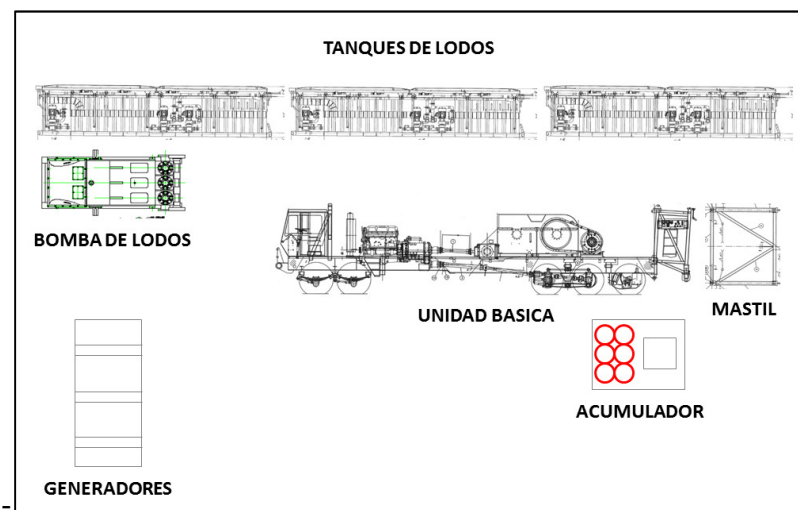
---

<sup>1</sup> SAN ANTONIO INTERNACIONAL. Equipos [online] <<http://www.sanantoniointernacional.com/equipos/workover.html>> [citado el 17 de septiembre de 2013]

Los equipos de workover se usan en el proceso de terminación de pozos, que es la preparación de un pozo de petróleo o gas natural recientemente perforado para ponerlo en producción.

En Independence S.A., la distribución básica de un equipo de Workover es como se observa en la figura 1.

**Figura 30. Distribucion básica, general de un equipo de workover**



Fuente. Autor de la monografía

Como se puede observar estos equipos poseen diversos componentes que, para la operación, dependen uno del otro para el correcto funcionamiento de todo el conjunto. La falla de alguno de estos genera pérdidas de tiempo que a su vez repercute en pérdidas de dinero y mala imagen hacia el cliente.

En Independence S.A., para el año 2012, existieron pérdidas de tiempo, en producción, de más de 1800 horas, lo que genero alto impacto en ventas de servicios.

Se hace necesario diseñar planes de mantenimiento preventivos estructurados que ataquen los modos de falla de los componentes críticos para evitar pérdidas de tiempo en las operaciones. Dentro de la estructura de estos planes se deberá tener en cuenta:

- Estructurados según estadísticas de fallas
- Que ataquen los modos de fallas de los diferentes componentes
- Listas claras y definidas de materiales, repuestos, herramientas y servicios para la ejecución de cada tarea
- Fichas de estimación de tiempos para cada plan de mantenimiento
- Costeo de cada uno de los planes
- Metodologías de priorización

## **1.2 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS**

A continuación se presentan los objetivos generales y específicos de la presente monografía.

### **Objetivo General:**

Mejorar los planes de mantenimiento preventivo para equipos de Workover de la empresa Independence S.A.

### **Objetivos Específicos:**

- Identificar planes de mantenimiento preventivo actuales y revisar rutinas para identificar eficacia de las mismas ante las estadísticas de fallas existentes

- Actualizar planes de mantenimiento de cada equipo según sus estadísticas de fallas particulares y criticidades calculadas, definiendo alcances, responsabilidades y secuencias para cada tarea
- Definir, para cada plan de mantenimiento, las fichas de recursos humanos, materiales y de servicios, necesarios para asegurar la correcta ejecución de los mismos. Definir el costo según fichas de recursos.
- Definir metodología de programación de tareas, asegurando el menor impacto en la disponibilidad de los equipos para la operación.

## 2. MARCO TEORICO

Como parte de la presente monografía, a continuación se describe el marco teórico más relevante para el temario objeto de este trabajo.

### 2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con el fin de contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales en instalaciones, equipos, sistemas de equipos, flotillas y otros activo, es necesario planear algunas tareas para evitar que las funciones mencionadas anteriormente dejen de ejecutarse debido a fallas potenciales, a esta previsión se le denomina mantenimiento preventivo, el cual difiere del mantenimiento de reparación o correctivo ya que este último normalmente se considera como el remplazo, renovación, reparación parcial o general de los componentes de un sistema o equipo con el propósito de que este realice correctamente la función para la que fue creado. El mantenimiento correctivo se puede dividir en reparación planeada, la cual implica que los recursos físicos y humanos necesarios para realizar una labor han sido planeados previamente, lo que asegura una disponibilidad de los mismos y de acuerdo a un programa establecido y la reparación no planeada, donde puede existir un conjunto de mano de obra y piezas disponibles o también un mantenimiento bajo modalidad AD-HOC, pero que aun así no cumple con los criterios de planeación ni programación previa<sup>2</sup>.

La finalidad del mantenimiento preventivo es: encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas. El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por; usuarios, operadores y mantenimiento. Como su nombre lo indica el

---

<sup>2</sup> BORRAS, Carlos. Memorias clase mantenimiento preventivo. ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bogotá D.C. 2012.

mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

Bajo esta premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos.

Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de conservación, confiabilidad, mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento. Haciendo uso de los datos hacemos su planeación esperando con ello evitar los paros y obtener con ello una alta efectividad de la planta, los conceptos de este mantenimiento se agrupan en dos categorías: preventivo y correctivo<sup>3</sup>.

Dentro de los tipos de tareas de mantenimiento preventivo se encuentran:

**Tareas programadas en base a condición.** Las actividades programadas en base a condición (predictivas), se basan en el hecho de que la mayoría de los modos de fallos no ocurren instantáneamente, si no que se desarrollan progresivamente en un periodo de tiempo. Si la evidencia de este tipo de modo de fallo puede ser detectada bajo condiciones normales de operación, es posible que se puedan tomar acciones programadas en base a la condición del activo, que ayuden a prevenir estos modos de fallo y eliminar sus consecuencias. El momento en el proceso en el cual es posible detectar que el fallo está ocurriendo o está a

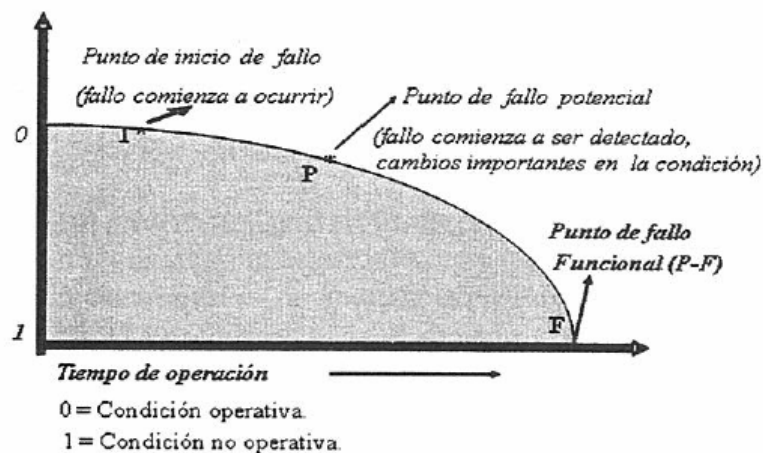
---

<sup>3</sup> Mantenimiento planificado. Artículo mantenimiento preventivo, <[www.mantenimientoplanificado.com](http://www.mantenimientoplanificado.com)> [citado en octubre de 2013]

punto de ocurrir o que ya está ocurriendo es conocido como fallo potencial y se define como una condición física identificable que indica que el fallo funcional está a punto de ocurrir o que ya está ocurriendo dentro del proceso. Entre los ejemplos más comunes de fallos potenciales tenemos: lecturas de vibración que indican inminentes fallos en los cojinetes, grietas existentes en metales indican inminentes fallos por metales fatigados, partículas en el aceite de una caja de engranajes, indican inminentes fallos en los dientes de los engranajes, puntos calientes indican deterioro en el material refractario del hogar de una caldera, etc.

El comportamiento en el tiempo de gran parte de los distintos tipos de modos de fallos cuya por evidencia por condición puede monitorizarse, se presenta en la siguiente figura.

**Figura 31. Curva de comportamiento de los fallos potenciales (intervalo P-F)**



Fuente. INGEMAN. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos

En esta figura, se muestra como un fallo comienza a ocurrir (punto de inicio “I”, muchas veces este punto no puede ser detectado), incrementado su deterioro (condición a medir) hasta el punto en el cual el fallo no es detectado (punto de fallo potencial “P”). Si en este punto el fallo no es detectado y corregido, continua

aumentando su deterioro (usualmente de forma acelerada) hasta que alcanza el punto donde se produce el fallo funcional (punto “F”, el activo ha dejado de cumplir su función).

**Tareas de reacondicionamiento.** Son las actividades periódicas que se llevan a cabo para restaurar un activo a su condición original, es decir, actividades de prevención realizadas a los activos a un intervalo de frecuencia menor al límite de vida operativo del activo, en función del análisis de sus funciones en el tiempo. En este tipo de actividades, el activo es puesto fuera de servicio, se realiza una inspección general y se reemplazan, en caso de ser necesario, las piezas defectuosas. Las tareas de restauración programadas son conocidas como overhauls, y su aplicación más común es en equipos mayores: compresores, turbinas, calderas, etc.

**Tareas de sustitución-reemplazo programado.** Este tipo de actividad está orientada específicamente hacia el reemplazo de componentes o partes usadas de un activo a un intervalo temporal inferior al de su vida útil (antes que se produzca el fallo). Las actividades de reemplazo devolverán la condición original al componente, ya que sustituye uno viejo por uno nuevo, la diferencia con las anteriores es simplemente que estas inciden en los componentes y las de reacondicionamiento involucran a todos los componentes de un equipo mayor, además de que en un overhaul no implica una sustitución de piezas viejas sino que puede limitarse a acciones de limpieza, reparación o inspección.

Tareas de búsqueda de fallos ocultos. Los modos de fallos ocultos no son evidentes bajo condiciones normales de operación, por lo que este tipo de fallos no tienen consecuencias directas, pero estas consecuencias pueden propiciar la aparición de fallos múltiples dentro de un contexto operacional. Uno de los caminos que puede ayudar a minimizar los efectos de un fallo múltiple es tratar de

disminuir la probabilidad de ocurrencia de fallos ocultos, chequeando periódicamente si la función oculta está trabajando correctamente<sup>4</sup>.

### 2.1.1 Características

Dentro de las características más importantes del mantenimiento preventivo se encuentran:

- El mantenimiento preventivo puede variar de simples rutas de lubricación o inspección hasta el más complejo sistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación de los equipos.
- Un programa de mantenimiento preventivo puede incluir otros sistemas de mantenimiento y pueden ser considerados todos en conjunto como un programa de mantenimiento preventivo<sup>5</sup>
- Se enfoca en el trabajo futuro
- Aprovechamiento máximo de los recursos (realizar más trabajo con la menor cantidad de recursos)
- Promueve la reducción del mantenimiento reactivo
- Minimiza el caos y la ineficiencia resultante de la descoordinación con el departamento de producción, cambios en las prioridades, trabajos de emergencia e interrupciones imprevistas<sup>6</sup>.

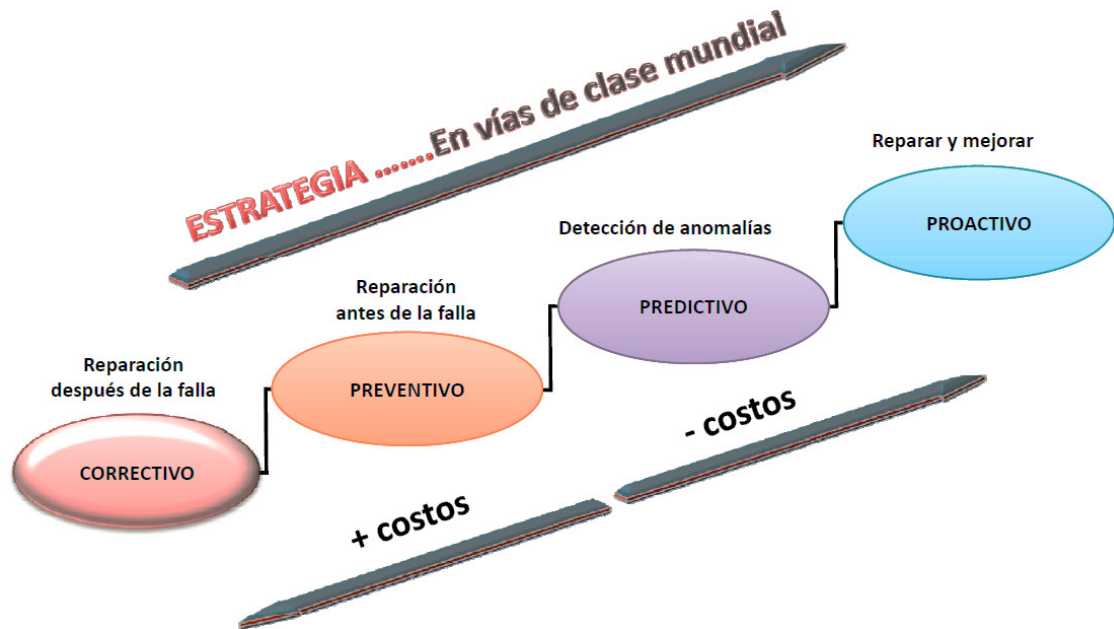
---

<sup>4</sup> PARRA, Carlos, CRESPO, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos. Sevilla, España, julio de 2012, 260 paginas

<sup>5</sup> Mantenimiento planificado. Artículo mantenimiento preventivo, <[www.mantenimientoplanificado.com](http://www.mantenimientoplanificado.com)> [citado en octubre de 2013]

<sup>6</sup> CONTRERAS, Jose. Planificación, programación y costos de mantenimiento. Curso elite training. Bogotá, Noviembre de 2012

Figura 32. Estrategias de mantenimiento



Fuente. Planificación, programación y costos de mantenimiento. Curso elite training

### 2.1.2 Ventajas

Las razones por las que se prefiere el mantenimiento preventivo frente a otros tipos de mantenimiento son:

- Reducción de las fallas prematuras por medio de limpiezas periódicas, ajustes y lubricación adecuada
- En caso de que la falla no pueda mitigarse, las revisiones periódicas y las mediciones que se realicen pueden ayudar a reducir el impacto de la falla en el equipo o en la instalación en general
- Se puede controlar la degradación gradual de una función o un parámetro
- Tal vez el indicador más importante de una organización se ve mejorado cuando se implementa el mantenimiento preventivo, ya que los costos pueden ser no solo controlados si no disminuidos, por ejemplo los costos

directos en materiales y repuestos (ya que el mantenimiento e emergencia es más costoso); así como los indirectos en las paradas de producción y lucro cesante, sin dejar de un lado que la calidad de la reparación se ve afectada negativamente en el mantenimiento correctivo<sup>7</sup>

- Incrementa la vida útil de los equipos e instalaciones. Si se tiene buen cuidado con los equipos puede ayudar a incrementar su vida. Sin embargo, requiere de involucrar a todo el personal en la idea de la prioridad ineludible de realizar y cumplir fielmente los programas de mantenimiento
- Reduce los niveles de inventario. Al tener un mantenimiento planeado puede reducir los niveles de existencias del almacén
- Ahorro. Un peso ahorrado en mantenimiento son muchos pesos de utilidad para la compañía. Cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo<sup>8</sup>.

### 2.1.3 Consideraciones de implementación<sup>9</sup>

La implementación de un proceso efectivo de mantenimiento preventivo tiene algunas diferencias no significativas, dependiendo de cómo está estructurada la organización, las políticas y otros factores. A continuación se mencionan los aspectos más importantes a tener en cuenta en su implementación:

- Determine las metas y objetivos: El primer paso para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo es determinar exactamente —qué es lo que se quiere obtener del programa—. Usualmente el mejor inicio es trabajar sobre una base limitada y expandirse después de obtener algunos resultados positivos.

---

<sup>7</sup> BORRAS, Carlos. Memorias clase mantenimiento preventivo. ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bogotá D.C. 2012.

<sup>8</sup> Mantenimiento planificado. Artículo mantenimiento preventivo, <[www.mantenimientoplanificado.com](http://www.mantenimientoplanificado.com)> [citado en octubre de 2013]

<sup>9</sup> Mantenimiento planificado. Artículo mantenimiento preventivo, <[www.mantenimientoplanificado.com](http://www.mantenimientoplanificado.com)> [citado en octubre de 2013]

- Establezca los requerimientos para el mantenimiento preventivo: decida qué tan extenso pueda ser su programa de mantenimiento preventivo. Que debe incluir y donde debe iniciar.
  - ✓ *Maquinaria y equipo a incluir:* la mejor forma de iniciar esta actividad es determinar cuál es la maquinaria y equipo más crítico en la planta; alguna veces esto es muy fácil y otras veces no, esto depende de lo que manufacture la compañía. Hay que hacer del programa de mantenimiento preventivo un “sistema activo”, donde participen todos los departamentos.
  - ✓ *Áreas de operación a incluir:* puede ser mejor seleccionar un departamento o sección para facilitar el inicio; esta aproximación permite que se concentren los esfuerzos y más fácilmente se realicen mediciones de progreso. Es mucho mejor expandir el programa cuando se haya probado y obtenido resultados.
  - ✓ *Decidir si se van a incluir disciplinas adicionales al programa de mantenimiento preventivo:* se debe determinar si se implementara rutas de lubricación, realización de inspecciones, ajustes y/o calibraciones, o cambio de partes por frecuencia o uso.
  - ✓ *Declarar la posición del mantenimiento preventivo:* es importante que cualquier persona en la organización entienda exactamente que consideró como el mayor propósito del programa de mantenimiento preventivo. No tiene que ser tan breve, es decir sin sentido, pero tampoco deberá ser extenso que cree confusión.
  - ✓ *Medición del mantenimiento preventivo:* hay que poner particular atención en la medición del progreso del programa de

mantenimiento preventivo, ya que es donde muchos fallas. Si no se miden los resultados no se podrá afinar el programa.

- ✓ *Reunir y organizar los datos:* esta puede ser una actividad bastante pesada, independientemente de si se tiene un CMMS, pero se hace necesario para tener trazabilidad del programa de mantenimiento preventivo.
- Para establecer el programa de mantenimiento preventivo, tener en cuenta los siguientes pasos:
  - ✓ Los equipos que se incluyan en el programa de mantenimiento preventivo debe estar en el listado de equipos
  - ✓ Se requiere de una tabla de criterios (frecuencias de mantenimiento)
  - ✓ Requiere planear los operarios y contratistas para las ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo, el programa necesitara códigos de oficios y actividades
  - ✓ Deben existir procedimientos detallados o listados de rutinas
  - ✓ La planeación y uso de materiales y repuestos deben quedar en los registros del mantenimiento preventivo
  - ✓ Tabla de frecuencias de mantenimiento preventivo
  - ✓ Calendario. Determinar un número de días entre las inspecciones o ejecución de los mantenimientos preventivos.
  - ✓ USO el número de horas, litros, kilogramos, piezas u otra unidad de medición en las inspecciones
  - ✓ CALENDARIO / USO Una combinación de los dos anteriores. Entre 30 días o 100 horas lo que ocurra primero.

- Procedimientos del mantenimiento preventivo (listado de rutinas): El programa de mantenimiento preventivo deberá incluir procedimientos detallados que deben ser completados en cada inspección o ciclo. Existen varias formas para realizar estos procedimientos en las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo.

Los procedimientos permiten también insertar detalles de liberación de maquina o equipo, trabajo por hacer, diagramas a utilizar, planos de la máquina, ruta de lubricación, ajustes, calibración, arranque y prueba, reporte de condiciones, carta de condiciones, manual del fabricante, observaciones, etc.

Relacionar los procedimientos a la orden de trabajo y los reportes maestros individuales de mantenimiento preventivo. De ser posible utilizar o diseñar procedimientos para las ordenes de trabajo correctivo, o rutinario. En algunos casos, se colocan los procedimientos en un lugar específico en la máquina.

## **2.2 ANALISIS DE HISTORICOS DE FALLAS**

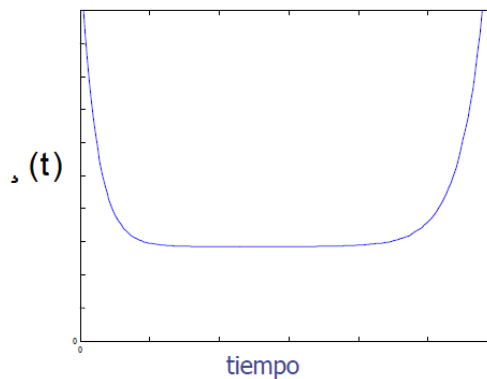
Antes de seleccionar una estrategia de mantenimiento para un equipo es conveniente conocer los fenómenos que producen su degradación y fallas. Las fallas se pueden clasificar como:

- Fallas catastróficas: contemplan las fallas repentinas y completas, tales como la ruptura de un componente mecánico o un corto circuito en un sistema eléctrico. Es difícil observar la degradación y por tanto no es posible establecer procedimientos preventivos.
- Fallas por cambios en parámetros: fenómenos tales como

- ✓ Desgaste mecánico
- ✓ Fricción
- ✓ Aumentos en la resistencia de componentes electrónicos; la degradación es gradual y puede ser observada directa o indirectamente

- Etapa temprana, caracterizada por una tasa de falla que decrece en el tiempo
- Etapa madura, caracterizada por una tasa constante de fallas
- Ancianidad, caracterizada por una tasa creciente de fallas

**Figura 33. Etapas de la vida de un equipo “curva de la bañera”**



Fuente. Manual del ingeniero de mantenimiento. Gestión del mantenimiento moderno

En el contexto de la recolección de datos de falla podemos distinguir:

**Fallas primarias:** son el resultado de una deficiencia de un componente, cuando esta ocurre en condiciones de operación dentro del rango nominal. Ejemplo: ruptura de un alabe de turbina cuando la velocidad es operacional.

**Fallas secundarias:** son el resultado de causas secundarias en condiciones no nominales de operación. Podría no haber habido falla si las condiciones hubiesen estado en el rango de diseño del componente.

Condiciones que causan fallas secundarias: temperaturas anormales, sobrepresión, sobrecarga, velocidad, vibraciones, corriente, contaminación, corrosión.

La ocurrencia de causas secundarias no siempre conlleva que una falla secundaria ocurra. Ejemplo: el incremento de la temperatura sobre el rango de diseño puede causar la falla de un componente solo 60% del tiempo, ósea, la probabilidad condicional de la falla del componente cuando hay un incremento anormal de la temperatura es de 0,6.

Las fallas secundarias pueden ser clasificadas en varias categorías:

**Fallas con causa común:** en este caso la falla secundaria induce fallas en más de un componente. Por ejemplo, un terremoto puede producir cargas severas en un número de componentes e inducir su falla. Las catástrofes naturales son causas usuales de este tipo: terremotos, inundaciones, huracanes, explosiones, fuego. Mal funcionamiento de otros sistemas o componentes también pueden inducir fallas en varios componentes. Ejemplo: una falla del sistema de aire acondicionado produce incremento en la temperatura y de ahí la falla de un número de componentes electrónicos.

**Fallas propagadas:** en este caso la falla de un componente induce la falla de otro. Si la falla del primer componente induce falla en más de un componente puede ser considerada como falla con causa común.

**Fallas por error humano:** si las fallas son causadas por errores humanos en la operación, mantención, inspección. Los errores humanos en la etapa de diseño, construcción e instalación del equipo son considerados como fallas por error humano y no deben ser consideradas como fallas primarias. Si el error conlleva la falla de varios componentes, también se puede hablar de fallas con causa común<sup>10</sup>.

La recopilación de datos de los equipos tales como marca, modelo, representante, posible proveedor facilita la tarea de llevar un mejor control del mantenimiento. La documentación de las fallas, sus soluciones y repuestos utilizados nos permite en caso de que se repita resolverlo con mayor rapidez y deducir los métodos de prevención necesarios para evitar que vuelva a suceder. En el caso de que se tenga que hacer alguna modificación al equipo aquí también se documenta la forma en que se realizó<sup>11</sup>.

## **2.2.1 Metodologías**

Existen diversas metodologías para el análisis de fallas, es necesario realizar un profundo análisis para determinar la mejor de ellas y que se acomode a la organización.

### **2.2.1.1 Análisis de Pareto**

Es comúnmente llamado búsqueda de significancia o análisis ABC, es una herramienta avanzada genérica de mantenimiento para identificar y jerarquizar datos, con el fin de mostrar que elementos componen el tema que se está

---

10 PASCUAL, Rodrigo. Manual del ingeniero de mantenimiento. Chile, Julio de 2002

11 MANTENIMIENTO GENERAL. Historiales [online].

<<http://www.mantenimientogeneral.com/Manual/Historiales.htm>> [citado el 25 de octubre de 2013]

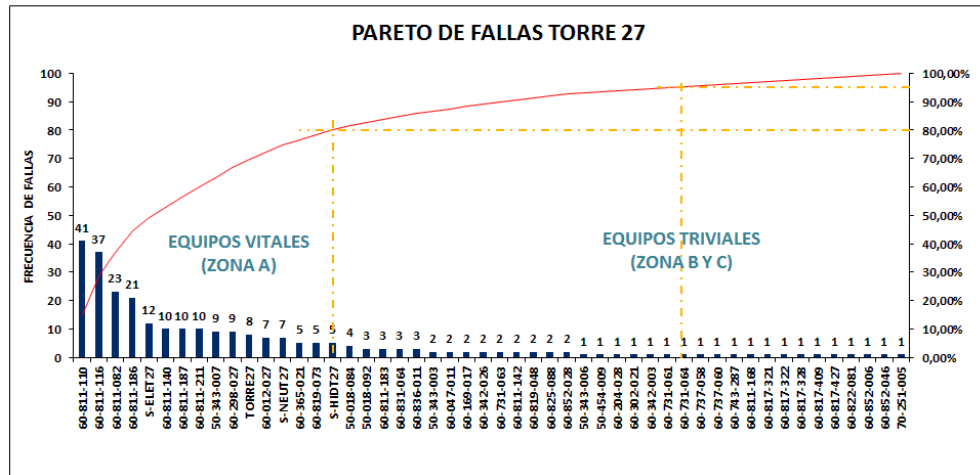
analizando. Este permite, mediante una representación gráfica o tabular, conocida como diagrama de Pareto, identificar de una forma decreciente los aspectos que se presentan con mayor frecuencia o que tienen una ponderación o incidencia mayor. Aplicando el análisis de Pareto, se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia, mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), conocido también como regla 80/20 que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves, es decir, que el resultado de un proceso dependerá esencialmente de un número pequeño de los factores que intervienen en el mismo. Si se logra determinar cuáles son estos factores vitales se puede concretar recursos en el estudio de los mismos con lo que se resuelve la mayoría del problema, de donde se deriva la famosa frase de Pareto. “Aplicando la atención a los pocos asuntos vitales, se consigue la máxima eficacia y rendimiento de los recursos dedicados”. Por lo tanto, el análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”.

En el diagrama se organizan las diversas clasificaciones de datos, que representan los elementos o factores constituyentes de un problema o tema analizado, por orden descendente de izquierda a derecha por medio de barras sencillas o por una línea continua que une los puntos después de haber reunido los datos para calificar las categorías. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades.

El diagrama permite identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar mayor atención y de esta manera priorizar recursos para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos y tiempo. Con frecuencia, un aspecto puede representar el 80.

Es importante profundizar en lo que significa el análisis ABC, este consiste en identificar las tres zonas que se pueden presentar en un análisis de búsqueda de significancia. La zona A, representa la zona de mayor impacto, el 20.

**Figura 34. Gráfica de análisis de Pareto**



Fuente. Autor de la monografía

### Objetivos del análisis de Pareto

En general el análisis de Pareto es una de las herramientas estadísticas de mantenimiento más útiles y sus aplicaciones en el área de mantenimiento solo están limitadas por el ingenio del analista. Realizar el análisis de Pareto tiene como objetivos:

1. Identificar oportunidades para llevar cabo mejoras
2. Identificar un producto o servicio que requiera un análisis más exhaustivo
3. Identificar lo sistemas, equipos o elementos que están causando la mayoría de problemas a mantenimiento y/o producción
4. Documentar de manera científica y sistemática los llamados de atención a un área o sector problemático
5. Analizar las diferentes agrupaciones de datos
6. Buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones

7. Expresar los costos que significan cada tipo de falla y los ahorros logrados mediante el efecto correctivo llevado a cabo a través de determinadas acciones

Es importante tener en cuenta que el análisis de Pareto se puede llevar a cabo siempre y cuando los factores o categorías de un problema se puedan cuantificar<sup>12</sup>.

#### **2.2.1.2 Matriz RIM**

Gestión de información de confiabilidad. La matriz RIM es una base de datos que se utiliza para la recopilación de datos de fallas para un conjunto de activos, con la finalidad de realizar análisis de tendencias y paretos.

Los análisis obtenidos en esta matriz sirven para detectar equipos, sistemas y componentes críticos que generen gran cantidad de fallas. Con esta detección se logra definir una estrategia de mantenimiento que ataque estas fallas.

Las pautas para la definición de la estructura de la matriz RIM (reliability information management), son dadas por la norma ISO14224.

#### **Norma ISO 14224**

Esta norma internacional brinda una base para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar para las áreas de producción de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias. Sus definiciones son tomadas del RCM/FMEA.

---

<sup>12</sup> BORRAS, Carlos. Memorias clase mantenimiento preventivo. ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bogotá D.C. 2012.

Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan cuantificar la confiabilidad de los equipos y compararla con la de otros de características similares. Los principales objetivos de esta norma internacional son:

a) Especificar qué datos serán recolectados para el análisis de:

- Diseño y configuración del sistema
- Seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los sistemas y plantas
- Costo del ciclo de vida
- Planeamiento, optimización y ejecución del mantenimiento

b) Especificar datos en un formato normalizado, a fin de:

- Permitir el intercambio de datos entre plantas
- Asegurar que los datos sean de calidad suficiente para el análisis que se pretende

Si bien la norma está orientada al registro de fallas, son de gran importancia las posibilidades de aplicación que presenta para definir los límites y jerarquía de los equipos de operación, como también la calificación de la jerarquía de las fallas.

Básicamente parte desde el modo de falla (pérdida de la función) hasta el detalle de la causa de falla y el componente que provoca el evento. Esta calificación tiene como ventaja que limita la profundidad de detalle del análisis, acotando el nivel al que llega el técnico de mantenimiento (y las que quedan para un especialista)<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> TOFFÉ, Mario. Base de datos de confiabilidad, dirigido a la gestión del conocimiento y mitigación de riesgos. Febrero de 2009

### **3. RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE INFORMACION**

Como metodología para el mejoramiento de los planes de mantenimiento de Independence S.A., es necesario analizar los históricos de fallas de los componentes de los equipos de workover, para determinar las fallas vitales y así definir los mejores planes de mantenimiento preventivo que las ataquen.

Es necesario definir una metodología para, inicialmente, recolectar las fallas de una manera organizada y estructurada para así realizar los análisis posteriores.

