

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA
PRINCIPAL DE TECNITANQUES INGENIEROS

CRISTHIAN FABIANI PLAZAS SANDOVAL

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2019

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA
PRINCIPAL DE TECNITANQUES INGENIEROS

CRISTHIAN FABIANI PLAZAS SANDOVAL

Proyecto Integral de grado para optar al Título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2019

Nota de aceptación:

Ing. Carlos Mauricio Veloza

Ing. Carlos Arturo Mendoza Neira

Ing. Carlos Julio Cartagena

Bogotá D.C, 29 de Julio de 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Los criterios e ideas desarrollados y expuestos en este documento, son responsabilidad única y exclusiva del autor.

A Dios por las enseñanzas dadas en el trasegar de la vida, que me permitieron ser el hombre que soy hoy en día, a su vez por la salud y el entendimiento que me ha concedido para poder lograr mis objetivos y haber forjado mi carrera.

Quiero hacer una mención especial a mi madre Sandra Sandoval Pérez quien es la persona más importante en mi vida, aquella persona que me ha brindado la mayor motivación y ha sido testigo de todos mis sacrificios vividos, agradecerle por su forma de amar inefable y por su apoyo incondicional brindado en todo mi existir.

A mi padre Willinton Plazas Uva por los ejemplos de perseverancia y rigor que siempre me ha inculcado desde niño y que de una u otra forma me han ayudado para salir adelante, un gran hombre a quien tomo de ejemplo por su impecable actuar.

A mis familiares por ser tan especiales conmigo, a mis maestros, amigos y a todas esas personas con las que me cruce en mi vida y que me brindaron su apoyo en esta etapa que hoy culmina. A Beatriz Cristancho Guedes le hago esta dedicatoria y aprovechar para agradecerle por su ayuda y generosidad que me ha ofrecido, por ser esa persona tan noble y bondadosa que Dios ha regalado a mi vida.

Quiero agradecer a todos mis maestros que tuve durante mi vida de estudiante por haberme transmitido los conocimientos suficientes para afrontar situaciones de la vida, agradecer a mis padres que fueron mi mayor motivación y mi apoyo incondicional, agradecer a la empresa Tecnitanques Ingenieros por brindarme sus instalaciones para el desarrollo de este proyecto y por brindarme la oportunidad de incursionar en el mundo laboral , por ello es un honor para mí utilizar este espacio expresándoles mis agradecimientos de todo corazón.

Debo agradecer de manera especial al Ingeniero Gabriel Rivera por haberme orientado y ayudado en el desarrollo de este proyecto, por haberme dado su confianza y su apoyo en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas lo cual ha sido un aporte invaluable por parte de él. ¡Muchas Gracias!

CONTENIDO

| | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 22 |
| 1. LA EMPRESA | 24 |
| 1.1 HORARIO Y EMPLEADOS | 25 |
| 1.2 MISIÓN | 26 |
| 1.3 VISIÓN | 26 |
| 1.4 ACTIVIDAD | 26 |
| 1.4.1 Ingeniería | 26 |
| 1.4.2 Suministros | 26 |
| 1.4.3 Construcción | 26 |
| 1.4.4 Mantenimiento | 26 |
| 1.4.5 Gerencia de proyectos | 27 |
| 1.5 UNIDADES DE NEGOCIO | 27 |
| 1.5.1 Proyectos EPC | 27 |
| 1.5.2 Fabricación industrial | 27 |
| 1.5.3 Taladros | 27 |
| 1.5.4 Mantenimiento | 27 |
| 1.5.5 Tratamiento de agua | 28 |
| 1.5.6 Acero inoxidable | 28 |
| 1.6 PROCEDIMIENTO DE COMPRAS MATERIALES O SERVICIOS | 28 |
| 1.6.1 Planeación de compras | 28 |
| 1.6.2 Requisiciones | 29 |
| 1.6.3 Cotización | 29 |
| 1.6.4 Evaluación de oferta | 30 |
| 1.6.5 Elaboración de orden de compra | 30 |
| 1.6.6 Seguimiento | 30 |
| 1.6.7 Reporte a compras | 30 |
| 1.7 SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL | 30 |
| 1.8 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA | 31 |
| 1.9 PLATAFORMA SAP | 33 |
| 1.10 ALMACEN | 35 |
| 1.11 DESCRIPCIÓN PROCESO PRODUCTIVO | 36 |
| 2. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO | 38 |
| 2.1 SITUACION ACTUAL DE LAS MÁQUINAS | 38 |
| 2.1.1 Pantógrafo | 39 |
| 2.1.2 Roladora | 40 |
| 2.1.3 Embombadora | 41 |
| 2.1.4 Pestañadora | 41 |
| 2.1.5 Puente grúa | 42 |
| 2.1.6 Equipo de soldadura | 43 |

| | |
|---|----|
| 2.1.7 Motortool | 44 |
| 2.1.8 Cizalla | 44 |
| 2.1.9 Pulidora | 45 |
| 2.1.10 Dobladora de ángulo | 46 |
| 2.1.11 Sierra eléctrica | 46 |
| 2.1.12 Cortadora de ángulo | 47 |
| 2.1.13 Taladro Magnético | 48 |
| | |
| 3. LISTADO GENERAL DE EQUIPOS Y SISTEMA DE CODIFICACIÓN | 49 |
| 3.1 CODIFICACION DE EQUIPOS | 49 |
| | |
| 4. TIPOS DE FALLAS Y ANALISIS DE CRITICIDAD PARA EQUIPOS INVOLUCRADOS | 53 |
| 4.1 CRITERIOS | 53 |
| 4.2 ANÁLISIS DE FALLA | 57 |
| 4.3 CRITERIOS DE ANÁLISIS DE FALLA | 57 |
| 4.3.1 Frecuencia de aparición | 57 |
| 4.3.2 Severidad | 58 |
| 4.3.3 Detección | 58 |
| 4.4 ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO | 59 |
| 4.5 HOJAS DE DATOS DE CADA EQUIPO | 61 |
| 4.6 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE FALLAS (RCA) | 69 |
| 4.7 ARBOL LÓGICO DE FALLAS | 70 |
| 4.8 RCA PARA PÁNTOGRAFO | 71 |
| 4.8.1 Análisis de causa raíz para bajo voltaje de línea | 71 |
| 4.8.2 Análisis de causa raíz para no transferencia de arco | 73 |
| 4.9 RCA PARA ROLADORA | 74 |
| 4.9.1 Análisis de causa raíz para fallo en potenciómetros lineales | 74 |
| 4.9.2 Análisis de causa raíz para rotura de bomba hidráulica | 75 |
| 4.10 RCA PARA EMBOMBADORA | 77 |
| 4.11 RCA PARA PESTAÑADORA | 79 |
| 4.11.1 Análisis de causa raíz para daño de motor | 80 |
| 4.11.2 Análisis de causa raíz para rotura de eje central | 80 |
| 4.12 RCA PARA PUENTE GRÚAS | 82 |
| 4.12.1 Análisis de causa raíz para rotura de cable central | 82 |
| 4.12.2 Análisis de causa raíz para descarrilamiento de guaya | 83 |
| | |
| 5. ELABORACIÓN DE FORMATOS DE MANTENIMIENTO | 85 |
| 5.1 FICHA TÉCNICA | 85 |
| 5.2 SOLICITUD DE SERVICIO | 86 |
| 5.3 ORDEN DE TRABAJO | 87 |
| | |
| 6. ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA SISTEMATICO DE INSPECCION, LUBRICACIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA | 90 |
| 6.1 PROGRAMA DE INSPECCIÓN | 90 |

| | |
|---|-----|
| 6.1.1 Puntos clave de inspección | 91 |
| 6.1.2 Matriz de tiempos | 94 |
| 6.1.3 Rutas de inspección | 94 |
| 6.2 PROGRAMA DE LUBRICACIÓN | 95 |
| 6.2.1 Matriz de tiempos para el programa de lubricación | 98 |
| 6.2.2 Rutas de lubricación | 98 |
| 6.3 Programa de ajuste y limpieza | 100 |
| 6.3.1 Matriz de tiempos para el programa de ajuste y limpieza | 101 |
| 6.3.2 Rutas de ajuste y limpieza | 102 |
| | |
| 7. PLAN DE EJECUCIÓN PREVENTIVA PROGRAMADA | 103 |
| 7.1 INSPECCIÓN PREOPERACIONAL | 103 |
| 7.2 PROGRAMA DE REPARACIONES | 103 |
| 7.2.1 Recursos | 104 |
| 7.2.2 Repuestos | 104 |
| 7.2.3 Fechas | 105 |
| 7.2.4 Cronograma | 105 |
| | |
| 8. ANÁLISIS DE REPUESTOS | 106 |
| 8.1 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS | 106 |
| 8.2 ALMACENAMIENTO DE REPUESTOS | 108 |
| 8.3 LUBRICANTES Y FLUIDOS | 109 |
| 8.4 ADQUISICIÓN DE REPUESTOS | 110 |
| 8.5 PROVEEDORES | 110 |
| | |
| 9. ANÁLISIS SOBRE CONIDICONES DE SEGURIDAD SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL | 111 |
| 9.1 RIESGO MECÁNICO | 111 |
| 9.2 RIESGO ELÉCTRICO | 112 |
| 9.3 RIESGO AMBIENTAL | 113 |
| 9.4 ACTIVIDADES A GARANTIZAR APTITUD LABORAL | 113 |
| 9.4.1 Aptitud médica | 113 |
| 9.4.2 Competencia | 114 |
| 9.5 PERMISOS DE TRABAJO SEGURO | 114 |
| 9.5.1 Monitoreo de atmosfera | 115 |
| 9.5.2 Cierre de permisos de trabajo | 116 |
| 9.5.3 Formatos de trabajo | 116 |
| 9.6 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) | 119 |
| 9.6.1 Cabeza | 119 |
| 9.6.2 Cara | 119 |
| 9.6.3 Sistema respiratorio | 120 |
| 9.6.4 Cuerpo | 120 |
| 9.6.5 Manos | 120 |
| 9.6.6 Pies | 120 |
| 9.6.7 Oídos | 120 |

| | |
|---|-----|
| 9.7 BLOQUEO DE EQUIPOS | 120 |
| 9.8 GESTIÓN AMBIENTAL | 122 |
| 9.9 DISPOSICION DE RESIDUOS PELIGROSOS | 123 |
| 10. PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN | 127 |
| 10.1 PLAN DE DESARROLLO | 130 |
| 11. INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO | 131 |
| 11.1 DISPONIBILIDAD | 131 |
| 11.2 CONFIABILIDAD | 132 |
| 11.3 MANTENIBILIDAD | 132 |
| 12. EVALUACIÓN FINANCIERA | 137 |
| 12.1 COSTOS DEL PROYECTO | 137 |
| 12.2 CÁLCULO DE LA TIR | 140 |
| 13.CONCLUSIONES | 142 |
| 14.RECOMENDACIONES | 143 |
| BIBLIOGRAFÍA | 144 |
| ANEXOS | 146 |

LISTA DE CUADROS

| | pág. |
|--|------|
| Cuadro 1. Organigrama de Tecnitiques Ingenieros | 32 |
| Cuadro 2. Pantógrafo | 39 |
| Cuadro 3. Roladora | 40 |
| Cuadro 4. Puente grúas | 42 |
| Cuadro 5. Codificación | 50 |
| Cuadro 6. Ejemplo Análisis Criticidad | 55 |
| Cuadro 7. Información Pantógrafo | 61 |
| Cuadro 8. Información Roladora | 62 |
| Cuadro 9. Información Embombadora | 63 |
| Cuadro 10. Información Pestañadora | 64 |
| Cuadro 11. Puente grúas | 65 |
| Cuadro 12. Hoja AMEF, Pantógrafo | 67 |
| Cuadro 13. Hoja AMEF, Roladora | 67 |
| Cuadro 14. Hoja AMEF, Embombadora | 68 |
| Cuadro 15. Hoja AMEF, Pestañadora | 68 |
| Cuadro 16. Hoja AMEF, Puente grúas | 69 |
| Cuadro 17. Eventos para bajo voltaje de línea | 72 |
| Cuadro 18. Eventos para no transferencia de arco | 73 |
| Cuadro 19. Eventos para fallo en los potenciómetros lineales | 75 |
| Cuadro 20. Eventos para rotura en bomba hidráulica | 76 |
| Cuadro 21. Eventos para nivel bajo de aceite | 77 |
| Cuadro 22. Eventos para daño del motor | 79 |
| Cuadro 23. Eventos para rotura del eje central | 80 |
| Cuadro 24. Eventos para rotura de cable de control | 82 |
| Cuadro 25. Eventos para descarrilamiento de guaya | 83 |
| Cuadro 26. Codificación de los subsistemas | 91 |
| Cuadro 27. Puntos claves inspección de Pantógrafo | 93 |
| Cuadro 28. Matriz distribución de tiempos | 94 |
| Cuadro 29. Rutas de inspección pantógrafo | 95 |
| Cuadro 30. Puntos de Lubricación Pestañadora | 96 |
| Cuadro 31. Carta de lubricación Pestañadora | 97 |
| Cuadro 32. Matriz Distribución de tiempos lubricación | 98 |
| Cuadro 33. Ruta de lubricación | 99 |
| Cuadro 34. Puntos clave de ajuste y limpieza Pantógrafo | 101 |
| Cuadro 35. Matriz distribución de tiempos ajuste y limpieza | 101 |
| Cuadro 36. Ruta de ajuste y limpieza | 102 |
| Cuadro 37. Consumo de repuestos | 108 |
| Cuadro 38. Repuestos en almacén | 109 |
| Cuadro 39. Lubricantes necesarios | 109 |
| Cuadro 40. Resultado de indicadores | 134 |
| Cuadro 41. Proyección de resultado de indicadores | 134 |
| Cuadro 42. Costos inversión inicial | 137 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 43. Valor del personal involucrado en el plan | 138 |
| Cuadro 44. Costos de rutas | 138 |
| Cuadro 45. Costos del plan anual para los equipos críticos | 138 |
| Cuadro 46. Costos generales de mantenimiento | 139 |
| Cuadro 47. Lucro cesante | 139 |
| Cuadro 48. Costos año 2016 | 139 |