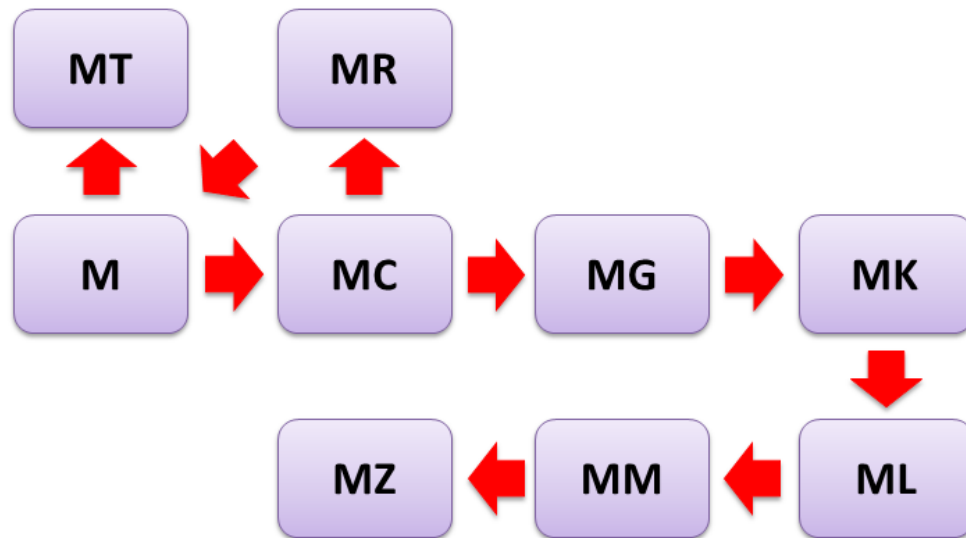
#### **3.1 METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE FALLAS**

Dentro del proceso de mantenimiento de Independence S.A., como documento oficial para el registro de cualquier trabajo, se encuentra la orden de trabajo. Las órdenes de trabajo están clasificadas así:

- Orden de trabajo correctiva inmediata: esta orden de trabajo es utilizada cuando la falla que se requiere corregir ha causado paro total de la operación del equipo de workover.
- Orden de trabajo correctiva programada: esta orden de trabajo se utiliza para el registro del Backlog (pendientes del equipo). Esta orden de trabajo es priorizada de acuerdo al nivel de respuesta que requiera la operación.
- Orden de trabajo preventiva: esta orden de trabajo se utiliza para el registro de la ejecución de los planes preventivos de cada uno de los activos mantenibles.

Las órdenes de trabajo están estructuradas en base a un flujo de estados que especifican la situación en la cual se encuentra la actividad. El flujo de estados de las órdenes de trabajo es el siguiente:

**Figura 35. Flujo de estados de las órdenes de trabajo de mantenimiento**



Fuente. Autor de la monografía

Cada estado significa:

**Estado M:** es el estado inicial de la orden de trabajo, en este estado se diligencian todos los datos básicos de la orden y se anexa toda la información que se deba tener en cuenta para la ejecución del mismo. Allí también se realiza el cargue de materiales y mano de obra planificada, necesarios para la tarea de mantenimiento.

**Estado MC:** luego de haber generado la orden de trabajo con toda su información y recursos, debe pasar por este estado para iniciar el flujo de aprobación de los recursos para el abastecimiento de los mismos.

**Estado MG:** estado que significa que la orden ha sido aprobada, este cambio de estado lo hace el sistema de forma automática. Con la orden aprobada el ejecutor ya puede dirigirse a retirar del almacén los materiales necesarios para la labor y que han sido solicitados en esta orden de trabajo.

**Estado MK:** estado que indica que el trabajo está en ejecución, los materiales han sido retirados de almacén para la labor.

**Estado ML:** luego de ejecutado el trabajo, de manera manual, la orden es pasada a este estado para indicar que la tarea ha sido cumplida. En este estado la orden inicia un flujo de aprobación para que el cliente interno, verifique el trabajo ejecutado y de manera virtual de su visto bueno.

**Estado MM:** estado automático que genera el sistema, en la orden de trabajo, cuando el cliente interno ha hecho su verificación y ha quedado satisfecho del trabajo realizado.

**Estado MZ:** Último estado de la orden de trabajo, aquí finaliza el proceso.

**Estado MT:** estado de cancelación de la orden de trabajo cuando ha sido mal generada desde su inicio.

**Estado MR:** estado de rechazo de la orden. Se da cuando los recursos solicitados para el trabajo de mantenimiento no son aprobados.

Las órdenes de trabajo se registran en el sistema de información JD Edwards, de Oracle. Con el fin de tener historiales de mantenimiento por cada equipo, la orden de trabajo siempre, en su creación, se ingresa con el número de activo o TAG interno.

La estructura de la orden de trabajo es la siguiente:

### 1. Detalle de la orden

En esta sección de la orden de trabajo se registran datos como:

- Numero de unidad o número de TAG del activo a intervenir
- Sucursal o bodega virtual a la cual corresponde el activo
- Descripción de la falla

**Figura 36. Orden de trabajo, pestaña detalle de orden**

Información Maestro de equipos	
Número solíc - NO	
Número unidad	60-811-110 MOTOR DIESEL DETROIT S60
Sucursal *	PT31BOD Bodega Equipo Torre 31
Nº art inven	
Lotser - NO	
Modelo producto	CEDE MOTOR DE COMBUSTION DIES
Familia producto	CE MOTOR DE COMBUSTION
Descripción	FALLA TURBO ALIMENTADOR
Descripción falla	FALLA TURBO ALIMENTADOR

Información cliente	
Refer solícit	
Nº cliente	1 INDEPENDENCE DRILLING S.A.
Ubicación geográfica	135789 CASTILLA-META
Nº contacto	1 INDEPENDENCE DRILLING S.A.
Nombre contacto	INDEPENDENCE DRILLING S.A. Número 57-1 EXT. 1006-1007

Fuente. ERP JD Edwards

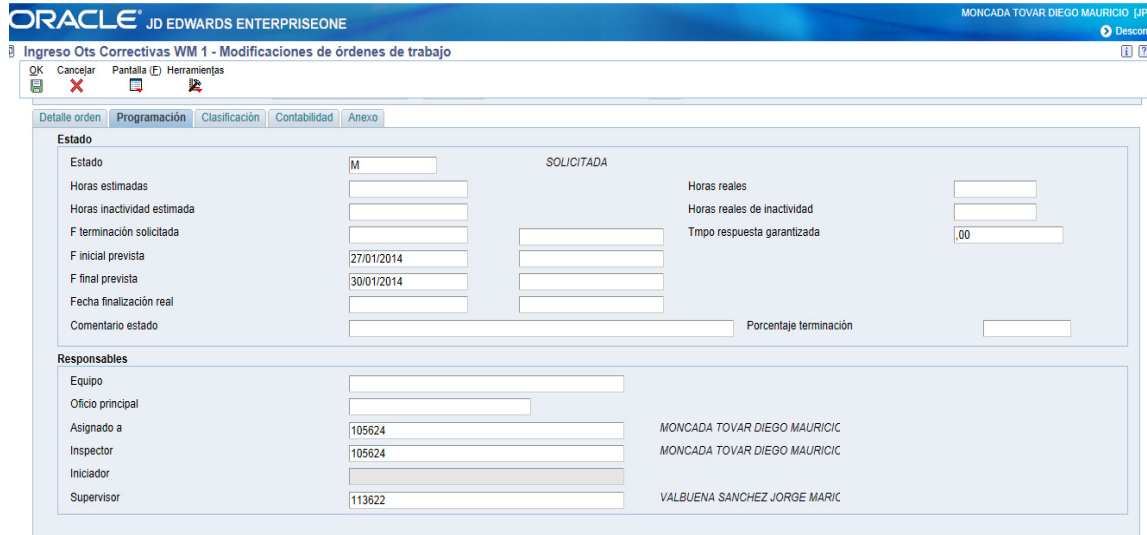
El campo “Descripción de falla” es muy importante dentro de los historiales de fallas de cada componente pues es el primer registro a analizar dentro de las estadísticas. Esta descripción debe ser resumida, pues el sistema solo permite cierta cantidad de caracteres pero al mismo tiempo debe ser clara y objetiva.

## 2. Programación

La pestaña de programación específica el momento en el que se deberá ejecutar el trabajo, de acuerdo a la disponibilidad de recursos para la tarea. En esta pestaña se define:

- Estado de la orden de trabajo: es un código que define, dentro del flujo de estados de la orden de trabajo, en qué situación se encuentra la actividad. Para las órdenes de trabajo de mantenimiento los estados son en letras.
- Fechas de inicio y finalización prevista: estas fechas corresponden a las fechas de programación de la orden de trabajo. Con estas fechas se debe indicar cuando dará inicio y cuando finalizara la ejecución del mantenimiento, teniendo en cuenta la disponibilidad de los recursos.

**Figura 37. Orden de trabajo, pestaña programación**



The screenshot displays the 'Programación' (Scheduling) tab within the Oracle JD Edwards EnterpriseOne interface. The window title is 'Ingreso Ots Correctivas WM 1 - Modificaciones de órdenes de trabajo'. The 'Estado' (Status) is set to 'M' (SOLICITADA). The 'F inicial prevista' (Planned start date) is 27/01/2014, and the 'F final prevista' (Planned end date) is 30/01/2014. The 'Responsables' section lists the assigned person as 105624 (MONCADA TOVAR DIEGO MAURIC) and the supervisor as 113622 (VALBUENA SANCHEZ JORGE MARIC).

Estado	
Estado	M SOLICITADA
Horas estimadas	
Horas inactividad estimada	
Horas reales	
Horas reales de inactividad	
F terminación solicitada	
Tmpo respuesta garantizada	,00
F inicial prevista	27/01/2014
F final prevista	30/01/2014
Fecha finalización real	
Comentario estado	
Porcentaje terminación	

Responsables	
Equipo	
Oficio principal	
Asignado a	105624 MONCADA TOVAR DIEGO MAURIC
Inspector	105624 MONCADA TOVAR DIEGO MAURIC
Iniciador	
Supervisor	113622 VALBUENA SANCHEZ JORGE MARIC

Fuente. ERP JD Edwards

### 3. Clasificación

La pestaña clasificación, entre lo más relevante, define parámetros de la orden de trabajo tales como:

- Tipo de trabajo: es un código que define el tipo de trabajo, más significativo, que estará involucrado en la tarea a ejecutar. Se define si el trabajo es mecánico, eléctrico, soldadura o de inspección.
- Tipo de servicio: código que define si el mantenimiento será ejecutado por personal propio de la compañía o será subcontratado.
- Prioridad: la prioridad de la orden de trabajo está basada en la fecha de cumplimiento que deberá dársele a la tarea. La prioridad se define teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos y el tiempo de respuesta que se debe dar al trabajo.

**Figura 38. Orden de trabajo, pestaña clasificación**

The screenshot shows the 'Clasificación' (Classification) tab of the 'Ingreso Ots Correctivas WM 1 - Modificaciones de órdenes de trabajo' window. The window title bar includes 'ORACLE JD EDWARDS ENTERPRISEONE' and the user 'MONCADA TOVAR DIEGO MAURICIO'. The main content area is divided into two sections: 'Códigos categoría' and 'Códigos de datos'. The 'Códigos categoría' section contains fields for Fase, Tipo trabajo (MCC), Tipo impropio, Impacto, Mayor valor activo, Estado, Tipo servicio (PRO), Sitio del mantenimiento, Orden para copia, and Cliente. The 'Códigos de datos' section contains fields for Prioridad (D), Idioma (S), Tipo aprobación (1), Región geográfica, Huso horar (13), País (CO), Tipo lista mater (M), and Padre activo. The 'EJECUCIÓN EN 4 SEMANA' label is visible next to the priority field.

Fuente. ERP JD Edwards

#### 4. Contabilidad

Esta pestaña define el centro de costo hacia el cual, todos los recursos utilizados en la orden de trabajo, deberán ir cargados. Aquí se registra:

- Unidad de negocio: centro que asume el costo de los materiales, servicios y mano de obra que se hay generado para la ejecución de la tarea.
- Cuenta auxiliar: Código que direcciona el costo a la actividad correspondiente de operación (Workover, Drilling, etc.).

**Figura 39. Orden de trabajo, pestaña contabilidad**

The screenshot displays the 'Contabilidad' (Accounting) tab within the Oracle JD Edwards EnterpriseOne interface. The window title is 'Ingreso Ots Correctivas WM 1 - Modificaciones de órdenes de trabajo'. The main form is titled 'CORRECTIVA PROGRAMADA' and includes the following sections:

- Costo estimado orden trabajo**: Fields for 'Mano obra estimada', 'Materiales estimados', 'Otros estim', 'Indirectos Estimados', and 'Importe estimado'.
- Contabilidad**: Fields for 'UN' (value: PT11), 'Cla aux' (value: 11003420), 'Código inactivo LM aux', 'Categoría LM cubierta', 'Categoría LM no cubierta', 'Cd explic fisc', 'Zona/ls fisc', 'Instrumento pago', and 'Importe pago anticipado'.
- Costo real orden trabajo**: Fields for 'Mano obra real', 'Material real', 'Otro real', and 'Importe real'.
- Contrato servicio**: Fields for 'N° documento' and 'Método fijación precios' (radio buttons for 'Tarifa fija' and 'Tiempo y materiales', with 'Tiempo y materiales' selected).
- Moneda**: Fields for 'Código moneda', 'Tipo cambio', and 'Cd moneda inicial' (value: COP), with a checked 'Mon exij' checkbox.

Fuente. ERP JD Edwards

#### 5. Anexos

En los anexos de la orden de trabajo se adjuntan documentos tales como planos, formatos, permisos, cotizaciones, informes y demás elementos que faciliten y evidencien la ejecución del trabajo.

En la estructura de la orden de trabajo se observa que hay toda una serie de datos que se ingresan allí, y que son la base para alimentar los historiales de falla para cada uno de los componentes mantenibles del equipo de workover.

Teniendo esta información se procede a registrar en la matriz RIM de mantenimiento para realizar los respectivos análisis de los históricos de fallas. En esta matriz solo se registran las fallas registradas en las órdenes de trabajo del tipo correctivas, sin importar su criticidad.

### **3.2 HISTÓRICOS DE FALLA DE COMPONENTES DEL EQUIPO DE WORKOVER**

Luego de revisar las generalidades de la orden de trabajo para así conocer el origen de la información de fallas, se alimenta entonces la matriz RIM que almacena el historial de fallas de cada uno de los componentes del equipo. El historial de fallas corresponde a 3 años de recopilación de información.

En el anexo A, del presente documento, se muestran los historiales de falla de cada uno de los componentes objeto de esta monografía.

Se observa que en elementos tales como motor diésel de la unidad básica, malacate y generadores, el historial de fallas es bastante extenso, debido a que estos componentes, dentro de la constitución de un equipo de workover, son los que presentan mayor operación.

En los análisis de Pareto se verá al detalle, para cada componente, los elementos que generan más fallas y que serán el objetivo de los planes de mantenimiento.

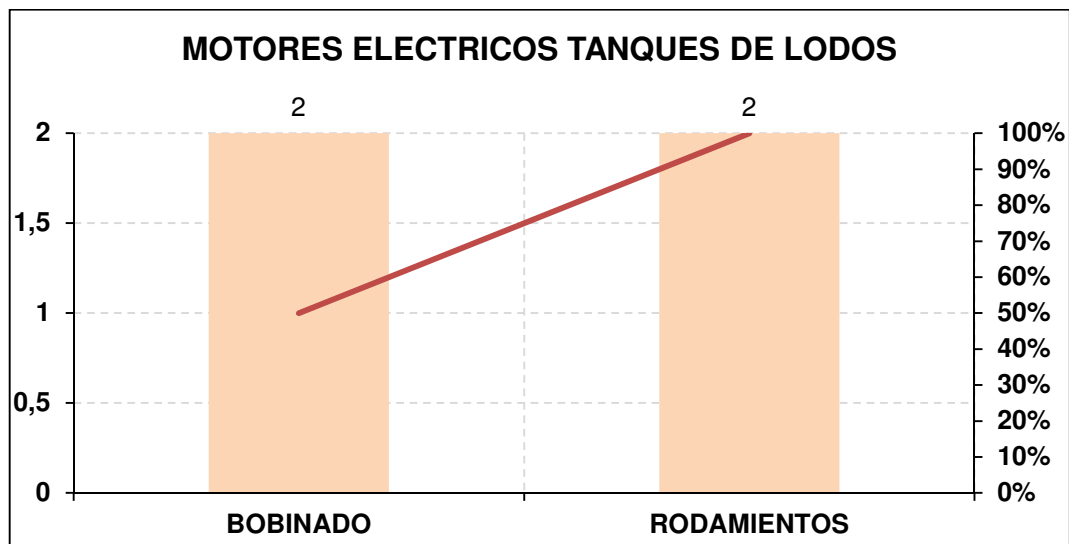
### 3.3 ANÁLISIS DE PARETO POR COMPONENTE

Luego de revisar los historiales de falla de cada componente, donde se observa la frecuencia de falla de cada elemento, se hacen los gráficos de Pareto para determinar los elementos vitales y triviales.

El objetivo de este análisis es detectar los elementos que generan mayor impacto para atacarlos mediante la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo.

A continuación se presentan las gráficas de Pareto de cada componente, las tablas de datos se muestran en el anexo B del presente documento:

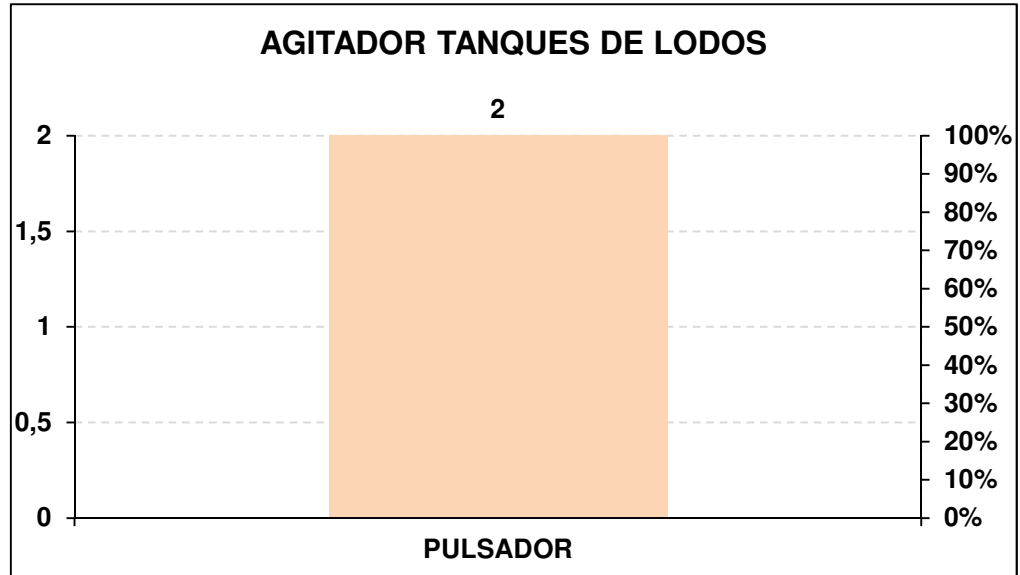
**Figura 40. Gráfica de Pareto motores eléctricos de tanques de lodos**



Fuente. Autor de la monografía

En motores eléctricos solo se observan fallas en elementos tales como bobinado y rodamientos. Una rutina preventiva donde se examinen temperaturas de rodamientos y bobinado de motores, ayudara a evitar fallas en estos componentes. Es importante asegurar el engrase permanente de los elementos rodantes.

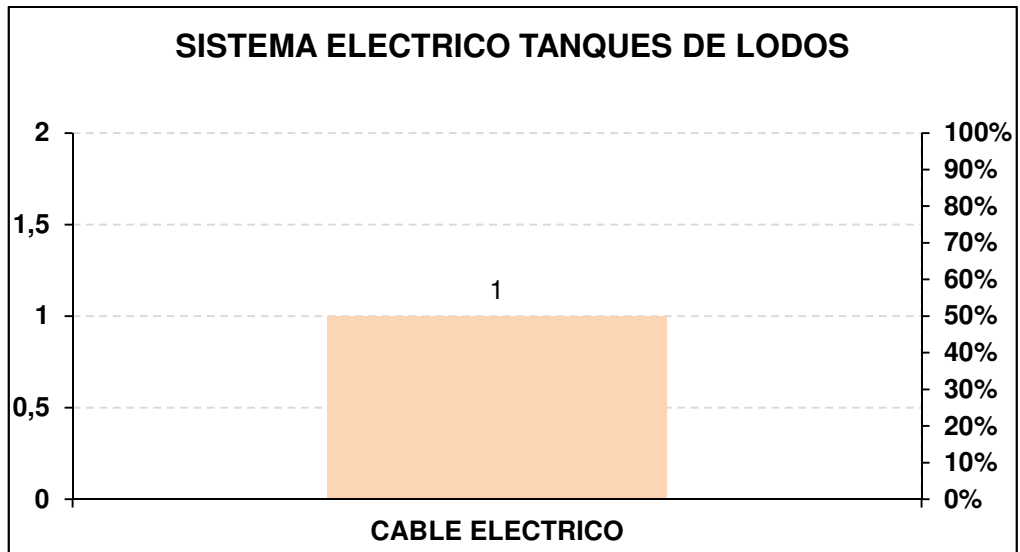
**Figura 41. Gráfica de Pareto agitadores de lodos de tanques de lodos**



Fuente. Autor de la monografía

En agitadores de lodos solo se evidencian fallas en el pulsador de arranque. Una revisión periódica de este elemento, asegurando su limpieza y estado de conexiones será suficiente para asegurar su buen funcionamiento.

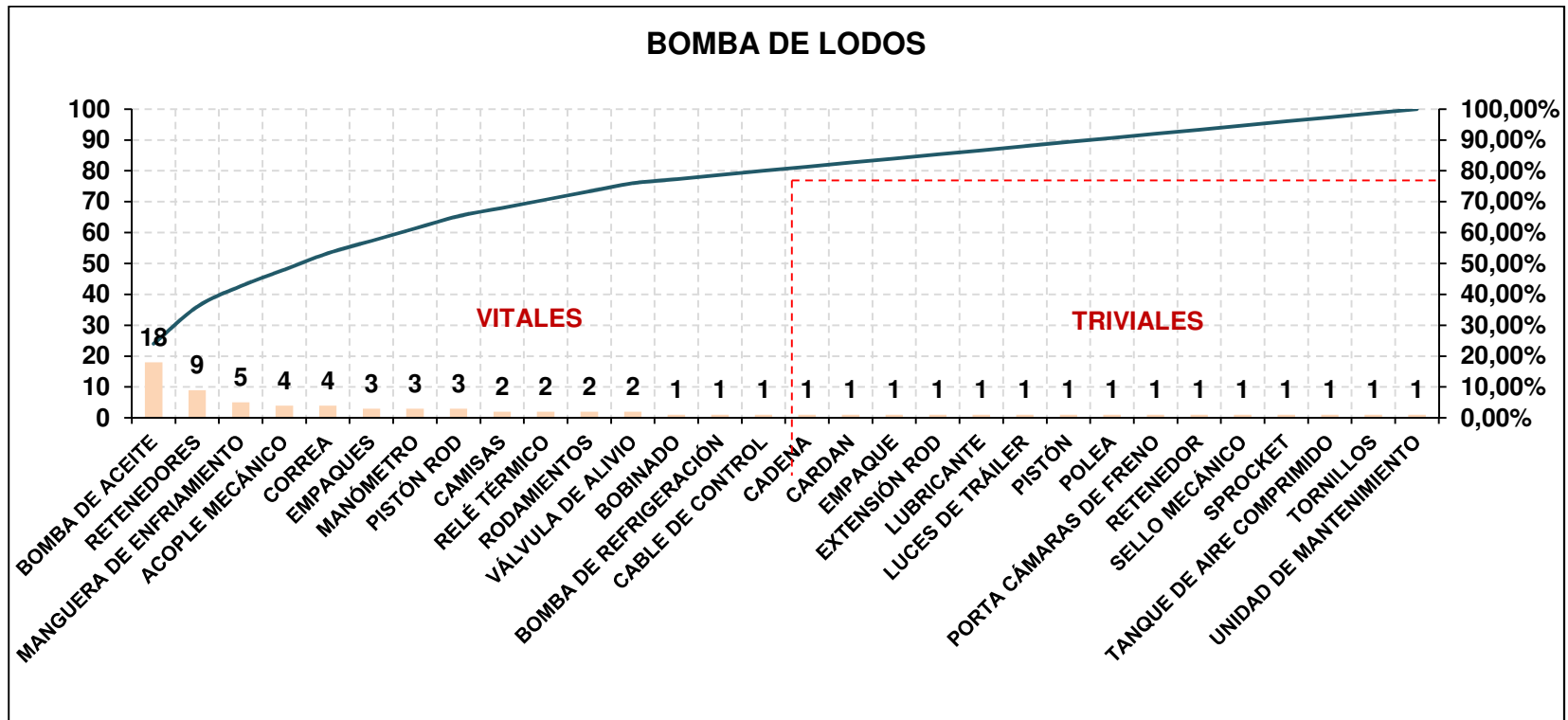
**Figura 42. Gráfica de Pareto sistema eléctrico de tanques de lodos**



Fuente. Autor de la monografía

En el sistema eléctrico de los tanques de lodos solo se evidencia una falla referente al cableado eléctrico. Este tipo de falla se genera por inadecuada manipulación o desprotección de este elemento. De manera rutinaria se debe verificar la limpieza, estado y protección, además se deberá revisar la manera de manipulación a la hora de movilizar este tipo de equipo.

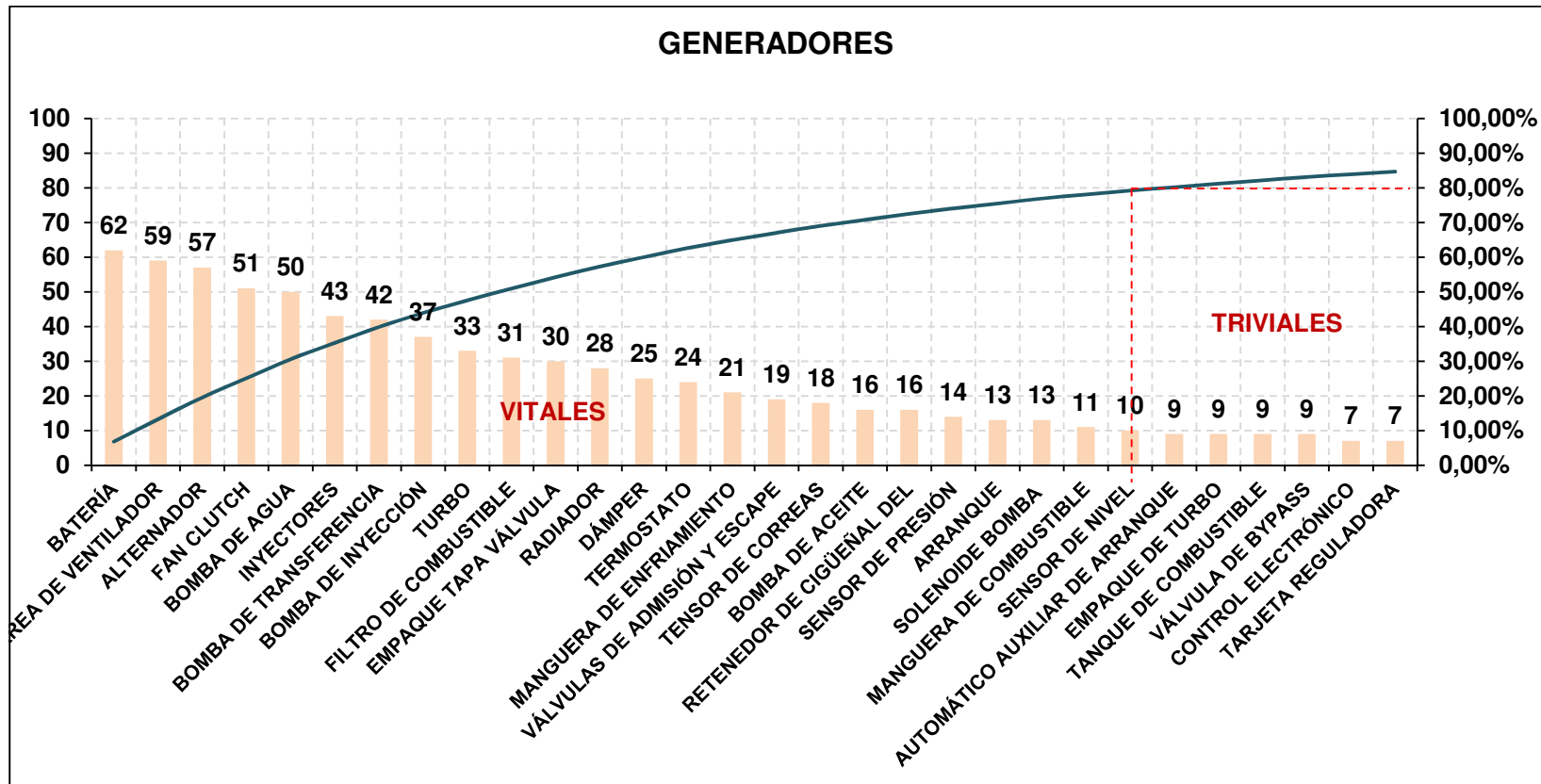
Figura 43. Gráfica de Pareto bomba de lodos



Fuente. Autor de la monografía

La Gráfica muestra 15 elementos vitales y 15 elementos triviales. Dentro de los vitales se encuentran elementos del motor diésel y elementos de la bomba de lodos recíproca. Dentro de la rutina de mantenimiento preventivo será necesario identificar la mejor frecuencia y actividades que aseguren la revisión de estos elementos.

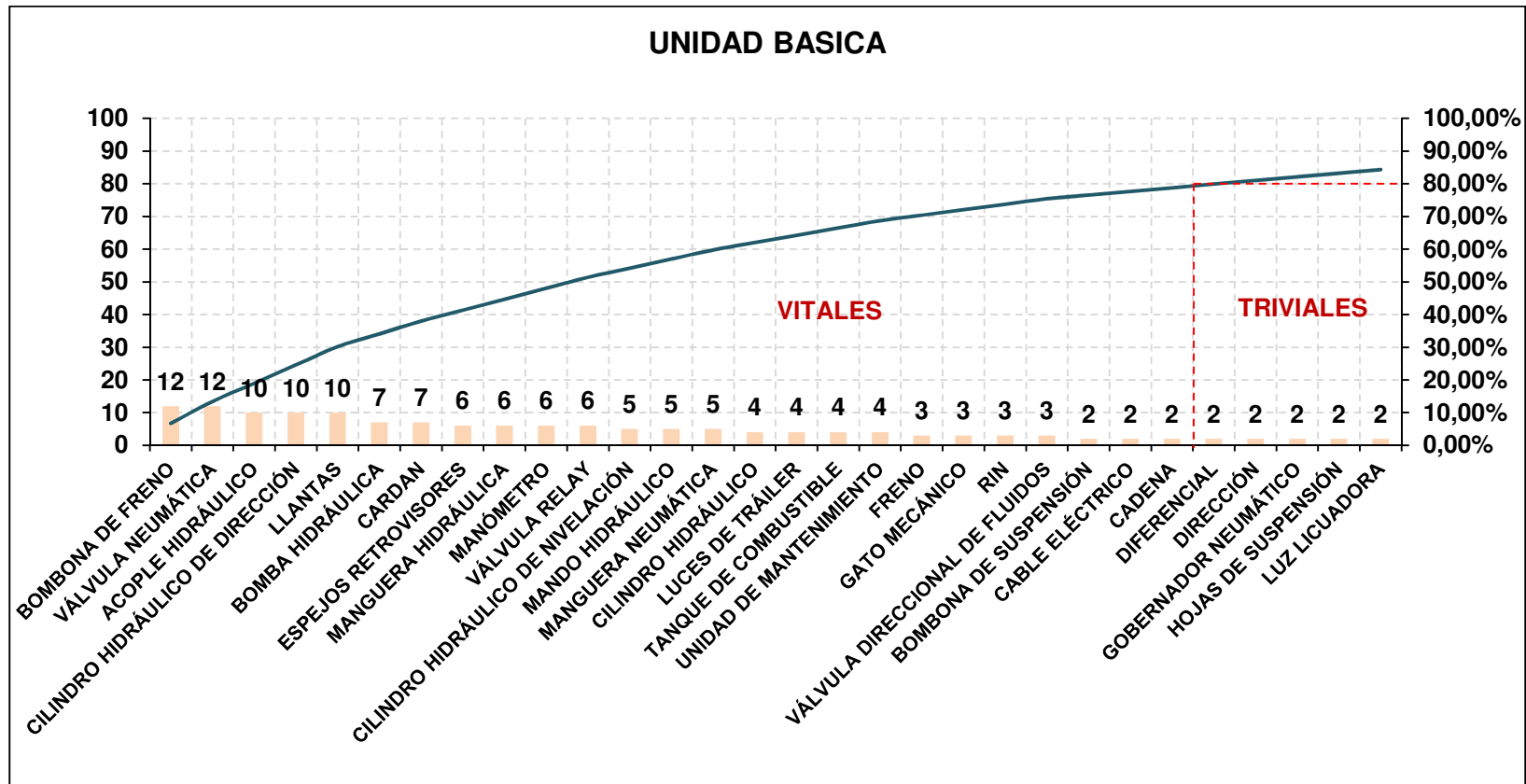
Figura 44. Gráfica de Pareto generadores (elementos vitales)



Fuente. Autor de la monografía

La Gráfica muestra 25 elementos vitales, donde todos son relacionados al motor diésel de los generadores. La rutina de mantenimiento debe tener actividades que aseguren que cada uno de estos elementos sea revisado.