LISTA DE IMAGENES

| | pág. |
|--|------|
| Imagen 1. Ubicación de la Planta Principal | 24 |
| Imagen 2. Horario | 25 |
| Imagen 3. Proyectos EPC | 27 |
| Imagen 4. Tratamiento de aguas. | 28 |
| Imagen 5. Interfaz Plataforma SAP | 29 |
| Imagen 6. Gestión de compras. | 30 |
| Imagen 7. Sistemas de Gestión. | 31 |
| Imagen 8. Acceso a SAP | 34 |
| Imagen 9. Interfaz inicio SAP | 34 |
| Imagen 10. Solicitud de Compra | 35 |
| Imagen 11. Almacén | 36 |
| Imagen 12. Prefabricado de tanque | 37 |
| Imagen 13. Embombadora | 41 |
| Imagen 14. Pestañadora | 42 |
| Imagen 15. Cordón de soldadura defectuoso | 43 |
| Imagen 16. Equipos de soldadura | 43 |
| Imagen 17. Motortool | 44 |
| Imagen 18. Cizalla | 45 |
| Imagen 19. Pulidora | 45 |
| Imagen 20. Dobladora de ángulo | 46 |
| Imagen 21. Sierra eléctrica | 47 |
| Imagen 22. Cortadora de ángulo | 47 |
| Imagen 23. Taladro magnético | 48 |
| Imagen 24. Frecuencia de aparición. | 58 |
| Imagen 25. Severidad | 58 |
| Imagen 26. Detección | 59 |
| Imagen 27. Bomba hidráulica Roladora | 77 |
| Imagen 28. Mangueras de Embombadora | 78 |
| Imagen 29. Motor de la pestañadora | 80 |
| Imagen 30. Eje central de pestañadora | 81 |
| Imagen 31. Torquímetro | 100 |
| Imagen 32. Recursos para la reparación | 104 |
| Imagen 33. Cronograma | 105 |
| Imagen 34. Diagrama de flujo | 110 |
| Imagen 35. Aptitud medica | 114 |
| Imagen 36. Trabajo en alturas | 117 |
| Imagen 37. Espacios confinados | 118 |
| Imagen 38. Casco de seguridad | 119 |
| Imagen 39. Elementos de seguridad en la cara | 119 |
| Imagen 40. Overol | 120 |
| Imagen 41. Candados | 121 |
| Imagen 42. Etiqueta de bloqueo | 121 |

| | |
|--|-----|
| Imagen 43. Clasificación de residuos | 122 |
| Imagen 44. Cronograma de mantenimiento | 128 |
| Imagen 45. Tiempo de operación de máquinas | 133 |
| Imagen 46. Línea de tiempo | 140 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Árbol lógico de fallas | 71 |
| Figura 2. Árbol lógico, bajo voltaje de línea | 72 |
| Figura 3. Panel de control del equipo | 73 |
| Figura 4. Árbol lógico, no transferencia de arco | 74 |
| Figura 5. Árbol lógico, falla en los potenciómetros lineales | 75 |
| Figura 6. Árbol lógico, rotura de bomba hidráulica | 76 |
| Figura 7. Árbol lógico, nivel bajo de aceite | 78 |
| Figura 8. Árbol lógico, daño de motor | 79 |
| Figura 9. Árbol lógico, rotura del eje central | 81 |
| Figura 10. Árbol lógico, rotura cable de control | 82 |
| Figura 11. Árbol lógico, descarrilamiento de guayas | 83 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Pantógrafo | 39 |
| Tabla 2. Roladora | 40 |
| Tabla 3. Puente grúa | 42 |
| Tabla 4. Valoración Criticidad | 53 |
| Tabla 5. Variables a tener en cuenta para evaluación de grados de criticidad | 54 |
| Tabla 6. Análisis de criticidad | 55 |
| Tabla 7. Rango de fallas | 60 |
| Tabla 8. Tipos de permiso requeridos | 115 |
| Tabla 9. Vigencias de los permisos | 115 |
| Tabla 10. Valores permitidos | 116 |
| Tabla 11. Código de colores | 124 |

LISTA DE FORMATOS

| | pág. |
|--|------|
| Formato 1. Formato AMEF | 66 |
| Formato 2. Ficha Técnica de maquinaria y equipos | 86 |
| Formato 3. Solicitud de servicio | 87 |
| Formato 4. Orden de trabajo | 89 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | pág. |
|--|------|
| Gráfico 1. Descripción gráfica del proceso | 38 |
| Gráfico 2. Comparación de disponibilidad | 135 |
| Gráfico 3. Comparación de confiabilidad | 135 |
| Gráfico 4. Comparación de mantenibilidad | 136 |

LISTA DE ANEXOS

| | pág. |
|--|------|
| Anexo A. Fichas técnicas | 147 |
| Anexo B. Solicitudes de servicio | 152 |
| Anexo C. Órdenes de trabajo | 154 |
| Anexo D. Puntos de inspección | 157 |
| Anexo E. Rutas de inspección | 159 |
| Anexo F. Puntos clave de lubricación | 161 |
| Anexo G. Cartas de lubricación | 162 |
| Anexo H. Puntos clave de ajuste y limpieza | 164 |

RESUMEN

En la realización de este proyecto se evaluó el procedimiento que se llevaba a cabo en la empresa Tecnitiques Ingenieros en cuanto al mantenimiento de los principales equipos que son indispensables en el proceso de producción y se encontraron algunas falencias que tiene la compañía a la hora de realizar mantenimiento.

Se investigó en las fichas técnicas de los equipos y las hojas de vida de estos mismos, el registro de reparaciones que cada máquina ha tenido, con el fin de tener una referencia y así determinar lo que se puede mejorar con base en la información recopilada previamente.

Se optó por elaborar un formato de mantenimiento para cada máquina para facilitar la captación de información dentro de las instalaciones de la empresa y tener un mayor orden, además se realizó un análisis de repuestos, un programa de implementación del plan de mantenimiento, una base de datos para el sistema entre otras actividades, en favor de tener un mayor control en esta área.

Culminando el proyecto se establecieron indicadores de gestión clase mundial y se evaluó financieramente el proyecto.

PALABRAS CLAVE: Plan, Mantenimiento, Planta.

INTRODUCCIÓN

La *importancia* de este proyecto tiene que ver con el aumento de la disponibilidad de las máquinas, mitigando las paradas innecesarias.

El *origen* se da en la planta principal de Tecnitanques Ingenieros está ubicada en el km 4 vía Sibaté, en la zona industrial del Muña, cuenta con alrededor de 800 empleados en dichas instalaciones. Con 30 años de experiencia en la fabricación de recipientes a presión, actualmente se posiciona como una de las empresas metalmeccánicas más grandes de Colombia con presencia en el terreno internacional como en Costa Rica, Panamá, Chile, Perú y México.

El *objetivo general* del proyecto es la elaboración de un plan de mantenimiento para la planta principal de Tecnitanques Ingenieros, que cumpla con las especificaciones que se exponen en este documento; para poder llevarlo a cabo se plantean una serie *objetivos específicos* como:

- Elaborar una descripción de la empresa y el proceso productivo
- Diagnosticar la situación actual del mantenimiento
- Diagnosticar los tipos de fallas y establecer criticidad de los equipos involucrados
- Elaborar el listado general de los equipos involucrados con sus documentos existentes y establecer un sistema de codificación
- Elaborar e implementar los formatos de mantenimiento
- Elaborar e implementar un programa sistemático de inspección, lubricación, ajuste y limpieza
- Elaborar e implementar un plan de ejecución preventiva programada
- Elaborar un análisis de repuestos
- Elaborar un análisis sobre las condiciones de seguridad y salud ocupacional y ambiental del departamento de mantenimiento y de secciones involucradas en el plan
- Elaborar programa de implementación del plan de mantenimiento
- Elaborar una base de datos para el sistema de mantenimiento
- Establecer indicadores de gestión universales

- Elaborar evaluación financiera del proyecto

El *alcance* de este proyecto permitió el desarrollo del plan de mantenimiento para la empresa intervenida con el fin de dar solución a los diversos inconvenientes encontrados.

La *limitación* dentro de él plan trata de que se va a realizar el plan de mantenimiento en sí, pero Tecnitanques será el encargado de tomar la decisión de su implementación o no.

La *metodología* empleada para el proyecto se basó en llevar registros de tareas diarias con el fin de cumplir con los objetivos.

La *aplicación* del proyecto va dirigida hacia la línea de producción de la planta principal de Tecnitanques Ingenieros.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO PRODUCTIVO

Tecnitanques Ingenieros S.A.S es una compañía que se enfoca en el desarrollo y el mantenimiento de infraestructura industrial, brindando soluciones de valor a través de servicios tales como ingeniería, suministro, construcción, mantenimiento y gerencia de proyectos; fue creada el 2 de noviembre de 1988 y cuenta con más de 28 años de experiencia participando en proyectos como Petróleo & Gas, petroquímico, energético, textil, alimenticio entre otros. El Logo de la empresa se muestra en la Figura 1.

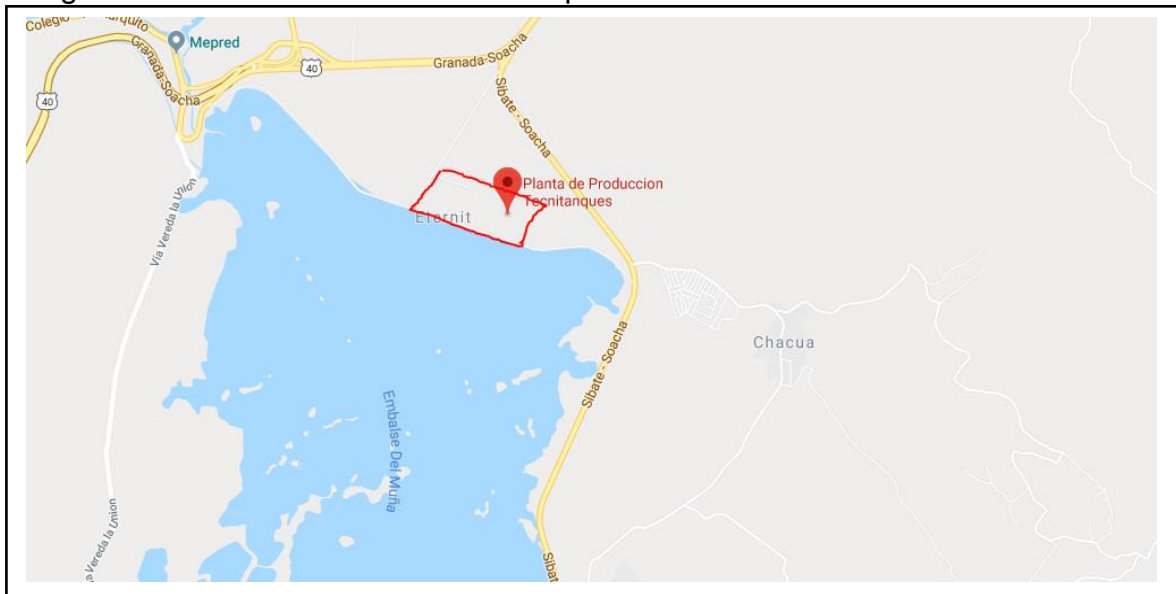
Figura 1. Logo



Fuente: TECNITANQUES. Disponible en: www.tecnitanques.com

Actualmente la planta principal más conocida dentro de la empresa como “Muña 2” se encuentra ubicada en la vía que conduce de Soacha (Cundinamarca) a Sibaté (Cundinamarca) cerca al embalse del Muña, como se muestra en la Imagen 1, y es allí en donde se realiza la producción.

Imagen 1. Ubicación de la Planta Principal



Fuente: Disponible en www.google.com/maps citado el 16 marzo de 2018

En esta planta es donde se realiza todo el proceso productivo de la empresa y en donde está toda la maquinaria. Cuenta con una bodega y a futuro pretende tener

tres, que en estos momentos están en construcción con el fin de ser entregadas a finales del 2019. El área de Grallanado también está en construcción todo esto debido a la renovación en cuanto a infraestructura por la cual la empresa está atravesando.

Dentro de la Planta Principal “Muña 2” se encuentran el área de Producción, el área de Programación, control de calidad y HSEQ (Salud, seguridad, medio ambiente y calidad). La compañía también tiene otras instalaciones en las cuales hacen presencia otros departamentos como el “Muña 1” que está ubicado a 300 metros de la planta principal y es donde se encuentra las áreas de Compras, Mantenimiento, Transporte y el Almacén este último si hace presencia también en la planta principal. También existe “San Nicolás” que está ubicado en el municipio de Soacha en el barrio San Nicolás en donde tienen 3 naves y ejercen sus funciones el área de Ingeniería, Sistemas y Talento Humano. Por último, esta “Uraki” en la ciudad de Bogotá en el Edificio Uraki y es donde está el área Financiera y de Proyectos.

1.1 HORARIO Y EMPLEADOS

Los horarios que se manejan en la compañía son los que se pueden apreciar en la imagen 2.

Imagen 2. Horario

| OF. NORTE | PLANTA |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <u>LUNES A VIERNES</u> | <u>LUNES A VIERNES</u> |
| 8:00 am – 12:00 mm | 7:00 am – 12:00 pm |
| 12:00 mm – 1:00 pm (almuerzo) | 12:00 m – 1:00 pm (almuerzo) |
| 1: 00 pm - 6:00 pm | 1: 00 pm - 4:30 pm |
| Descansos | Descansos |
| 10:00 am – 10:10 am | 10:00 am – 10:10 am |
| 3:00 pm – 3:10 pm | 3:00 pm – 3:10 pm |
| | SABADOS |
| | 7:00 am – 12:30 pm |

Fuente: TECNITANQUES INGENIEROS

La oficina norte hace referencia a “Uraki” y la planta abarca lo que es “Muña 1”, “Muña 2” y “San Nicolás”, al ingresar y al salir cada empleado debe firmar una planilla donde debe registrar datos como el nombre, la hora de llegada, la firma y las

condiciones de salud en las que se encuentra (bien, regular, mal) y el personal de vigilancia hace una leve requisa al ingresar y al salir de la jordana de trabajo.

La compañía tiene alrededor de 800 empleados de planta distribuidos en los distintos proyectos en ejecución por todo Colombia, dentro de Muña 2 tiene 7 contratistas encargados del prefabricado de tanques, el servicio de limpieza por chorro de arena o sand blasting, el servicio de pintura y el servicio de alimentación de los trabajadores.

1.2 MISIÓN

“Somos una organización que brinda soluciones integrales de ingeniería y construcción para el sector industrial y petrolero, trabajando bajo los más altos estándares de responsabilidad social empresarial”.¹

1.3 VISIÓN

“Ser líderes en desarrollo de proyectos de infraestructura industrial y energética a nivel latinoamericano para el año 2020; ofreciendo soluciones integrales de ingeniería y construcción.”

1.4 ACTIVIDAD

1.4.1 Ingeniería: A través de personal calificado y software especializado Tecnitankes desarrolla ingeniería básica y detallada en la especialidad civil, mecánica (tanques, tubería, estructura) eléctrica, procesos e instrumentación. Esto incluye modelos 2D, 3D, simulaciones, así como el análisis de elementos finitos.

1.4.2 Suministros: Cuenta con un departamento dedicado a procurar (comprar, alquilar, contratar) todos los materiales, herramientas, equipos, logística, y elementos de protección personal, entre otros, que el proyecto en ejecución lo requiera.

1.4.3 Construcción: Ya sea en la planta o en sitio, Tecnitankes despliega el personal idóneo para materializar los conceptos y diseños del proyecto.

1.4.4 Mantenimiento: La compañía conoce la importancia de mantener los equipos en buen grado de alistamiento para garantizar el funcionamiento de instalaciones, así como la capacidad de inspeccionar y realizar mantenimiento apropiado de unidades de presión o atmosféricas.

¹ Tomado de: www.tecnitanques.com

1.4.5 Gerencia de proyectos: La empresa planea, ejecuta, monitorea y controla el desarrollo del proyecto desde su inicio hasta alcanzar los entregables requeridos por el cliente.”

1.5 UNIDADES DE NEGOCIO

1.5.1 Proyectos EPC: Servicio. Un proyecto EPC hace referencia a la empresa que se encarga de diseñar las instalaciones, adquirir los equipos y a ejecutar toda la obra, de esta manera el cliente recibe todo el proyecto al precio previamente pactado por las dos partes. Proyectos desde la ingeniería hasta la puesta en marcha de plantas y facilidades para diferentes industrias. Puede incluir o no, su operación y mantenimiento bajo el contrato BOMT (ver imagen 3). El contrato BOMT es un contrato que esta designado para construir, operar, mantener y transferir un gasoducto de transporte de gas natural, sus siglas en ingles equivalen a build, operate, maintain and transfer, los gasoductos construidos y operados bajo esta modalidad son parte constitutiva de un sistema de transporte.²

Imagen 3. Proyectos EPC



Fuente: RECOPE Disponible en: <https://www.recope.go.cr/dsc00764>
Citado el 26 de marzo de 2018

1.5.2 Fabricación industrial: Producto. Se establece como producto a aquellos equipos que son diseñados, fabricados y probados en las instalaciones de tecnitanques, bajo la modalidad de producto terminado. Estos productos terminados también se conocen como unidades paquetizadas en las cuales se incluyen diseños de procesos, tecnología de tratamiento o separación, instrumentación, lógica de control, despacho a sitio, montaje, arranque y asistencia técnica.

1.5.3 Taladros: Servicio. Perforación y abandono de pozos bajo las normativas del Ministerio de Minas y Energía siguiendo los lineamientos que propone en el desarrollo de las actividades de exploración y explotación.

1.5.4 Mantenimiento: Servicio. Se establece que la estrategia es ofrecer a los clientes bajo la modalidad de contrato, la administración de sus activos (Tanques/

² Tomado de: www.minminas.gov.co/gas-generalidades

Facilidades). Contratos a largo plazo (10 años), se ofrece asistencia y disponibilidad inmediata durante todo el año bajo la modalidad de “llamado”.

1.5.5 Tratamiento de aguas: Servicio. Prestación de servicio de tratamiento de agua bajo dos modalidades. Planta en sitio o central de tratamiento. Se establece como estrategia la búsqueda por varios años para la prestación de los servicios de tratamiento de agua, dependiendo de la especificación del cliente. Se suministran las plantas de acuerdo a los estudios fisicoquímicos del agua a tratar, se selecciona la mejor tecnología y se fija al cliente la mejor metodología (ver imagen 4).

Imagen 4. Tratamiento de aguas.



Fuente: Disponible en: <http://periodiconmx.com/ciencia/chapultepec-tendra-planta-de-tratamiento-de-agua/> citado el 29 de marzo de 2.018

1.5.6 Aceros inoxidables: Productos y servicios. Se establecen proyectos EPC, recipientes y mantenimientos para las industrias en general. Se deben realizar estudios de mercado e identificar desarrollo de proyectos en industrias alimenticias de bebidas como núcleo de la unidad de negocio.

1.6 PROCEDIMIENTO DE COMPRAS DE MATERIALES Y/O SERVICIOS

Describe todo el proceso de adquisición de material o servicio para cumplir satisfactoriamente todos los requerimientos y aplica desde la recepción de requisición de materiales hasta el registro de las compras que se hacen. Para esto es necesario tener claro la diferencia entre material y servicio, un material se refiere a todo tipo de elementos que se requiere para el proceso productivo de la empresa como laminas, tuberías, accesorios, perfiles y un servicio es la actividad que incluye un tercero, como ensayos no destructivos, obras civiles transporte de bienes.

1.6.1 Planeación de las compras: Al iniciar cada proyecto se debe realizar la planeación de las compras la cual debe quedar registrada en el cronograma del

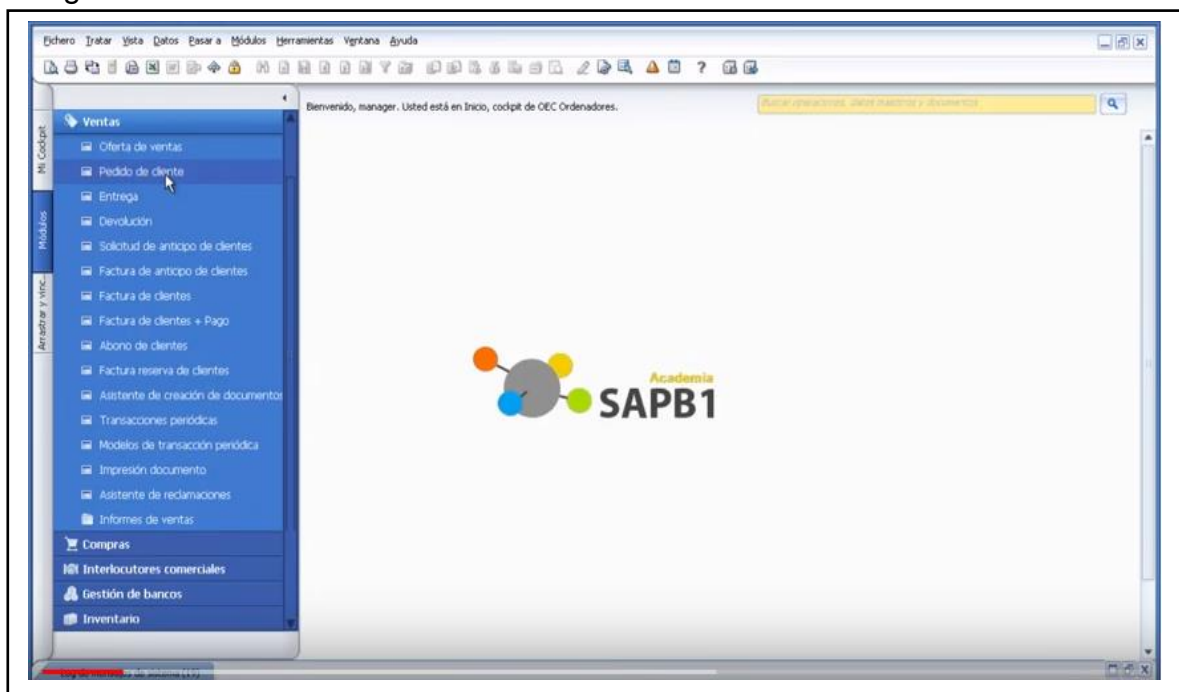
proyecto, esta actividad debe realizarse con participación de todos los procesos involucrados.

1.6.2 Requisiciones: Es responsabilidad de cada proceso la generación y aprobación de requisiciones con la información completa, clara y comprensible y es responsabilidad del proceso de compras la adecuada gestión y satisfacción de necesidades.

Las requisiciones de los materiales que estén presentes en el equipo a construir se emiten desde el proceso de diseño junto con las notas aclaratorias si es para equipos ASME (American Society of Mechanical Engineers) y de los demás procesos en la plataforma de SAP; previa aprobación por parte del jefe de proceso respectivo. Las requisiciones que se emiten desde los diferentes procesos deben pasar por una aprobación adicional de la Gerencia respectiva de la cual depende.

En la requisición el programa SAP asigna automáticamente un consecutivo con el fin de identificar y llevar la trazabilidad de la requisición. (Imagen 5)

Imagen 5. Interfaz Plataforma SAP



Fuente: SAP Disponible en: <https://www.sap.com/latinamerica/products/business-one.html> citado el 7 de abril de 2.018

1.6.3 Cotización: Con base en las requisiciones recibidas, compras procede a solicitar cotizaciones. Dependiendo de la fecha de necesidad de los bienes o servicios, el proveedor tiene un plazo máximo de 48 horas para entregar la oferta. Se realizarán mínimo tres (3) cotizaciones. Salvo los casos especiales donde se

tienen acuerdos marco, contratos de compraventa o cotizaciones por un periodo superior a 6 meses.

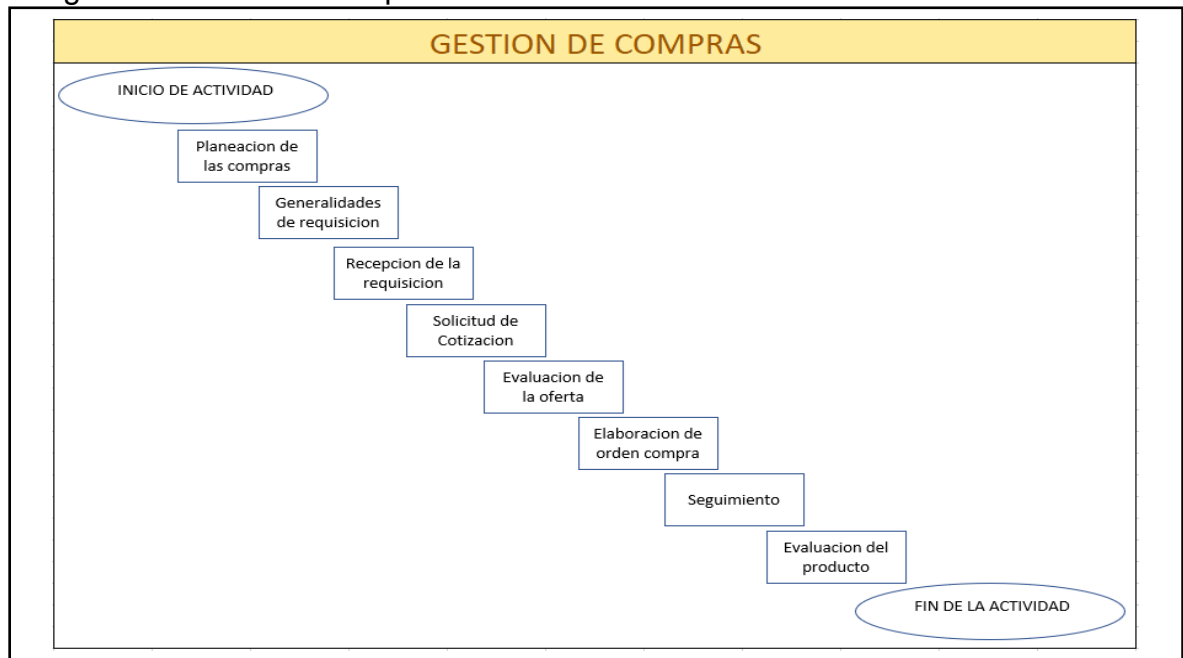
1.6.4 Evaluación de oferta: Con base en las ofertas recibidas y los certificados de calidad enviados, se realiza el análisis financiero, la verificación del Vendor List del cliente (si lo tiene), el tiempo de entrega y el lugar de suministro, para luego elegir el proveedor.

1.6.5 Elaboración de orden de compra: La orden de compra /servicio se envía al proveedor por correo electrónico o fax, cuando sea un contrato el proveedor deberá notificarse personalmente en la oficina de compras para la respectiva firma, este contrato debe tener la misma numeración de la orden de compra / servicio.

1.6.6 Seguimiento: Compras hará el seguimiento de las fechas de entrega establecidas hasta que los bienes o servicios objeto de la orden de compra/servicio sean recibidos a satisfacción por Tecnitiques Ingenieros.

1.6.7 Reporte a compras: Quien hace la recepción de materiales o servicios, debe reportar a compras el estado de esta sin importar el resultado de la inspección con el fin de que compras sepa siempre que materiales han sido adquiridos o que servicios han sido atendidos, así como que materiales han sido devueltos o que servicios han sido rechazados para de esta manera volver a gestionar la respectiva compra. En la imagen 6 se muestra un diagrama de este proceso.

Imagen 6. Gestión de compras.









Fuente: TECNITANQUES Departamento de Compras de Tecnitiques Ingenieros pág. 4 citado el 10 de abril de 2.018

1.7 SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL

Es el conjunto de elementos de una organización que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr estos objetivos. Actualmente dentro de la compañía están los que se observan en la imagen 7.

Imagen 7. Sistemas de Gestión.

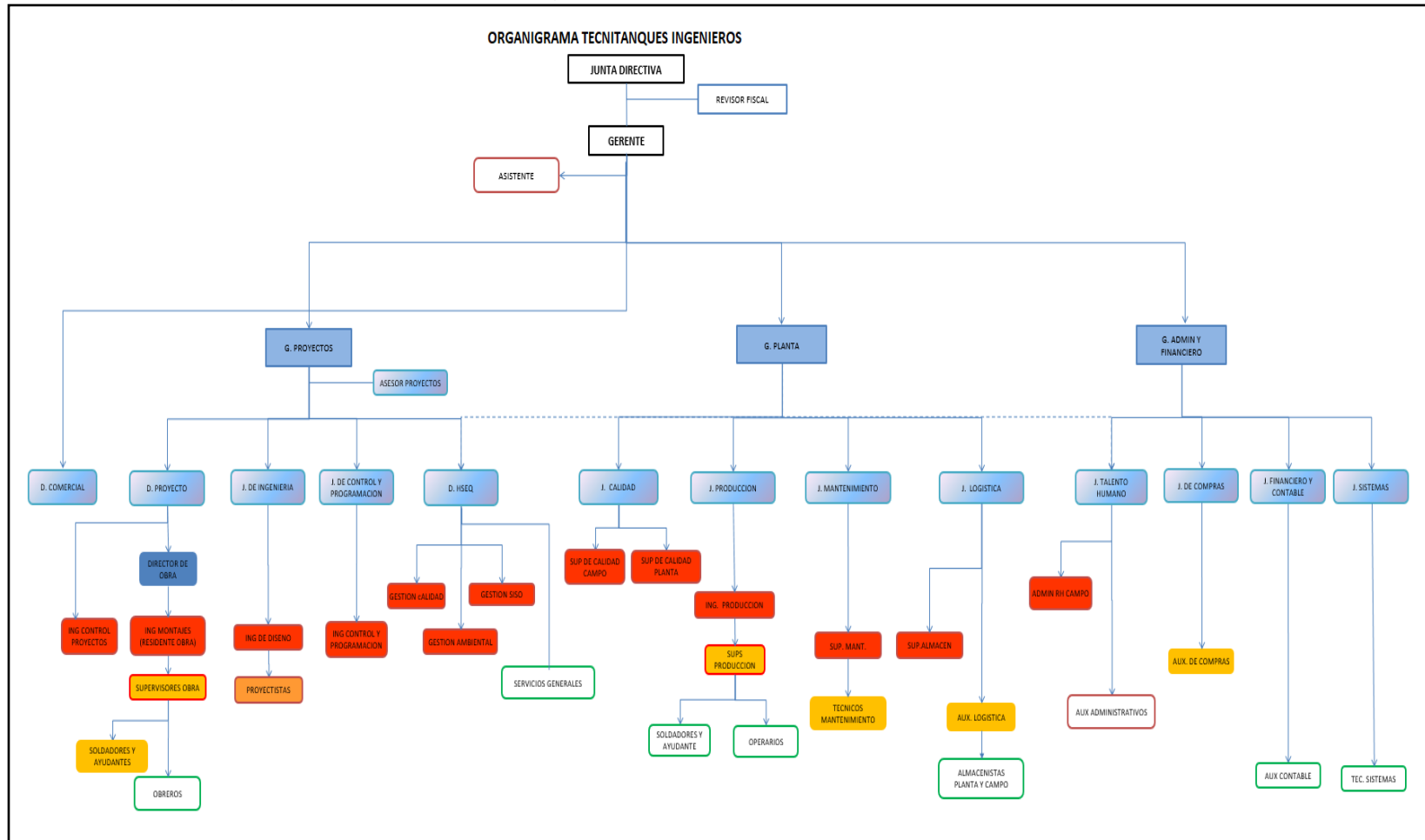
| SISTEMA DE GESTIÓN CALIDAD | SISTEMA DE GESTIÓN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL |
|--|---|--|
|  ISO 9001:2008 ISO 9001:2015 |  OHSAS 18001:2007 ISO 45001 |  ISO 14001:2004 ISO 14001:2015 |
|  |  |  |

Fuente: TECNITANQUES Disponible en: Inducción general 2017 de Tecnitanques Ingenieros pág.7 citado el 15 de abril de 2.018

1.8 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

La empresa está organizada de la siguiente manera (ver cuadro 1), la junta directiva compuesta por sus accionistas, seguido de un gerente general y su asistente, a continuación, se divide en tres gerencias las cuales son proyectos, planta, y administrativa a su vez se conforman las distintas jefaturas con sus respectivos ingenieros, supervisores y auxiliares y para finalizar el músculo de la empresa que son sus obreros, soldadores, operarios y servicios generales.