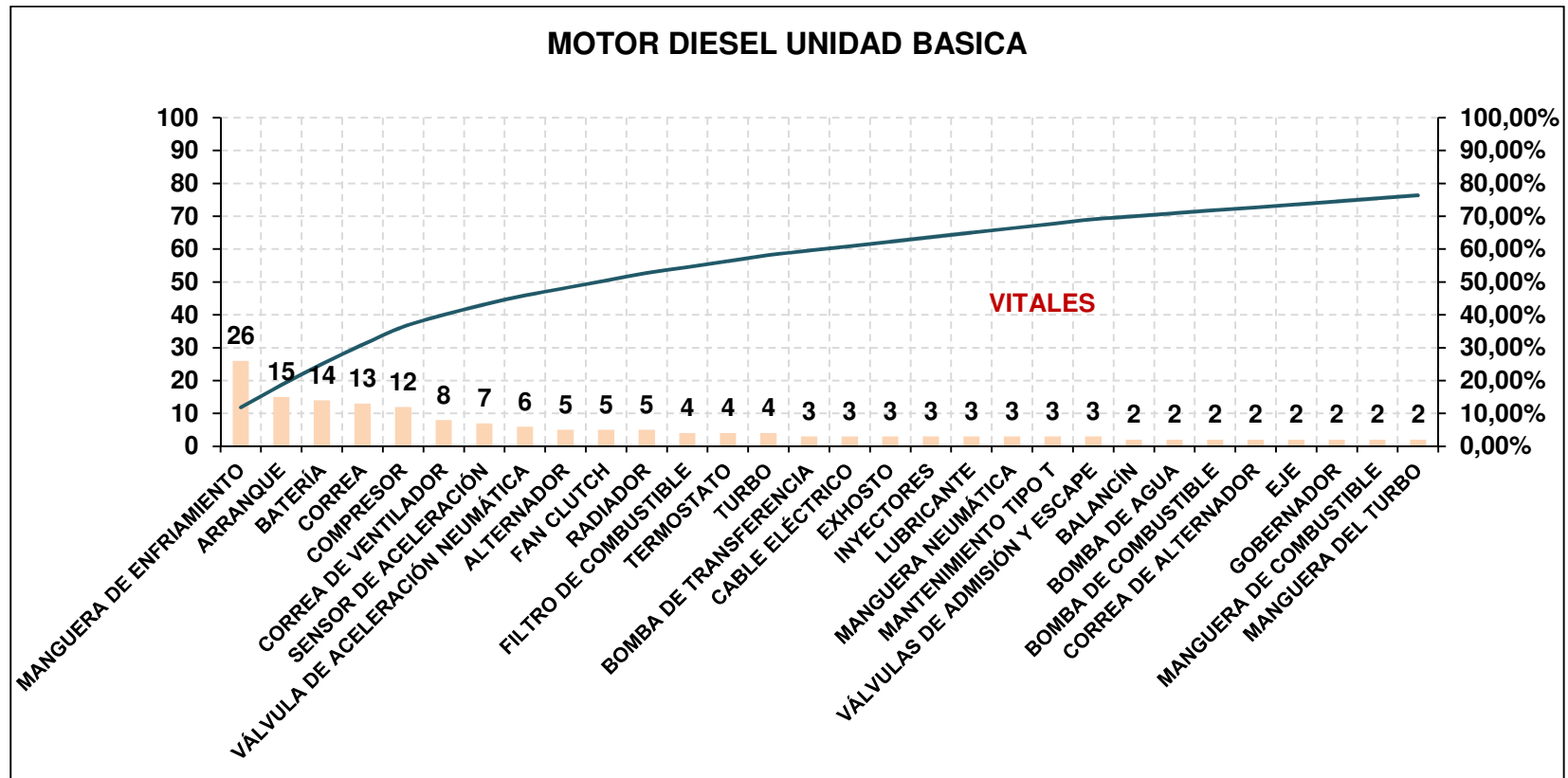
Figura 45. Gráfica de Pareto unidad básica (elementos vitales)



Fuente. Autor de la monografía

La Gráfica señala los componentes vitales, con la mayor frecuencia de fallas en unidades básicas. Se evidencia que elementos correspondientes a sistema de frenos son los más relevantes.

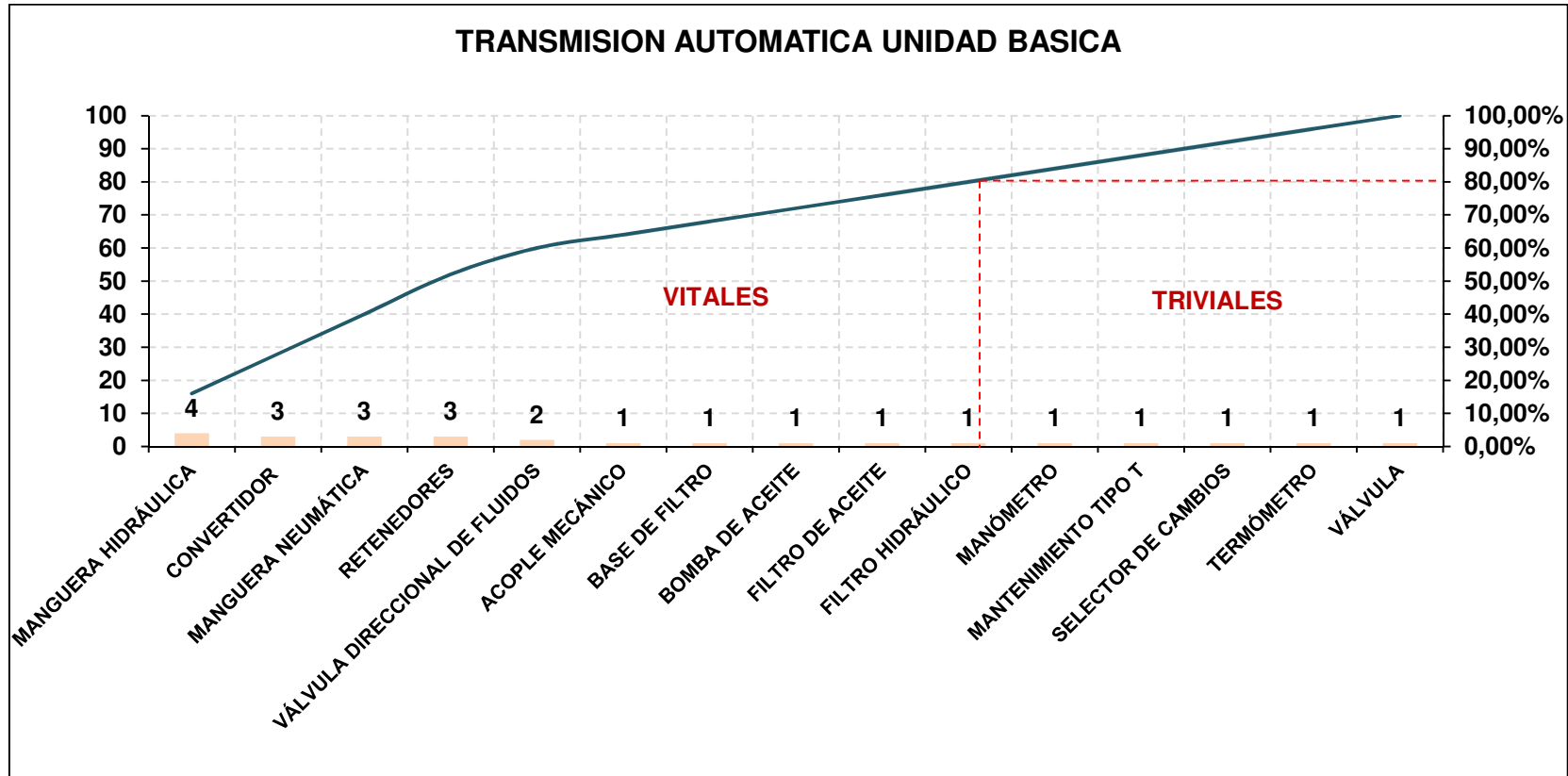
Figura 46. Gráfica de Pareto motor diésel unidad básica (elementos vitales)



Fuente. Autor de la monografía

En la gráfica de Pareto de motores diésel de unidad básica, dentro de sus componentes con mayor frecuencia de fallas, se resaltan mangueras de enfriamiento (del radiador), y elementos del sistema eléctrico tales como motores de arranque y baterías.

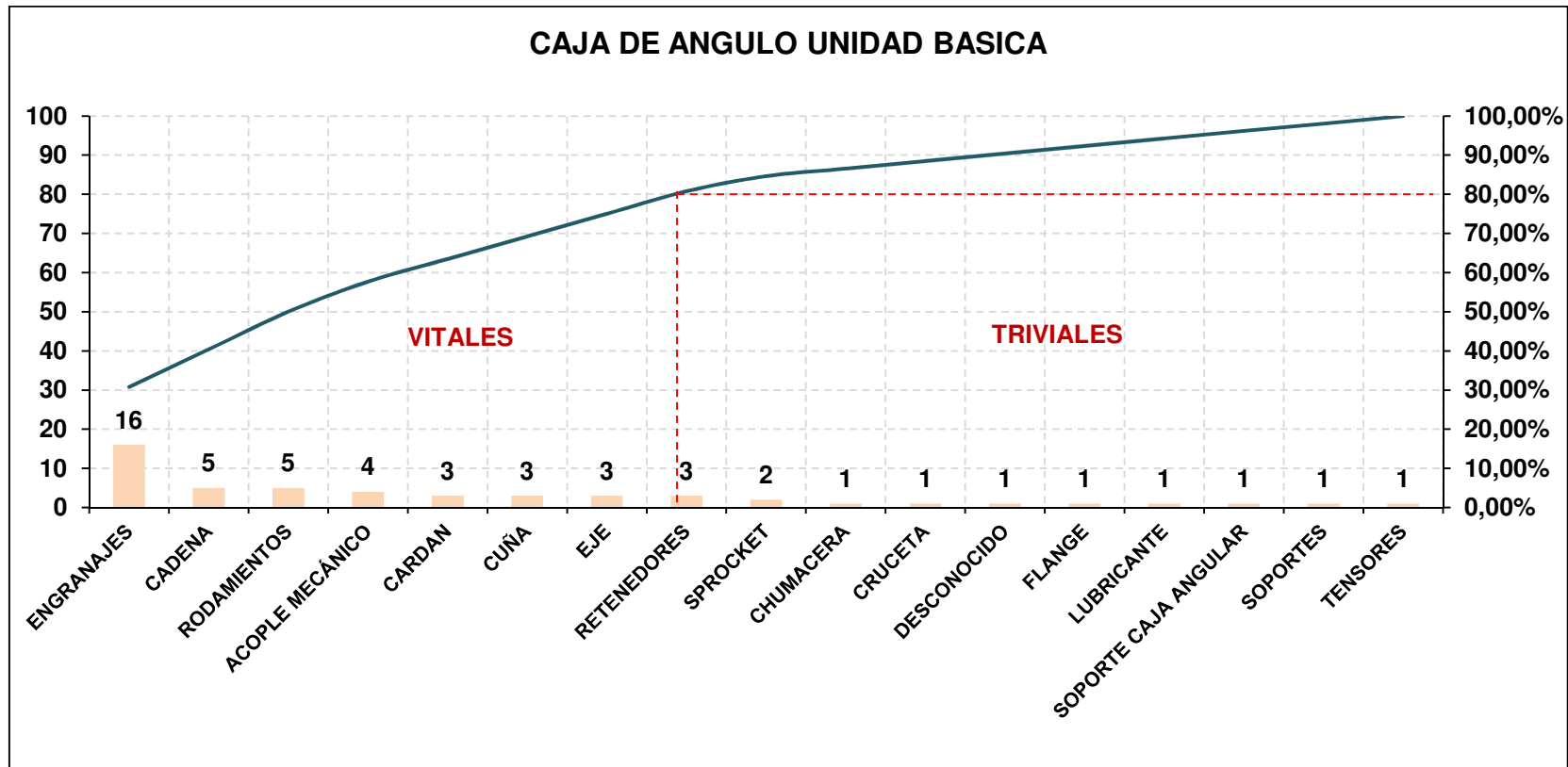
Figura 47. Gráfica de Pareto transmisión automática unidad básica



Fuente. Autor de la monografía

Para las transmisiones automáticas se observa que las fallas con frecuencias más representativas están en elementos tales como mangueras hidráulicas y neumáticas.

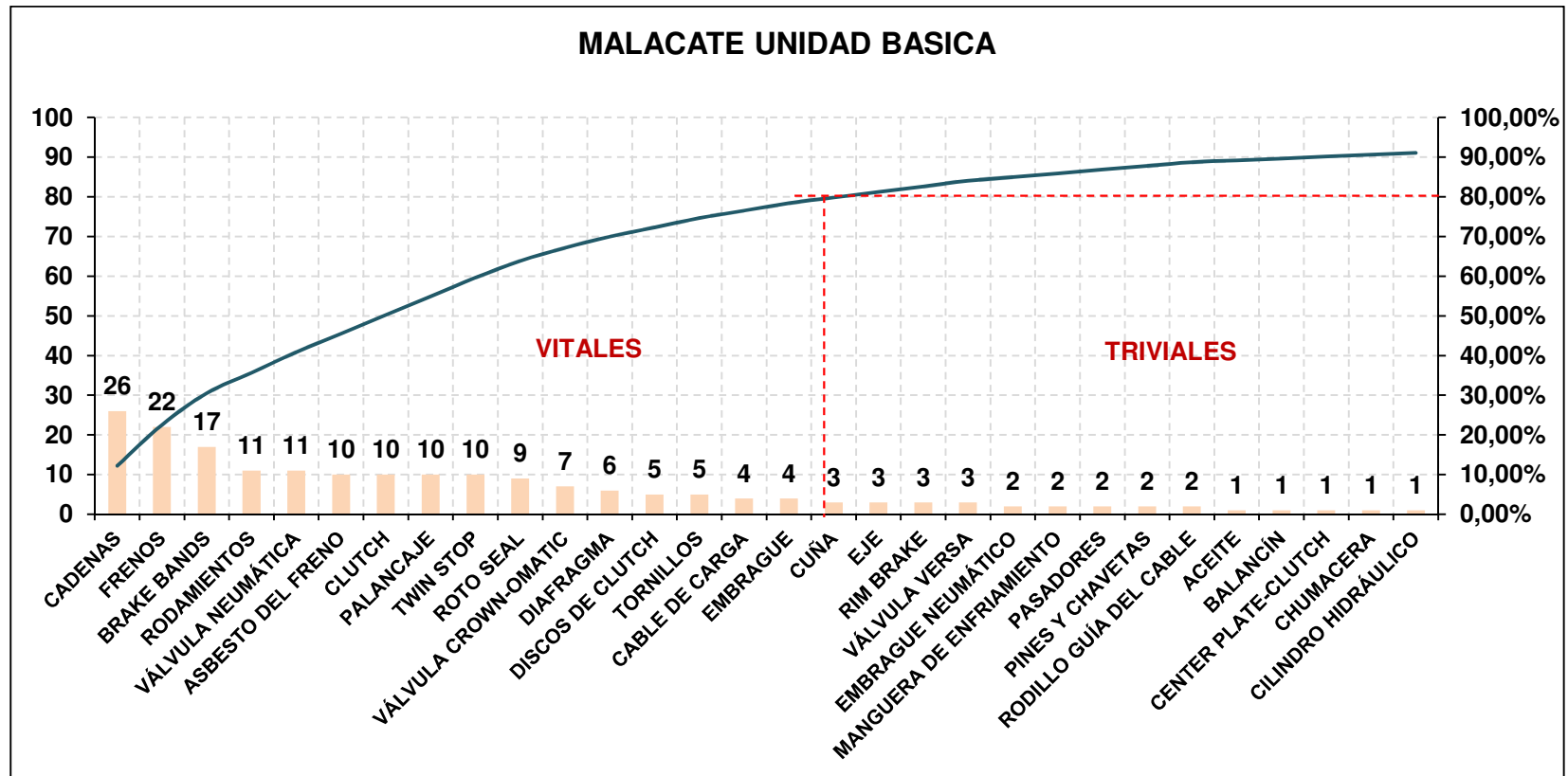
Figura 48. Gráfica de Pareto caja de ángulo unidad básica



Fuente. Autor de la monografía

En las cajas de ángulo recto de las unidades básicas, se observa que las fallas más comunes se presentan en engranajes, cadenas y rodamientos.

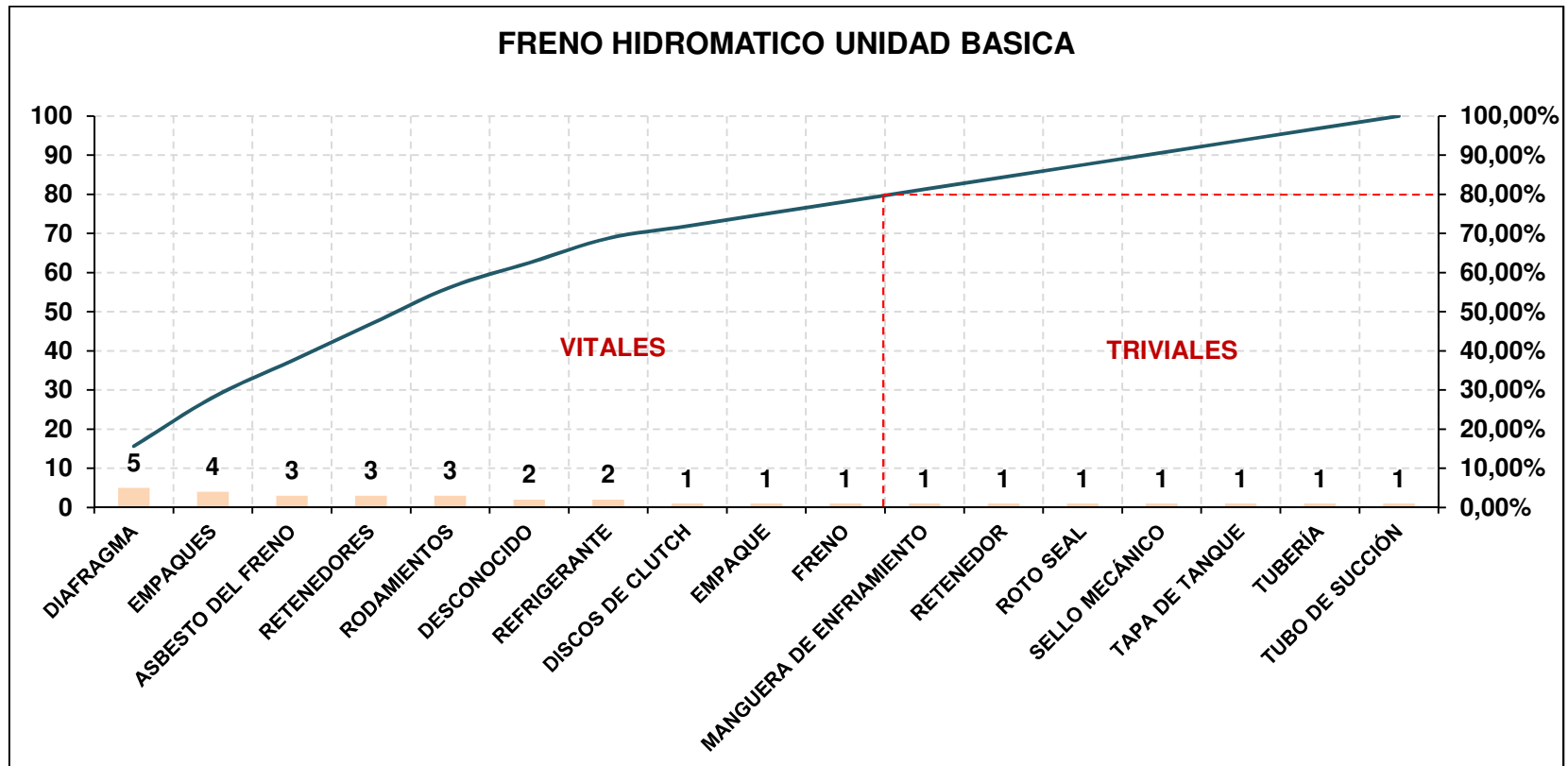
Figura 49. Gráfica de Pareto malacate de la unidad básica



Fuente. Autor de la monografía

En malacates los elementos vitales, según la gráfica de Pareto, corresponden a cadenas, freno del malacate, entre otros elementos del sistema de transmisión de potencia.

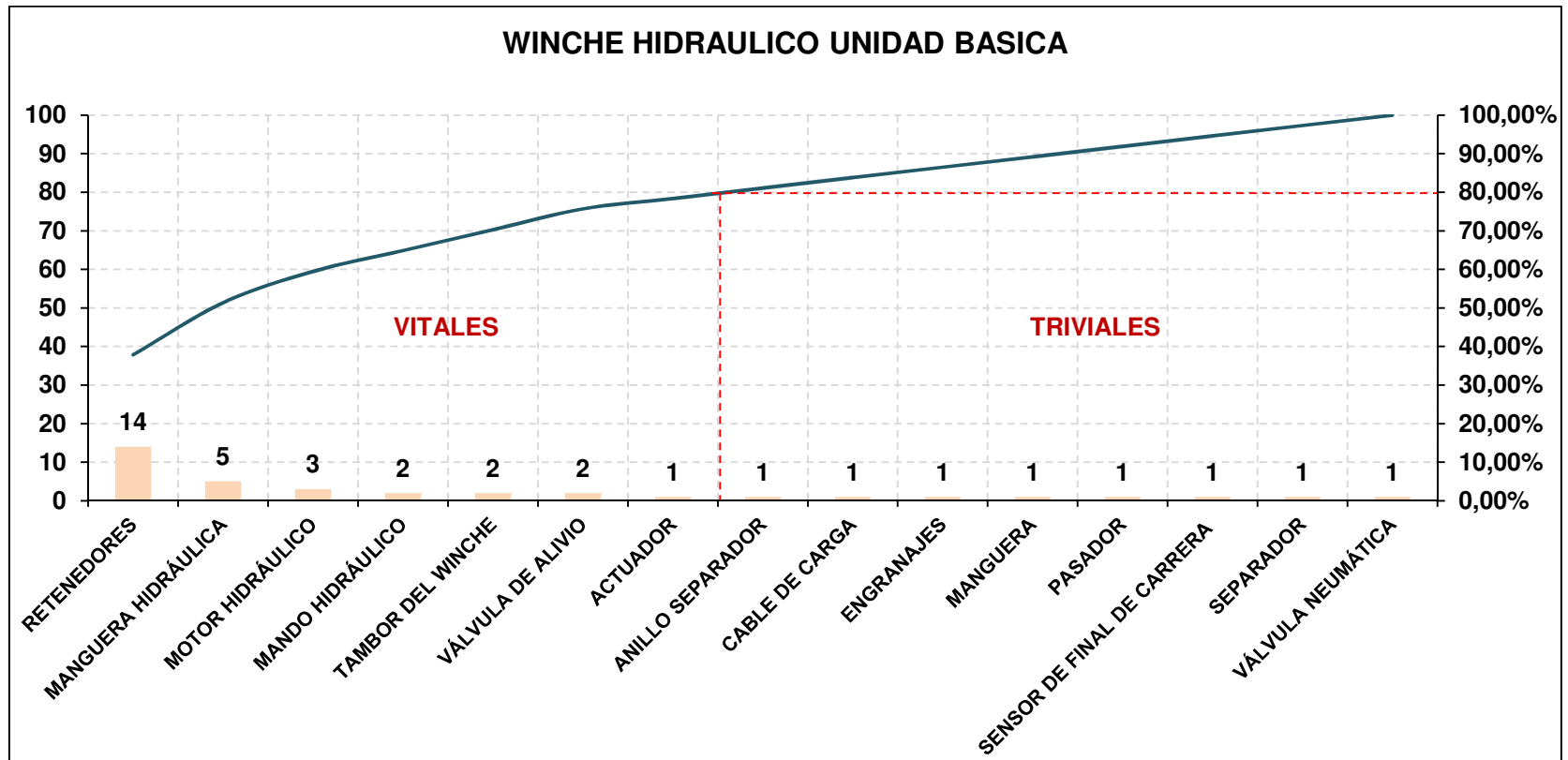
Figura 50. Gráfica de Pareto freno hidromático de la unidad básica



Fuente. Autor de la monografía

En frenos hidromáticos elementos hidráulicos tales como empaquetaduras y diafragmas hacen parte de los vitales

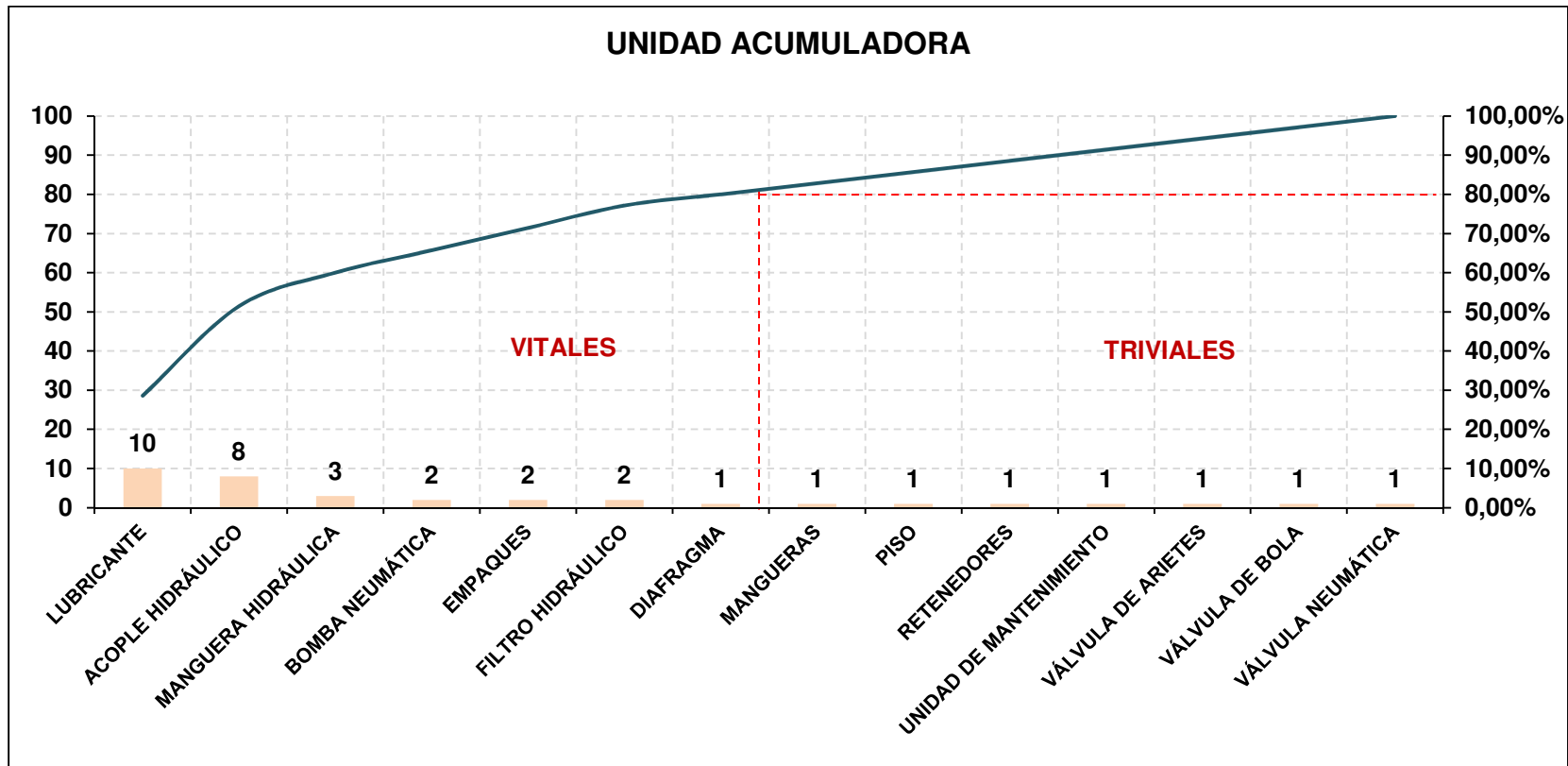
Figura 51. Gráfica de Pareto winche hidráulico de la unidad básica



Fuente. Autor de la monografía

En winches hidráulicos las fallas más representativas se dan en retenedores y mangueras hidráulicas.

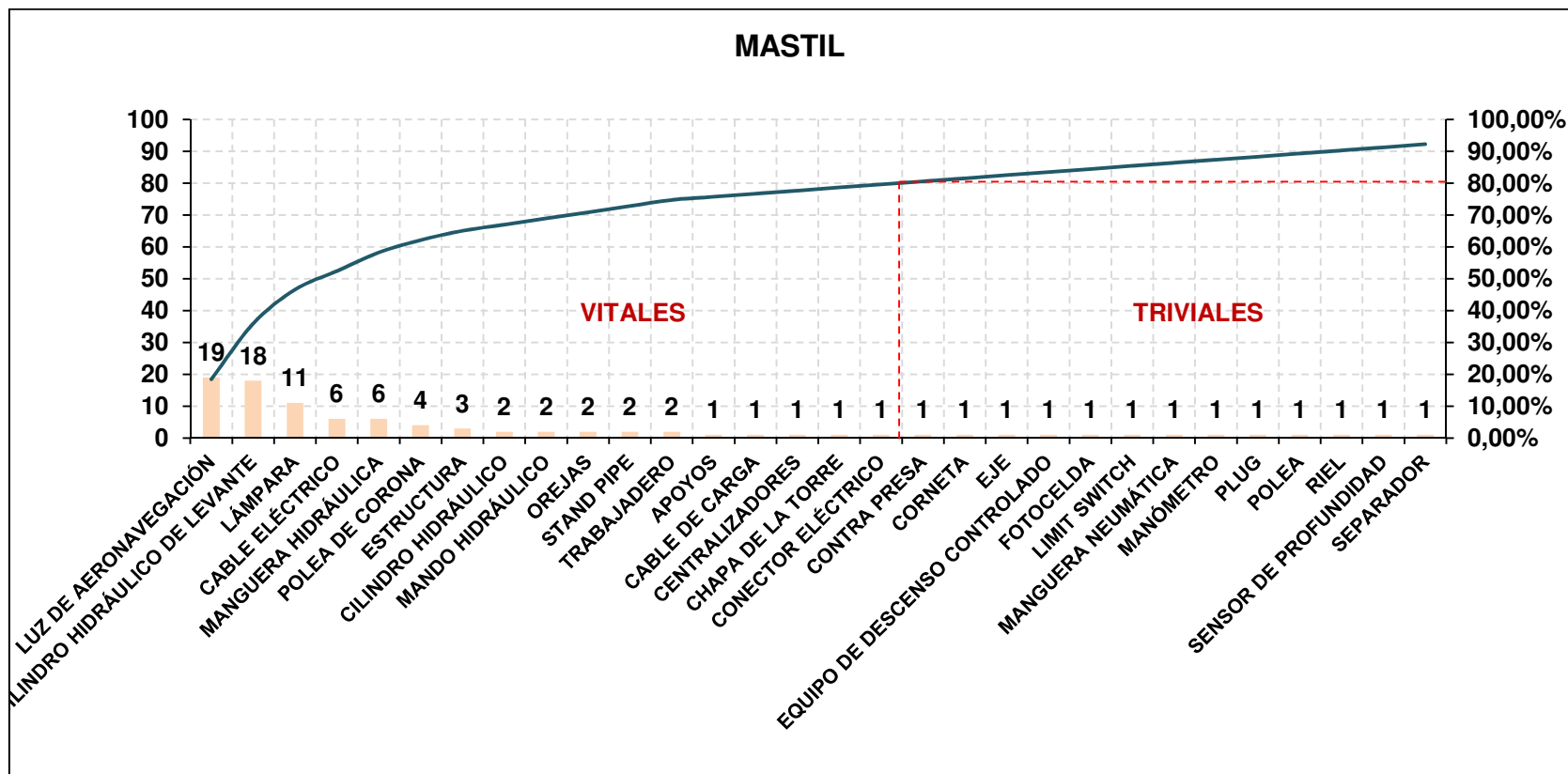
Figura 52. Gráfica de Pareto unidad acumuladora



Fuente. Autor de la monografía

En unidades acumuladoras las principales fallas se deben a problemas en el lubricante (emulsión), seguido de fallas en acoples hidráulicos.