Cuadro 1. Organigrama de Tecnitiques Ingenieros



Fuente: TECNITANQUES Inducción general 2017 de Tecnitiques Ingenieros

1.9 PLATAFORMA SAP

La plataforma SAP (Systems, Applications, Products in Data Processing) es una plataforma que se maneja mediante internet, la mayoría de empresas la utilizan porque facilita el control sobre algunos recursos que son vitales para los procesos y se constituye de herramientas óptimas como ferreterías, empresas, artículos, productos, contratos, servicios para cubrir en su mayoría todas las necesidades de la gestión empresarial con temas que tienen que ver con administración de negocios, sistemas confiables, manejo de finanzas, contabilidad, logística³.

En Tecnitankes Ingenieros la plataforma SAP es muy utilizada por compras como se había mencionado anteriormente, además cada departamento puede hacer uso de la plataforma para solicitar los materiales que requiere, por ejemplo, el área administrativa puede requerir todo lo relacionado con papelería, como resmas, carpetas, resaltadores, bolígrafos, en fin; el área de mantenimiento puede necesitar mangueras, empaques, extensiones, cables, repuestos; y el área de producción solicita todo lo relacionado con consumibles tales como soldadura, discos de corte, botellas de CO2, botellas de oxígeno, arena, boquillas. Todo esto que se solicita recibe el nombre de requisición, donde el departamento de compras evalúa el precio y a que proveedor se le realizaría dicha compra.

Cuando ya está lista la requisición, la plataforma deja visualizar el estado de la compra, es decir, si ya se efectuó o no. El SAP además permite subir todos los contratos que se realizan, dicho de otra manera, es una herramienta que facilita hacer la facturación de los contratistas que procesan el prefabricado dentro de la planta. Una vez subido el contrato de acuerdo con el peso en kilogramos del equipo fabricado y el precio establecido previamente, solo es cuestión de días para que se haga efectivo el pago.

En la imagen 8 se puede observar cómo es el acceso a SAP, cada empresa tiene un usuario y una contraseña y a su vez cada departamento tiene un usuario y una contraseña.

³ Tomado de: <https://nextech.pe>

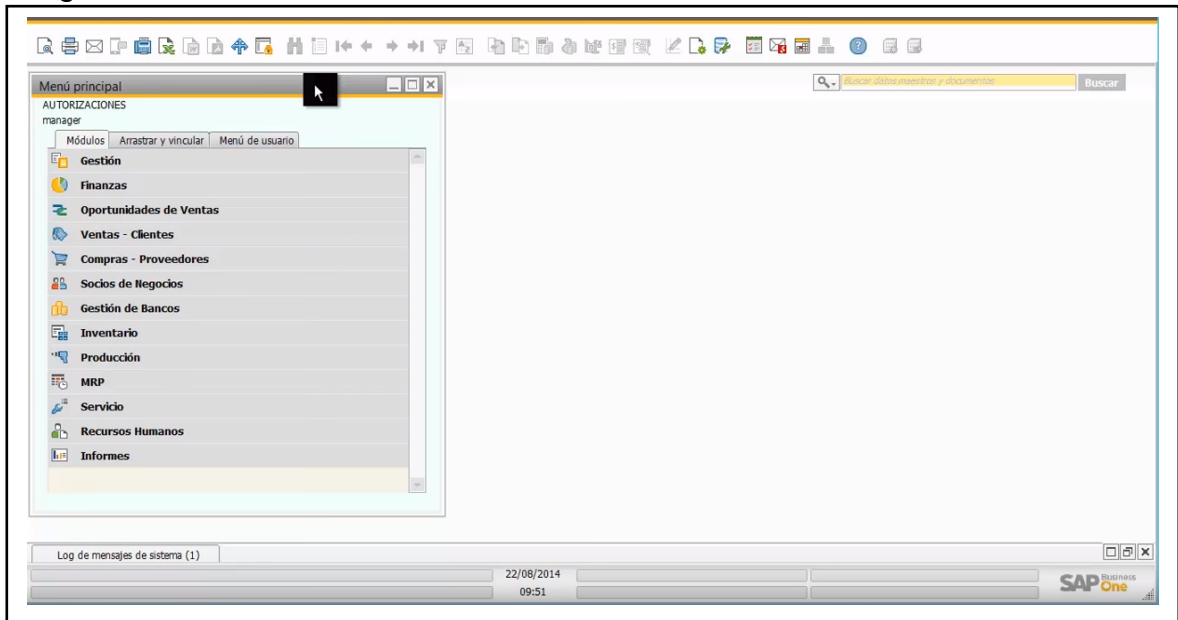
Imagen 8. Acceso a SAP



Fuente: SAP Disponible en: <https://www.sap.com/latinamerica/products/business-one.html> citado el 25 de abril de 2.018

Finalizado el registro, la plataforma despliega un menú como se puede apreciar en la imagen 9.

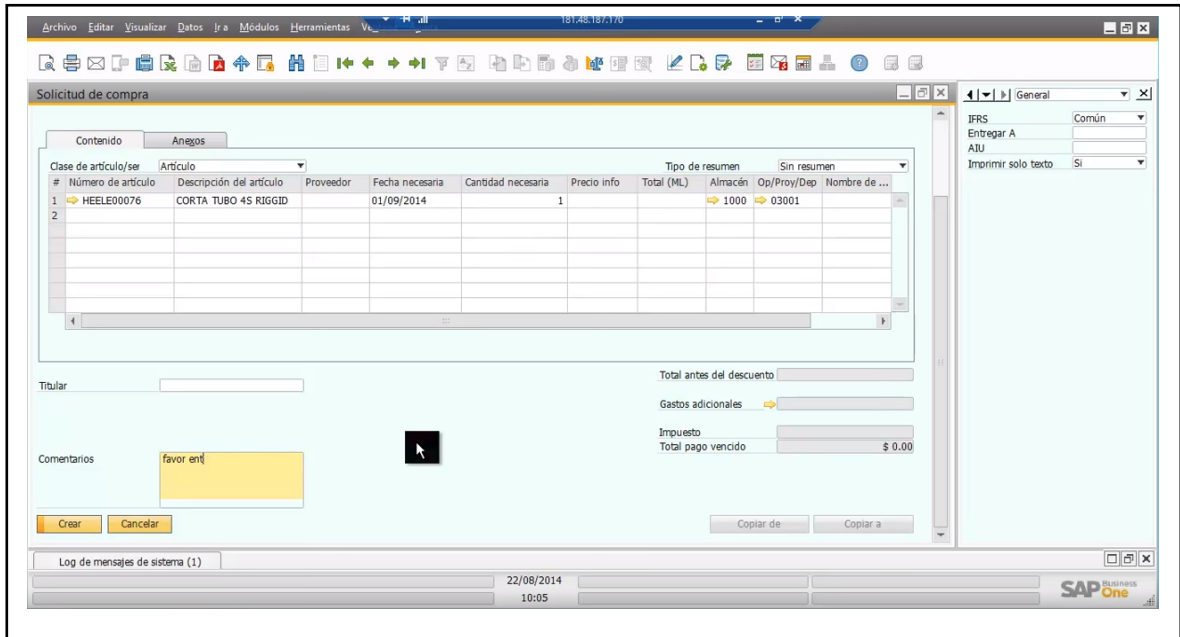
Imagen 9. Interfaz inicio SAP



Fuente: SAP <https://www.sap.com/latinamerica/products/business-one.html> citado el día 25 de abril de 2018

En este menú se debe ingresar en “compras y proveedores” para poder hacer la solicitud de compra o también llamada requisición, cada artículo maneja un código que es necesario introducir en el software para completar el proceso. (Ver Imagen 10).

Imagen 10. Solicitud de Compra



Fuente: SAP <https://www.sap.com/latinamerica/products/business-one.html> citado el día 27 de abril de 2.018

Una vez creada la solicitud, se le envía a la persona encargada de hacer efectiva la compra.

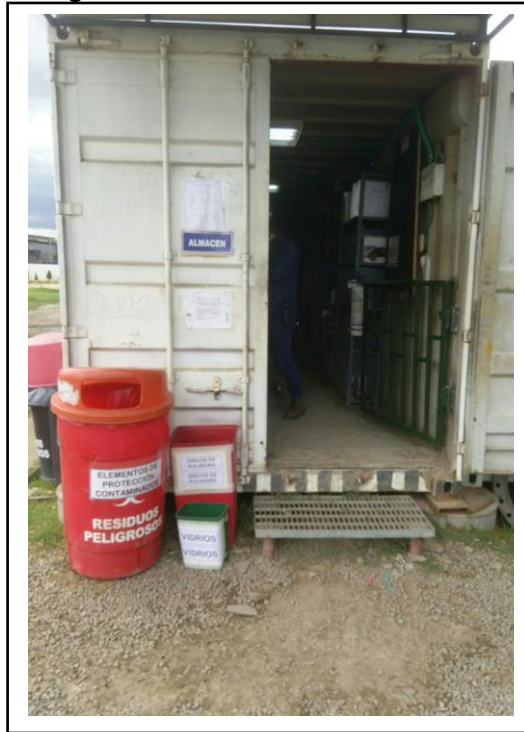
1.10 ALMACEN

En el almacén de la planta de Tecnitauques existe una persona encargada de recibir y distribuir todos los materiales que sean necesarios para la producción de cada contratista, los materiales que se compran van destinados para los distintos números de órdenes de proyecto en ejecución, es decir cada proyecto ya tiene requeridos sus materiales y a medida que se van comprando ,van haciendo su respectiva llegada hacia el almacén donde se les anota la orden de proyecto y se le asigna al contratista con el fin de que el proyecto no se vaya a retrasar por falta de material.

A su vez el almacenista encargado es el responsable de recepcionar los materiales que llegan a la planta y constatar que tengan los certificados para así en un trabajo en conjunto con el departamento de control de calidad aprueben el uso del material y este quede habilitado para su uso.

En cuanto a los repuestos, el almacén maneja un libro en donde se hace la anotación de lo que sale, pero no lleva un buen registro de lo que se tiene en stock ya que esta información solo queda en hojas.

Imagen 11. Almacén



Fuente: elaboración propia

1.11 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de producción de Tecnitankes ingenieros empieza desde la compra del material, para este caso se usará como ejemplo una lámina, una vez comprada la lámina debe llegar a la planta principal en donde es recepcionada por almacén. Cuando almacén ya recibe este material, se le realiza el inventario y se le notifica al departamento de calidad que apruebe la liberación para su uso, en este paso el inspector QA/QC (aseguramiento de la calidad y control de calidad) verifica las dimensiones de la lámina y la papelería, debe tener el certificado de calidad, la colada y una información estampada que tiene que ver con el fabricante, el logo del fabricante, país de origen entre otras.

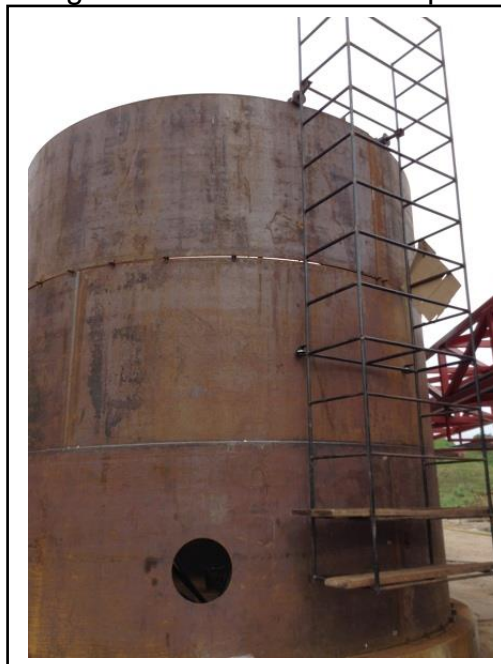
Considerando que el inspector de calidad ya haya dado el visto bueno al departamento de producción, la lámina ya queda habilitada para su procesamiento y es dirigida al pantógrafo en donde se corta dependiendo las dimensiones que son requeridas en los planos; suponiendo que es para el cuerpo de un tanque se tiene que hacer un bisel de 30 grados manualmente con equipo de oxicorte.

Después de que esta lamina ya haya sido ajustada a las medidas pasa a la roladora en donde se le hace la curvatura dependiendo el radio interno del tanque en construcción y con ayuda de una plantilla se va curvando gradualmente para que el material no se deforme de manera abrupta, una vez rolada la lámina queda lista para soldar y así cumplir con el cuerpo del tanque.

El uso de la embombadora es necesario para las tapas de los tanques, estas tapas se cortan en el pantógrafo para luego pasarla y darle el embombado, que básicamente es darle la curvatura que en la roladora no se puede dar. Esta máquina va haciendo pisadas y le aplica presión curvando así la lámina y dándole la geometría de una tapa. Alcanzada esta geometría pasa a la pestañadora para hacerle el dobléz necesario a la tapa para que ensamble con el tanque y así poder soldar la tapa al cuerpo del tanque.

Al haber terminado el proceso y teniendo ya armado el cuerpo y las dos tapas del tanque ya solo queda construir las respectivas conexiones y accesorios como lo son las orejas de izaje, anillos rigizadores, porta placa, patas, faldones que en algunos casos es necesario hacer el dobléz en la cizalla.

Imagen 12. Prefabricado tanque

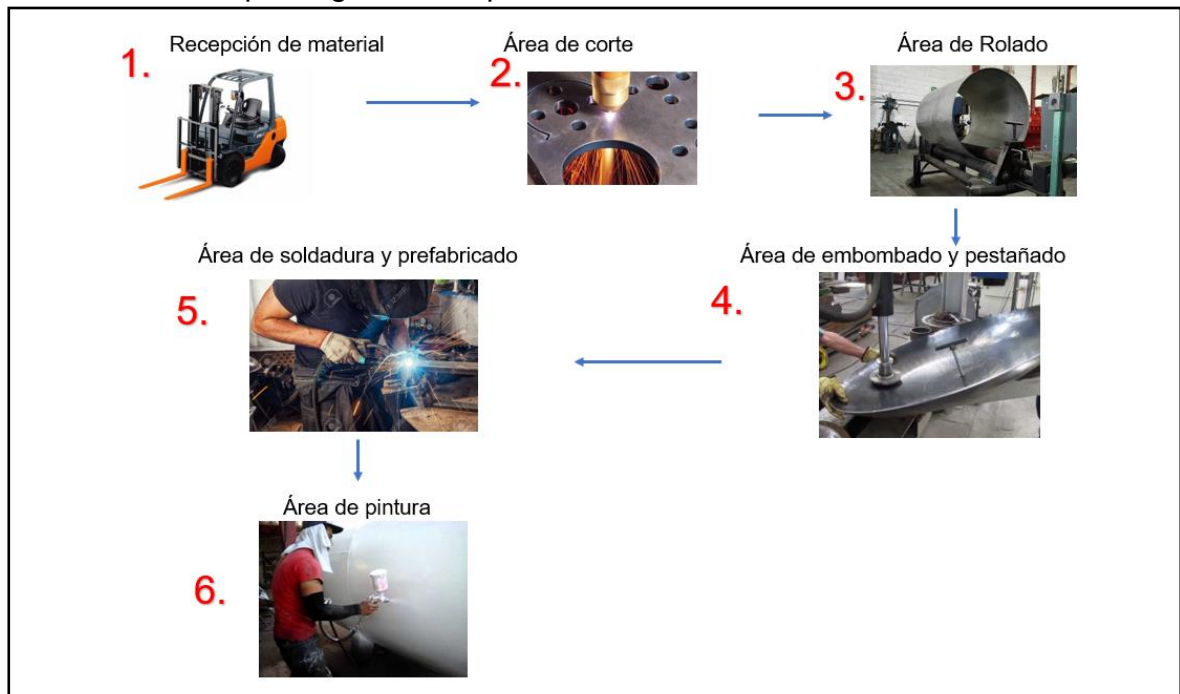


Fuente: elaboración propia

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

Antes de centrarse en las máquinas existentes en la planta de Tecnitiques, es necesario describir el proceso de manera más ilustrativa para tenerlo más presente y sin ninguna duda, a continuación, un gráfico en donde se plasma de forma más evidente el proceso actual de la compañía. (Gráfico 1)

Gráfico 1. Descripción grafica del proceso



Fuente: elaboración propia

La empresa Tecnitiques Ingenieros en la actualidad está aplicando el mantenimiento correctivo en la planta para su línea de producción. Las fallas que se presentan en las maquinas son informadas por el operador al supervisor de producción quien notifica al personal de mantenimiento acerca de la posible falla.

Una vez encontrado el daño de la maquina los técnicos de mantenimiento evalúan si el repuesto necesario para hacer la reparación se encuentra en stock o si es necesario comprar la pieza.

En este paso del proceso el departamento de compras contacta con los proveedores de la empresa para requerir los repuestos necesarios para la puesta en marcha de la máquina a reparar. Luego de que la pieza haya llegado a la planta, se inicia con la reparación de la falla por parte del técnico encargado y en presencia del jefe de mantenimiento.

No existe un control del mantenimiento ni un itinerario o un procedimiento a seguir mientras se arregla la falla simplemente hay un acuerdo verbal entre el jefe y el técnico para crear el plan de trabajo a seguir.

2.1 SITUACION ACTUAL DE LAS MÁQUINAS

A continuación, se puede notar una descripción de algunas de las máquinas que se utilizan en el proceso de producción de la empresa, su funcionamiento, sus tareas y su estado actual.

2.1.1 Pantógrafo: Marca “Hypertherm”. (Ver tabla 1)

- Función: Cortar lámina de ¼ “, 5/16”, 3/8”, ½”,3/4”, 1”, 1-1/2” de espesor.
- Operadores: 2 (1 ayudante, 1 técnico).
- Software: AutoCAD, Pronest 8.
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Neumático.
- Subsistemas: Eléctrico.
- Componentes principales: Mesa de corte, carros de movimiento, antorcha.
- Condición o estado: Bueno.

Cuadro 2. Pantógrafo

| | | | |
|---------------|--|--|--|
| Mesa de Corte | |  | |
| Carros | |  | |
| Antorcha | |  | |

Fuente. elaboración propia

Dentro de sus componentes se encuentran los carros guías que son los que permiten que la antorcha se desplace en todos los ejes permitidos, el equipo de plasma, el compresor y la antorcha. En líneas generales el plasma se encuentra en buen estado.

2.1.2 Roladora: Marca “Cole-tuve”. (Ver tabla 2)

- Función: Curvar lámina de ¼ “, 5/16”, 3/8”, ½”, 3/4”, 1”, 1-1/2” de espesor.
- Operadores: 1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Oleodinámico
- Subsistemas: Eléctrico
- Componentes principales: Cilindros, estructura, tablero.
- Condición o estado: Regular

Cuadro 3. Roladora

| | |
|------------|--|
| Cilindros |  |
| Estructura |  |
| Tablero |  |

Fuente. elaboración propia.

2.1.3 Embombadora: (Ver imagen 12).

- Función: Dar geometría adecuada a las tapas de los tanques.
- Operadores:1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Oleodinámico
- Subsistemas: Eléctrico
- Componentes principales: Embolo, estructura.
- Condición o estado: Regular

Imagen 13. Embombadora



Fuente: elaboración propia

2.1.4 Pestañadora: (Ver imagen 14).

- Función: Dar a la tapa el doblado en su circunferencia para facilitar su ensamble.
- Operadores:1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Oleodinámico
- Subsistemas: Eléctrico, Mecánico
- Componentes principales: Bolas de alta aleación, estructura, motor.
- Condición o estado: Regular

Imagen 14. Pestañadora



Fuente: elaboración propia

2.1.4 Puente grúa: Marca "Demag". (Ver tabla 3)

- Función: Mover elementos pesados dentro de la planta.
- Operadores: 1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Peso de hasta 10 toneladas.
- Sistema principal: Eléctrico
- Subsistemas: Mecánico
- Componentes principales: Puente, gancho.
- Condición o estado: Bueno

Cuadro 4. Puente grúa

| | |
|--------|--|
| Puente |  |
| Gancho |  |

Fuente: elaboración propia

2.1.6 Equipos Soldadura: Marca “Lincoln Electric” su referencia es DC 400 (Ver imagen 16).

- Función: Permitir soldar de manera adecuada los componentes del tanque.
- Operadores:1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70.
- Sistema principal: Eléctrico
- Subsistemas: Mecánico
- Componentes principales: Cable, difusor, punta de contacto.
- Condición o estado: Bueno.

La referencia DC - 400 significa que sirve para soldar mediante el procedimiento de Flux Core y Soldadura con electrodo revestido; actualmente existen 20 solamente en la planta principal. El no mantenimiento adecuado de estos equipos produce que los cordones de soldadura sean defectuosos (Imagen 15).

Imagen 15. Cordón de soldadura defectuoso



Fuente: elaboración propia

Imagen 16. Equipos de soldadura



Fuente: elaboración propia

2.1.7 Motortool: Marca "Bosch". (ver imagen 17)

- Función: Dar un buen acabado superficial al material en proceso.
- Operadores:1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Eléctrico
- Subsistemas: Mecánico
- Componentes principales: N/A.
- Condición o estado: Bueno

Imagen 17. Motortool



Fuente: elaboración propia

2.1.8: Cizalla: Marca "Cincinnati". (ver imagen 18)

- Función: Corte de lámina mecánicamente.
- Operadores:1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Oleodinámico
- Subsistemas: Eléctrico
- Componentes principales: Cuchilla, estructura.
- Condición o estado: Regular

Imagen 18. Cizalla



Fuente: elaboración propia

2.1.9: Pulidoras. Marca "Bosch". (ver imagen 19)

- Función: Corte y bisel de tubería y lámina, así como dar mejor acabado superficial a materiales.
- Operadores: 1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Eléctrico
- Subsistemas: N/A
- Componentes principales: Guarda, Discos de 7" x 1/4" in.
- Condición o estado: Bueno

Imagen 19. Pulidora



Fuente: elaboración propia

2.1.10 Dobladora de ángulo: Marca "Sahinler". (ver imagen 20)

- Función: Doblar ángulo de hasta 6"x 6" x ½ "y tubería de hasta Ø6".
- Operadores: 2
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Oleodinámico
- Subsistemas: Eléctrico
- Componentes principales: Dados, estructura.
- Condición o estado: Bueno

Imagen 20. Dobladora de ángulo



Fuente: elaboración propia

2.1.11 Sierra eléctrica: Marca "Cocen". (ver imagen 21)

- Función: Corte de tubería especialmente desde Ø2" hasta Ø12".
- Operadores: 1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Eléctrico
- Subsistemas: N/A
- Componentes principales: Sierra dentada.
- Condición o estado: En reparación.

Imagen 21. Sierra eléctrica



Fuente: elaboración propia

2.1.12 Cortadora de Ángulo: Marca "Geka". (ver imagen 22)

- Función: Además de cortar ángulo de hasta 6" x 3/8", corta distinto tipo de varilla, así mismo es punzonadora a la vez porque permite perforar distintos tipos de materiales.
- Operadores: 1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Eléctrico
- Subsistemas: N/A
- Componentes principales: Cuchilla.
- Condición o estado: Bueno.

Imagen 22. Cortadora de ángulo



Fuente: elaboración propia

2.1.13 Taladro Magnético: Marca "Bosch". (ver imagen 23)

- Función: Perforar distintos tipos de material dependiendo la broca sierra utilizada, muy útil para perforar bridas para tapas de manholes.
- Operadores: 1
- Software: N/A
- Materiales que procesa: Acero A-36, ASTM 516 °70, INOX 304, INOX 316.
- Sistema principal: Eléctrico
- Subsistemas: N/A
- Componentes principales: Broca sierra con guía.
- Condición o estado: Buen estado.

Imagen 23. Taladro magnético



Fuente: elaboración propia

3. LISTADO GENERAL DE EQUIPOS Y SISTEMA DE CODIFICACIÓN

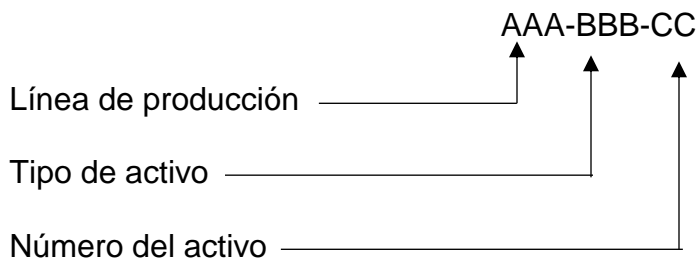
La planta cuenta con los siguientes equipos necesarios para su normal operación.

- 1 cizalla marca “Cincinatti”
- 1 sierra eléctrica marca “Cosen”
- 1 cortadora de ángulo marca “Geka”
- 1 mesa de corte o Pantógrafo marca “Hyperthem”
- 1 compresor de tornillo
- 4 puente grúa de 10 toneladas marca “Demag”
- 1 roladora marca “Cole tuve”
- 1 dobladora de ángulo marca “Sahinler”
- 1 embombadora
- 1 pestañadora
- 1 torre de soldadura marca “Esab”
- 5 taladros magnéticos
- 8 motortool
- 20 equipos de soldadura DC 400 marca “Lincoln Electric”
- 20 pulidoras
- 8 equipos de Oxicorte marca “Victor”

3.1 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Dentro de la elaboración de un plan de mantenimiento se deben codificar los equipos para tener un mayor orden, así cada activo tendrá una identificación y esto facilita las labores de búsqueda y trazabilidad. La norma ISO 55000 habla sobre la codificación y los pasos que se deben tener en cuenta a la hora de asignar un código y definir una jerarquía de los activos de la planta.

Para la empresa Tecnitankes Ingenieros S.A.S se organizó de acuerdo a tipo de máquina, número y línea de producción a la que pertenece; como la empresa solo cuenta con una línea de producción en este texto será nombrada como “línea A”, el tipo de activo va a ser dado por las dos primeras letras iniciales del nombre de la máquina y el numero va a ser dado de acuerdo al orden de registro. Seguidamente se da una idea de cómo se realizó la codificación de los equipos.



De esta manera un ejemplo de cómo quedaría la codificación de la Cizalla sería de la siguiente forma.

A-CI-01

Donde.

A: Línea de producción

CI: Tipo de activo

01: Numero del activo

Obteniendo así una completa codificación de los equipos existentes como se puede apreciar en el cuadro 5.

Cuadro 5. Codificación

| Línea | Máquina | Descripción | Número | Código |
|-------|-----------------------|-------------|--------|----------|
| A | Cizalla | CI | 01 | A-CI-01 |
| | Sierra eléctrica | SE | 02 | A-SE-02 |
| | Cortadora de ángulo | CA | 03 | A-CA-03 |
| | Pantógrafo | PA | 04 | A-PA-04 |
| | Compresor de tornillo | CO | 05 | A-CO-05 |
| | Puente grúa 1 | PG1 | 06 | A-PG1-06 |
| | Puente grúa 2 | PG2 | 07 | A-PG2-07 |
| | Puente grúa 3 | PG3 | 08 | A-PG3-08 |
| | Puente grúa 4 | PG4 | 09 | A-PG4-09 |
| | Roladora | RO | 10 | A- RO-10 |
| | Dobladora de ángulo | DO | 11 | A-DO-11 |
| | Embombadora | EM | 12 | A-EM-12 |
| | Pestañadora | PE | 13 | A-PE-13 |
| | Torre de soldadura | TS | 14 | A-TS-14 |
| | Taladro magnético 1 | TM1 | 15 | A-TM1-15 |
| | Taladro magnético 2 | TM2 | 16 | A-TM2-16 |
| | Taladro magnético 3 | TM3 | 17 | A-TM3-17 |
| | Taladro magnético 4 | TM4 | 18 | A-TM4-18 |
| | Taladro magnético 5 | TM5 | 19 | A-TM5-19 |
| | Motortool 1 | MT1 | 20 | A-MT1-20 |
| | Motortool 2 | MT2 | 21 | A-MT2-21 |
| | Motortool 3 | MT3 | 22 | A-MT3-22 |
| | Motortool 4 | MT4 | 23 | A-MT4-23 |
| | Motortool 5 | MT5 | 24 | A-MT5-24 |
| | Motortool 6 | MT6 | 25 | A-MT6-25 |
| | Motortool 7 | MT7 | 26 | A-MT7-26 |
| | Motortool 8 | MT8 | 27 | A-MT8-27 |

Continuación cuadro 5.