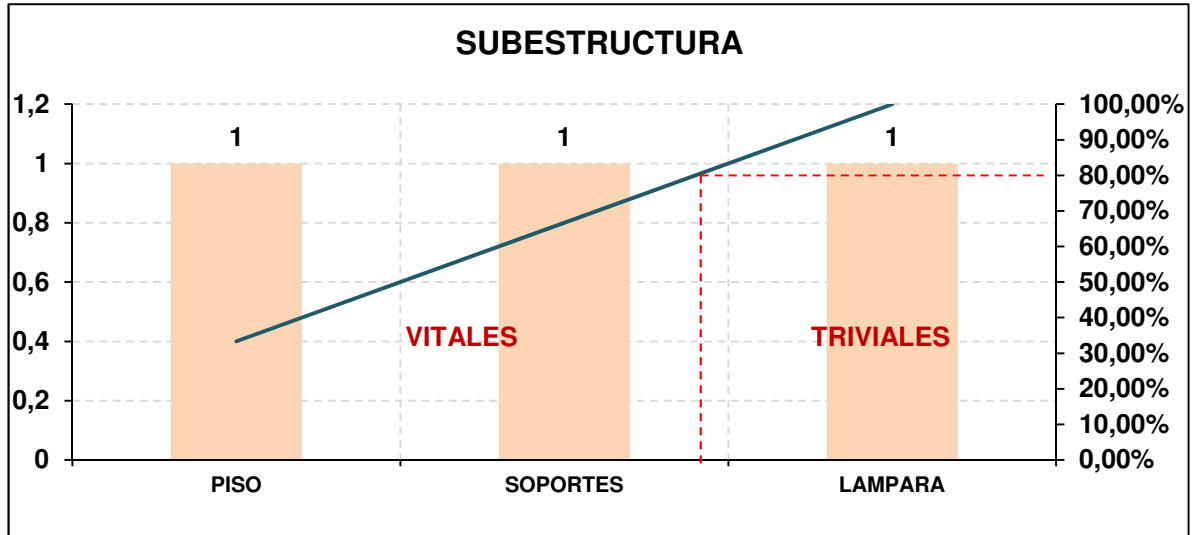
Figura 53. Gráfica de Pareto del mástil



Fuente. Autor de la monografía

En el mástil del equipo de workover las fallas más comunes se presentan en elementos eléctricos como la luz de aeronavegación y lámparas; el cilindro hidráulico de levante de la primera sección es el componente mecánico más representativo en cuanto a frecuencia de fallas.

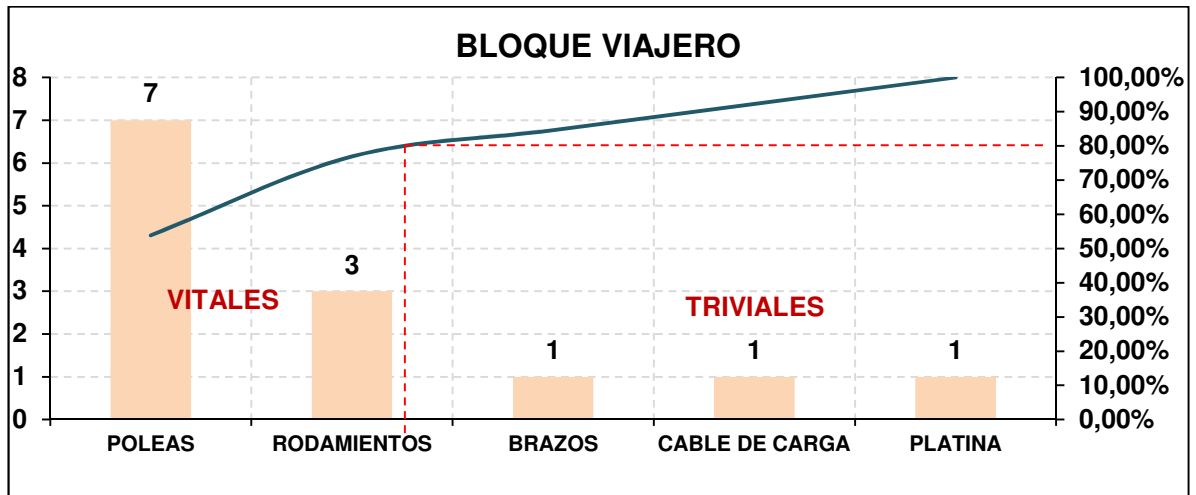
Figura 54. Gráfica de Pareto de la subestructura



Fuente. Autor de la monografía

En subestructuras las fallas en componentes no son significativas solo se evidencian fallas de tipo estructural y eléctricas,

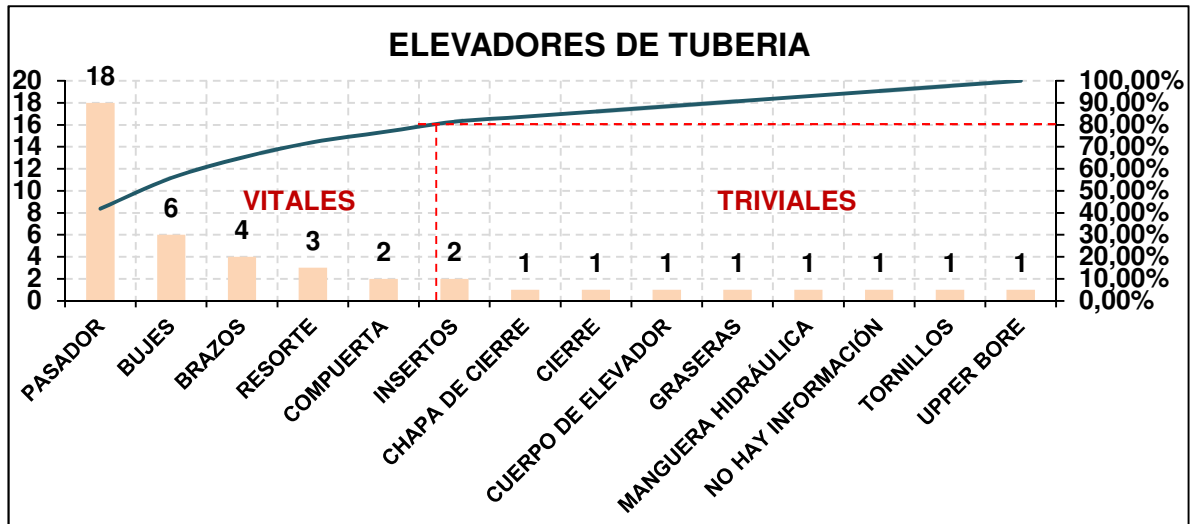
Figura 55. Gráfica de Pareto del bloque viajero



Fuente. Autor de la monografía

En poleas y rodamientos, es donde se presenta la mayor cantidad de fallas en bloques viajeros.

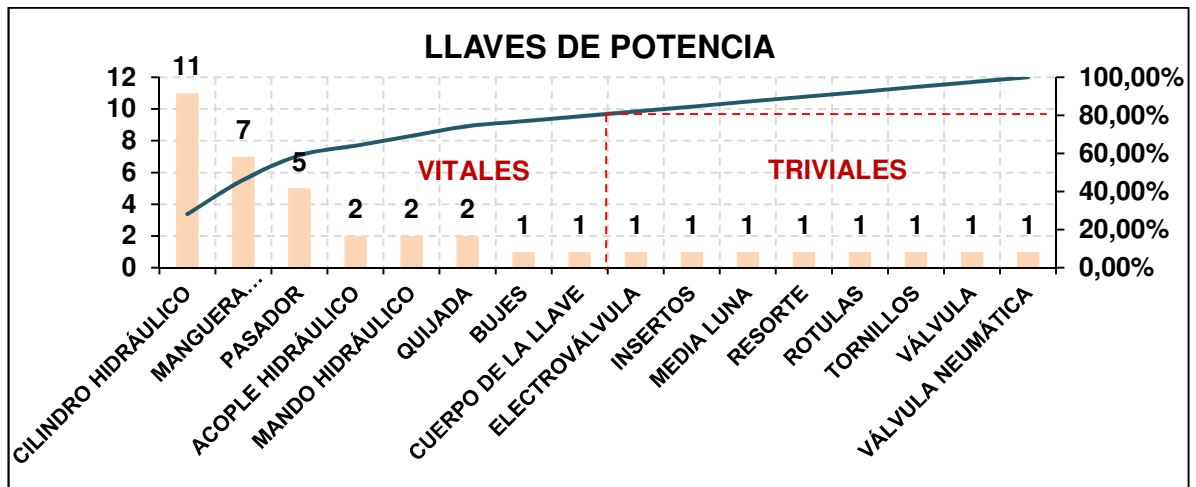
Figura 56. Gráfica de Pareto de elevadores de tubería



Fuente. Autor de la monografía

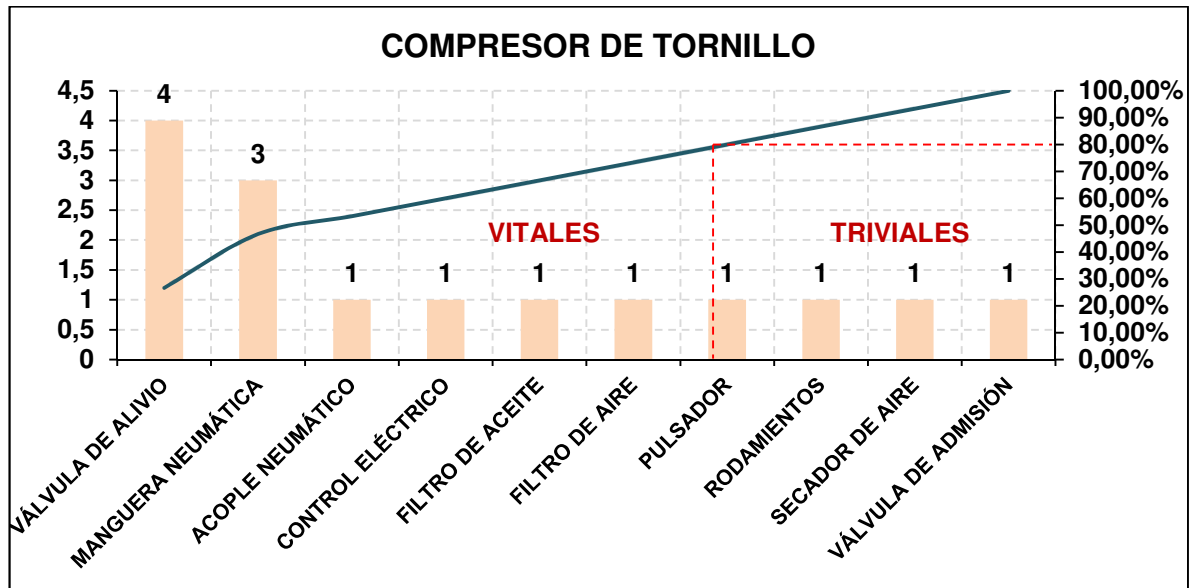
Elementos como pasadores y bujes son vitales en cuanto a participación en frecuencia de fallas en elevadores de tubería.

Figura 57. Gráfica de Pareto de llaves de potencia



Fuente. Autor de la monografía

En llaves de potencia los cilindros hidráulicos son los elementos que generan mayor cantidad de fallas. **Figura 58. Gráfica de Pareto de compresores de tornillo**



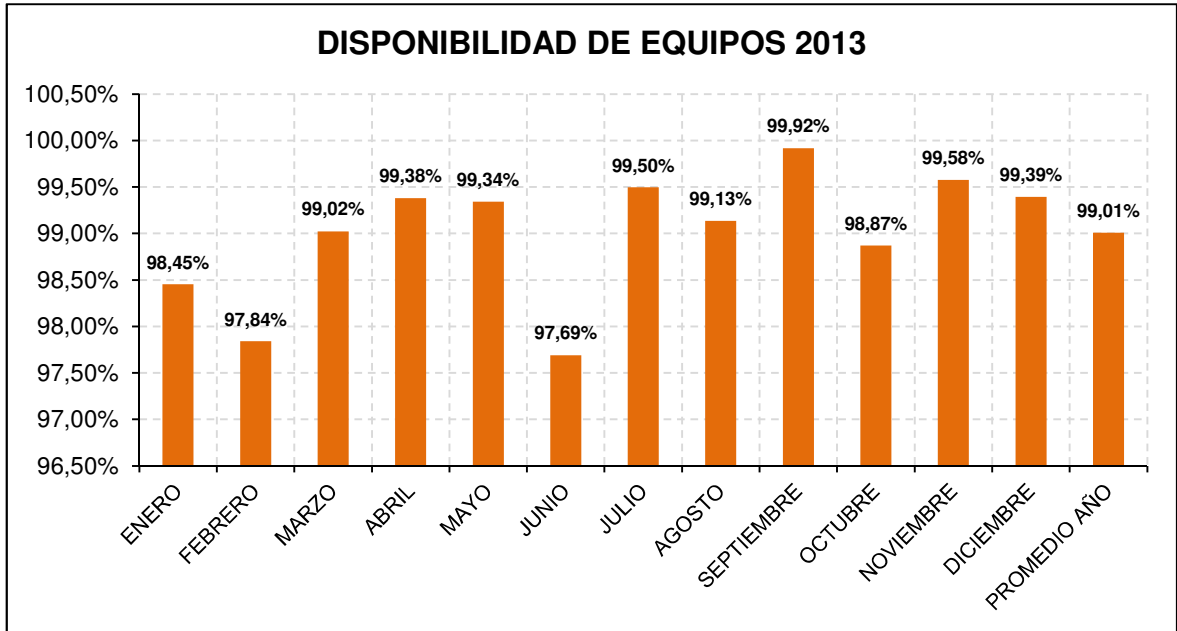
Fuente. Autor de la monografía

Válvulas de alivio y mangueras neumáticas son los componentes con mayor frecuencia de fallas en compresores de tornillo.

### 3.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Para evidenciar el impacto que las fallas generan en el proceso de mantenimiento en Independence S.A., se presenta el indicador de disponibilidad. Este indicador mide el porcentaje de tiempo en el que el equipo se encuentra disponible para la operación; se ve afectado cuando por alguna falla, alguno de los componentes del equipo, queda averiado.

**Figura 59. Indicador de disponibilidad de Independence S.A.**



Fuente. Autor de la monografía

La meta de disponibilidad para Independence S.A. es de 99,6%, se evidencia entonces que el indicador no logró su objetivo para el año 2013.

Revisando las causas de fallas que han generado mayor afectación en la disponibilidad, se evidencia que la mayoría hacen referencia a la falta de revisión de elementos, que no se encuentran incluidos en los planes de mantenimiento actuales.

Se hace necesario entonces revisar los planes de mantenimiento existentes comparándolos contra los historiales de falla.

## 4. PROPUESTA

Habiendo revisado los elementos vitales, generadores de la mayor cantidad de fallas, de cada componente de un equipo de Workover de Independence S.A., se hará una comparación entre los planes de mantenimiento actuales vs los paretos de fallas ya vistos.

### 4.1 MEJORAMIENTO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE WORKOVER DE INDEPENDENCE S.A.

Para el mejoramiento de los planes de mantenimiento se usara el análisis realizado en el capítulo anterior, donde se identificaron elementos vitales y triviales por componente. Inicialmente se comparan las rutinas de mantenimiento actuales vs los paretos realizados.

#### 4.1.1 Planes de mantenimiento preventivo actuales Vs Históricos de falla

A continuación se compararan las rutinas actuales de mantenimiento preventivo de Independence S.A. vs los historiales de falla de cada componente.

**Tabla 1. Motores eléctricos de tanques de lodos (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Inspecciono visualmente la estructura del motor	Bobinado
2	Mido temperatura de la carcasa del motor	Rodamientos
3	Mido temperatura del rodamiento delantero	
4	Mido temperatura del rodamiento trasero	
5	Chequeo que el motor no tenga tornillos de fijación sueltos	
6	Verifico que nivel de ruido audible no este excesivo	
7	Mido el nivel de tensión	
8	Mido el nivel de corriente	

Fuente. Autor de la monografía

En *motores eléctricos de tanques de lodos*, se evidencia que en los planes actuales, en las actividades 1, 3 y 4 se asegura la revisión del estado de los rodamientos. Hace falta incluir en el plan de mantenimiento una rutina de meggeeo para asegurar el buen estado del bobinado del motor.

**Tabla 2. Agitadores de tanques de lodos (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Revise nivel de aceite	Pulsador
2	Revise que el respiradero no este obstruido	
3	Verifique vibración excesiva	
4	Retire tapón de drenaje y drene el aceite	
5	Reemplace aceite	

Fuente. Autor de la monografía

En *agitadores de tanques de lodos*, dentro de la rutina actual no existe una actividad donde se revise el estado de los pulsadores de arranque del agitador. Será necesario incluir una tarea de revisión de este elemento.

**Tabla 3. Sistema eléctrico de tanques de lodos (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Comprobación mediante inspección visual del estado de los interruptores de corte	Cable eléctrico
2	Verifico ausencia de tensión	
3	Soplo al interior del tablero con aire seco	
4	Limpio los barrajes y conexiones con brocha no metálica	
5	Verifique que no haya conexiones flojas	
6	Verificación del estado de conservación de las cubiertas aislante de los conductores y la correcta aplicación del código de colores	
7	Limpieza superficial de las clavijas y receptores eléctricos	
8	Verifique el estado del cableado y los terminales del SPT	
9	Verifique el estado del cableado de alimentación del tablero	
10	Energizar el tablero y realice pruebas (vacío y carga)	
11	Mida la temperatura del cable de alimentación	
12	Mida la continuidad eléctrica del cable de alimentación	
13	Instalar carga una a una	

Fuente. Autor de la monografía

En el *sistema eléctrico de los tanques de lodos*, se evidencia que la rutina de mantenimiento referente al sistema eléctrico de los tanques de lodos posee actividades que aseguran la revisión del cableado eléctrico.

**Tabla 4. Bombas de lodos (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Engrase los cardanes y los acoples de cadenas	Bomba de aceite
2	El manómetro indicador de presión debe marcar entre 15 y 30 PSI. De no ser así regule la presión y/o verifique que no haya obstrucción en el sistema	Retenedores
3	Inspeccione contaminación con agua y/o lodos del aceite, si es así cámbielo	Manguera de enfriamiento
4	Verifique el nivel de aceites en la bomba y caja de cardanes	Acople mecánico
5	Verifique que la precarga del dâmpner este entre 800 y 1000 PSI como máximo	Correa
6	Verifique tensión de cadenas y/o correas de transmisión de las bombas de lubricación. Lubrique si es necesarios las cadenas	Empaques
7	Realice limpieza al filtro de Succión de la bomba	Manómetro
8	Verifique que el respiradero de la bomba no está obstruido	Pistón rod
9	Inspecciono si hay fuga	Camisas
10	Inspecciono desgastes en camisas, barra y pistón	Relé térmico
11	Inspecciono si hay fugas por retenedores, cambie de ser necesario	Rodamientos
12	Comprobó el torque a todos los tornillos y tuercas	Válvula de alivio
13	Quito los pistones e inspecciono la barra y la tuerca de retención, cámbiela tuerca si es necesario	Bobinado
14	Dreno el aceite de la bomba	Bomba de refrigeración
15	Lavo el tanque contenedor de aceite	Cable de control
16	Verifico tolerancias de rodamientos	
17	Coloco el tapón de drenado	
18	Agrego aceite al Carter de la bomba	
19	Torque el tapón de drenado	
20	Verifico el desgaste de piñones	
21	Verifico desgastes en laines	
22	Cambio laines	
23	Inspecciono Barra y tuerca de retención	
24	Limpie los imanes del filtro	
25	Cambio tuerca de retención	
26	Inspecciono Torque tornillo	
27	Limpio el equipo	

Fuente. Autor de la monografía

En *bombas de lodos*, se evidencia en la comparación que elementos eléctricos como cables, relés térmicos y bombas eléctricas, no están cubiertas por la rutina actual de mantenimiento.

**Tabla 5. Generadores (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Drene el agua y sedimentos del separador de Agua – Combustible	Batería
2	Revisar tubería de admisión de aire	Correa de ventilador
3	Verifique el nivel de aceite, agregue si es necesario	Alternador
4	Verificar el nivel del refrigerante y agregue si es necesario	Fan clutch
5	Verifique visualmente, las correas, las aspas del ventilador y todos los accesorios del motor	Bomba de agua
6	Verifique la estanqueidad del motor	Inyectores
7	Verifique el correcto funcionamiento de los indicadores	Bomba de transf.
8	Tomar lectura de los indicadores (horómetros, temperatura del agua del motor, presión de aceite)	Bomba de inyección
9	Verifique el Nivel del refrigerante y concentración de glicol en el radiador, agregue si es necesario	Turbo
10	Verifique el estado y funcionamiento de la tapa del radiador	Filtro de combustible
11	Inspeccione físicamente el estado de la bomba de agua, polea y presencia de agua o suciedad en el agujero de inspección (oído de la bomba)	Empaque tapa válvula
12	Tome muestra de aceite	Radiador
13	Cambie filtro de aceite	Dámper
14	Cambie filtros de combustible	Termostato
15	Cambie filtro de refrigerante	Manguera enfria.
16	Por necesidad, Cambie filtro de aire	Válvulas adm.-escape
17	Llene el motor con aceite limpio hasta el nivel máximo indicado	Tensor de correas
18	Cambie filtro de agua y refrigerante	Bomba de aceite
19	Inspeccione tubo del respiradero del cárter	Rete. Cigüeñal del
20	Inspeccione tubería de admisión de aire y tubo del respiradero del cárter	Sensor de presión
21	Verifique estado de las aspas del ventilador	Arranque
22	Inspeccione conexiones a los sensores de presión de aceite, temperatura y nivel de refrigerante y conexión eléctrica del solenoide	Solenoide bomba
23	Inspeccione tubo del desfogue	Manguera combustible
24	Revise tensión y estado de la correa del alternador y del ventilador	Sensor de nivel
25	Revise el ajuste del eje de la polea de la bomba de agua	Auto. Auxiliar arran.
26	Revise juego axial y radial del turbo y verifíco tornillos de fijación del turbo al múltiple	
27	Lave el sistema de combustible con Premium Plus	
28	Revise dámper	
29	Revise el cubo del ventilador	
30	Revise los soportes del motor	
31	Calibre válvulas, según especificaciones del motor	
32	Cambie alternador y motor de arranque	
33	Cambie bomba de agua	
34	Cambie bomba de transferencia	
35	Cambie correas del ventilador y alternador	
36	Cambie empaque de la bomba de transferencia	
37	Cambie inyectores	

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
38	Cambie Kit del fan Hub	
39	Cambie mangueras y abrazaderas del sistema de refrigeración	
40	Cambie mangueras y abrazaderas sistema de admisión de aire	
41	Cambie termostatos de refrigerante	
42	Cambie Turbo	
43	Lavó el sistema de combustible con Premium plus	
44	Midió el juego axial del cigüeñal	
45	Realizo medición de Blow By y limpieza del respiradero	
46	Revisó cableado de alta	
47	Revisó con fibroscopio el estado interno del motor (Cada 15000 horas)	
48	Reviso la polea loca del mando del ventilador	
49	Verificó funcionamiento de la bomba de aceite, cambie si es necesario	
50	Se calibró bomba de inyección en laboratorio	
51	Limpie y retire suciedades al exterior del panel del radiador	
52	Verifique el nivel de agua de las baterías y la concentración de electrolito utilizando el refractómetro, agregue agua destilada si es necesario	
53	Drene agua del tanque de combustible	

Fuente. Autor de la monografía

Para los *generadores*, los elementos vitales se relacionan en su totalidad al motor diésel del generador. Se evidencia que elementos tales como, empaque tapa válvulas, tensor de correas, retenedor delantero del cigüeñal, mangueras de combustible, sensor de nivel y automático del auxiliar de arranque, no poseen una actividad de revisión o cambio, definida en la actual rutina de mantenimiento.

**Tabla 6. Motor diésel unidad básica (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Drene agua y sedimentos del separador de agua – combustible con el motor apagado	Compresor
2	Revise tubería de admisión de aire	Sensor de aceleración
3	Verifique el correcto funcionamiento de los indicadores	Válvula aceleración neum
4	Verifique el nivel de aceite, agregue si es necesario	Bomba de transferencia
5	Verifique nivel del refrigerante, agregue si es necesario	Cable eléctrico
6	Verifique la estanqueidad del motor	Exhosto
7	Verifique visualmente, las correas, las aspas del ventilador y todos los accesorios del motor	Válvulas de admisión y escape
8	Inspeccione conexiones a los sensores de presión de aceite, temperatura y nivel de refrigerante	Balancín
9	Inspeccione el estado del arnés del motor	Bomba de combustible
10	Verifique el nivel de agua de las baterías y la concentración de electrolito, agregue agua destilada si es necesario	Eje
11	Revise tensión y estado de la correa del alternador y del ventilador	Gobernador
12	Asegure que la batería este cargando con el alternador y verifique que el voltaje este en el rango correcto	Manguera de combustible
13	Cambie filtro de agua	Manguera del turbo
14	Cambie filtros de aceite	Módulo electrónico
15	Cambie filtro de aire	Murphy
16	Cambie filtros de combustible	Parada de emergencia
17	Drene agua del tanque de combustible	Precleaner
18	Inspeccione físicamente el estado de la bomba de agua y polea	Batería
19	Inspeccione la tubería de admisión	Filtro de combustible
20	Inspeccione tubo del respiradero del carter	Bomba de agua
21	Limpie y retire suciedades al exterior del panel del radiador	Radiador
22	Llene el motor con aceite limpio hasta el nivel máximo indicado	Lubricante
23	Revise sistema de escape, tuberías y empalmes	Correa de ventilador
24	Tome muestra de aceite	Arranque
25	Verifique el estado y funcionamiento de la tapa del radiador	Fan clutch
26	Verifique el Nivel del refrigerante y concentración de glicol en el radiador, agregue si es necesario	Manguera de enfriamiento
27	Inspeccione y limpie externamente el arnés del motor	Alternador
28	Realice prueba de corte de cilindros usando el PROLINK	Manguera neumática
29	Revise ajuste de los soportes del motor	Termostato
30	Revise cubo del ventilador	Inyectores
31	Revise estado del dämper	Correa de alternador
32	Verifique apriete de los tornillos de fijación del turbo al múltiple	Turbo
33	Verifique códigos de falla usando el PROLINK	
34	Verifique el nivel de electrolito de las baterías, agregue si es necesario	

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
35	Verifique porcentaje de aceleración	
36	Verifique presencia de aceite en las líneas de aire	
37	Asegure que la batería este cargando con el alternador y verifique que el voltaje este en el rango correcto (entre 11,5 y 13,5 voltios)	
38	Calibre válvulas e inyectores, (Cambie inyectores para el caso de motores MTU 2000, y serie 60 DDEC 5)	
39	Cambie correas del ventilador	
40	Cambie de alternador y motor de arranque	
41	Cambie FAN CLUTCH	
42	Cambie mangueras y abrazaderas del sistema de refrigeración	
43	Cambie pera de aceleración y regulador	
44	Cambie refrigerante y filtro de refrigerante	
45	Cambie termostato de aceite	
46	Cambie termostatos de refrigerante	
47	Mida juego axial del cigüeñal	
48	Pruebe estanqueidad de inyectores	
49	Realice limpieza de respiradero y prueba de blow by	
50	Realice prueba de desempeño	
51	Revise cubo del ventilador, Cambie rodamientos	
52	Revise estado de la correa del alternador	
53	Revise juego axial del turbo	
54	Revise polea de mando del alternador	
55	Revise válvula de retención de retorno del sistema de combustible	
56	Verifique funcionamiento de la bomba de aceite, cambie si es necesario	

Fuente. Autor de la monografía

Para el *motor de la unidad básica*, se revisa la rutina actual de mantenimiento para y se evidencia que elementos, vitales, tales como el compresor, sensor de aceleración, válvulas de aceleración neumática, bomba de transferencia, cableado eléctrico, exhostos, válvulas de admisión y escape, balancines, bomba de combustible, gobernador de aire, mangueras de combustible y del turbo, modulo electrónico y pre limpiador de aire, no están cubiertos por la rutina de mantenimiento actual.

**Tabla 7. Transmisión unidad básica (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Verifique nivel de aceite con la transmisión en neutro y el motor encendido, agregue aceite si es necesario	Retenedores
2	Verifique que no haya fugas en sellos y empaques	Filtro de aceite
3	Prenda el motor durante 5 minutos con la transmisión en neutro	Bomba de aceite
4	Tome muestra de aceite y drenó aceite	Manguera hidráulica
5	Instale filtros de aceite nuevos	Manguera neumática
6	Agregue 12 galones de aceite	Válvula direccional fluidos
7	Encienda el motor con la transmisión en neutro	Acople mecánico
8	Verifique correctamente nivel de aceite	Base de filtro
9	Extraiga filtro magnético para determinar cantidad de elementos sólidos	Filtro hidráulico
10	Desmante bomba de aceite para limpiar la malla de achique	

Fuente. Autor de la monografía

Para las transmisiones de unidades básicas, tareas para la revisión de elementos tales como mangueras, válvulas y acoples, no están contempladas dentro de la rutina de mantenimiento actual.

**Tabla 8. Caja de ángulo recto unidad básica (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Verifico que no haya fugas en sellos, empaques y rodamientos	Engranajes
2	Revise cadenas, poleas y/o engranes	Cadena
3	Verifico nivel de aceite en mando giratorio y caja de ángulo	Rodamientos
4	Verifico nivel de aceite en transmisiones de propulsión	Acople mecánico
4	Verifico nivel de aceite en transmisión de rotaria	Cardan
5	Engraso todos los cardanes	Cuña
6	Limpio el equipo	Eje
		Retenedores

Fuente. Autor de la monografía

En el caso de las *cajas de ángulo recto*, la rutina abarca los elementos vitales que el gráfico de Pareto reveló.

**Tabla 9. Malacate unidad básica (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Revisar Tensión de Cadena, verificar la cantidad de aceite en el alojamiento (6 galones máx.) y estado del aceite	Cadenas
2	Aplicar grasa en las graseras del malacate, hasta observar que la grasa empieza a salir por las uniones y por los rodamientos	Frenos
3	Verificar que toda carcaza esté en su lugar y aseguradas sin fugas	Brake bands
4	Revisar el flujo de agua de refrigeración de las bandas y la presión (Máx. 60 PSI, presión recomendada 25 PSI)	Rodamientos
5	Verificar el estado de los brake rims y de las bandas del freno, si estas sobrepasan las guías de los tornillos, es necesario cambiarlas	Válvula neumática
6	Verifique que las contratueras del sistema de ajuste de los frenos, se encuentren bien ajustadas	Asbesto del freno
7	Verificar que las tuercas de los tornillos que sostienen las bandas de freno se encuentren bien apretadas, si estas se sueltan muy seguido, es necesario golpear los hilos del tornillo hacia la cabeza de este, con el fin de que las tuercas no se puedan soltar	Clutch
8	Con los frenos aplicados, verifique las tolerancias en las bandas de frenado	Palancaje
9	Verifique que el sistema de freno, tenga el balance apropiado formando un ángulo de 90 Grados	Twin stop
10	Revisar el varillaje de los frenos, uniones soldadas	Roto seal
11	Revisar detalladamente estado de pasadores y chavetas del tren de frenado	Válvula crown-omatic
12	Revisar detalladamente estado de pines de todo el sistema de palancaje del malacate	Diafragma
13	Verificar la Operación del cown-o-matic y calibrarlo	Discos de clutch
14	Verificar el suministro de aire (100 a 120 PSI)	Tornillos
15	Verificar el estado y apriete de los perros que sujetan al cable	Cable de carga
16	Inspeccione los anclajes del malacate y torque	Embrague
17	Revisar el varillaje de los frenos, uniones soldadas	Cuña
18	Cambiar pasadores y chavetas del tren de frenado	
19	Cambiar pines de todo el sistema de palancaje del malacate	
20	Cambiar resortes del sistema	
21	Inspeccionar con partículas magnéticas el tambor, sunchos y varillaje	
22	Inspeccionar con ultrasonido el eje principal del malacate	
23	Revisar discos de fricción y diafragma	
24	Drenar filtros y Tanques de aire	
25	Realice pruebas	

Fuente. Autor de la monografía

En malacates, se encuentra que la rutina deberá ser actualizada con el fin de incluir la revisión de elementos tales como el sistema de seguridad “twin stop”.

**Tabla 10. Freno hidromático unidad básica (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Engraso rodamientos frontales y posteriores	Diafragma
2	Verifico la temperatura del fluido	Empaques
3	Reviso y lubrico rodamientos	Asbesto del freno
4	Reviso estanqueidad	Retenedores
5	Inspecciono visualmente vibraciones en el eje y rodamientos	Rodamientos
6	Reviso respiraderos y desagües	Refrigerante
7	Reviso tensión en la cadena	Discos de clutch
8	Reviso Cantidad y estado del aceite en el alojamiento	Empaque
		Freno
		Manguera enfriamiento

Fuente. Autor de la monografía

Para *frenos hidromáticos*, elementos vitales como retenedores, empaques y mangueras, no están cubiertos por la rutina actual de mantenimiento preventivo.

**Tabla 11. Winche hidráulico de unidad básica (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Reviso el estado del Gancho	Retenedores
2	Reviso estado guarda de la polea brazo grúa	Manguera hidráulica
3	Verifico funcionamiento y posibles fugas en los gatos	Motor hidráulico
4	Verifico que el gancho gira bien	Mando hidráulico
5	Verifico visualmente estado de canales de poleas	Tambor del winche
6	Inspecciono el estado de pines, chavetas, pasadores y puntos de anclaje de gatos	Válvula de alivio
7	Inspecciono y determino estado de la guarda y la polea brazo grúa	Actuador
8	Verifico el desgaste de las canales de las poleas	
9	Desmonto y reviso estado de los gatos	

Fuente. Autor de la monografía

En winches hidráulicos, elementos vitales tales como el motor hidráulico y tambor del winche no son revisados en la rutina actual. Es necesario incluir actividades para la revisión de estos elementos.

**Tabla 12. Unidad acumuladora (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Verifico la calibración del presostato del compresor y del acumulador	Lubricante
2	Verifico la presión del aire al sistema acumulador (120 PSI)	Acople hidráulico
3	Verifico módulo de arranque y parada de la parte eléctrica	Manguera hidráulica
4	Dreno filtro separador de aire del compresor	Bomba neumática
5	Limpio a la trampa y al filtro de aceite de la succión de la bomba triplex	Empaques
6	Reviso el nivel del aceite de la bomba triplex	Filtro hidráulico
7	Reviso el nivel del aceite del tanque de la unidad Acumuladora, debe estar en la línea marcada como Max o full	Diafragma
8	Reviso estado de las correas del compresor y de la bomba triplex	
9	Reviso estado de las mangueras del compresor	
10	Reviso si existe fugas en las válvulas de 4 vías, cambiar sellos y empaquetadura si es necesario	
11	Reviso si existe fugas en las válvulas Reguladoras, cambiar Kit de reparación si es necesario	
12	Verifico que el manómetro del acumulador registre 3000 PSI una vez termine el tiempo de carga (16 máximo)	
13	Verifico el manómetro del sistema de presión de acumulador al momento de comenzar la carga indique 1000 PSI	
14	Calibro los manómetros de presión acumulador, manifold, anular	
15	Cambio aceite al acumulador	
16	Realizo mantenimiento de las bombas neumáticas	
17	Realizo mantenimiento de los Motores eléctricos	
18	Reviso la bomba triples(casqueteria, pistones y empaquetadura)	
19	Verifico estado general de la instalación eléctrica del acumulador	
20	Verifico la calibración de la válvula Relief	
21	Verifico la calibración de los presostatos eléctrico y neumático del acumulador	

Fuente. Autor de la monografía

Para la unidad acumuladora, el diafragma o dámper, elemento vital según gráfico de Pareto, no se encuentra incluido en la rutina actual de mantenimiento.

**Tabla 13. Mástil (rutina actual vs Vitales)**

<b>ELEMENTOS VITALES</b>
Luz de aeronavegación
Cilindro hidráulico de levante
Lámpara
Cable eléctrico
Manguera hidráulica
Polea de corona
Estructura
Cilindro hidráulico
Mando hidráulico
Orejas
Stand pipe
Trabajadero
Apoyos
Cable de carga
Centralizadores
Chapa de la torre
Conector eléctrico
Contra presa

Fuente. Autor de la monografía

Para el *mástil*, este componente no posee rutina actual de mantenimiento preventivo. Por norma API RP 4G, la estructura debe inspeccionarse cada 2 años en puntos críticos y cada 10 años una inspección nivel IV con aplicación de ensayos no destructivos; sin embargo el mástil posee una serie de elementos (accesorios), que deben ser revisados ya que la norma solo aplica a la parte estructural. Se hace necesario entonces construir una rutina de mantenimiento que abarque los elementos vitales no tenidos en cuenta.

En *subestructuras*, al igual que el mástil, no posee rutina de mantenimiento preventivo. La subestructura se inspecciona con métodos de ensayos no destructivos bajo las mismas frecuencias que el mástil. La subestructura solo presente como elementos vitales, generadores de falla, pisos, soportes y lámparas. Se construirá una rutina muy sencilla para la revisión de estos componentes.

**Tabla 14. Bloque viajero (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Limpio la grasa en el lado posterior del eslabón bajo el gancho	Poleas
2	Lubrico todas las graseras	Rodamientos
3	Reviso el estado del Gancho	Brazos
4	Reviso visualmente Pasadores	
5	Reviso visualmente Protectores	
6	Verifico que el gancho gira bien	
7	Verifico visualmente estado de cales de poleas	
8	Limpio la Corona	
9	Inspeccione pines del asa	
10	Inspecciono los separadores de las poleas	
11	Inspecciono y determino las poleas están torcidas	
12	Mida el desgaste en las asas de la polea	
13	Verifico el desgaste de las canales de las poleas	
14	Verifico que las graseras no estén tapadas	
15	Verifico rodamientos	
16	Limpio la polea	
17	Agrego aceite y agrego grasa a graseras	
18	Desmonto el resorte y reviso	
19	Cambio el resorte	
20	Desmonto y reviso pasadores y protectores	
21	Desmonto y verifico el estado de los rodamientos	
22	Armo nuevamente	

Fuente. Autor de la monografía

El *bloque viajero*, dentro de la rutina actual de mantenimiento, presenta actividades que cubren las fallas derivadas de los componentes vitales para este componente.

**Tabla 15. Elevador de tubería (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Engraso bisagras y/pasadores de articulación	Pasador
2	Quito la grasa de las orejas	Bujes y pasadores
3	Verifico el funcionamiento del mecanismo de cierre y de enlace	Brazos
4	Verifico el estado de los resortes	Resorte
5	Verifico que no exista juego en pasadores	Compuerta
6	Realizo limpieza al elevador	Insertos
7	Verifico la operación del mecanismo de cierre y de enlace	
8	Midió de la holgura entre las dos partes del cuerpo, debe Estar Entre Un Rango De 1/32" Y Máximo 3/32	

Fuente. Autor de la monografía

Para los *elevadores de tubería*, la rutina actual cubre todos los elementos vitales para este componente.

**Tabla 16. Elevador de tubería (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Revise estado de insertos, cambie si es necesario	Cilindro hidráulico
2	Aplico grasa a la grasera de los pasadores	Manguera hidráulica
3	Verifico que no haya desgaste excesivo en los pasadores	Pasador
4	Limpio el equipo	Acople hidráulico
		Mando hidráulico
		Quijada
		Bujes
		Cuerpo de la llave

Fuente. Autor de la monografía

Las *llaves de potencia*, dentro de la rutina actual de mantenimiento no cubre elementos del sistema hidráulico de estos componentes tales como mangueras, cilindros y acoples.

**Tabla 17. Compresor de tornillo (rutina actual vs Vitales)**

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO	ELEMENTOS VITALES
1	Compruebe el nivel del aceite	Válvula de alivio
2	Compruebe las indicaciones en el display	Manguera neumática
3	Compruebe que se descarga el condensado mientras la unidad funciona en carga	Acople neumático
4	Purgue el condensado	Control eléctrico
5	Compruebe el nivel del aceite	Filtro de aceite
6	Compruebe las indicaciones en el display	Filtro de aire
7	Compruebe que se descarga el condensado mientras la unidad funciona en carga	Pulsador
8	Purgue el condensado	
9	Compruebe los refrigeradores; límpielos en caso preciso	
10	Para unidades con secador integrado: revise el condensador del secador y límpielo si es necesario	
11	Pulse el botón de prueba en la parte superior del EWD. Abra la válvula de drenaje manual (Dm, Dm1) para limpiar el filtro del interior del EWD	
12	Extraiga el elemento filtrante de aire. Límpielo cuidadosamente con aire comprimido y revise	
13	Si se utiliza Atlas Copco Roto-Foodgrade Fluid, cambie el aceite y reemplace el filtro de aceite	
14	Reemplace el elemento filtrante de aire	
15	Compruebe las lecturas de presión y temperatura	
16	Lleve a cabo una prueba de los LED/display	
17	Compruebe por si hay fugas de aire	
18	Limpie los refrigeradores	
19	Para GA con secador integrado: limpie el condensador del secador	
20	Desmonte y limpie el filtro del purgador electrónico	

Fuente. Autor de la monografía

En la rutina de compresores de tornillo, la revisión de los elementos vitales está cubierta por las tareas allí descritas.

## 5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA


Luego de analizar, mediante gráficos de Pareto, y comparar los planes de mantenimiento preventivo actuales contra los elementos vitales (de mayor frecuencia de fallas), de cada uno de los componentes del equipos de Workover, se actualizarán los planes de mantenimiento.

### 5.1 ACTUALIZACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Teniendo en cuenta los resultados de las comparaciones entre las rutinas de mantenimiento actual y los elementos vitales, generadores de fallas, de cada componente, se presenta a continuación los planes de mantenimiento de cada uno.


Cabe aclarar que las frecuencias de mantenimiento descritas en cada plan propuesto, fueron definidas en base a las recomendaciones del fabricante del equipo, sumado a la experiencia que Independence S.A. ha adquirido durante los años de operación y mantenimiento de sus equipos de Workover.

**Figura 60. Plan de mantenimiento para motores eléctricos tanques de lodos**

		MANTENIMIENTO A MOTORES ELECTRICOS				F-MN-EM-093													
						Versión: 0													
EQUIPO:		FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:		Página 1 de 1													
						<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">QUINCENA 1</th> <th colspan="3">QUINCENA 2</th> </tr> <tr> <th>OK</th> <th>NO</th> <th>N/A</th> <th>OK</th> <th>NO</th> <th>N/A</th> </tr> </thead> </table>		QUINCENA 1			QUINCENA 2			OK	NO	N/A	OK	NO	N/A
QUINCENA 1			QUINCENA 2																
OK	NO	N/A	OK	NO	N/A														
Inspecciono visualmente la estructura del motor																			
Mido temperatura de la carcasa del motor																			
Mido temperatura del rodamiento delantero																			
Mido temperatura del rodamiento trasero																			
Chequeo que el motor no tenga tornillos de fijación sueltos																			
Verifico que nivel de ruido audible no este excesivo																			
Mido el nivel de tensión																			
Realice megueo al motor																			
Mido el nivel de corriente																			
OBSERVACIONES:																			
PERSONAL QUE EJECUTA				JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR															


Fuente. Autor de la monografía

**Figura 61. Plan de mantenimiento para agitadores de tanques de lodos**

		<b>MANTENIMIENTO AGITADORES DE LODOS</b>				F-MN-EM-076							
						Versión: 0							
						Página 1 de 1							
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:										
<b>AGITADORES DE LODOS EQUIPOS DE WORKOVER</b>													
NOTA: SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR, DILIGENCIA LA CASILLA SOMBRREADA													
					QUINCENA 1		QUINCENA 2		TRIMESTRAL				
					OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A
Verifica sistema de arranque (pulsadores y estado de cableado)													
Revise nivel de aceite													
Revise que el respiradero no este obstruido													
Vefique vibración excesiva													
Retire tapón de drenaje y drene el aceite													
Reemplace aceite													
OBSERVACIONES:													
PERSONAL QUE EJECUTA						JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR							


Fuente. Autor de la monografía

**Figura 62. Plan de mantenimiento para sistema eléctrico de tanques de lodos**

		<b>MANTENIMIENTO A TABLEROS ELÉCTRICOS</b>				F-MN-EM 041				
						Versión:0				
						Página 1 de 1				
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:		UBICACIÓN TABLERO:					
					<b>MENSUAL</b>					
<b>DESCRIPCION DEL TRABAJO A REALIZAR</b>								SI	NO	N/A
Informe de la labor a realizar al Jefe de equipo										
Tome las medidas de seguridad necesarias, realice el procedimiento de etiqueta y Bloqueo de los equipos, utilice los elementos de protección apropiados.										
Comprobación mediante inspección visual del estado de los interruptores de corte.										
Verifico ausencia de tensión										
Soplo al interior del tablero con aire seco.										
Limpio los barrajes y conexiones con brocha no metálica.										
Verifique que no haya conexiones flojas.										
Verificación del estado de conservación de las cubiertas aislante de los conductores y la correcta aplicación del código de colores.										
Limpieza superficial de las clavijas y receptores eléctricos.										
Verifique el estado del cableado y los terminales del SPT.										
Verifique el estado del cableado de alimentación del tablero.										
Energizar el tablero y realice pruebas (vacío y carga).										
Mida la temperatura del cable de alimentación.										
Mida la continuidad eléctrica del cable de alimentación.										
Instalar carga una a una										
OBSERVACIONES:										
TÉCNICO EJECUTOR						SUPERVISOR DE CAMPO				

Fuente. Autor de la monografía


**Figura 63. Plan de mantenimiento para bombas de lodos**

		<b>MANTENIMIENTO BOMBAS DE LODOS</b>						F-MN-EM-078												
								Versión: 0												
								Página 1 de 1												
EQUIPO:		FECHA:		N° DE OT:		N° DE ACTIVO:														
<p><u>NOTA: SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR, DILIGENCIA LA CASILLA SOMBRREADA</u></p>																				
SEMANA 1			SEMANA 2			SEMANA 3			SEMANA 4			CADA 300 HORAS			CADA 600 HORAS			CADA 1200 HORAS		
OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A
<p>Engrase los cardanes y los acoples de cadenas</p> <p>El manómetro indicador de presión debe marcar entre 15 y 30 PSI. De no ser así regule la presión y/o verifique que no haya obstrucción en el sistema</p> <p>Inspeccione contaminación con agua y/o lodos del aceite, si es así cámbielo</p> <p>Verifique el nivel de aceites en la bomba y caja de cardanes</p> <p>Verifique que la precarga del damper este entre 800 y 1000 PSI como máximo</p> <p>Verifique tensión de cadenas y/o correas de transmisión de las bombas de lubricación. Lubrique si es necesarios las cadenas</p> <p>Realice limpieza al filtro de Succión de la bomba</p> <p>Revise sistema eléctrico de la bomba centrífuga de refrigeracion de pistones</p> <p>Verifique que el respiradero de la bomba no esta obstruido</p> <p>Inspecciono si hay fuga</p> <p>Inspecciono desgastes en camisas, barra y pistón</p> <p>Inspecciono si hay fugas por retenedores, cambie de ser necesario</p> <p>Comprobó el torque a todos los tornillos y tuercas</p> <p>Comprobó el torque a todos los tornillos y tuercas</p> <p>Quito los pistones e inspecciono la barra y la tuerca de retención, cámbiela tuerca si es necesario</p> <p>Dreno el aceite de la bomba</p> <p>Lavo el tanque contenedor de aceite</p> <p>Verifico tolerancias de rodamientos</p> <p>Coloco el tapón de drenado</p> <p>Agrego aceite al Carter de la bomba</p> <p>Torque el tapón de drenado</p> <p>Verifico el desgaste de piñones</p> <p>Verifico desgastes en laines</p> <p>Cambio laines</p> <p>Inspecciono Barra y tuerca de retención</p> <p>Limpie los imanes del filtro</p> <p>Cambio tuerca de retención</p> <p>Inspecciono Torque tornillo</p> <p>Limpio el equipo</p>																				
OBSERVACIONES:																				
PERSONAL QUE EJECUTA												JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR								

Fuente. Autor de la monografía




**Figura 65. Plan de mantenimiento para generadores (parte generación)**

		<b>MANTENIMIENTO A GENERADORES</b>				F-MN-EM-094					
						Versión: 0					
						Página 1 de 2					
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:								
DILIGENCIA SEGÚN EL EQUIPO											
NOTA: SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR, DILIGENCIE LA CASILLA SOMBRADA											
						CADA 300 HORAS		CADA 9000 HORAS			
						OK	NO	N/A	OK	NO	N/A
Escuche atentamente cualquier ruido extraño en el generador estando el generador en movimiento											
Inspeccione visualmente las conexiones eléctricas y el aislamiento de los cables											
Verifique el funcionamiento de los indicadores de operación en el panel de control											
Verifique el funcionamiento del test lamp											
Verifique iluminación de los paneles de control											
Verifique que las Rejillas de ventilación del generador no estén obstruidas											
Verifique que se este generando una frecuencia de 60 Hz											
Limpie interna y externamente el generador, quitó polvo, residuos de aceite y grasas											
Limpie posible polvo del generador											
Verifique estado de las terminales de la caja de conexiones (libres de oxidación, en perfectas condiciones mecánicas sin depósitos)											
Inspeccione el funcionamiento y conexiones de los accesorios (resistencia de calentamiento, detectores de temperatura y otros)											
Inspeccione las conexiones del regulador de tensión											
Revise sistema de excitación y diodos											
Verifique y reapretó los tornillos y terminales de conexión											
OBSERVACIONES:											
PERSONAL QUE EJECUTA						JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR					


Fuente. Autor de la monografía

**Figura 66. Plan de mantenimiento motor de unidad básica**

		<b>MANTENIMIENTO A MOTORES DETROIT SERIE 60-71-92</b>				F-MN-EM-011																											
						Versión: 0																											
						Página 1 de 1																											
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:																														
MANTENIMIENTO DIARIO EN CADA CASILLA COLOQUE: OK, NO O N/A, SEGÚN SEA EL CASO																																	
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Drene agua y sedimentos del separador de agua –combustible con el motor apagado																																	
Revise tubería de admisión de aire																																	
Verifique el correcto funcionamiento de los indicadores																																	
Verifique el nivel de aceite, agregue si es necesario																																	
Verifique nivel del refrigerante, agregue si es necesario																																	
Verifique la estanqueidad del motor																																	
Verifique visualmente, las correas, las aspas del ventilador y todos los accesorios del motor																																	

Fuente. Autor de la monografía

Figura 67. Plan de mantenimiento motor de unidad básica (continuación)

	<b>MANTENIMIENTO A MOTORES DETROIT SERIE 60-71-92</b>			F-MN-EM-011		
				Versión: 0		
				Página 1 de 1		
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:			

	MOTORES SERIE 71 Y 92						MOTORES SERIE 60					
	CADA 350 HORAS		CADA 2100 HORAS		CADA 6300 HORAS		CADA 500 HORAS		CADA 2000 HORAS		CADA 6000 HORAS	
	OK	NO / N/A	OK	NO / N/A	OK	NO / N/A	OK	NO / N/A	OK	NO / N/A	OK	NO / N/A
Inspeccione conexiones a los sensores de presión de aceite, temperatura y nivel de refrigerante												
Inspeccione el estado del arnés del motor												
Verifique el nivel de agua de las baterías y la concentración de electrolito, agregue agua destilada si es necesario												
Revise tensión y estado de la correa del alternador y del ventilador												
Asegure que la batería este cargando con el alternador y verifique que el voltaje este en el rango correcto												
Cambie filtro de agua												
Cambie filtros de aceite												
Cambie filtro de aire												
Cambie filtros de combustible												
Drene agua del tanque de combustible												
Inspeccione físicamente el estado de la bomba de agua y polea												
Inspeccione la tubería de admisión												
Inspeccione tubo del respiradero del carter												
Limpie y retire suciedades al exterior del panel del radiador												
Llene el motor con aceite limpio hasta el nivel máximo indicado												
Revise sistema de escape, tuberías y empalmes												
Tome muestra de aceite												
Verifique el estado y funcionamiento de la tapa del radiador												
Verifique el Nivel del refrigerante y concentración de glicol en el radiador, agregue si es necesario												
Inspeccione y limpie externamente el arnés del motor												
Realice prueba de corte de cilindros usando el PROLINK												
Revise ajuste de los soportes del motor												
Revise cubo del ventilador												
Revise estado del damper												
Verifique apriete de los tornillos de fijación del turbo al múltiple												
Verifique códigos de falla usando el PROLINK												
Verifique el nivel de electrolito de las baterías, agregue si es necesario												
Verifique porcentaje de aceleración												
Verifique presencia de aceite en las líneas de aire												
Revise funcionamiento del compresor, busque posibles fugas en líneas												
Verifique funcionamiento de válvulas de aceleración neumática												
Cambie bomba de transferencia												
Verifique estado de cableado eléctrico												
Verifique estado de exhostos (abrazaderas y tuberías)												
Revise estado de mangueras de combustible y del turbo												
Revise funcionamiento del módulo electrónico												
Revise estado del Pre limpiador de aire												
Cambie sensor de aceleración												
Calibre válvulas de admisión y escape												
Revise estado de balancines												
Cambie gobernador de aire												
Asegure que la batería este cargando con el alternador y verifique que el voltaje este en el rango correcto (entre 11,5 y 13,5 voltios)												
Calibre válvulas e inyectores. (Cambie inyectores para el caso de motores MTU 2000, y serie 60 DDEC 5)												
Cambie correas del ventilador												
Cambie de alternador y motor de arranque												
Cambie FAN CLUTCH												
Cambie mangueras y abrazaderas del sistema de refrigeración												
Cambie pera de aceleración y regulador												
Cambie refrigerante y filtro de refrigerante												
Cambie termostato de aceite												
Cambie termostatos de refrigerante												
Mida juego axial del cigüeñal												
Pruebe estanqueidad de inyectores												
Realice limpieza de respiradero y prueba de blow by												
Realice prueba de desempeño												
Revise cubo del ventilador, Cambie rodamientos												
Revise estado de la correa del alternador												
Revise juego axial del turbo												
Revise polea de mando del alternador												
Revise válvula de retención de retorno del sistema de combustible												
Verifique funcionamiento de la bomba de aceite, cambie si es necesario												
Deje limpia el área de trabajo												


OBSERVACIONES:	

PERSONAL QUE EJECUTA	JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR
----------------------	----------------------------------


Fuente. Autor de la monografía

**Figura 68. Plan de mantenimiento transmisiones automáticas**

		<b>MANTENIMIENTO A TRANSMISIONES ALLISON</b> <b>750-5000-6000</b>				F-MN-EM-019																														
						Versión: 0																														
						Página 1 de 1																														
EQUIPO:		FECHA:		N° DE OT:		N° DE ACTIVO:																														
<b>MANTENIMIENTO DIARIO</b> EN CADA CASILLA COLOQUE: OK, NO O N/A, SEGÚN SEA EL CASO																																				
	DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
Verifique nivel de aceite con la transmisión en neutro y el motor encendido, agregue aceite si es necesario																																				
Verifique que no haya fugas en sellos y empaques																																				
NOTA: SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR, DILIGENCIE LA CASILLA SOMBRREADA						CADA 1050 HORAS OK   NO   N/A		CADA 6300 HORAS OK   NO   N/A																												
Prenda el motor durante 5 minutos con la transmisión en neutro																																				
Tome muestra de aceite y drenó aceite																																				
Instale filtros de aceite nuevos																																				
PARA SERIES 5000/6000																																				
Agregue 12 galones de aceite																																				
Encienda el motor con la transmisión en neutro																																				
Verifique correctamente nivel de aceite																																				
Revise estado de mangueras y acoples																																				
Revise estado de valvula neumatica de accionamiento de cambios																																				
PARA SERIES HT750, CLBT750 Y SERIES 3000/4000																																				
Agregue 7 galones de aceite																																				
Encienda el motor con la transmisión en neutro																																				
Verifique que el nivel del aceite quede en la marca "FULL" de la varilla medidora																																				
PARA TRANSMISIONES DE LA SERIE 5000/6000																																				
Extraiga filtro magnético para determinar cantidad de elementos sólidos																																				
Desmante bomba de aceite para limpiar la malla de achique																																				
OBSERVACIONES:																																				
PERSONAL QUE EJECUTA								JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR																												


Fuente. Autor de la monografía

**Figura 69. Plan de mantenimiento para cajas de ángulo recto**

		<b>MANTENIMIENTO A SISTEMAS DE PROPULSION</b>				F-MN-EM-027											
						Versión: 0											
						Página 1 de 1											
EQUIPO:		FECHA:		N° DE OT:		N° DE ACTIVO:											
						SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4					
						OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A
Verifico que no haya fugas en sellos, empaques y rodamientos																	
Revise cadenas, poleas y/o engranes																	
Verifico nivel de aceite en mando giratorio y caja de ángulo																	
Verifico nivel de aceite en transmisiones de propulsión																	
Verifico nivel de aceite en transmisión de rotaria																	
Engraso todos los cardanes																	
Limpio el equipo																	
OBSERVACIONES:																	
PERSONAL QUE EJECUTA						JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR											


Fuente. Autor de la monografía

**Figura 70. Plan de mantenimiento para malacates**

		<b>MANTENIMIENTO MALACATES Y SANDLINE</b>						F-MN-EM-082											
								Versión: 0											
								Pagina 1 de 1											
EQUIPO:		FECHA:		N° DE OT:		N° DE ACTIVO:													
<b>NOTA: SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR, DILIGENCIA LA CASILLA SOMBRREADA</b>																			
								<b>SEMANA 1</b>		<b>SEMANA 2</b>		<b>SEMANA 3</b>		<b>MENSUAL</b>		<b>ANUAL</b>			
								OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A
Revisar Tensión de Cadena, verificar la cantidad de aceite en el alojamiento (6 galones máx.) y estado del aceite																			
Aplicar grasa en las graseras del malacate, hasta observar que la grasa empieza a salir por las uniones y por los rodamientos																			
Verificar que toda carcaza esté en su lugar y aseguradas sin fugas																			
Revisar el flujo de agua de refrigeración de las bandas y la presión (Máx. 60 PSI, presión recomendada 25 PSI)																			
Verificar el estado de los brake rims y de las bandas del freno, si estas sobrepasan las guías de los tornillos, es necesario cambiarlas																			
Verifique que las contratuercas del sistema de ajuste de los frenos, se encuentren bien ajustadas																			
Verificar que las tuercas de los tornillos que sostienen las bandas de freno se encuentren bien apretadas, si estas se sueltan muy seguido, es necesario golpear los hilos del tornillo hacia la cabeza de este, con el fin de que las tuercas no se puedan soltar																			
Con los frenos aplicados, verifique las tolerancias en las bandas de frenado																			
Verifique que el sistema de freno, tenga el balance apropiado formando un ángulo de 90 Grados																			
Revisar el varillaje de los frenos, uniones soldadas																			
Revisar detalladamente estado de pasadores y chavetas del tren de frenado																			
Revisar detalladamente estado de pines de todo el sistema de palancaje del malacate																			
Verificar la Operación del cown-o-matic o twin stop, y calibrarlo																			
Verificar el suministro de aire (100 a 120 PSI)																			
Verificar el estado y apriete de los perros que sujetan al cable																			
Inspeccione los anclajes del malacate y torque																			
Revisar el varillaje de los frenos, uniones soldadas																			
Cambiar pasadores y chavetas del tren de frenado																			
Cambiar pines de todo el sistema de palancaje del malacate																			
Cambiar resortes del sistema																			
Inspeccionar con partículas magnéticas el tambor, sunchos y varillaje																			
Inspeccionar con ultrasonido el eje principal del malacate																			
Revisar discos de fricción y diafragma																			
Drenar filtros y Tanques de aire																			
Realice pruebas																			
OBSERVACIONES:																			
PERSONAL QUE EJECUTA											JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR								


Fuente. Autor de la monografía

Figura 71. Plan de mantenimiento para frenos hidromaticos

		<b>MANTENIMIENTO FRENO HIDROMATICO</b>				F-MN-EM-081																	
						Versión: 0																	
						Página 1 de 1																	
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:																				
					<b>MANTENIMIENTO DIARIO</b> EN CADA CASILLA COLOQUE: OK, NO Ó N/A, SEGÚN SEA EL CASO																		
					DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Engraso rodamientos frontales y posteriores																							
Verifico la temperatura del fluido																							
Reviso y lubrico rodamientos																							
Reviso estanqueidad																							
Inspecciono visualmente vibraciones en el eje y rodamientos																							
Reviso respiraderos y desagües																							
Revisa posibles fugas por retenedores, empaques y estado de mangueras																							
Reviso tensión en la cadena																							
Reviso Cantidad y estado del aceite en el alojamiento																							
					DIA	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Engraso rodamientos frontales y posteriores																							
Verifico la temperatura del fluido																							
Reviso y lubrico rodamientos																							
Reviso estanqueidad																							
Inspecciono visualmente vibraciones en el eje y rodamientos																							
Reviso respiraderos y desagües																							
Revisa posibles fugas por retenedores, empaques y estado de mangueras																							
Reviso tensión en la cadena																							
Reviso Cantidad y estado del aceite en el alojamiento																							
OBSERVACIONES:																							
PERSONAL QUE EJECUTA												JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR											


Fuente. Autor de la monografía

Figura 72. Plan de mantenimiento para winches hidráulicos

		<b>MANTENIMIENTO A WINCHES HIDRAULICOS</b>				F-MN-EM-115													
						Versión: 0													
						Página 1 de 1													
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:																
WINCHES HIDRAULICOS LOADCRAFT																			
NOTA: SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR, DILIGENCIA LA CASILLA SOMBRREADA					SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMESTRAL		ANUAL				
					OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A
Reviso el estado del Gancho																			
Reviso estado guarda de la polea brazo grúa																			
Verifico funcionamiento y posibles fugas en los gatos																			
Inspecciono en busca de fugas en motor hidraulico																			
Verifico que el gancho gira bien																			
Verifico visualmente estado de canales de poleas																			
Inspecciono el estado de pines, chavetas, pasadores y puntos de anclaje de gatos																			
Revisa estado del tambor del winche, desenrollando el cable																			
Inspecciono y determino estado de la guarda y la polea brazo grúa																			
Verifico el desgaste de las canales de las poleas																			
Desmonto y reviso estado de los gatos																			
OBSERVACIONES:																			
PERSONAL QUE EJECUTA										JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR									