| Línea | Máquina | Descripción | Número | Código |
|-------|------------------------|-------------|--------|-----------|
| A | Equipo de soldadura 1 | ES1 | 28 | A-ES1-28 |
| | Equipo de soldadura 2 | ES2 | 29 | A-ES2-29 |
| | Equipo de soldadura 3 | ES3 | 30 | A-ES3-30 |
| | Equipo de soldadura 4 | ES4 | 31 | A-ES4-31 |
| | Equipo de soldadura 5 | ES5 | 32 | A-ES5-32 |
| | Equipo de soldadura 6 | ES6 | 33 | A-ES6-33 |
| | Equipo de soldadura 7 | ES7 | 34 | A-ES7-34 |
| | Equipo de soldadura 8 | ES8 | 35 | A-ES8-35 |
| | Equipo de soldadura 9 | ES9 | 36 | A-ES9-36 |
| | Equipo de soldadura 10 | ES10 | 37 | A-ES10-37 |
| | Equipo de soldadura 11 | ES11 | 38 | A-ES11-38 |
| | Equipo de soldadura 12 | ES12 | 39 | A-ES12-39 |
| | Equipo de soldadura 13 | ES13 | 40 | A-ES13-40 |
| | Equipo de soldadura 14 | ES14 | 41 | A-ES14-41 |
| | Equipo de soldadura 15 | ES15 | 42 | A-ES15-42 |
| | Equipo de soldadura 16 | ES16 | 43 | A-ES16-43 |
| | Equipo de soldadura 17 | ES17 | 44 | A-ES17-44 |
| | Equipo de soldadura 18 | ES18 | 45 | A-ES18-45 |
| | Equipo de soldadura 19 | ES19 | 46 | A-ES19-46 |
| | Equipo de soldadura 20 | ES20 | 47 | A-ES20-47 |
| | Pulidora 1 | PU1 | 48 | A-PU1-48 |
| | Pulidora 2 | PU2 | 49 | A-PU2-49 |
| | Pulidora 3 | PU3 | 50 | A-PU3-50 |
| | Pulidora 4 | PU4 | 51 | A-PU4-51 |
| | Pulidora 5 | PU5 | 52 | A-PU5-52 |
| | Pulidora 6 | PU6 | 53 | A-PU6-53 |
| | Pulidora 7 | PU7 | 54 | A-PU7-54 |
| | Pulidora 8 | PU8 | 55 | A-PU8-55 |
| | Pulidora 9 | PU9 | 56 | A-PU9-56 |
| | Pulidora 10 | PU10 | 57 | A-PU10-57 |
| | Pulidora 11 | PU11 | 58 | A-PU11-58 |
| | Pulidora 12 | PU12 | 59 | A-PU12-59 |
| | Pulidora 13 | PU13 | 60 | A-PU13-60 |
| | Pulidora 14 | PU14 | 61 | A-PU14-61 |
| | Pulidora 15 | PU15 | 62 | A-PU15-62 |
| | Pulidora 16 | PU16 | 63 | A-PU16-63 |
| | Pulidora 17 | PU17 | 64 | A-PU17-64 |
| | Pulidora 18 | PU18 | 65 | A-PU18-65 |
| | Pulidora 19 | PU19 | 66 | A-PU19-66 |
| | Pulidora 20 | PU20 | 67 | A-PU20-67 |

Continuación cuadro 5.

| | | | | |
|---|-------------------|-----|----|----------|
| A | Equipo oxicorte 1 | OX1 | 68 | A-OX1-68 |
| | Equipo oxicorte 2 | OX2 | 69 | A-OX2-69 |
| | Equipo oxicorte 3 | OX3 | 70 | A-OX3-70 |
| | Equipo oxicorte 4 | OX4 | 71 | A-OX4-71 |
| | Equipo oxicorte 5 | OX5 | 72 | A-OX5-72 |
| | Equipo oxicorte 6 | OX6 | 73 | A-OX6-73 |
| | Equipo oxicorte 7 | OX7 | 74 | A-OX7-74 |
| | Equipo oxicorte 8 | OX8 | 75 | A-OX8-75 |

Fuente: elaboración propia

Del anterior cuadro se conoce que en la planta existe un total de 75 máquinas a disposición para el proceso de producción, de toda esta cantidad de máquinas es vital saber cuáles son las más críticas y cuales tienen mayor influencia dentro del proceso, a su vez el tipo de fallas que cada una sufre frecuentemente y la gravedad que esta conlleva.

4. TIPOS DE FALLAS Y ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS INVOLUCRADOS

Dentro de una planta industrial los equipos no tienen el mismo grado de importancia, algunos son más importantes que otros debido a que si llegan a fallar no tienen algún reemplazo inmediato dentro de la planta, lo que obligaría hacer la tarea de forma manual o en su defecto pagar a terceros para hacerla, es por esto que es necesario hacer un análisis de criticidad para identificarlos. Debido a que los recursos en una empresa son restringidos, es primordial destinarlos principalmente a aquellos equipos que más pueden influir en los resultados de la empresa.⁴

4.1 CRITERIOS

Se puede utilizar cualquier criterio siempre y cuando sea conforme a las condiciones de la planta, también aplicar la valoración necesaria para así realizar la calificación y posteriormente asignar los códigos de importancia de los equipos.

En la tabla número 4 se observa las variables que se tuvieron en cuenta a la hora de asignar el criterio, cada una con una letra del alfabeto, también un concepto y un valor numérico para cada concepto.

Tabla 4. Valoración Criticidad

| VARIABLES | | CONCEPTO | VALOR |
|-----------|----------------------------------|------------|-------|
| A | EFECTO EN LA PRODUCCIÓN | PARA | 4 |
| | | LIMITA | 2 |
| | | NO PARA | 0 |
| B | VALOR TÉCNICO ECONÓMICO | ALTO | 4 |
| | | MEDIANO | 2 |
| | | BAJO | 0 |
| C | DAÑOS CONSECUCIALES A LA MÁQUINA | SI | 2 |
| | | NO | 0 |
| D | DAÑOS CONSECUCIALES AL PROCESO | SI | 3 |
| | | NO | 0 |
| E | DAÑOS CONSECUCIALES AL OPERADOR | RIESGO | 1 |
| | | SIN RIESGO | 0 |

⁴ GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. Diaz de santos. España. 2004 24p

Continuación tabla 4.

| | | | |
|---|--------------------------------|-------------------------|---|
| F | DEPENDENCIA LOGÍSTICA | PROVEEDOR EXTRANJERO | 2 |
| | | PROVEEDOR LOCAL | 0 |
| G | DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA | TERCEROS | 2 |
| | | PROPIA | 0 |
| H | PROBABILIDAD DE FALLA | ALTA | 1 |
| | | BAJA | 0 |
| I | DIFICULTAD EN LA REPARACIÓN | ALTA | 1 |
| | | BAJA | 0 |
| J | FLEXIBILIDAD EN LA OPERACIÓN | ÚNICO | 2 |
| | | BY-PASS | 1 |
| | | DUAL | 0 |

Fuente: ICICM disponible en: www.icicm.com/files/AMEFa.doc

Una vez entendido el método para identificar la criticidad de cada equipo lo siguiente es aplicarlo a los equipos que se codificaron anteriormente dentro de la planta.

Por ejemplo, para la cizalla cuyo código es A-CI-01 su criticidad está definida por el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Ejemplo Análisis Criticidad.

| Planta | Código | Equipo | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | Total |
|-----------|---------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| Principal | A-CI-01 | Cizalla | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 9 |

Fuente. elaboración propia

Como el resultado fue de 9 puntos es necesario remitirse a la tabla 5 para así obtener una mejor perspectiva del tipo de mantenimiento adecuado para este equipo.

Tabla 5. Variables a tener en cuenta para la evaluación de grados de criticidad

| Grado | Evaluación | Puntaje | Decisión |
|-------|-------------|---------|---------------------------------------|
| I | Muy critico | 22 a 20 | Mantenimiento preventivo |
| II | Critico | 20 a 14 | Mantenimiento preventivo |
| III | Conveniente | 14 a 06 | Mantenimiento preventivo o correctivo |
| IV | No critico | 06 a 00 | Mantenimiento reparativo |

Fuente. elaboración propia

De esta manera la cizalla recibe una valoración de grado III en donde es adecuado hacer un mantenimiento correctivo o preventivo, en este caso se hará un mantenimiento correctivo. Así se realizará para todos los equipos como se puede apreciar en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis de criticidad

| Planta | Código | Equipo | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | Total |
|-----------|----------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| Principal | A-CI-01 | Cizalla | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| Principal | A-SE-02 | Sierra E. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Principal | A-CA-03 | Cor.Angulo | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Principal | A-PA-04 | Pantógrafo | 4 | 2 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 16 |
| Principal | A-CO-05 | Compresor | 4 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 11 |
| Principal | A-PG1-06 | Puente grúa | 4 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 14 |
| Principal | A-PG2-07 | Puente grúa | 4 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 14 |
| Principal | A-PG3-08 | Puente grúa | 4 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 14 |
| Principal | A-PG4-09 | Puente grúa | 4 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 14 |
| Principal | A- RO-10 | Roladora | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 14 |
| Principal | A-DO-11 | Dobladora | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| Principal | A-EM-12 | Em/badora | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 14 |
| Principal | A-PE-13 | Pestañador | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 14 |
| Principal | A-TS-14 | Torre Solda. | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 13 |
| Principal | A-TM1-15 | Taladro | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Principal | A-TM2-16 | Taladro | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Principal | A-TM3-17 | Taladro | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Principal | A-TM4-18 | Taladro | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Principal | A-TM5-19 | Taladro | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Principal | A-MT1-20 | Motortool | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-MT2-21 | Motortool | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-MT3-22 | Motortool | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-MT4-23 | Motortool | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-MT5-24 | Motortool | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-MT6-25 | Motortool | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-MT7-26 | Motortool | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-MT8-27 | Motortool | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-ES1-28 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES2-29 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES3-30 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES4-31 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES5-32 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES6-33 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES7-34 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES8-35 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES9-36 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |

| Planta | Código | Equipo | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | Total |
|-----------|-----------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| Principal | A-ES10-37 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES11-38 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES12-39 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES13-40 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES14-41 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES15-42 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES16-43 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES17-44 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES18-45 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES19-46 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-ES20-47 | E.Soldadura | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 |
| Principal | A-PU1-48 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU2-49 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU3-50 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU4-51 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU5-52 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU6-53 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU7-54 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU8-55 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU9-56 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU10-57 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU11-58 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU12-59 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU13-60 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU14-61 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU15-62 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU16-63 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU17-64 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU18-65 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU19-66 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-PU20-67 | Pulidora | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Principal | A-OX1-68 | E. Oxicorte | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| Principal | A-OX2-69 | E. Oxicorte | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| Principal | A-OX3-70 | E. Oxicorte | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| Principal | A-OX4-71 | E. Oxicorte | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| Principal | A-OX5-72 | E. Oxicorte | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| Principal | A-OX6-73 | E. Oxicorte | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| Principal | A-OX7-74 | E. Oxicorte | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| Principal | A-OX8-75 | E. Oxicorte | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 |

Fuente: elaboración propia

Se puede apreciar en la tabla 6 que el código A-TS-14 que corresponde a la torre de soldadura tiene un puntaje de calificación de 13 y que el código A-PE-13 tiene un puntaje de calificación de 14, esto corresponde a que la torre de soldadura no clasifica como equipo crítico (tabla 5) si no que está en el rango de “conveniente” al cual se le puede aplicar un mantenimiento correctivo. La diferencia principal por la que se encuentra en este rango crítico es que la torre de soldadura limita la producción mas no la detiene, por lo que si sufre alguna falla simplemente se puede reemplazar al soldar con los equipos DC- 400 y no daña el proceso mientras se efectúa su reparación. De acuerdo con el análisis realizado para un total de 75 equipos que existen la planta, se observa que 8 son críticos, los cuales son: pantógrafo, puente grúa, roladora, embombadora y pestañadora es decir que, si alguno de estos equipos llega a parar, el proceso se vería afectado ya que una depende de la otra para cumplir con satisfacción la producción, a estos equipos se les recomienda un mantenimiento preventivo. Con los 67 equipos restantes el análisis permite hacer un mantenimiento correctivo sin descuidar los chequeos preoperacionales que cada equipo requiera antes de empezar a funcionar, que generalmente los hace el operario.

4.2 ANÁLISIS DE FALLA

Es necesario hacer un buen análisis de falla, de los sistemas mecánicos, eléctricos, neumáticos de los equipos críticos de la línea de producción “A”, para determinar lo que está generando esas fallas, a través de este análisis la idea es minimizar la repetición de estas fallas para así prolongar la vida útil de los equipos junto con la disponibilidad.

Para realizar este análisis de falla de forma más asertiva tiene en cuenta la opinión del operador puesto que en principio es la persona que conoce bien la máquina, también se va a utilizar información proveniente de las hojas de vida de los equipos.

El método a utilizar se basa en los siguientes principios de análisis, modo y efecto de falla más conocido como AMEF, teniendo en cuenta que fallas podrían existir.

4.3 CRITERIOS ANÁLISIS DE FALLA

Los criterios que utilizan en el análisis de falla son frecuencia de aparición de las fallas, severidad y detección de las fallas, además para cuantificar el grado de criticidad de las fallas es necesario recurrir al índice de prioridad de riesgo (NPR), que se obtiene de la multiplicación entre coeficiente de ocurrencia o aparición de las fallas, la severidad y la detección indicados anteriormente.⁵

4.3.1 Frecuencia de aparición: Esta es la probabilidad de que ocurra una falla dentro del equipo en un período de tiempo

⁵ Revista Virtual Universidad Católica del Norte, año 2013. Número 38. 212 p

4.3.2 Severidad: Este es un factor de gravedad y el efecto que puede lograr a tener en el cliente.

4.3.3 Detección: Enseña la posibilidad que existe de no encontrar la falla dentro del equipo.

A continuación, se van a enseñar las imágenes en donde se pueden apreciar de mejor manera dichas definiciones.