Fuente. Autor de la monografía

Figura 73. Plan de mantenimiento para unidades acumuladoras

		<b>MANTENIMIENTO ACUMULADORES</b>				F-MN-EM-075													
						Versión: 0													
						Página 1 de 1													
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:																
NOTA: SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR, DILIGENCIA LA CASILLA SOMBRREADA											QUINCENA 1		QUINCENA 2		SEMESTRAL				
					OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A						
Verifico la calibración del presostato del compresor y del acumulador																			
Verifico la presión del aire al sistema acumulador (120 PSI)																			
Verifico modulo de arranque y parada de la parte eléctrica																			
Dreno filtro separador de aire del compresor																			
Limpio a la trampa y al filtro de aceite de la succión de la bomba triplex																			
Reviso el nivel del aceite de la bomba triplex																			
Reviso el nivel del aceite del tanque de la unidad Acumuladora, debe estar en la línea marcada como Max o full																			
Reviso estado de las correas del compresor y de la bomba triplex																			
Reviso estado de las mangueras del compresor																			
Reviso si existe fugas en las válvulas de 4 vías, cambiar sellos y empaquetadura si es necesario																			
Reviso si existe fugas en las válvulas Reguladoras, cambiar Kit de reparación si es necesario																			
Verifico que el manómetro del acumulador registre 3000 PSI una vez termine el tiempo de carga (16 máximo)																			
Verifico el manómetro del sistema de presión de acumulador al momento de comenzar la carga indique 1000 PSI																			
Calibro los manómetros de presión acumulador, manifold, anular																			
Cambio aceite al acumulador																			
Realizo mantenimiento de las bombas neumáticas																			
Realizo mantenimiento de los Motores eléctricos																			
Reviso la bomba triples(casquetería, pistones y empaquetadura)																			
Verifico estado general de la instalación eléctrica del acumulador																			
Revisa estado de damper, cambie el diafragma si es necesario																			
Verifico la calibración de la válvula Relief																			
Verifico la calibración de los presostatos eléctrico y neumático del acumulador																			
OBSERVACIONES:																			
PERSONAL QUE EJECUTA										JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR									


Fuente. Autor de la monografía

Figura 74. Plan de mantenimiento para mástil

		<b>MANTENIMIENTO MASTIL</b>				F-MN-EM-223																	
						Versión: 0																	
						Pagina 1 de 1																	
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:																				
<input type="checkbox"/>					<b>MANTENIMIENTO DIARIO</b> EN CADA CASILLA COLOQUE: OK, NO Ó N/A, SEGÚN SEA EL CASO																		
					DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Inspeccione estado de mangueras hidráulicas																							
Engrase poleas de la corona																							
					DIA	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Inspeccione estado de mangueras hidráulicas																							
Engrase poleas de la corona																							
NOTA: SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR, DILIGENCIE LA CASILLA SOMBRADA					QUINCENA 1 OK NO N/A			QUINCENA 2 OK NO N/A			MOVILIZACION OK NO N/A												
Revise estado y conexiones de lámparas																							
Inspeccione estado de cilindros hidráulicos (fugas, acoples y anclajes)																							
Inspeccione en busca de fugas en mando hidráulicos																							
Revise estado de uniones del stand pipe																							
Verifique estado de cable de carga																							
Inspeccione conexiones electricas del sistema de iluminacion y puesta a tierra																							
Revise estado de cableado eléctrico																							
Verifique funcionamiento de luz de aeronavegación																							
Inspeccione estado de los centralizadores																							
Verifique estdo de contrapresas (uniones con el cable)																							
OBSERVACIONES:																							
PERSONAL QUE EJECUTA												JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR											


Fuente. Autor de la monografía

Figura 75. Plan de mantenimiento para Subestructura

		<b>MANTENIMIENTO SUBESTRUCTURA</b>				F-MN-EM-224																	
						Versión: 0																	
						Pagina 1 de 1																	
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:																				
					QUINCENA 1 OK NO N/A			QUINCENA 2 OK NO N/A															
Revise estado y conexiones de lámparas																							
Revise estado de pasadores, pines y pines-chaveta																							
Inspecciones visualmente estado de la estructura en busca de fracturas o deformaciones																							
Verifique estado de pisos, barandas y escaleras																							
OBSERVACIONES:																							
PERSONAL QUE EJECUTA												JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR											


Fuente. Autor de la monografía

Figura 76. Plan de mantenimiento para bloque viajero

		<b>MANTENIMIENTO A POLEA VIAJERA</b>				F-MN-EM-025																	
						Versión: 1																	
						Pagina 1 de 1																	
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:																				
NOTA: SEGÚN EL TIPO DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR, DILIGENCIE LA CASILLA SOMBREADA					SEMANA 1			SEMANA 2			SEMANA 3			SEMANA 4			SEMESTRAL			CADA DOS AÑOS			
					OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	OK	NO	N/A	
Limpio la grasa en el lado posterior del eslabón bajo el gancho																							
Lubrico todas las graseras																							
Reviso el estado del Gancho																							
Reviso visualmente Pasadores																							
Reviso visualmente Protectores																							
Verifico que el gancho gira bien																							
Verifico visualmente estado de cales de poleas																							
Limpio la Corona																							
Inspeccione pines del asa																							
Inspecciono los separadores de las poleas																							
Inspecciono y determino las poleas están torcidas																							
Mida el desgaste en las asas de la polea																							
Verifico el desgaste de las canales de las poleas																							
Verifico que las graseras no estén tapadas																							
Verifico rodamientos																							
Limpio la polea																							
Agrego aceite y agrego grasa a graseras																							
Desmonto el resorte y reviso																							
Cambio el resorte																							
Desmonto y reviso pasadores y protectores																							
Desmonto y verifico el estado de los rodamientos																							
Armo nuevamente																							
OBSERVACIONES:																							
PERSONAL QUE EJECUTA											JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR												

Fuente. Autor de la monografía

Figura 77. Plan de mantenimiento para elevadores de tubería

		<b>MANTENIMIENTO ELEVADORES DE TUBERIA</b>				F-MN-EM-029															
						Versión: 1															
						Pagina 1 de 1															
EQUIPO:	FECHA:	N° DE OT:	N° DE ACTIVO:																		
					QUINCENAL																
					OK	NO	N/A														
Engraso bisagras y/pasadores de articulación																					
Quito la grasa de las orejas																					
Verifico el funcionamiento del mecanismo de cierre y de enlace																					
Verifico el estado de los resortes																					
Verifico que no exista juego en pasadores																					
Realizo limpieza al elevador																					
Verifico la operación del mecanismo de cierre y de enlace																					
Midió de la holgura entre las dos partes del cuerpo, debe Estar Entre Un Rango De 1/32" Y Máximo 3/32																					
OBSERVACIONES:																					
PERSONAL QUE EJECUTA											JEFE DE EQUIPO-AREA / SUPERVISOR										

Fuente. Autor de la monografía



## **5.2 TABLAS DE RECURSOS**

Luego de definir los planes de mantenimiento, se definen los recursos en cuanto a herramientas, materiales, mano de obra y servicios contratados, para su ejecución.

En el anexo C se detallan las fichas de recursos para cada uno de los planes preventivos. Se debe trabajar en la optimización de costos para la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo de motores Diésel; es necesario evaluar el reemplazo de componentes por condición y no por frecuencia.

## **5.3 DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA LA PROGRAMACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

En Independence S.A., debido al alto número de equipos mantenibles, que a su vez demandan una programación de mantenimiento preventivo, se hace necesario proponer una metodología para la gestión de la ejecución de los planes definidos.

Como se explicó en el capítulo 3, del presente documento, en Independence S.A., las órdenes de trabajo son los documentos para registrar la ejecución de los mantenimientos preventivos. Estas órdenes de trabajo son generadas desde el ERP JD Edwards y son ligadas a cada uno de los números de activo, que se asignan a cada componente de equipo, para asegurar trazabilidad y cumplimiento. Esta administración de información requiere de recursos humanos y tecnológicos que aseguren la programación de todas las tareas que en los planes de mantenimiento se hayan definido.

En cuanto a recurso humano se refiere, se propone una estructura conformada por un programador de mantenimiento central y programadores de mantenimiento

satélites, estos últimos, encargados de las áreas de acción de los equipos de Workover. Las funciones del programador de mantenimiento central serán:

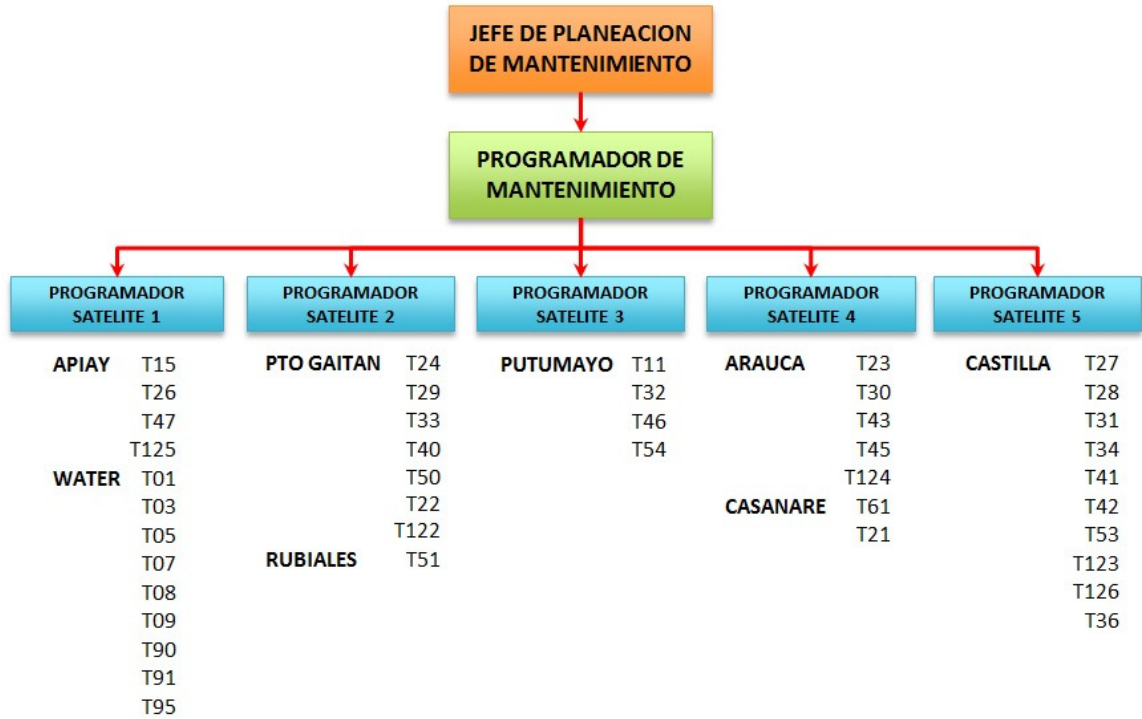
- ✓ Actualización de la guía de programación
- ✓ Seguimiento a recursos materiales para la ejecución de mantenimientos programados
- ✓ Coordinación de servicios contratados, donde aplique, para la ejecución de los planes de mantenimiento
- ✓ Dar directrices de generación de órdenes de trabajo a la luz de nuevas definiciones organizacionales, cambios en el proceso o actualización de planes de mantenimiento

Los programadores satélites tendrán como función:

- ✓ Generación de órdenes de trabajo según guías de programación
- ✓ Seguimiento a la disponibilidad de materiales en cada uno de sus equipos asignados
- ✓ Cierre de órdenes de trabajo

De manera gráfica, la estructura sería la siguiente:

**Figura 80. Estructura proceso de programación Independence S.A.**



Fuente. Autor de la monografía

La centralización del manejo de la información permitirá control y confiabilidad de los datos, que son vitales para el análisis y mejoramiento en la gestión del mantenimiento.

Por otra parte, se requiere diseñar una metodología de proceso para la gestión de la programación, que por el dinamismo de la operación de Independence S.A., se hace necesario que mínimo tenga una periodicidad de generación semanal. La metodología deberá tener en cuenta los mecanismos de control para los dos tipos de frecuencias que se manejan (horas y calendario), con el objetivo de no dejar por fuera de programación ningún mantenimiento de este tipo.

De manera general, la metodología que se propone es la siguiente:

**Figura 81. Metodología para la programación de mantenimiento**



Fuente. Autor de la monografía

El control de actividades y la guía de programación son documentos que ayudarán al control de los dos tipos de mantenimiento, horas y calendario. Con el control de actividades lo que se pretende es hacer seguimiento permanente al cumplimiento de los mantenimientos por horas, anticipando su cumplimiento para la generación de órdenes de trabajo. La guía de programación corresponde al control de mantenimientos por calendario, allí el objetivo es determinar claramente los tipos de mantenimiento de esta índole para que el programador satélite sepa que debe programar y con qué periodicidad. Posterior a estos controles se procede a la generación de órdenes de trabajo, lo cual incluye el cargue de recursos, definidos en las fichas de recursos. Posteriormente se hace seguimiento a la disponibilidad de estos recursos para plasmar los trabajos en el programa semanal de mantenimiento, donde se ponen en firme las ordenes generadas y se definen fechas de ejecución.

## 6. CONCLUSIONES

Los equipos de workover son equipos que, por el dinamismo actual de la industria, son cada vez más sofisticados. Los planes de mantenimiento deben revisarse constantemente para actualizar las rutinas en base a nuevos componentes y nuevas tecnologías.

Las frecuencias de mantenimiento, definidas por los fabricantes, son bastante conservadoras, esto hace que los costos de mantenimiento se incrementen pues se reemplazan piezas que aún no cumplen su vida útil.

Es necesario evolucionar a técnicas de mantenimiento basadas en condición para lograr el máximo aprovechamiento de las piezas de los diferentes componentes de los equipos. Será necesario hacer un estudio de cuales deberán ser las variables a medir para lograr control a la condición y no correr riesgos de fallas que generen afectación a la disponibilidad.

Para una buena toma de decisiones, para el mejoramiento de planes de mantenimiento, se hace vital la gestión que se le dé al sistema de información de mantenimiento. El manejo de órdenes de trabajo debe ser claro, desde la asignación de un trabajo al activo correcto, hasta la consignación de los reportes finales de ejecución.

La capacitación al personal técnico de mantenimiento es vital para la no dependencia de terceros para la ejecución de los mantenimientos planeados. Adicional a que la contratación es costosa, los tiempos de respuesta no son los mejores lo que genera incumplimiento en los programas.

Es importante hacer análisis de criticidad de componentes para determinar prioridades y técnicas a aplicar. Para equipos críticos, las rutinas y técnicas deben

ser especializadas en comparación a los equipos no críticos, estos últimos pueden manejarse mediante rutinas sencillas de inspección.

Un sistema de información de mantenimiento es vital para la gestión. El control, la trazabilidad y la toma de decisiones dependen en gran medida de esta herramienta y a su uso. Es muy importante que el sistema se acople al proceso de mantenimiento sin atropellar las necesidades de las demás áreas de la organización como lo son abastecimiento, operaciones y seguridad industrial.

Técnicas predictivas como análisis de aceites, termografía, vibraciones, ayudan a optimizar las frecuencias de mantenimiento para así intervenir los equipos en el momento oportuno e indicado, antes de la falla.

## BIBLIOGRAFIA

API RP4G. Recommended practice for use and procedures for inspection, maintenance, and repair of drilling and well servicing structures. Tercera edición. Errata, Junio 2004. 64p.

API RP8B. Recommended practice for procedures for inspections, maintenance, repair and remanufacture of hoisting equipment. Séptima edición. Marzo 2002. 27p.

BORRAS, Carlos. Memorias clase mantenimiento preventivo. ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bogotá D.C. 2012.

CONTRERAS, Jose. Memorias curso Planificación, programación y costos de mantenimiento. Bogotá D.C. 2011.

ISO14224. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. Segunda edición. Suiza; año 2006. 178p.

Mantenimiento planificado. Articulo mantenimiento preventivo, <[www.mantenimientoplanificado.com](http://www.mantenimientoplanificado.com)> [citado en octubre de 2013].

MANTENIMIENTO GENERAL. Historiales [online]. <<http://www.mantenimientogeneral.com/Manual/Historiales.htm>> [citado el 25 de octubre de 2013].

MARQUEZ PARRA, Carlos Alberto, CRESPO MARQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos. Sevilla, España. Ingeman, 2012.

PASCUAL, Rodrigo. Manual del ingeniero de mantenimiento. Chile, Julio de 2002.

SAN ANTONIO INTERNACIONAL. Equipos [online]  
<http://www.sanantoniointernacional.com/equipos/workover.html>> [citado el 17 de septiembre de 2013].

TOFFÉ, Mario. Base de datos de confiabilidad, dirigido a la gestión del conocimiento y mitigación de riesgos. Febrero de 2009.

Universidad Politécnica Salesiana. Indicadores de mantenimiento, capítulo 3.  
Available from internet:  
<http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/828/3/CAPITULO%203.pdf>.

**ANEXO A HISTORIALES DE FALLA DE LOS COMPONENTES DE UN EQUIPO  
DE WORKOVER EN INDEPENDENCE S.A.**

**Tabla 18. Historial de fallas de motores eléctricos en tanques de lodos**

DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
falla al arrancar	bobinado	1
parada inesperada	bobinado	1
Ruido	rodamientos	1
ruido excesivo	rodamientos	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 19. Historial de fallas de agitadores de lodos en tanques de lodos**

DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
falla para operar en demanda	pulsador	2

Fuente. Autor de la monografía

**Historial de fallas en bombas centrifugas**

Dentro del historial de fallas, las bombas centrifugas de los tanques de lodos no presentan fallas.

**Tabla 20. Historial de fallas en sistema eléctrico de tanques de lodos**

DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Ningún efecto inmediato	cable eléctrico	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 21. Historial de fallas de bomba de lodos triplex**

<b>EQUIPO O ACTIVO</b>	<b>DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA</b>	<b>COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)</b>	<b>Total</b>
<b>Bomba centrífuga</b>	falla para operar en demanda	correa	1
<b>Bomba de lodos-reciproc.</b>	Baja presión de aceite	bomba de aceite	2
		empaques	1
	Desconocido	bomba de aceite	1
	Desviación de parámetros	extensión rod	1
		manómetro	1
	falla al arrancar	cable de control	1
	Falla en transmisión de señal/potencia	bomba de aceite	1
	Falla mayor/Ruptura	rodamientos	1
	Falla mientras opera	correa	1
		retenedores	1
	falla para operar en demanda	bomba de aceite	3
		bomba de refrigeración	1
		camisas	1
		cardan	1
		correa	1
		pistón	1
		pistón rod	1
		sello mecánico	1
		tornillos	1
	Fisuramiento	acople mecánico	1
	fuga	camisas	1
		empaque	1
		empaques	2
	manguera de enfriamiento	2	
	retenedor	1	
	retenedores	3	
	unidad de mantenimiento	1	
Fuga externa	válvula de alivio	2	
Fuga externa de fluido utilitario	manguera de enfriamiento	2	
fuga interna	lubricante	1	
	retenedores	2	
Fuga interna fluido utilitario	retenedores	1	
Lectura Anormal del Instrumento	manómetro	2	

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
	Ningún efecto inmediato	bomba de aceite	1
		manguera de enfriamiento	1
		polea	1
	Operación inadecuada	bomba de aceite	1
	parada inesperada	acople mecánico	1
		bomba de aceite	1
	Rotura, fisura	acople mecánico	1
		bomba de aceite	2
		correa	1
		pistón rod	1
	Ruido	bomba de aceite	1
	ruido excesivo	acople mecánico	1
		bomba de aceite	3
	Salida muy baja	pistón rod	1
	SOBRECALENTAMIENTO	bomba de aceite	2
	Vibración	Cadena	1
		rodamientos	1
<b>Caja de Cambios</b>	Falla al funcionar en demanda	sprocket	1
<b>Cama baja</b>	Falla al funcionar en demanda	luces de tráiler	1
	Ningún efecto inmediato	porta cámaras de freno	1
		tanque de aire comprimido	1
<b>Compound</b>	fuga	retenedores	2
<b>Motor eléctrico ac</b>	Falla mientras opera	bobinado	1
	parada inesperada	relé térmico	1
	Perdida de barreras	relé térmico	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 22. Historial de fallas en generadores**

<b>EQUIPO O ACTIVO</b>	<b>DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA</b>	<b>COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)</b>	<b>Total</b>
<b>Generador eléctrico</b>	<b>falla para operar en demanda</b>	rodamientos	3
<b>motor de combustión diésel</b>	<b>Bloqueado / Taponamiento</b>	filtro de combustible	1
	<b>Corrosión</b>	tanque de combustible	2
	<b>Cortocircuito</b>	arranque	1
		batería	3
		tarjeta auto start	1
		tarjeta reguladora	1
	<b>Desviación de parámetros</b>	control electrónico	1
		gobernador	1
		inyectores	1
	<b>falla al arrancar</b>	alternador	18
		arranque	8
		automático auxiliar de arranque	8
		batería	48
		bomba de inyección	1
		control eléctrico	2
		control electrónico	1
		filtro de combustible	3
		fusible	1
		inyectores	1
		manguera de combustible	1
		módulo electrónico	1
		radiador	1
		sensor de nivel	1
		sensor de temperatura	1
		solenoides bomba	1
	<b>Falla al funcionar en demanda</b>	alternador	7
		batería	2
		bomba de agua	1
		bomba de transferencia	1
		correa de ventilador	1
		fan clutch	1
		filtro de combustible	1
	inyectores	1	
	master	1	

EQUIPO Ó ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
motor de combustión diésel		ventilador	1
	<b>falla al parar</b>	válvula de aceleración neumática	1
	<b>Falla en transmisión de señal/potencia</b>	solenoide bomba	1
	<b>Falla mayor/Ruptura</b>	correa de ventilador	1
		fan clutch	2
		indicador de restricción	1
		ventilador	1
	<b>Falla mientras opera</b>	alternador	15
		bomba de agua	1
		bomba de inyección	3
		bomba de transferencia	2
		bombín	1
		correa de ventilador	2
		desconocido	1
		fan clutch	1
		filtro de combustible	13
		inyectores	1
		manguera de combustible	1
		módulo electrónico	1
		sensor de nivel	1
		sensor de presión	2
		solenoide bomba	2
		tarjeta reguladora	2
		tubo de combustible	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	alternador	10
		anillos de pistón	3
		arnés	1
		arranque	3
		asientos	1
		automático auxiliar de arranque	1
		batería	3
		bloque	2
		bomba de aceite	5
	bomba de agua	7	
	bomba de inyección	17	

EQUIPO Ó ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
motor de combustión diésel	falla para operar en demanda	bomba de transferencia	17
		botador eje de levas	1
		cable eléctrico	1
		camisas	1
		carcasa de termostato	1
		casquetes de cigüeñal	4
		control electrónico	4
		correa de ventilador	14
		dámper	12
		empaque de turbo	1
		empaquetadura inferior	3
		empaquetadura superior	3
		fan clutch	4
		fan drive	1
		fusible	1
		guías de válvulas	1
		impulsador	1
		indicador de restricción	2
		inyectores	16
		manguera de admisión	1
		manguera de combustible	1
		manguera de enfriamiento	3
		mantenimiento tipo t	1
		modulo electrónico	1
		radiador	3
		relevo	1
		resorte válvula reguladora	2
		retenedores de cigüeñal	1
		sensor de nivel	7
		sensor de presión	4
		sensor de temperatura	2
		sensores	1
		solenoides bomba	5
		tanque de combustible	1
		tapón del bloque	1
		tarjeta de control	1
		tarjeta reguladora	4
		tensor de correas	1
		termostato	9
		turbo	7
válvula de bypass	2		
válvula reguladora de presión	1		

EQUIPO Ó ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
motor de combustión diésel	falla para operar en demanda	válvulas de admisión y escape	4
		ventilador	1
	<b>Fisuramiento</b>	manguera de enfriamiento	1
	<b>Frecuencia de salida defectuosa</b>	bomba de inyección	1
	<b>fuga</b>	acople de combustible	1
		arandela de inyector	1
		bomba de agua	17
		bomba de inyección	1
		bomba de transferencia	5
		empaque bomba de transferencia	1
		empaque de Carter	1
		empaque de turbo	6
		empaque múltiple de escape	1
		empaque tapa frontal del motor	3
		empaque tapa válvula	15
		exosto	2
		filtro de combustible	1
		manguera de combustible	7
		manguera de enfriamiento	8
		manguera de turbo	1
		radiador	14
		retenedor de cigüeñal del	14
		retenedor de cigüeñal trasero	6
		sensor de presión	1
		tanque de combustible	2
		tapa de radiador	3
		trampa de combustible	1
		tubo de combustible	1
		turbo	11
		válvula	1
		válvula de bola	1
		válvula reguladora de presión	1
	<b>fuga interna</b>	bomba de transferencia	2
		inyectores	1
		turbo	2
	<b>Indicación defectuosa</b>	sensor de presión	1
	<b>Lectura Anormal del Instrumento</b>	control electrónico	1
		horometro	3
		manómetro	2
		tablero de instrumentos	2
	<b>Ningún efecto inmediato</b>		2
		alternador	1

EQUIPO Ó ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
motor de combustión diésel	Ningún efecto inmediato	arranque	1
		batería	2
		bloque	1
		bomba de aceite	10
		bomba de agua	17
		bomba de inyección	11
		bomba de transferencia	13
		botador eje de levas	1
		buje de levas	1
		camisas	1
		carcasa de filtro aire	1
		carcasa de termostato	1
		correa de alternador	2
		correa de ventilador	35
		culata	1
		dámper	10
		eje de levas	1
		empaque bomba de transferencia	1
		empaque de turbo	2
		empaque tapa válvula	15
		empaquetadura inferior	2
		empaquetadura superior	2
		enfriador de aceite	1
		fan clutch	10
		filtro de refrigerante	1
		indicador de restricción	2
		inyectores	22
		manguera de combustible	1
		manguera de enfriamiento	8
		master	2
		polea de ventilador	2
		radiador	6
		retenedor de cigüeñal del	2
		sensor de presión	1
		solenoides bomba	3
		tablero de instrumentos	1
		tapa de radiador	3
		tensor de correas	8
		termostato	14
		turbo	12
válvula de bypass	7		
válvulas de admisión y escape	14		

EQUIPO Ó ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total	
motor de combustión diésel	<b>Ningún efecto inmediato</b>	varilla impulsora	1	
		ventilador	2	
	<b>parada inesperada</b>	alternador	2	
		batería	1	
		bomba de inyección	2	
		bomba de transferencia	1	
		correa de alternador	2	
		correa de ventilador	3	
		fan clutch	2	
		fan drive	1	
		filtro de combustible	12	
		panel de control pc 1301	1	
		radiador	2	
		sensor de presión	2	
	sensor de presión	3		
	sensor de temperatura	2		
	<b>Potencia insuficiente</b>	bomba de inyección	1	
		bomba de transferencia	1	
	<b>Potencia reducida</b>	solenoides bomba	1	
	<b>Problemas menores en servicio</b>	tanque de combustible	4	
	<b>Rotura, fisura</b>	fan clutch	2	
	<b>Ruido</b>	balancín	1	
		culata	1	
		fan clutch	3	
	<b>ruido excesivo</b>	anillos de pistón	1	
		correa de ventilador	2	
		fan clutch	24	
		fan drive	2	
		tensor de correas	9	
		turbo	1	
		válvulas de admisión y escape	1	
		ventilador	2	
		<b>Salida baja</b>	alternador	1
		<b>Salida errática</b>	tablero de instrumentos	1
	<b>sin salida</b>	master	1	
	<b>Sobrecalentamiento</b>	alternador	1	
		batería	1	
		bomba de aceite	1	
		bomba de agua	7	
		correa de ventilador	1	
		fan clutch	1	
		manguera de enfriamiento	1	
radiador		2		
sensor de nivel		1		

EQUIPO Ó ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
motor de combustión diésel	<b>Sobrecalentamiento</b>	sensor de temperatura	1
		termostato	1
	<b>Vibración</b>	dámper	3
		fan clutch	1
	<b>Voltaje de salida defectuoso</b>	alternador	2
		batería	2

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 23. Historial de fallas en la Unidad básica**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Unidad básica convencional	<b>Baja presión de aceite</b>	bomba hidráulica	3
		cilindro hidráulico	1
	<b>Bloqueado / Taponamiento</b>	Cilindro Hidráulico de Dirección	1
		cilindro neumático	1
		manguera hidráulica	1
	<b>Desviación de parámetros</b>	válvula relay	1
		manómetro	4
		<b>falla al arrancar</b>	cardan
	<b>Falla al funcionar en demanda</b>	llantas	1
		luz licuadora	1
		mando hidráulico	1
	<b>falla al parar</b>	zunchadora	1
		bomba hidráulica	1
		bombona de freno	1
		Cilindro Hidráulico de Dirección	1
		dirección	1
		flauta de control de dirección hidrau	1
		gato mecánico	1
		luces de tráiler	1
		Pto	1
		válvula de dirección	2
	válvula neumática	5	
	<b>Falla al rotar</b>	bombona de freno	5
		freno	1
	<b>Falla al rotar</b>	cardan	1
		diferencial	1

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Unidad básica convencional	<b>Falla al rotar</b>	rin	2
	<b>Falla mayor/Ruptura</b>	cardan	1
		Cilindro Hidráulico de Dirección	1
		mando hidráulico	1
		soportes	1
	<b>Falla mientras opera</b>	Back saver	1
		Cadena	1
		Cilindro Hidráulico de Dirección	2
		secador de aire	1
	<b>Falla para funcionar como se esperaba</b>	válvula relay	1
		corneta	1
		dirección	1
		espejos retrovisores	1
		luz de aeronavegación	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	bombona de freno	2
		buje de viga de suspensión	1
		cable eléctrico	1
		cardan	2
		cilindro hidráulico	1
		Cilindro Hidráulico de Dirección	1
		freno	1
		gato mecánico	1
		horquilla	1
		llantas	2
		luces de tráiler	2
		micro switch	1
		unidad de mantenimiento	1
	<b>Fisuramiento</b>	válvula relay	2
		bombona de freno	1
		Cadena	1
		hojas de suspensión	1
		llantas	1
		unidad de mantenimiento	1

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
<b>Unidad básica convencional</b>	<b>fuga</b>	acople hidráulico	10
		bomba hidráulica	2
		bombona de freno	2
		bombona de suspensión	1
		cilindro hidráulico	2
		Cilindro Hidráulico de Dirección	2
		Cilindro Hidráulico de Nivelación	5
		freno	1
		gato mecánico	1
		gobernador neumático	2
		llantas	2
		mando hidráulico	1
		manguera hidráulica	4
		manguera neumática	5
		secador de aire	1
		tanque hidráulico	1
		unidad de mantenimiento	2
		válvula de drenaje	1
		válvula direccional de fluidos	3
		válvula neumática	4
	válvula reguladora de presión	1	
	<b>Fuga externa</b>	filtro hidráulico	1
		mando hidráulico	1
		válvula neumática	1
	<b>Fuga externa de fluido utilitario</b>	válvula neumática	1
	<b>fuga interna</b>	mando hidráulico	1
	<b>Lectura Anormal del Instrumento</b>	manómetro	2
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	bombona de suspensión	1
		cable eléctrico	1
		Cilindro Hidráulico de Dirección	1
		espejos retrovisores	4
		llantas	4
		lubricante	1
		luces de tráiler	1
		luz licuadora	1
		pasador	1
		tanque de combustible	4
		válvula crown-omatic	1
	<b>parada inesperada</b>	Cilindro hidráulico de Dirección	1
		diferencial	1
		válvula relay	2

EQUIPO Ó ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Unidad básica convencional	<b>Problemas menores en servicio</b>	espejos retrovisores	1
	<b>Rotura, fisura</b>	bomba hidráulica	1
		bombona de freno	1
		cardan	1
		hojas de suspensión	1
		lámpara	1
		manguera hidráulica	1
		troque trasero	1
	<b>Ruido</b>	cardan	1
	<b>ruido excesivo</b>	piso	1
		rin	1
	<b>Salida baja</b>	válvula neumática	1
	<b>Salida muy baja</b>	gobernador	1
	<b>Sobrecalentamiento</b>	porta fusibles	1
	<b>Soldadura defectuosa</b>	soporte caja angular	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 24. Historial de fallas en motor diésel de unidad básica**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Motor de combustión diésel	<b>Bloqueado / Taponamiento</b>	Arranque	1
		Bomba de transferencia	1
		Filtro de combustible	1
	<b>Corrosión</b>	Tanque de combustible	1
	<b>Cortocircuito</b>	arnés	1
		arranque	1
		batería	1
	<b>falla al arrancar</b>	cable eléctrico	1
		alternador	1
		arranque	9
		batería	12
		cable eléctrico	2
		filtro de combustible	1
	<b>Falla al funcionar en demanda</b>	sensor de aceleración	2
		arranque	1
		batería	1
		correa de ventilador	1
		electroválvula	1

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Motor de combustión diésel	<b>Falla al funcionar en demanda</b>	governador	2
		inyectores	2
		Murphy	1
		sensor de aceleración	2
		válvula de aceleración neumática	1
	<b>falla al parar</b>	parada de emergencia	1
	<b>Falla al regular</b>	válvula de aceleración neumática	1
	<b>Falla en transmisión de señal/potencia</b>	compresor	1
		sensor de aceleración	1
		sensor srs	1
	<b>Falla mayor/Ruptura</b>	balancín	1
		exhosto	1
		fan clutch	1
	<b>Falla mientras opera</b>	bomba de combustible	1
		bomba de transferencia	1
		compresor	1
		módulo electrónico	1
	<b>Falla para funcionar como se esperaba</b>	fusible	1
		módulo electrónico	1
		secador de aire	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	alternador	1
		arandelas axiales	1
		arranque	1
		asientos	1
		bomba de aceite	1
		bomba de agua	1
		bomba de combustible	1
		camisas	1
		casquetes de cigüeñal	1
		casquetes eje de levas	1
		compresor	5
		correa de alternador	1
		correa de ventilador	1
desconocido		1	
empaques		1	
exhosto	2		

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Motor de combustión diésel	Falla para operar en demanda	fan clutch	1
		filtro de aceite	1
		guías de válvulas	1
		horometro	1
		indicador de restricción	1
		instalación electrónica	1
		inyectores	1
		lubricante	1
		manguera de aceite para compresor	1
		manguera de combustible	1
		parada de emergencia	1
		piñón ata compresor	1
		poleas	1
		precleaner	2
		radiador	1
		retenedores de cigüeñal	1
		sellos de válvulas	1
		sensor barométrico	1
		sensor de cigüeñal	1
		sensor de presión acpm	1
		termostato	1
		tornillos de calibración	1
		turbo	2
	unidad de mantenimiento	1	
	válvula de alivio	1	
	válvula de retorno	1	
	válvula reguladora de presión	1	
	válvulas de admisión y escape	2	
	<b>Fisuramiento</b>	correa de alternador	1
		manguera de enfriamiento	1
	<b>fuga</b>	arranque	1
		cárter	1
		empaque	1
	empaque de culata	1	
	empaque tapa válvula	1	
	lubricante	1	

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total	
<b>Motor de combustión diésel</b>	<b>fuga</b>	manguera de enfriamiento	15	
		manguera del turbo	1	
		manguera neumática	2	
		radiador	3	
		retenedor de cigüeñal trasero	1	
		válvula de aceleración neumática	2	
	<b>Fuga externa de fluido utilitario</b>	manguera neumática	1	
	<b>fuga interna</b>	válvulas de admisión y escape	1	
	<b>Lectura Anormal del Instrumento</b>	Murphy	1	
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	correa	3	
		correa de ventilador	3	
		manguera de combustible	1	
		manguera de enfriamiento	1	
		mantenimiento tipo t	1	
	<b>Overhaul</b>	mantenimiento tipo t	2	
	<b>parada inesperada</b>	arranque	1	
		correa de ventilador	2	
		filtro de combustible	1	
		interruptor	1	
		manguera de enfriamiento	3	
		mangueras	1	
		módulo ecm	1	
		sensor de nivel	1	
		sensores	1	
		termostato	1	
		válvula de aceleración neumática	1	
		<b>Pérdida de control en línea de comunicación</b>	sensor de aceleración	1
		<b>Potencia insuficiente</b>	compresor	2
	filtro de combustible		1	
	múltiple de admisión		1	
	turbo		2	
	válvula de aceleración neumática		1	
	<b>Potencia reducida</b>	bomba de transferencia	1	
compresor		1		
manguera del turbo		1		
<b>Problemas menores en servicio</b>	tanque de combustible	1		

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
<b>Motor de combustión diésel</b>	<b>Rotura, fisura</b>	manguera de enfriamiento	1
	<b>Ruido</b>	correa	6
		eje	2
	<b>ruido excesivo</b>	alternador	1
		balancín	1
		correa	2
		fan clutch	1
	<b>Salida baja</b>	compresor	1
	<b>sin salida</b>	compresor	1
	<b>Sobrecalentamiento</b>	bomba de agua	1
		correa	2
		correa de ventilador	1
		fan clutch	2
		lubricante	1
		manguera de enfriamiento	5
		radiador	1
		sensor de aceleración	1
		termostato	2
	<b>Voltaje de salida defectuoso</b>	alternador	2

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 25. Historial de fallas en transmisión de unidad básica**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
<b>Transmisión automática</b>	<b>Bloqueado / Taponamiento</b>	filtro de aceite	1
		válvula	1
	<b>Falla mientras opera</b>	acople mecánico	1
		selector de cambios	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	base de filtro	1
		bomba de aceite	1
		convertidor	1
	<b>fuga</b>	convertidor	1
		manguera hidráulica	3
		manguera neumática	3
		retenedores	2
		válvula direccional de fluidos	2
	<b>Fuga externa de fluido utilitario</b>	convertidor	1

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Transmisión automática	Indicación defectuosa	manómetro	1
	<b>Lectura Anormal del Instrumento</b>	termómetro	1
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	retenedores	1
	<b>OVERHAUL</b>	mantenimiento tipo t	1
	<b>SOBRECALENTAMIENTO</b>	Filtro hidráulico	1
		manguera hidráulica	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 26. Historial de fallas en caja de ángulo recto**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Caja angular	<b>Falla en transmisión de señal/potencia</b>	acople mecánico	1
	<b>Falla mayor/Ruptura</b>	Cadena	2
		cardan	2
		eje	1
		engranajes	4
		flange	1
	<b>Falla mientras opera</b>	Cadena	1
		eje	1
		rodamientos	1
		sprocket	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	desconocido	1
		retenedores	1
		rodamientos	1
		sprocket	1
	<b>Fisuramiento</b>	acople mecánico	1
		engranajes	1
	<b>fuga</b>	retenedores	2
		rodamientos	1
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	engranajes	1
		lubricante	1
	<b>Operación inadecuada</b>	cruceta	1
	<b>Overhaul</b>	cuña	1
	<b>parada inesperada</b>	engranajes	2
		soporte caja angular	1

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Caja angular	Rotura, fisura	Cadena	1
		engranajes	3
	Rotura, fisura	rodamientos	1
	Ruido	chumacera	1
		engranajes	1
		rodamientos	1
		tensores	1
	ruido excesivo	acople mecánico	2
		Cadena	1
		cardan	1
		eje	1
		engranajes	4
	Vibración	cuña	2
		soportes	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 27. Historial de fallas en malacates**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Malacate mecánico	Bloqueado / Taponamiento	manguera de enfriamiento	1
		mangueras de enfriamiento	1
		tornillos	1
		válvula crown-omatic	1
		válvula versa	1
	Corrosión	brake bands	1
	Deslizamiento	brake bands	1
		clutch	1
		discos de clutch	3
		palancaje	1
	Desviación de parámetros	rim brake	1
	falla al arrancar	diafragma	1
		twin stop	4
	Falla al cerrar	válvula crown-omatic	2
	Falla al funcionar en demanda	discos de clutch	1
		embrague	1

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Malacate mecánico		palancaje	2
		pasadores	1
		tornillos	1
		válvula crown-omatic	1
		válvula de alivio	1
		válvula neumática	2
	<b>falla al parar</b>	asbesto del freno	7
		clutch	1
		freno	11
		palancaje	3
	<b>Falla al regular</b>	tensores	1
	<b>Falla al rotar</b>	Cadena	1
		eje	1
	<b>Falla en transmisión de señal/potencia</b>	clutch	1
	<b>Falla mayor/Ruptura</b>	asbesto del freno	2
		balancín	1
		Cadena	13
		cuña	1
		embrague	1
		pinos y chavetas	1
		rodamientos	1
		tornillos	1
	<b>Falla mientras opera</b>	cable de carga	1
		Cadena	2
		clutch	4
		freno	3
		tornillos	1
		válvula neumática	1
	Falla para funcionar como se esperaba	clutch	1
		discos de clutch	1
		freno	1
		roto seal	1
		twin stop	1
		válvula de aceleración neumática	1
	falla para operar en demanda	brake bands	5
		Cadena	3

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Malacate mecánico	falla para operar en demanda	center plate-clutch	1
		chumacera	1
		clutch	1
		diafragma	1
		eje	1
		freno	1
		mando neumático	1
		palancaje	2
		roto seal	1
		soportes	1
		sprokets	1
		twin stop	1
		VALVULA CROWNOMATIC	1
		válvula neumática	2
	Fisuramiento	brake bands	4
		manguera neumática	1
	fuga	cilindro hidráulico	1
		diafragma	2
		embrague neumático	1
		retenedores	1
		rim brake	2
		roto seal	6
		twin stop	2
		válvula crown-omatic	2
		válvula direccional de fluidos	1
		válvula neumática	5
	Fuga externa de fluido utilitario	diafragma	1
		válvula neumática	1
	fuga interna	aceite	1
		roto seal	1
		válvula refrigeración	1
	Fuga interna fluido utilitario	embrague neumático	1
	Ningún efecto inmediato	brake bands	1
	cable de carga	1	
	Cadena	1	
	cuña	1	

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
<b>Malacate mecánico</b>	Ningún efecto inmediato	freno	4
		lubricante	1
		manguera de enfriamiento	1
		palancaje	1
		pasador	1
		rodillo guía del cable	1
		twin stop	1
	parada inesperada	brake bands	1
		cable de carga	2
		Cadena	1
		embrague	1
		guardas	1
	Potencia insuficiente	micro switch	1
		válvula relay	1
		clutch	1
		brake bands	1
		brake bands	1
	Potencia reducida	Cadena	2
		diafragma	1
		eje	1
		rodamientos	1
		brake bands	1
	Rotura, fisura	Cadena	1
		embrague	1
		palancaje	1
		rodamientos	3
		rodillo guía del cable	1
	Ruido	Cadena	2
		freno	1
		guarda	1
		rodamientos	6
		tornillos	1
	ruido excesivo	válvula crown-omatic	1
		encoder	1
		twin stop	1
	Salida errática	freno	1
	sin salida		
	Sobrecalentamiento		

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
<b>Malacate mecánico</b>	Sobrecalentamiento	válvula versa	2
	Soldadura defectuosa	pinos y chavetas	1
	Vibración	asbesto del freno	1
		brake bands	1
		pasadores	1
	Voltaje de salida defectuoso	cuña	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 28. Historial de fallas en frenos hidromaticos**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
<b>Freno auxiliar hidromático</b>	<b>Falla al funcionar en demanda</b>	tubo de succión	1
	<b>falla al parar</b>	asbesto del freno	3
		refrigerante	1
	<b>Falla al rotar</b>	rodamientos	1
		roto seal	1
	<b>Falla mientras opera</b>	discos de clutch	1
		retenedores	1
		rodamientos	1
	<b>Falla para funcionar como se esperaba</b>	freno	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	desconocido	2
	<b>fuga</b>	diafragma	2
		empaques	2
		manguera de enfriamiento	1
		retenedor	1
		retenedores	2
		sello mecánico	1
		tapa de tanque	1
	<b>fuga interna</b>	diafragma	1
		empaque	1
		empaques	2
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	refrigerante	1
	<b>Rotura, fisura</b>	diafragma	1
	<b>Sobrecalentamiento</b>	diafragma	1
	tubería	1	
<b>Vibración</b>	rodamientos	1	

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 29. Historial de fallas en winches hidráulicos**

<b>EQUIPO O ACTIVO</b>	<b>DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA</b>	<b>COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)</b>	<b>Total</b>
<b>Winche hidráulico</b>	<b>Baja presión de aceite</b>	mando hidráulico	1
		retenedores	1
		válvula de alivio	1
	<b>Caída de carga</b>	separador	1
	<b>Falla al funcionar en demanda</b>	engranajes	1
	<b>Falla al rotar</b>	anillo separador	1
		mando hidráulico	1
	<b>Falla en transmisión de señal/potencia</b>	sensor de final de carrera	1
	<b>Falla mientras opera</b>	motor hidráulico	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	actuador	1
		pasador	1
	<b>fuga</b>	manguera	1
		manguera hidráulica	2
		retenedores	12
		válvula neumática	1
	<b>Fuga externa</b>	manguera hidráulica	1
	<b>Fuga externa significativa</b>	retenedores	1
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	cable de carga	1
		manguera hidráulica	2
	<b>Perdida de redundancia</b>	motor hidráulico	2
<b>Potencia insuficiente</b>	válvula de alivio	1	
<b>ruido excesivo</b>	tambor del winche	2	

Fuente. Autor de la monografía

### **Historial de fallas en el sistema neumático e hidráulico**

Dentro del historial de fallas, para el sistema hidráulico y neumático, no existen registros ya que son asociadas a los demás componentes del equipo.

**Tabla 30. Historial de fallas en acumuladores**

<b>EQUIPO O ACTIVO</b>	<b>DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA</b>	<b>COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)</b>	<b>Total</b>
Unidad acumuladora	<b>Baja presión de aceite</b>	válvula de arietes	1
	<b>Bajo nivel de alarma aleatorio</b>	lubricante	1
	<b>Bloqueado / Taponamiento</b>	bomba neumática	1
		filtro hidráulico	1
	<b>Desviación de parámetros</b>	lubricante	1
	<b>Falla al funcionar en demanda</b>	válvula neumática	1
	<b>Falla mientras opera</b>	empaques	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	acople hidráulico	2
		bomba neumática	1
	<b>fuga</b>	acople hidráulico	5
		diafragma	1
		empaques	1
		filtro hidráulico	1
		lubricante	3
		manguera hidráulica	3
		mangueras	1
		piso	1
		unidad de mantenimiento	1
		válvula de bola	1
	<b>Fuga externa</b>	retenedores	1
	<b>fuga interna</b>	lubricante	3
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	acople hidráulico	1
		lubricante	1
<b>Potencia reducida</b>	lubricante	1	

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 31. Historial de fallas en mástil**

<b>EQUIPO O ACTIVO</b>	<b>DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA</b>	<b>COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)</b>	<b>Total</b>
<b>Mástil torre</b>	<b>Bloqueado / Taponamiento</b>	centralizadores	1
		Cilindro Hidráulico de Levante	2
		riel	1
	<b>Cortocircuito</b>	cable eléctrico	3
		lámpara	1
		toma corriente	1
	<b>Deficiencia estructural</b>	cable eléctrico	1
		orejas	1
	<b>Desconocido</b>	fotocelda	1
		soportes	1
	<b>Deslizamiento</b>	chapa de la torre	1
	<b>falla al arrancar</b>	lámpara	1
		luz de aeronavegación	1
	<b>Falla al conectar</b>	conector eléctrico	1
		lámpara	1
	<b>Falla al funcionar en demanda</b>	corneta	1
		luz de aeronavegación	6
		luz de aeronavegación	1
	<b>falla al parar</b>	twin stop	1
	<b>Falla mayor/Ruptura</b>	lámpara	1
		luz de aeronavegación	1
	<b>Falla mientras opera</b>	lámpara	1
		luz de aeronavegación	2
		plug	1
	<b>Falla para funcionar como se esperaba</b>	Sensor de Profundidad	1
		luz de aeronavegación	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	Cilindro Hidráulico de Levante	2
		contra presa	1
		eje	1
		estructura	2
		lámpara	4
		limit switch	1
		luz de aeronavegación	3
luz de aeronavegación		1	
manguera hidráulica		1	

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total	
Mástil torre	<b>Fisuramiento</b>	apoyos	1	
		cable eléctrico	1	
		luz de aeronavegación	1	
		tensores	1	
	<b>fuga</b>	cilindro hidráulico	1	
		Cilindro Hidráulico de Levante	8	
		mando hidráulico	1	
		manguera hidráulica	4	
		manguera neumática	1	
		stand pipe	2	
	<b>Fuga externa</b>	Cilindro Hidráulico de Levante	1	
	<b>Fuga interna fluido utilitario</b>	válvula hidráulica	1	
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	cable eléctrico	1	
		cilindro hidráulico	1	
		estructura	1	
		lámpara	2	
		luz de aeronavegación	1	
		manguera hidráulica	1	
		Trabajadero	1	
		<b>Operación inadecuada</b>	equipo de descenso controlado	1
		<b>parada inesperada</b>	cable de carga	1
			Cilindro Hidráulico de Levante	1
	luz de aeronavegación		1	
	polea		1	
	Polea de Corona		1	
		vigas	1	
	<b>Potencia insuficiente</b>	mando hidráulico	1	
	<b>Problemas menores en servicio</b>	Trabajadero	1	
	<b>Rotura, fisura</b>	Cilindro Hidráulico de Levante	1	
		tornillos	1	
	<b>Ruido</b>	Polea de Corona	1	
	<b>ruido excesivo</b>	Cilindro Hidráulico de Levante	2	
		Polea de Corona	2	
	<b>sin salida</b>	manómetro	1	
	<b>Soldadura defectuosa</b>	orejas	1	
		tijera	1	
	<b>Terminación inadecuada</b>	Cilindro Hidráulico de Levante	1	
	<b>Vibración</b>	separador	1	

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 32. Historial de fallas en subestructura**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Sub-estructura	Deficiencia estructural	piso	1
	Falla mientras opera	soportes	1
	Problemas menores en servicio	lámpara	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 33. Historial de fallas en bloque viajero**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Bloque viajero	Desviación de parámetros	brazos	1
		platina	1
	Falla mientras opera	rodamientos	1
	falla para operar en demanda	poleas	4
	Ningún efecto inmediato	cable de carga	1
	parada inesperada	Polea de bloque viajero	2
		rodamientos	1
	Ruido	Polea de bloque viajero	1
	ruido excesivo	rodamientos	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 34. Historial de fallas en elevadores de tubería**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Elevadores tubería producción	Falla al cerrar	chapa de cierre	1
		compuerta	2
		cuerpo de elevador	1
		pasador	1
		resorte	2
	Falla al funcionar en demanda	insertos	2
		resorte	1
	Falla mientras opera	cierre	1
		tornillos	1

Fuente. Autor de la monografía

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Elevadores tubería producción	Falla para funcionar como se esperaba	pasador	1
	falla para operar en demanda	brazos	3
		bujes y pasadores	5
		graseras	1
		no hay información	1
		pasador	14
		upper bore	1
	Fisuramiento	brazos	1
	fuga	manguera hidráulica	1
	Ningún efecto inmediato	pasador	1
	ruido excesivo	pasador	1
	Vibración	bujes y pasadores	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 35. Historial de fallas en llaves de potencia**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Llave de potencia	Baja presión de aceite	acople hidráulico	1
	Bloqueado / Taponamiento	mando hidráulico	1
	Cortocircuito	rotulas	1
	Desconocido	cilindro hidráulico	1
	Deslizamiento	insertos	1
	Falla al cerrar	media luna	1
		pasador	1
	Falla al funcionar en demanda	bujes y pasadores	1
		cilindro hidráulico	1
		electroválvula	1
		mando hidráulico	1
	Falla al rotar	válvula	1
	Falla mayor/Ruptura	manguera hidráulica	1
		tornillos	1
	falla para operar en demanda	cilindro hidráulico	1
		manguera hidráulica	2
		pasador	3
		quijada	2
	resorte	1	

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Llave de potencia	<b>Fisuramiento</b>	manguera hidráulica	1
	<b>fuga</b>	acople hidráulico	1
		cilindro hidráulico	6
		manguera hidráulica	3
		válvula neumática	1
	<b>fuga interna</b>	cilindro hidráulico	1
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	pasador	1
	<b>Operación inadecuada</b>	cilindro hidráulico	1
	<b>Soldadura defectuosa</b>	cuerpo de la llave	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 36. Historial de fallas en cuñas manuales**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
<b>Cuña manual</b>	<b>falla para operar en demanda</b>	pasador	1

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 37. Historial de fallas en compresores de tornillo**

EQUIPO O ACTIVO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLA	COMPONENTE AFECTADO (ITEM MANTENIBLE)	Total
Compresor tornillo	<b>Falla al funcionar en demanda</b>	pulsador	1
	<b>Falla al sincronizar</b>	secador de aire	1
	<b>Falla en transmisión de señal/potencia</b>	válvula de alivio	1
	<b>falla para operar en demanda</b>	control eléctrico	1
		rodamientos	1
	<b>Fisuramiento</b>	manguera neumática	1
	<b>fuga</b>	acople neumático	1
		filtro de aceite	1
		manguera neumática	1
		válvula de alivio	1
	<b>Fuga externa de fluido utilitario</b>	manguera neumática	1
	<b>Fuga interna fluido utilitario</b>	válvula de alivio	1
	<b>Ningún efecto inmediato</b>	filtro de aire	1
		válvula de admisión	1
	<b>parada inesperada</b>	válvula de alivio	1

Fuente. Autor de la monografía

**ANEXO B TABLAS DE DATOS PARA GRÁFICAS DE PARETO DE EQUIPOS  
DE WORKOVER EN INDEPENDENCE S.A.**

**Tabla 38. Elementos de falla en motores eléctricos de tanques de lodos**

<b>Equipo</b>	<b>Componente de falla</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>% C</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Motor eléctrico ac	Bobinado	2	50%	50%
	Rodamientos	2	50%	100%
	<b>Total</b>	<b>4</b>		

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 39. Elementos de falla en agitadores de lodos de tanques de lodos**

<b>Equipo</b>	<b>Componente de falla</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>% C</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Agitador de lodos	Pulsador	2	100%	100%
	<b>Total</b>	<b>2</b>		

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 40. Elementos de falla en el sistema eléctrico de tanques de lodos**

<b>Equipo</b>	<b>Componente de falla</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>% C</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Tablero eléctrico	Cable eléctrico	1	100%	100%
	<b>Total</b>	<b>1</b>		

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 41. Elementos de falla en bombas de lodos**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Bomba de lodos	Bomba de aceite	18	24,00%	24,00%	VITALES
	Retenedores	9	12,00%	36,00%	
	Manguera de enfriamiento	5	6,67%	42,67%	
	Acople mecánico	4	5,33%	48,00%	
	Correa	4	5,33%	53,33%	
	Empaques	3	4,00%	57,33%	
	Manómetro	3	4,00%	61,33%	
	Pistón rod	3	4,00%	65,33%	
	Camisas	2	2,67%	68,00%	
	Relé térmico	2	2,67%	70,67%	
	Rodamientos	2	2,67%	73,33%	
	Válvula de alivio	2	2,67%	76,00%	
	Bobinado	1	1,33%	77,33%	
	Bomba de refrigeración	1	1,33%	78,67%	
	Cable de control	1	1,33%	80,00%	TRIVIALES
	Cadena	1	1,33%	81,33%	
	Cardan	1	1,33%	82,67%	
	Empaque	1	1,33%	84,00%	
	Extensión rod	1	1,33%	85,33%	
	Lubricante	1	1,33%	86,67%	
	Luces de tráiler	1	1,33%	88,00%	
	Pistón	1	1,33%	89,33%	
	Polea	1	1,33%	90,67%	
	Porta cámaras de freno	1	1,33%	92,00%	
Retenedor	1	1,33%	93,33%		
Sello mecánico	1	1,33%	94,67%		
Sprocket	1	1,33%	96,00%		
Tanque de aire comprimido	1	1,33%	97,33%		
Tornillos	1	1,33%	98,67%		
Unidad de mantenimiento	1	1,33%	100,00%		
<b>Total</b>		<b>75</b>			

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 42. Elementos de falla en generadores**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Generadores	Batería	62	6,79%	6,79%	VITALES
	Correa de ventilador	59	6,46%	13,25%	
	Alternador	57	6,24%	19,50%	
	Fan clutch	51	5,59%	25,08%	
	Bomba de agua	50	5,48%	30,56%	
	Inyectores	43	4,71%	35,27%	
	Bomba de transf.	42	4,60%	39,87%	
	Bomba de inyección	37	4,05%	43,92%	
	Turbo	33	3,61%	47,54%	
	Filtro de combustible	31	3,40%	50,93%	
	Empaque tapa válvula	30	3,29%	54,22%	
	Radiador	28	3,07%	57,28%	
	Dámper	25	2,74%	60,02%	
	Termostato	24	2,63%	62,65%	
	Manguera enfria.	21	2,30%	64,95%	
	Válvulas adm.-escape	19	2,08%	67,03%	
	Tensor de correas	18	1,97%	69,00%	
	Bomba de aceite	16	1,75%	70,76%	
	Rete. Cigüeñal del	16	1,75%	72,51%	
	Sensor de presión	14	1,53%	74,04%	
	Arranque	13	1,42%	75,47%	
	Solenoid bomba	13	1,42%	76,89%	
	Manguera combustible	11	1,20%	78,09%	
	Sensor de nivel	10	1,10%	79,19%	
	Auto. Auxiliar arran.	9	0,99%	80,18%	
	Empaque de turbo	9	0,99%	81,16%	TRIVIALES
	Tanque de combustible	9	0,99%	82,15%	
	Válvula de bypass	9	0,99%	83,13%	
Control electrónico	7	0,77%	83,90%		
Tarjeta reguladora	7	0,77%	84,67%		
Ventilador	7	0,77%	85,43%		

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO
Generadores	Retenedor cigüeñal tras.	6	0,66%	86,09%
	Sensor de temperatura	6	0,66%	86,75%
	Tablero de instrumentos	6	0,66%	87,40%
	Tapa de radiador	6	0,66%	88,06%
	Empaquetadura inferior	5	0,55%	88,61%
	Empaquetadura superior	5	0,55%	89,16%
	Indicador de restricción	5	0,55%	89,70%
	Anillos de pistón	4	0,44%	90,14%
	Casquetes de cigüeñal	4	0,44%	90,58%
	Correa de alternador	4	0,44%	91,02%
	Fan drive	4	0,44%	91,46%
	Master	4	0,44%	91,89%
	Emp. Tapa frontal motor	3	0,33%	92,22%
	Horometro	3	0,33%	92,55%
	Rodamientos	3	0,33%	92,88%
	Bloque	2	0,22%	93,10%
	Botador eje de levas	2	0,22%	93,32%
	Camisas	2	0,22%	93,54%
	Carcasa de termostato	2	0,22%	93,76%
	Control eléctrico	2	0,22%	93,98%
	Culata	2	0,22%	94,19%
	Empaque bomba transf.	2	0,22%	94,41%
	Exosto	2	0,22%	94,63%
	Fusible	2	0,22%	94,85%
	Manómetro	2	0,22%	95,07%
	Módulo electrónico	2	0,22%	95,29%
	Polea de ventilador	2	0,22%	95,51%
	Resorte válv. Reguladora	2	0,22%	95,73%
	Tubo de combustible	2	0,22%	95,95%
	Válv. Reguladora presión	2	0,22%	96,17%
	Acople de combustible	1	0,11%	96,28%
	Arandela de inyector	1	0,11%	96,39%
	Arnés	1	0,11%	96,50%
Asientos	1	0,11%	96,60%	
Balancín	1	0,11%	96,71%	
Bloque	1	0,11%	96,82%	
Bombín	1	0,11%	96,93%	

TRIVIALES

<b>Equipo</b>	<b>Componente de falla</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>% C</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Generadores	Buje de levas	1	0,11%	97,04%
	Cable eléctrico	1	0,11%	97,15%
	Carcasa de filtro aire	1	0,11%	97,26%
	Desconocido	1	0,11%	97,37%
	Eje de levas	1	0,11%	97,48%
	Empaque de Carter	1	0,11%	97,59%
	Empaque múltiple de escape	1	0,11%	97,70%
	Enfriador de aceite	1	0,11%	97,81%
	Filtro de refrigerante	1	0,11%	97,92%
	Gobernador	1	0,11%	98,03%
	Guías de válvulas	1	0,11%	98,14%
	Impulsador	1	0,11%	98,25%
	Manguera de admisión	1	0,11%	98,36%
	Manguera de turbo	1	0,11%	98,47%
	Mantenimiento tipo t	1	0,11%	98,58%
	Modulo electrónico	1	0,11%	98,69%
	Panel de control pc 1301	1	0,11%	98,80%
	Relevo	1	0,11%	98,90%
	Retenedores de cigüeñal	1	0,11%	99,01%
	Sensores	1	0,11%	99,12%
	Tapón del bloque	1	0,11%	99,23%
	Tarjeta auto start	1	0,11%	99,34%
	Tarjeta de control	1	0,11%	99,45%
	Trampa de combustible	1	0,11%	99,56%
	Válvula	1	0,11%	99,67%
	Válvula de aceleración neum.	1	0,11%	99,78%
	Válvula de bola	1	0,11%	99,89%
Varilla impulsora	1	0,11%	100,00%	
	<b>Total</b>	<b>913</b>		

**TRIVIALES**

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 43. Elementos de falla en motor diésel de unidad básica**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Motor diésel u.b.	Manguera de enfriamiento	26	11,82%	11,82%	VITALES
	Arranque	15	6,82%	18,64%	
	Batería	14	6,36%	25,00%	
	Correa	13	5,91%	30,91%	
	Compresor	12	5,45%	36,36%	
	Correa de ventilador	8	3,64%	40,00%	
	Sensor de aceleración	7	3,18%	43,18%	
	Válvula aceleración neum	6	2,73%	45,91%	
	Alternador	5	2,27%	48,18%	
	Fan clutch	5	2,27%	50,45%	
	Radiador	5	2,27%	52,73%	
	Filtro de combustible	4	1,82%	54,55%	
	Termostato	4	1,82%	56,36%	
	Turbo	4	1,82%	58,18%	
	Bomba de transferencia	3	1,36%	59,55%	
	Cable eléctrico	3	1,36%	60,91%	
	Exhosto	3	1,36%	62,27%	
	Inyectores	3	1,36%	63,64%	
	Lubricante	3	1,36%	65,00%	
	Manguera neumática	3	1,36%	66,36%	
	Mantenimiento tipo t	3	1,36%	67,73%	
	Válvulas de admisión y escape	3	1,36%	69,09%	
	Balancín	2	0,91%	70,00%	
	Bomba de agua	2	0,91%	70,91%	
	Bomba de combustible	2	0,91%	71,82%	
	Correa de alternador	2	0,91%	72,73%	
	Eje	2	0,91%	73,64%	
	Gobernador	2	0,91%	74,55%	
	Manguera de combustible	2	0,91%	75,45%	
	Manguera del turbo	2	0,91%	76,36%	
	Módulo electrónico	2	0,91%	77,27%	
	Murphy	2	0,91%	78,18%	
	Parada de emergencia	2	0,91%	79,09%	
Precleaner	2	0,91%	80,00%		
Tanque de combustible	2	0,91%	80,91%		
Arandelas axiales	1	0,45%	81,36%	TRIVI	
Arnés	1	0,45%	81,82%		