Imagen 24. Frecuencia de aparición.

| PROBABILIDAD de fallo | Prob. Fallo | VALOR |
|---|-----------------|-----------|
| Muy alta : Fallas casi inevitables | >1 in 2 | 10 |
| | 1 in 3 | 9 |
| Alta: Fallos repetitivos | 1 in 8 | 8 |
| | 1 in 20 | 7 |
| Moderadas: Fallas ocasionales | 1 in 80 | 6 |
| | 1 in 400 | 5 |
| | 1 in 2,000 | 4 |
| Baja: Pocas fallas relativamente | 1 in 15,000 | 3 |
| | 1 in 150,000 | 2 |
| Remota: Falla inverosímil | <1 in 1,500,000 | 1 |

Fuente: ICICM disponible en: www.icicm.com/files/AMEFa.doc

Imagen 25. Severidad

| Efecto | Efecto de Severidad | Valor |
|-----------------------------|--|-----------|
| Peligroso sin alerta | Valor de severidad muy alto cuando un modo de falla potencial afecta la operación del sistema sin alerta | 10 |
| Peligroso con alerta | Valor de severidad muy alto cuando un modo de falla potencial afecta la operación del sistema con alerta | 9 |
| Muy alto | Sistema inoperable con pérdida de función primaria | 8 |
| Alto | Sistema inoperable con equipo dañado | 7 |
| Moderado | Sistema inoperable con daños menores | 6 |
| Bajo | Sistema inoperable sin daños | 5 |
| Muy bajo | Sistema operable con una significativa degradación de rendimiento | 4 |
| Menor | Sistema operable con una degradación de rendimiento | 3 |
| Muy menor | Sistema operable con mínima interferencia | 2 |
| Ninguno | No hay efectos | 1 |

Fuente: ICICM disponible en: www.icicm.com/files/AMEFa.doc

Imagen 26. Detección

| Detección | Probabilidad de la DETECCIÓN | Valor |
|-------------------------------|---|--------------|
| Absoluta incertidumbre | El control del diseño no puede detectar una causa potencial/mecanismo y modo de fallo subsecuente | 10 |
| Muy remota | Muy remota la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos | 9 |
| Remota | Remota la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos | 8 |
| Muy baja | Muy baja la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos | 7 |
| Baja | Baja la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos | 6 |
| Moderada | Moderada la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos | 5 |
| Muy moderada | Muy moderada la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos | 4 |
| Alta | Alta la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos | 3 |
| Muy alta | Muy alta la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos | 2 |
| Casi seguro | Control de diseño detectará causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes | 1 |

Fuente: ICICM disponible en: www.icicm.com/files/AMEFa.doc

4.4 ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR)

El índice de prioridad de riesgo⁶ es el resultado de multiplicar la severidad, la ocurrencia y la detección relacionadas cada una a las causas, los efectos y controles a tomar, esto con el propósito de clasificar las fallas y obtener una medición de su rango de criticidad. Este índice está dado por la siguiente ecuación:

$$NPR = S \times O \times D$$

En donde:

S = Severidad
O = Ocurrencia
D = Detección

Para el análisis de resultados del NPR se utilizará la siguiente tabla de rangos, obteniendo el nivel de falla en el que se encuentra. (ver tabla 7)

⁶ Enrique Muñoz, ¿Qué es el número de prioridad de riesgo? 2013. <http://blog.enrimusa.com/que-es-el-numero-de-prioridad-del-riesgo-npr/>

Tabla 7. Rango de fallas

| Rango | Clasificación |
|----------|---------------------------|
| 500-1000 | Riesgo de falla alto |
| 125-499 | Riesgo de falla medio |
| 1-124 | Riesgo de falla bajo |
| 0 | No existe riesgo de falla |

Fuente: ICICM disponible en: www.icicm.com/files/AMEFa.doc

4.5 HOJAS DE DATOS DE CADA EQUIPO

Las hojas de datos es un documento que proporciona la identificación de cada equipo; mediante éste se pueden identificar las características del equipo y su trazabilidad de los mantenimientos que se le han realizado. En los siguientes cuadros se hace énfasis en las fallas que ha presentado el equipo en su vida útil más exactamente en las funcionales, ya que fallas operacionales no presentan porque los operadores mantienen al día la inspección pre operacional de las maquinas a su cargo y se hacen constantes auditorías internas.

Cuadro 7. Información Pantógrafo

| | | | | | | |
|------------|---|-----------------------|--------------------------------|---|------------------------------|--|
| Sistema | | Línea de producción A | | | | |
| Subsistema | | Maquina: | Pantógrafo | | Marca: Hypertherm | |
| | | | | | | |
| Función | | Falla Funcional | Modo de falla | | Efecto | |
| 1 | Corte de lámina de distinto tipo de calidad (A-36, 304 inoxidable, A-516 grado 70) entre otros y de espesor de hasta máximo 1-1/2 in. | A | Detención del proceso de corte | 1 | Bajo voltaje de línea | El voltaje de línea está cerca o por debajo del límite inferior de 102 VCA, el límite normal de operación es de 108 VCA. TC 1 hora |
| | | | | 2 | No transferencia de arco | No se detecta corriente en el cable de masa pasado 500 Ms de establecida la corriente de arco piloto. TC 2 horas |
| | | | | 3 | Flujo mínimo de refrigerante | El flujo de refrigerante es inferior al valor exigido de 2,3 l/min. TC 1 hora |
| | | | | 4 | Falla de sensor de altura | La antorcha puede colapsar directamente con la lámina sufriendo golpes. TC 1 hora |
| | | | | 5 | Falta de aire | No impulsa el arco de corriente y por consiguiente no empieza el corte. TC 1 hora |

Cuadro 8. Información Roladora

| Sistema | | Línea de producción A | | | | |
|------------|---|----------------------------------|---------------|--------|--|--|
| Subsistema | | Maquina: | Roladora | Marca: | Cole-tuve | |
| | | | | | | |
| Función | | Falla Funcional | Modo de falla | | Efecto | |
| 1 | Rolado de lámina de distinto tipo de calidad (A-36, 304 inoxidable, A-516 grado 70) entre otros y de espesor de hasta máximo 1-1/2 in, así como tubería A 106 Gr B, platinas, canales, ángulos entre otros. | Impedimento de rolado de lámina. | B | 1 | Fugas hidráulicas | Derrame de aceite. TC 3 horas |
| | | | | 2 | Fallo en programación de potenciómetros lineales | Los cilindros no quedan nivelados afectando así la calidad del rolado. TC 30 minutos |
| | | | | 3 | Fallas del PLC | Bloqueo total de la máquina. TC 1 día |
| | | | | 4 | Rotura de bomba hidráulica | No hay presión suficiente de la máquina. TC 1 día |
| | | | | 5 | Daños de válvulas de distribución | Impiden un determinado movimiento. TC 1 hora |

Cuadro 9. Información Embombadora

| Sistema | | Línea de producción A | | | | |
|------------|--|-----------------------|--|---------------|---|---|
| Subsistema | | Maquina: | | Embombadora | | Marca: |
| | | | | | | |
| Función | | Falla Funcional | | Modo de falla | | Efecto |
| 1 | Dar geometría y profundidad a las tapas de los tanques de acuerdo al radio solicitado. | C | Incapaz de embombar las tapas de manera adecuada | 1 | Daño de perilla donde se calibra la presión | Aplastamiento y sobreesfuerzo del material a procesar. TC 1 hora |
| | | | | 2 | Daño de bomba | Bloqueo de la máquina. TC 1 día |
| | | | | 3 | Daño de racor | El sistema hidráulico queda sin funcionar. TC 2 horas |
| | | | | 4 | Corto en sistema eléctrico | Dificultad para encender la máquina. TC 1 hora |
| | | | | 5 | Nivel bajo de aceite | Lentitud notoria de la máquina y posible daño de la bomba. TC 3 horas |

Cuadro 10. Información pestañadora

| Sistema | | Línea de producción A | | | |
|------------|---|--|---------------|--|---|
| Subsistema | | Maquina: | Pestañadora | Marca: | |
| | | | | | |
| Función | | Falla Funcional | Modo de falla | | Efecto |
| 1 | Generar la pestaña para las tapas ya embombadas | D Las tapas se ovalan perdiendo así la geometría. | 1 | Daño del motor | Parada de la máquina, no hace girar la tapa. TC 4 horas |
| | | | 2 | Desalineación de rodillo nivelador | Se ovala el material en proceso. TC 2 horas |
| | | | 3 | Rotura del eje central | No permite la estabilidad del material en la máquina. TC 3 horas |
| | | | 4 | Daño del tornillo ajustador de la bola | Impide que la bola sea ajustada de manera correcta. TC 1 hora |
| | | | 5 | Rotura de correa de motor | Pierde fuerza la máquina, no transmite la potencia necesaria. TC 1 hora |

Cuadro 11. Puente grúas


| Sistema | | Línea de producción A | | | | | |
|------------|---|-----------------------|-----------------------------|---------------|---|---|-------|
| Subsistema | | Maquina: | | Puente grúa | | Marca: | Demag |
| | | | | | | | |
| Función | | Falla Funcional | | Modo de falla | | Efecto | |
| 1 | Izaje de cargas de máximo 10 Toneladas de peso. | E | Limitación para izar cargas | 1 | Aislamiento deficiente de escobillas de alimentación eléctricas | No hay electricidad en el equipo. TC 1 hora | |
| | | | | 2 | Rotura de cable de control | Impide el movimiento total o parcial del equipo. TC 1 hora | |
| | | | | 3 | Bloqueo por impacto | Detención del puente. TC 5 minutos | |
| | | | | 4 | Descarrilamiento de guaya | Enredamiento de la guaya y posible rotura de la guaya además de daños al tambor. TC 2 horas | |

De acuerdo con estos datos adquiridos, se empieza a realizar el análisis a cada uno de los equipos que presentan fallas en la producción. Se tuvo en cuenta el criterio del personal de mantenimiento y el de cada operario de la máquina, a la hora de definir las fallas de cada una de las máquinas.

En el siguiente formato se presenta para cada equipo por individual en donde se diferenciará por código previamente preestablecido para cada máquina.

En la elaboración del siguiente Formato 1 se tuvo en cuenta la información obtenida de AMFE (Ver Bibliografía)

Formato 1. Formato AMEF


|  | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------|----------------|------------|------------------|--------|
| Funcion: | | | No. | | Empresa: | | Tecnitanques | |
| Falla Funcional: | | | Codigo: | | Máquina: | | Pantografo | |
| Modos de falla | | | | Calificacion | | | Valor del riesgo | RIESGO |
| codigos de funcion | letra de falla funcional | Numero de modo de falla | Descripcion de modo de falla | severidad | detectabilidad | ocurrencia | RPN | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

La evaluación de cada equipo se ha venido estudiando desde los últimos 5 meses teniendo en cuenta su funcionamiento, tipos de energía utilizada, componentes y demás para lograr un mejor análisis de las fallas.


A continuación, se realizan las distintas hojas AMEF para cada una de las máquinas críticas en donde se obtiene el número prioritario de riesgo RPN para así posteriormente poder hacer el análisis de causa raíz de las fallas.

Cuadro 12. Hoja AMEF, Pantógrafo

|  | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------|----------------|------------|---------------------|--------------|
| Funcion: | | | | No. | | Empresa: | | Tecnitanques |
| Falla Funcional: | | | | Codigo: | | A-PA-04 | Máquina: Pantografo | |
| Modos de falla | | | | Calificacion | | | Valor del riesgo | RIESGO |
| codigos de funcion | letra de falla funcional | Numero de modo de falla | Descripcion de modo de falla | severidad | detectabilidad | ocurrencia | RPN | |
| 1 | A | 1 | Bajo voltaje de línea | 9 | 7 | 8 | 504 | Alto |
| 1 | A | 2 | No transferencia de arco | 8 | 9 | 8 | 576 | Alto |
| 1 | A | 3 | Flujo mínimo de refrigerante | 8 | 8 | 7 | 448 | Medio |
| 1 | A | 4 | Falla de sensor de altura | 6 | 5 | 7 | 210 | Medio |
| 1 | A | 5 | Falta de aire | 5 | 4 | 8 | 160 | Medio |

Fuente: elaboración propia

Cuadro 13. Hoja AMEF, Roladora

|  | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------|------------|-------------------|--------------|
| Funcion: | | | | No. | | Empresa: | | Tecnitanques |
| Falla Funcional: | | | | Codigo: | | A-RO-10 | Máquina: Roladora | |
| Modos de falla | | | | Calificacion | | | Valor del riesgo | RIESGO |
| codigos de funcion | letra de falla funcional | Numero de modo de falla | Descripcion de modo de falla | severidad | detectabilidad | ocurrencia | RPN | |
| 1 | B | 1 | Fugas hidráulicas | 7 | 5 | 7 | 245 | Medio |
| 1 | B | 2 | Fallo de potenciómetros lineales | 9 | 8 | 8 | 576 | Alto |
| 1 | B | 3 | Fallas del PLC | 10 | 3 | 6 | 180 | Medio |
| 1 | B | 4 | Rotura de bomba hidráulica | 10 | 8 | 8 | 640 | Alto |
| 1 | B | 5 | Daños de válvulas de distribución | 7 | 6 | 6 | 252 | Medio |

Fuente: elaboración propia

Cuadro 14. Hoja AMEF, Embombadora

| Funcion: | | No. | | Empresa: | | Tecnitanques | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------|--------------|------------------|--------|
| Falla Funcional: | | Codigo: | | Máquina: | | Embombadora | | |
| Modos de falla | | | | Calificacion | | | Valor del riesgo | RIESGO |
| codigos de funcion | letra de falla funcional | Numero de modo de falla | Descripcion de modo de falla | severidad | detectabilidad | ocurrencia | RPN | |
| 1 | C | 1 | Daño de perilla calibracion presión | 6 | 3 | 7 | 126 | Medio |
| 1 | C | 2 | Daño de bomba | 9 | 8 | 8 | 576 | Alto |
| 1 | C | 3 | Daño de racor | 9 | 5 | 7 | 315 | Medio |
| 1 | C | 4 | Corto en sistema eléctrico | 8 | 8 | 6 | 384 | Medio |
| 1 | C | 5 | Nivel bajo de aceite | 9 | 9 | 7 | 567 | Alto |


Fuente: elaboración propia

Cuadro 15. Hoja AMEF, Pestañadora

| Funcion: | | No. | | Empresa: | | Tecnitanques | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|--|--------------|----------------|--------------|------------------|--------|
| Falla Funcional: | | Codigo: | | Máquina: | | Pestañadora | | |
| Modos de falla | | | | Calificacion | | | Valor del riesgo | RIESGO |
| codigos de funcion | letra de falla funcional | Numero de modo de falla | Descripcion de modo de falla | severidad | detectabilidad | ocurrencia | RPN | |
| 1 | D | 1 | Daño del motor | 9 | 8 | 7 | 504 | Alto |
| 1 | D | 2 | Desalineación de rodillo nivelador | 7 | 7 | 7 | 343 | Medio |
| 1 | D | 3 | Rotura del eje central | 9 | 8 | 8 | 576 | Alto |
| 1 | D | 4 | Daño del tornillo ajustador de la bola | 7 | 8 | 6 | 336 | Medio |
| 1 | D | 5 | Rotura de correa de motor | 9 | 5 | 5 | 225 | Medio |

Fuente: elaboración propia

Cuadro 16. Hoja AMEF, Puente grúas

|  | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------|----------------|------------|------------------|--------|
| Funcion: | | | No.: | | Empresa: | | Tecnitanques | |
| Falla Funcional: | | | Codigo: | | Máquina: | | Puente grúa | |
| Modos de falla | | | | Calificacion | | | Valor del riesgo | RIESGO |
| codigos de funcion | letra de falla funcional | Numero de modo de falla | Descripcion de modo de falla | severidad | detectabilidad | ocurrencia | RPN | |
| 1 | E | 1 | Aislamiento deficiente de escobillas | 4 | 4 | 7 | 112 | Bajo |
| 1 | E | 2 | Rotura de cable de control | 9 | 9 | 7 | 567 | Alto |
| 1 | E | 3 | Bloqueo por impacto | 9 | 4 | 6 | 216 | Medio |
| 1 | E | 4 | Descarrilamiento de guaya | 10 | 7 | 8 | 560 | Alto |
| 1 | E | 5 | Desgaste del sistema de frenos | 8 | 7 | 5 | 280 | Medio |

Fuente: elaboración propia

En los anteriores formatos se halló cada número prioritario de riesgo para cada máquina el cual este sombreado con el color amarillo; los valores dados para su resultado fueron calificados por personal de mantenimiento y producción arrojando así 10 fallas de alto riesgo para las 5 máquinas críticas; ya que corresponde a un RPN de entre 500-1000 como se observa en la tabla 7 dada a conocer anteriormente, estas fallas son estudiadas a continuación.