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO
Motor diésel u.b.	Asientos	1	0,45%	82,27%
	Bomba de aceite	1	0,45%	82,73%
	Camisas	1	0,45%	83,18%
	Cárter	1	0,45%	83,64%
	Casquetes de cigüeñal	1	0,45%	84,09%
	Casquetes eje de levas	1	0,45%	84,55%
	Desconocido	1	0,45%	85,00%
	Electroválvula	1	0,45%	85,45%
	Empaque	1	0,45%	85,91%
	Empaque de culata	1	0,45%	86,36%
	Empaque tapa válvula	1	0,45%	86,82%
	Empaques	1	0,45%	87,27%
	Filtro de aceite	1	0,45%	87,73%
	Fusible	1	0,45%	88,18%
	Guías de válvulas	1	0,45%	88,64%
	Horometro	1	0,45%	89,09%
	Indicador de restricción	1	0,45%	89,55%
	Instalación electrónica	1	0,45%	90,00%
	Interruptor	1	0,45%	90,45%
	Manguera aceite compresor	1	0,45%	90,91%
	Mangueras	1	0,45%	91,36%
	Módulo ecm	1	0,45%	91,82%
	Múltiple de admisión	1	0,45%	92,27%
	Piñón ata compresor	1	0,45%	92,73%
	Poleas	1	0,45%	93,18%
	Retenedor cigüeñal trasero	1	0,45%	93,64%
	Retenedores de cigüeñal	1	0,45%	94,09%
	Secador de aire	1	0,45%	94,55%
	Sellos de válvulas	1	0,45%	95,00%
	Sensor barométrico	1	0,45%	95,45%
	Sensor de cigüeñal	1	0,45%	95,91%
	Sensor de nivel	1	0,45%	96,36%
	Sensor de presión acpm	1	0,45%	96,82%
Sensor srs	1	0,45%	97,27%	
Sensores	1	0,45%	97,73%	
Tornillos de calibración	1	0,45%	98,18%	
Unidad de mantenimiento	1	0,45%	98,64%	

TRIVIALES

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Motor diésel u.b.	Válvula de alivio	1	0,45%	99,09%	TRIVI.
	Válvula de retorno	1	0,45%	99,55%	
	Válvula reguladora de presión	1	0,45%	100,00%	
	<b>Total</b>	<b>220</b>			

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 44. Elementos de falla en transmisiones automáticas**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Trans. Automática	Manguera hidráulica	4	16,00%	16,00%	VITALES
	Convertidor	3	12,00%	28,00%	
	Manguera neumática	3	12,00%	40,00%	
	Retenedores	3	12,00%	52,00%	
	Válvula direccional fluidos	2	8,00%	60,00%	
	Acople mecánico	1	4,00%	64,00%	
	Base de filtro	1	4,00%	68,00%	
	Bomba de aceite	1	4,00%	72,00%	
	Filtro de aceite	1	4,00%	76,00%	
	Filtro hidráulico	1	4,00%	80,00%	
	Manómetro	1	4,00%	84,00%	TRIVIALES
	Mantenimiento tipo t	1	4,00%	88,00%	
	Selector de cambios	1	4,00%	92,00%	
	Termómetro	1	4,00%	96,00%	
	Válvula	1	4,00%	100,00%	
	<b>Total</b>	<b>25</b>			

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 45. Elementos de falla en caja de ángulo**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Caja angular	Engranajes	16	30,77%	30,77%	VITALES
	Cadena	5	9,62%	40,38%	
	Rodamientos	5	9,62%	50,00%	
	Acople mecánico	4	7,69%	57,69%	
	Cardan	3	5,77%	63,46%	
	Cuña	3	5,77%	69,23%	

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO		
Caja angular	Eje	3	5,77%	75,00%	VITA	
	Retenedores	3	5,77%	80,77%		
	Sprocket	2	3,85%	84,62%	TRIVIALES	
	Chumacera	1	1,92%	86,54%		
	Cruceta	1	1,92%	88,46%		
	Desconocido	1	1,92%	90,38%		
	Flange	1	1,92%	92,31%		
	Lubricante	1	1,92%	94,23%		
	Soporte caja angular	1	1,92%	96,15%		
	Soportes	1	1,92%	98,08%		
	Tensores	1	1,92%	100,00%		
	<b>Total</b>	<b>52</b>				

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 46. Elementos de falla en malacates**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Malacate	Cadenas	26	12,21%	12,21%	VITALES
	Frenos	22	10,33%	22,54%	
	Brake bands	17	7,98%	30,52%	
	Rodamientos	11	5,16%	35,68%	
	Válvula neumática	11	5,16%	40,85%	
	Asbesto del freno	10	4,69%	45,54%	
	Clutch	10	4,69%	50,23%	
	Palancaje	10	4,69%	54,93%	
	Twin stop	10	4,69%	59,62%	
	Roto seal	9	4,23%	63,85%	
	Válvula crown-omatic	7	3,29%	67,14%	
	Diafragma	6	2,82%	69,95%	
	Discos de clutch	5	2,35%	72,30%	
	Tornillos	5	2,35%	74,65%	
	Cable de carga	4	1,88%	76,53%	
	Embrague	4	1,88%	78,40%	
	Cuña	3	1,41%	79,81%	
	Eje	3	1,41%	81,22%	TRIVIALES
	Rim brake	3	1,41%	82,63%	
	Válvula versa	3	1,41%	84,04%	
Embrague neumático	2	0,94%	84,98%		

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Malacate	Manguera de enfriamiento	2	0,94%	85,92%	TRIVIALES
	Pasadores	2	0,94%	86,85%	
	Pines y chavetas	2	0,94%	87,79%	
	Rodillo guía del cable	2	0,94%	88,73%	
	Aceite	1	0,47%	89,20%	
	Balancín	1	0,47%	89,67%	
	Center plate-clutch	1	0,47%	90,14%	
	Chumacera	1	0,47%	90,61%	
	Cilindro hidráulico	1	0,47%	91,08%	
	Encoder	1	0,47%	91,55%	
	Guarda	1	0,47%	92,02%	
	Guardas	1	0,47%	92,49%	
	Lubricante	1	0,47%	92,96%	
	Mando neumático	1	0,47%	93,43%	
	Manguera neumática	1	0,47%	93,90%	
	Mangueras de enfriamiento	1	0,47%	94,37%	
	Micro switch	1	0,47%	94,84%	
	Pasador	1	0,47%	95,31%	
	Retenedores	1	0,47%	95,77%	
	Soportes	1	0,47%	96,24%	
	Sprokets	1	0,47%	96,71%	
	Tensores	1	0,47%	97,18%	
	Válvula crownomatic	1	0,47%	97,65%	
	Válvula aceleración neum	1	0,47%	98,12%	
	Válvula de alivio	1	0,47%	98,59%	
	Válvula direccional fluidos	1	0,47%	99,06%	
	Válvula refrigeración	1	0,47%	99,53%	
	Válvula relay	1	0,47%	100,00%	
	<b>Total</b>	<b>213</b>			

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 47. Elementos de falla en frenos hidromaticos**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Freno hidromatico	Diafragma	5	15,63%	15,63%	VITALES
	Empaques	4	12,50%	28,13%	
	Asbesto del freno	3	9,38%	37,50%	
	Retenedores	3	9,38%	46,88%	
	Rodamientos	3	9,38%	56,25%	
	Desconocido	2	6,25%	62,50%	
	Refrigerante	2	6,25%	68,75%	
	Discos de clutch	1	3,13%	71,88%	TRIVIALES
	Empaque	1	3,13%	75,00%	
	Freno	1	3,13%	78,13%	
	Manguera enfriamiento	1	3,13%	81,25%	
	Retenedor	1	3,13%	84,38%	
	Roto seal	1	3,13%	87,50%	
	Sello mecánico	1	3,13%	90,63%	
	Tapa de tanque	1	3,13%	93,75%	
	Tubería	1	3,13%	96,88%	
	Tubo de succión	1	3,13%	100,00%	
<b>Total</b>		<b>32</b>			

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 48. Elementos de falla en winches hidráulicos**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Winche hidráulico	Retenedores	14	37,84%	37,84%	VITALES
	Manguera hidráulica	5	13,51%	51,35%	
	Motor hidráulico	3	8,11%	59,46%	
	Mando hidráulico	2	5,41%	64,86%	
	Tambor del winche	2	5,41%	70,27%	
	Válvula de alivio	2	5,41%	75,68%	
	Actuador	1	2,70%	78,38%	
	Anillo separador	1	2,70%	81,08%	TRIVIALES
	Cable de carga	1	2,70%	83,78%	
	Engranajes	1	2,70%	86,49%	
	Manguera	1	2,70%	89,19%	
	Pasador	1	2,70%	91,89%	
	Sensor de final de carrera	1	2,70%	94,59%	

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Winche hidráulico	Separador	1	2,70%	97,30%	TRIV.
	Válvula neumática	1	2,70%	100,00%	
<b>Total</b>		37			

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 49. Elementos de falla en la unidad acumuladora**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Unidad acumuladora	Lubricante	10	28,57%	28,57%	VITALES
	Acople hidráulico	8	22,86%	51,43%	
	Manguera hidráulica	3	8,57%	60,00%	
	Bomba neumática	2	5,71%	65,71%	
	Empaques	2	5,71%	71,43%	
	Filtro hidráulico	2	5,71%	77,14%	
	Diafragma	1	2,86%	80,00%	
	Mangueras	1	2,86%	82,86%	TRIVIALES
	Piso	1	2,86%	85,71%	
	Retenedores	1	2,86%	88,57%	
	Unidad de mantenimiento	1	2,86%	91,43%	
	Válvula de arietes	1	2,86%	94,29%	
	Válvula de bola	1	2,86%	97,14%	
	Válvula neumática	1	2,86%	100,00%	
	<b>Total</b>		35		

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 50. Elementos de falla en mástil**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Mástil torre	Luz de aeronavegación	19	18,45%	18,45%	VITALES
	Cilindro hidráulico de levante	18	17,48%	35,92%	
	Lámpara	11	10,68%	46,60%	
	Cable eléctrico	6	5,83%	52,43%	
	Manguera hidráulica	6	5,83%	58,25%	
	Polea de corona	4	3,88%	62,14%	
	Estructura	3	2,91%	65,05%	
	Cilindro hidráulico	2	1,94%	66,99%	
	Mando hidráulico	2	1,94%	68,93%	

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Mástil torre	Orejas	2	1,94%	70,87%	VITALES
	Stand pipe	2	1,94%	72,82%	
	Trabajadero	2	1,94%	74,76%	
	Apoyos	1	0,97%	75,73%	
	Cable de carga	1	0,97%	76,70%	
	Centralizadores	1	0,97%	77,67%	
	Chapa de la torre	1	0,97%	78,64%	
	Conector eléctrico	1	0,97%	79,61%	
	Contra presa	1	0,97%	80,58%	
	Corneta	1	0,97%	81,55%	
	Eje	1	0,97%	82,52%	TRIVIALES
	Equipo descenso controlado	1	0,97%	83,50%	
	Fotocelda	1	0,97%	84,47%	
	Limit switch	1	0,97%	85,44%	
	Manguera neumática	1	0,97%	86,41%	
	Manómetro	1	0,97%	87,38%	
	Plug	1	0,97%	88,35%	
	Polea	1	0,97%	89,32%	
	Riel	1	0,97%	90,29%	
	Sensor de profundidad	1	0,97%	91,26%	
	Separador	1	0,97%	92,23%	
	Soportes	1	0,97%	93,20%	
	Tensores	1	0,97%	94,17%	
	Tijera	1	0,97%	95,15%	
	Toma corriente	1	0,97%	96,12%	
	Tornillos	1	0,97%	97,09%	
	Twin stop	1	0,97%	98,06%	
	Válvula hidráulica	1	0,97%	99,03%	
	Vigas	1	0,97%	100,00%	
	<b>Total</b>		103		

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 51. Elementos de falla en subestructura**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO
Subestructura	Piso	1	33,33%	33,33%
	Soportes	1	33,33%	66,67%
	Lámpara	1	33,33%	100,00%
<b>Total</b>		<b>3</b>		

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 52. Elementos de falla en el bloque viajero**

Equipo	Componente de falla	Total	% C	% ACUMULADO	
Bloque viajero	Poleas	7	53,85%	53,85%	VI
	Rodamientos	3	23,08%	76,92%	
	Brazos	1	7,69%	84,62%	
	Cable de carga	1	7,69%	92,31%	TRIV
	Platina	1	7,69%	100,00%	
<b>Total</b>		<b>13</b>			

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 53. Elementos de falla en elevadores de tubería**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Elevadores tubería producción	Pasador	18	41,86%	41,86%	VITALES
	Bujes y pasadores	6	13,95%	55,81%	
	Brazos	4	9,30%	65,12%	
	Resorte	3	6,98%	72,09%	
	Compuerta	2	4,65%	76,74%	
	Insertos	2	4,65%	81,40%	
	Chapa de cierre	1	2,33%	83,72%	
	Cierre	1	2,33%	86,05%	TRIVIALES
	Cuerpo de elevador	1	2,33%	88,37%	
	Graseras	1	2,33%	90,70%	
	Manguera hidráulica	1	2,33%	93,02%	
	No hay información	1	2,33%	95,35%	
	Tornillos	1	2,33%	97,67%	
	Upper bore	1	2,33%	100,00%	
<b>Total</b>		<b>43</b>			

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 54. Elementos de falla en llaves de potencia**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Llave de potencia	Cilindro hidráulico	11	28,21%	28,21%	VITALES
	Manguera hidráulica	7	17,95%	46,15%	
	Pasador	5	12,82%	58,97%	
	Acople hidráulico	2	5,13%	64,10%	
	Mando hidráulico	2	5,13%	69,23%	
	Quijada	2	5,13%	74,36%	
	Bujes	1	2,56%	76,92%	
	Cuerpo de la llave	1	2,56%	79,49%	TRIVIALES
	Electroválvula	1	2,56%	82,05%	
	Insertos	1	2,56%	84,62%	
	Media luna	1	2,56%	87,18%	
	Resorte	1	2,56%	89,74%	
	Rotulas	1	2,56%	92,31%	
	Tornillos	1	2,56%	94,87%	
	Válvula	1	2,56%	97,44%	
	Válvula neumática	1	2,56%	100,00%	
	<b>Total</b>		39		

Fuente. Autor de la monografía

**Tabla 55. Elementos de falla en compresores de tornillo**

Equipo	Componente de falla	Frecuencia	% C	% ACUMULADO	
Compresor tornillo	Válvula de alivio	4	26,67%	26,67%	VITALES
	Manguera neumática	3	20,00%	46,67%	
	Acople neumático	1	6,67%	53,33%	
	Control eléctrico	1	6,67%	60,00%	
	Filtro de aceite	1	6,67%	66,67%	
	Filtro de aire	1	6,67%	73,33%	
	Pulsador	1	6,67%	80,00%	
	Rodamientos	1	6,67%	86,67%	TRIVI.
	Secador de aire	1	6,67%	93,33%	
	Válvula de admisión	1	6,67%	100,00%	
	<b>Total</b>		15		

Fuente. Autor de la monografía

## ANEXO C FICHAS DE RECURSOS

**Tabla 56. Fichas de recursos**

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA			SERVICIOS		COSTO TOTAL
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio	Costo	
Motores eléctricos tanques de lodos	Pistola Medición Puntos Térmicos Tg 600	\$ 573.634,00				Eléctrico	3	\$ 75.000,00			\$ 5.238.622,00
	Meguer 1000 V Dc Con Escala 0 - 2000 Aislamiento	\$ 1.742.878,00									
	337. pinza votiamperimetrica 600 vol. Fluke	\$ 1.554.000,00									
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00									
	Multímetro Análogo Simpson 260	\$ 1.174.500,00									
	<b>\$ 5.163.622,00</b>			<b>\$ -</b>			<b>\$ 75.000,00</b>		<b>\$ -</b>		
Agitadores de lodos	Multímetro Análogo Simpson 260	\$ 1.174.500,00	Sae 85W140	1	\$ 22.765,00	Mecánico	3	\$ 75.000,00			\$ 1.460.875,00
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00	Eléctrico	1	\$ 25.000,00			
		<b>\$ 1.293.110,00</b>			<b>\$ 67.765,00</b>			<b>\$ 100.000,00</b>		<b>\$ -</b>	
Sistema eléctrico tanques de lodos	337. pinza votiamperimetrica 600 vol. Fluke	\$ 1.554.000,00				Eléctrico	2	\$ 50.000,00			\$ 2.898.502,00
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00									
	Multímetro Análogo Simpson 260	\$ 1.174.500,00									
	Brocha no metálica DE 1"	\$ 1.392,00									
	<b>\$ 2.848.502,00</b>			<b>\$ -</b>			<b>\$ 50.000,00</b>		<b>\$ -</b>		

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA			SERVICIOS		COSTO TOTAL
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio	Costo	
Bombas de lodos	Engrasadora manual	\$ 18.328,00	Aceite ISO320	55	\$ 1.697.355,00	Mecánico	3	\$ 75.000,00			\$ 5.871.289,00
	Galga para cadenas	\$ 200.000,00	Filtro hidráulico P550388	1	\$ 17.696,00	Eléctrico	1	\$ 25.000,00			
	337. pinza votiamperimetrica 600 vol. Fluke	\$ 1.554.000,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00						
	Multímetro Análogo Simpson 260	\$ 1.174.500,00									
	Torquimetro C/Ratchet 1/2" ( 80n.M Ó 150 Ft/Lbs)	\$ 446.600,00									
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00									
	Calibrador pie de rey de 12" de 1/128" 0.05mm	\$ 142.150,00									
	Micrómetro para exteriores de 0 a 25mm rango 0.001mm	\$ 183.100,00									
	Micrómetro de interiores de 50mm a 150mm	\$ 173.950,00									
	<b>\$ 4.011.238,00</b>			<b>\$ 1.760.051,00</b>			<b>\$ 100.000,00</b>		<b>\$ -</b>		
Generadores (parte generación)	Pistola Medición Puntos Térmicos Tg 600	\$ 573.634,00	Mogollas	3	\$ 450.000,00	Eléctrico	2	\$ 50.000,00			\$ 5.663.622,00
	Meguer 1000 V Dc Con Escala 0 - 2000 Aislamiento	\$ 1.742.878,00									
	337. pinza votiamperimetrica 600 vol. Fluke	\$ 1.554.000,00									
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00									
	Multímetro Análogo Simpson 260	\$ 1.174.500,00									
	<b>\$ 5.163.622,00</b>			<b>\$ 450.000,00</b>			<b>\$ 50.000,00</b>		<b>\$ -</b>		

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA		SERVICIOS			COSTO TOTAL
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio	Costo	
Generadores parte motriz y motores diésel unidad básica	Juego de destornilladores 8 piezas (phillips+pala)	\$ 139.900,00	P136255 /af 947 filtro aire	1	\$ 50.679,65	Mecánico	12	\$ 300.000,00	Suministro repuestos	\$ 20.000.000,00	\$ 37.805.155,51
	Llaves de copa (reatche ò trinquete) de 10 mm a 26 mm cuadrante de 3/8	\$ 670.000,00	P550248 /fs1251 filtro combust	1	\$ 16.200,70	Eléctrico	2	\$ 50.000,00			
	Llaves de copa (reatche ò trinquete) de 22 mm a 50 mm cuadrante de 3/4	\$ 343.900,00	P550851 /fs19765 filtro combust	1	\$ 32.551,11						
	Dado o copa de 27 mm	\$ 20.996,00	P551329 /fs1280 filtro combust	1	\$ 11.125,50						
	Mango articulado con cuadrante de 3/8 x 8 in	\$ 44.080,00	P552073 /wf 2073 filtro agua	1	\$ 21.417,00						
	Mango articulado con cuadrante de 1/2 x 10 in	\$ 71.340,00	P553000 /lf3000 filtro aceite	1	\$ 44.083,10						
	Adaptadores 3/8h*1/2"m	\$ 18.600,00	Sae 15w40 gulf supreme duty	6	\$ 166.314,72						
	Adaptadores 1/2h*3/8"m	\$ 24.000,00	P527682 /af 25139m filtro aire	1	\$ 95.076,28						
	Llaves hexagonal boca fija (cerrada) de 7mm a 24mm	\$ 668.000,00	P552073 /wf 2073 filtro agua	1	\$ 21.417,00						
	Llaves hexagonales 18 piezas 12 puntas de 8mm a 19mm	\$ 118.900,00	P552100 /lf 3620 filtro aceite	2	\$ 37.253,49						
	Llaves hexagonales 15 piezas 12 puntas de 5/16" hasta 1-1/4"	\$ 118.900,00	P565858 filtro respiradero	3	\$ 204.681,36						
	Juego de llaves allen estándar milimétrica de 9 piezas (1,5mm a 10 mm)	\$ 14.900,00	Secador de aire ref. 5008415	1	\$ 1.187.097,60						

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA		SERVICIOS			COSTO TOTAL
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio	Costo	
Generadores parte motriz y motores diésel unidad básica	Juego de llaves tor de 10 piezas (t10 a t55)	\$ 22.400,00	P556915 /ff 5207 filtro combus	1	\$ 10.788,96						
	Llave de tubo 8"	\$ 61.900,00	P556916 /ff5206 filtro combust	1	\$ 10.985,52						
	Juego de llaves hexagonales	\$ 72.500,00	Sae 15w40 gulf supreme duty	15	\$ 415.786,80						
	Llave inglesa o de expansión 8"	\$ 42.468,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00						
	Alicate pta fina cortafrío 6.5/8" (tipo pinza)	\$ 40.600,00									
	Alicate para electricista 9"	\$ 27.500,00									
	Alicate diagonal (corta fríos) 6.1/16"	\$ 21.000,00									
	Hombresolo recto 7"	\$ 39.440,00									
	Llave para filtros 1 1/2 a 3 7/8 (78229)	\$ 11.484,00									
	Torquimetro c/ratchet 1/2" ( 80n.m ó 150 ft/lbs)	\$ 446.600,00									
	Refractómetro	\$ 220.000,00									
	Raspador de empaques	\$ 5.000,00									
	Aceitera industrial	\$ 18.328,00									
	Base magnética	\$ 160.700,00									
	Regla en acero inoxidable 24" x 1"	\$ 29.900,00									
	Escuadra carpintero de 8" tipo pesado en acero inoxidable	\$ 15.900,00									
Kit botador, punzón y cincel juego de 5pzs	\$ 95.900,00										

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA			SERVICIOS		COSTO TOTAL
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio	Costo	
Generadores parte motriz y motores diésel unidad básica	Martillo de bola a 24oz	\$ 77.200,00									
	Martillo de goma cabo de madera	\$ 44.738,74									
	Tijeras para lamina 16"	\$ 40.000,00									
	Bastidor y segueta manual	\$ 20.000,00									
	Lima metálica plana bastarda 6"	\$ 8.200,00									
	Lima metálica triangular 6"	\$ 2.100,00									
	Cepillo de alambre pequeño (cepillo de bronce)	\$ 4.930,00									
	Multímetro digital ac / dc 750v 10a	\$ 169.050,00									
	Calibrador pie de rey de 12" de 1/128" 0.05mm	\$ 142.150,00									
	Micrómetro para exteriores de 0 a 25mm rango 0.001mm	\$ 183.100,00									
	Micrómetro de interiores de 50mm a 150mm	\$ 173.950,00									
	Compresometro para motores diésel	\$ 580.000,00									
	Compresometro para motores diésel de 0 a 1000psi	\$ 323.700,00									
	Jgo de válvulas calibración de válvulas	\$ 31.900,00									
	Extractor de poleas y engranaje 3 garras 11"	\$ 359.900,00									
Comparadores de caratula centesimal	\$ 129.900,00										
Lavador probador de 6 inyectores	\$ 2.300.000,00										

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA		SERVICIOS		COSTO TOTAL
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio	
Generadores parte motriz y motores diésel unidad básica	Endoscopio skf	\$ 3.364.000,00								
	Termómetro laser skf	\$ 861.700,00								
	Extractor de inyector electrónico Detroit s60	\$ 1.433.041,96								
	Engranaje para girar motor Cummins 6ct	\$ 150.000,00								
	Extractor de inyector Cummins 6ct	\$ 350.000,00								
	Set de extractores de inyectores diésel estándar	\$ 400.000,00								
	Juego de dado para inyectores diésel 26-27-29-30	\$ 100.000,00								
	Extractor de barra t de 75 mm	\$ 50.000,00								
	Comparador de caratula dial depth gauge	\$ 200.000,00								
		<b>\$ 15.084.696,71</b>			<b>\$ 2.370.458,80</b>			<b>\$ 350.000,00</b>		<b>\$ 20.000.000,00</b>
Transmisiones automáticas	Juego de destornilladores 8 piezas (phillips+pala)	\$ 139.900,00	P550951 /Hf 6118 Filtro Aceite	2	\$ 187.182,67	Mecánico	1,5	\$ 37.500,00		
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00	GULF ATX DX II ATF	12	\$ 420.666,76					
		<b>\$ 258.510,00</b>			<b>\$ 607.849,43</b>			<b>\$ 37.500,00</b>		<b>\$ -</b>
										<b>\$ 903.859,43</b>

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA		SERVICIOS		COSTO TOTAL	
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio		Costo
Cajas de ángulo recto	Engrasadora manual	\$ 18.328,00	SAE 85W140	5	\$ 113.825,00	Mecánico	1	\$ 25.000,00			\$ 2.678.069,00
	Galga para cadenas	\$ 200.000,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00						
	Juego de destornilladores 8 piezas (phillips+pala)	\$ 139.900,00									
	Llaves de copa (reatche ò trinquete) de 10 mm a 26 mm cuadrante de 3/8	\$ 670.000,00									
	Llaves de copa (reatche ò trinquete) de 22 mm a 50 mm cuadrante de 3/4	\$ 343.900,00									
	Dado o copa de 27 mm	\$ 20.996,00									
	Mango articulado con cuadrante de 3/8 x 8 in	\$ 44.080,00									
	Mango articulado con cuadrante de 1/2 x 10 in	\$ 71.340,00									
	Adaptadores 3/8h*1/2"m	\$ 18.600,00									
	Adaptadores 1/2h*3/8"m	\$ 24.000,00									
	Llaves hexagonal boca fija (cerrada) de 7mm a 24mm	\$ 668.000,00									
	Llaves hexagonales 18 piezas 12 puntas de 8mm a 19mm	\$ 118.900,00									
	Llaves hexagonales 15 piezas 12 puntas de 5/16" hasta 1-1/4"	\$ 118.900,00									
	Juego de llaves allen estándar milimétrica de 9 piezas (1,5mm a 10 mm)	\$ 14.900,00									
	Juego de llaves tor de 10 piezas (t10 a t55)	\$ 22.400,00									
	<b>\$ 2.494.244,00</b>				<b>\$ 158.825,00</b>			<b>\$ 25.000,00</b>		<b>\$ -</b>	

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA			SERVICIOS		COSTO TOTAL
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio	Costo	
Malacate	Engrasadora manual	\$ 18.328,00	SAE 85W140	20	\$ 455.300,00	Mecánico	12	\$ 300.000,00			\$ 16.291.167,74
	Galga para cadenas	\$ 200.000,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00						
	Juego de destornilladores 8 piezas (phillips+pala)	\$ 139.900,00									
	Llaves de copa (reatche ò trinquete) de 10 mm a 26 mm cuadrante de 3/8	\$ 670.000,00									
	Llaves de copa (reatche ò trinquete) de 22 mm a 50 mm cuadrante de 3/4	\$ 343.900,00									
	Dado o copa de 27 mm	\$ 20.996,00									
	Mango articulado con cuadrante de 3/8 x 8 in	\$ 44.080,00									
	Mango articulado con cuadrante de 1/2 x 10 in	\$ 71.340,00									
	Adaptadores 3/8h*1/2"m	\$ 18.600,00									
	Adaptadores 1/2h*3/8"m	\$ 24.000,00									
	Llaves hexagonal boca fija (cerrada) de 7mm a 24mm	\$ 668.000,00									
	Llaves hexagonales 18 piezas 12 puntas de 8mm a 19mm	\$ 118.900,00									
	Llaves hexagonales 15 piezas 12 puntas de 5/16" hasta 1-1/4"	\$ 118.900,00									
	Juego de llaves allen estándar milimétrica de 9 piezas (1,5mm a 10 mm)	\$ 14.900,00									
	Juego de llaves tor de 10 piezas (t10 a t55)	\$ 22.400,00									
	Kit extractor de rodamientos para ejes de 50mm a 200mm	\$ 3.759.823,74									
	Calentador de rodamientos 40kg diámetros hasta 300mm	\$ 6.236.800,00									
Gato power 100 tons longitud de carrera 168 mm	\$ 3.000.000,00										
	<b>\$ 15.490.867,74</b>				<b>\$ 500.300,00</b>			<b>\$ 300.000,00</b>	<b>\$ -</b>		

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA			SERVICIOS		COSTO TOTAL
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio	Costo	
Freno hidromático	Engrasadora manual	\$ 18.328,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00	Mecánico	1	\$ 25.000,00			\$ 861.962,00
	Galga para cadenas	\$ 200.000,00									
	Pistola Medición Puntos Térmicos Tg 600	\$ 573.634,00									
		<b>\$ 791.962,00</b>			<b>\$ 45.000,00</b>			<b>\$ 25.000,00</b>		<b>\$ -</b>	
Winches hidráulicos	Juego de destornilladores 8 piezas (phillips+pala)	\$ 139.900,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00	Mecánico	1	\$ 25.000,00			\$ 346.838,00
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00									
	Engrasadora manual	\$ 18.328,00									
		<b>\$ 276.838,00</b>			<b>\$ 45.000,00</b>			<b>\$ 25.000,00</b>		<b>\$ -</b>	
Unidad acumuladora									Mantenimiento - Calibración	\$ 1.000.000,00	\$ 6.000.000,00
									Reemplazo de componentes	\$ 5.000.000,00	
		<b>\$ -</b>			<b>\$ -</b>			<b>\$ -</b>		<b>\$ 6.000.000,00</b>	
Mástil	Engrasadora manual	\$ 18.328,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00	Mecánico	0,5	\$ 12.500,00			\$ 1.381.438,00
	Multímetro Análogo Simpson 260	\$ 1.174.500,00				Eléctrico	0,5	\$ 12.500,00			
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00									
		<b>\$ 1.311.438,00</b>			<b>\$ 45.000,00</b>			<b>\$ 25.000,00</b>		<b>\$ -</b>	

COMPONENTE	HERRAMIENTAS		MATERIALES			MANO DE OBRA			SERVICIOS		COSTO TOTAL
	Descripción	Costo	Descripción	Cant.	Costo	Especialidad	H-H	Costo	Tipo de servicio	Costo	
Subestructura	Engrasadora manual	\$ 18.328,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00	Eléctrico	0,5	\$ 12.500,00			\$ 1.381.438,00
	Multímetro Análogo Simpson 260	\$ 1.174.500,00				Mecánico	0,5	\$ 12.500,00			
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00									
		<b>\$ 1.311.438,00</b>			<b>\$ 45.000,00</b>			<b>\$ 25.000,00</b>		<b>\$ -</b>	
Bloque viajero - elevadores de tubería - llaves de potencia	Engrasadora manual	\$ 18.328,00	Grasa multipropósito	3	\$ 45.000,00	Mecánico	2	\$ 50.000,00			\$ 231.938,00
	Llaves Hexagonales 18 Piezas 12 Puntas De 8mm A 19mm	\$ 118.610,00									
		<b>\$ 136.938,00</b>			<b>\$ 45.000,00</b>			<b>\$ 50.000,00</b>		<b>\$ -</b>	
Compresor de tornillo									Mantenimiento - Calibración	\$ 1.500.000,00	\$ 4.500.000,00
									Reemplazo de componentes	\$ 3.000.000,00	
		<b>\$ -</b>			<b>\$ -</b>			<b>\$ -</b>		<b>\$ 4.500.000,00</b>	

Fuente. Autor de la monografía