4.6 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE LAS FALLAS (RCA)

La investigación de una falla o un evento catastrófico debe estar bien estructurada, debe existir una base para poder verificar pruebas ya que estos hechos son los que realmente constituyen el origen del análisis. El investigador recopila la información y resultados analíticos, relaciona lo que es posible y lo que no es posible y en ese orden de ideas empieza a plantearse hipótesis acerca de lo que sucedió para así poder llegar a una conclusión.

Los análisis de causa raíz de las fallas se utilizan muy comúnmente en grandes organizaciones tales como plantas, en donde hay un gran interés en la seguridad y el aseguramiento de la calidad a través de procedimientos formalizados. Se argumenta que, si se descubre la causa verdadera de una falla, se procederá a corregirse garantizando que el evento no se vuelva a repetir y que si se llegase a repetir al menos no lo haga de la misma manera.

Después de que se ha determinado una causa para un evento, el propósito de la acción correctiva es evitar el evento otra vez para mitigar consecuencias que puedan poner en riesgo la seguridad en el área de trabajo.⁷

El Análisis de Causa Raíz (RCA) es un método que identifica la causa de un resultado no esperado y su propósito es el de identificar estas causas para que esas fallas potenciales puedan eliminarse para evitar problemas o accidentes similares. Las bases del RCA son:

- Definir con claridad un resultado indeseado.
- Recoger datos e inclusive hacer una lista de todas las causas potenciales.
- Crear un árbol de eventos.
- Continuar preguntado ¿Por qué? Para identificar causas raíz.
- Verificar la lógica y excluir elementos que no son causas.
- Gestar soluciones que van dirigidas a las causas inmediatas y causas raíz.

4.7 ÁRBOL LOGICO DE FALLAS

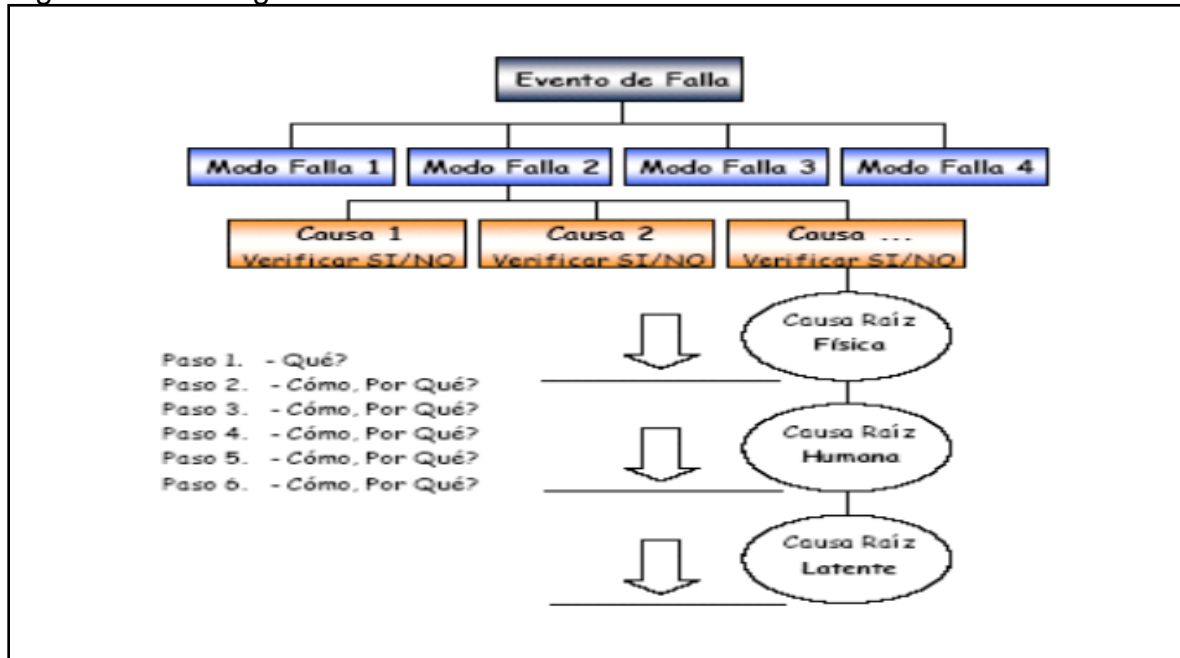
El árbol lógico de fallas es un método muy común que se utiliza para determinar causas específicas de una falla dentro de un sistema, es muy utilizado en mantenimiento y en análisis de seguridad. El motivo por el cual se usa este método es el de ayudar a identificar fallas potenciales antes de que estas ocurran o para evaluar la probabilidad de un evento más alto utilizando métodos estadísticos.

El objetivo es determinar el origen de las causas físicas, humanas y latentes de una falla, así como la frecuencia y las consecuencias que esta genera por medio de un análisis meticuloso de los factores que podrían reducir o eliminar completamente las fallas una vez tomadas las acciones correctivas que propone el análisis mejorando la seguridad, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos de la planta principal de Tecnitanques ingenieros.

En la figura 1 se puede observar de manera más clara la composición de un árbol lógico de fallas.

⁷ OTEGUI, José Luis. Análisis de fallas Fundamentos y aplicaciones en componentes mecánicos. Eudem. Mar del plata. 2013 .254 p

Figura 1. Árbol lógico de fallas



Fuente: BORRAS PINILLA, Carlos. Conceptualización para el mantenimiento preventivo.

A continuación, se desarrolla este análisis de causa raíz para cada una de las fallas de cada máquina cuyo número prioritario de riesgo dio una calificación alta.


4.8 RCA PARA PÁNTOGRAFO

El pantógrafo presenta dos tipos de fallas de alto riesgo las cuales son bajo voltaje de línea y no transferencia del arco, que surgieron después de evaluarse mediante el Número Prioritario de Riesgo (NPR) donde se tuvo en cuenta al operador y personal de mantenimiento a la hora de describir las fallas más comunes, arrojando así un número de 504 y 576 lo cual las ubica como fallas de alto riesgo.

El paso a seguir es el estudio de cada falla.

4.8.1 Análisis de causa raíz para falla de bajo voltaje de línea. Esta falla puede llegar a parar el proceso de corte y por consiguiente la producción. El resumen se podrá ver de mejor manera en el cuadro 17.

Cuadro 17. Eventos para bajo voltaje de línea

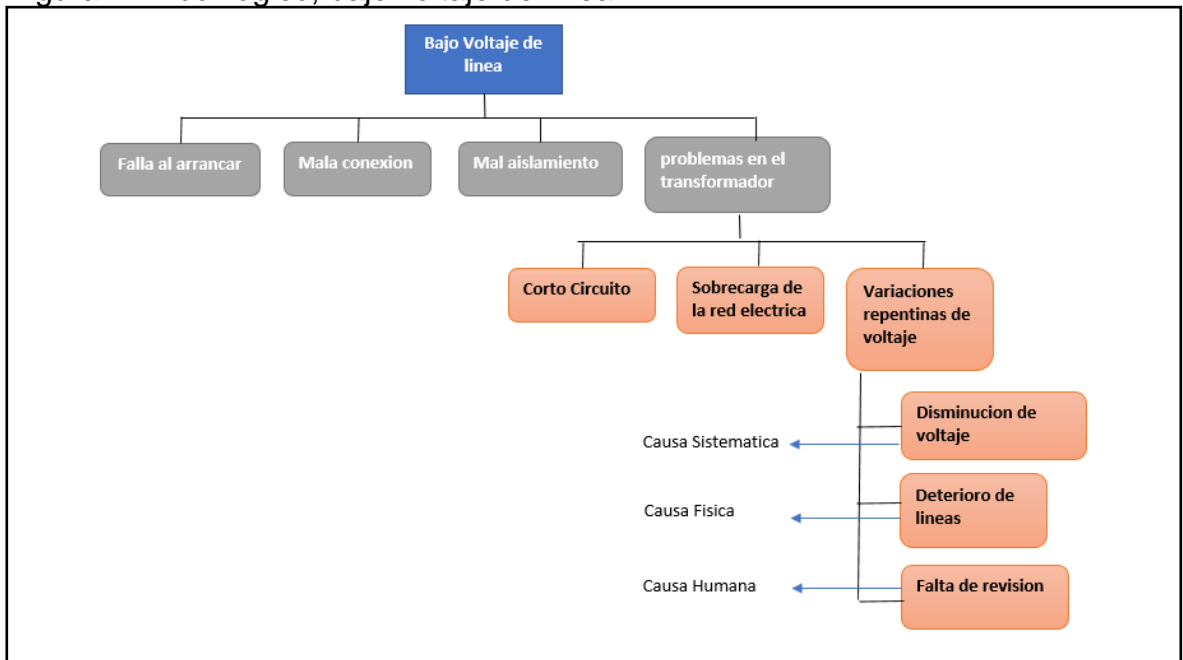
| | | | |
|---|------------------------------|---|--|
|  | | Falla presentada: Bajo Voltaje de línea | |
| Codigo de equipo A-PA-04 | Fecha: 10/03/2.018 | Serie de eventos Problema en la caja principal de tacos | |
| Línea de Produccion A | 15/05/2.018 | Problema en el transformador | |
| | 01/08/2.018 | Mala conexión | |

Fuente: elaboración propia

En el cuadro anterior se observa que el equipo que sufrió la falla, para este caso es el pantógrafo, la línea en la que está ubicada, luego se establece el daño y se agrega una secuencia de fallas las cuales fueron dadas por Tecnitiques ingenieros S.A.S.

se procede a elaborar el árbol lógico de fallas para la falla mencionada, en la figura 2.

Figura 2. Árbol lógico, bajo voltaje de línea



Fuente: elaboración propia

En la figura anterior se encuentra la falla en la cima del árbol, después se encuentran las posibles fallas que se pueden encontrar en este equipo previamente analizados con la ayuda del operador de la máquina obteniendo una posible causa. Posteriormente se llegó a tres posibles causas de la falla en donde está la causa humana, sistemática y física.

Las medidas a tomar en esta falla son las siguientes:

- Hacer una revisión en donde se intervenga la infraestructura del cableado y a su vez una revisión periódica de al menos 2 veces al mes al fluido eléctrico de la planta.
- Inspeccionar el equipo con instrumentos adecuados teniendo en cuenta las horas de operación.

Figura 3. Panel de control del equipo




Fuente: TECNITANQUES

En los siguientes análisis para las demás fallas se utiliza la misma metodología mencionada anteriormente, ya que en todas se utilizó el criterio del operador y el análisis de causa raíz descrito anteriormente.

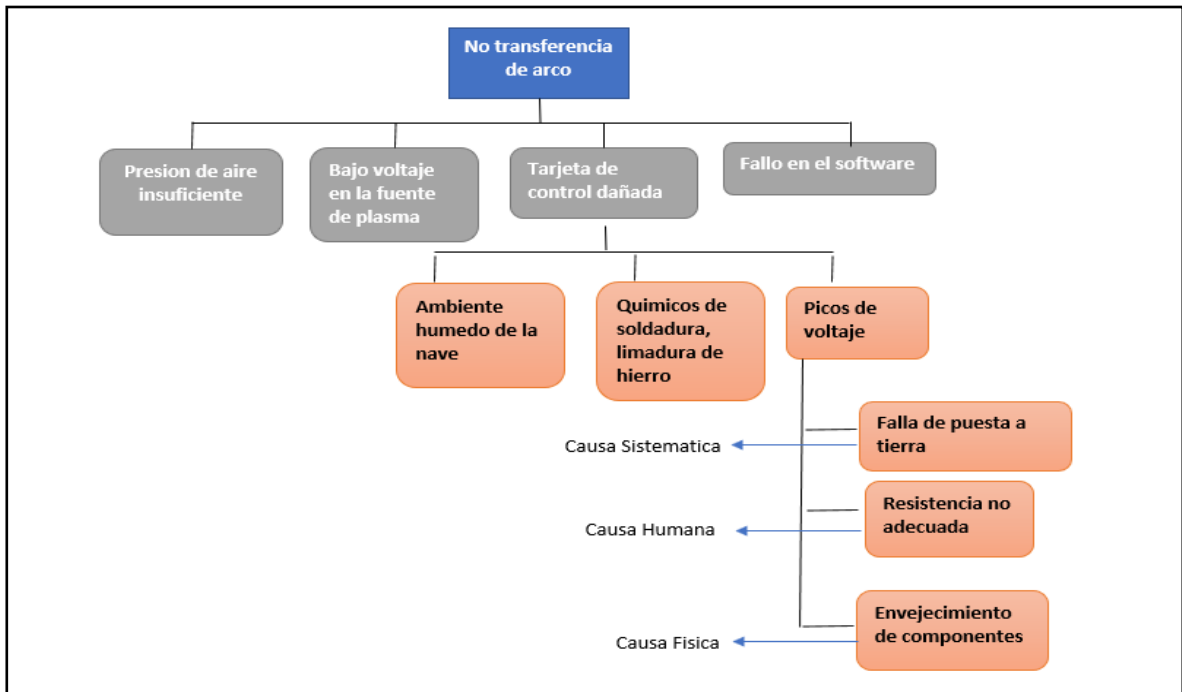
4.8.2 Análisis de causa raíz para la no transferencia de arco. Esta falla es de manejar cuidadosamente ya que si no transfiere el arco de manera adecuada el pantógrafo no realiza el corte (ver cuadro 18).

Cuadro 18. Eventos para no transferencia de arco

|  TECNITANQUES <small>GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT</small> | | Falla presentada: | |
|---|---------------|-----------------------------|--|
| | | No transferencia de arco | |
| Codigo de equipo | Fecha: | Serie de eventos | |
| A-PA-04 | 5/02/2.018 | Presion de aire no adecuada | |
| Línea de Produccion | 21/06/2.018 | Bajo Voltaje | |
| A | 18/07/2.018 | Fallo en el software | |

Fuente: elaboración propia

Figura 4. Árbol lógico, no transferencia de arco



Fuente: elaboración propia

La no transferencia del arco es una falla que se presenta esporádicamente, pero es de mucho cuidado debido a que puede llegar a tener un impacto grave en la máquina como por ejemplo quemar la punta de contacto de la antorcha que realiza el corte de la lámina lo cual conlleva a hacer un cambio de este consumible.

Las medidas a tener en cuenta para solucionar esta falla son.


- Contactar personal externo para revisión de tarjeta y software.
- Verificar el voltaje de la línea que conecta con la máquina.

4.9 RCA PARA ROLADORA

Según el RPN la roladora tiene dos fallas de alto riesgo las cuales son el fallo en los potenciómetros lineales y la rotura de la bomba hidráulica, a continuación, se realiza la evaluación de cada falla.

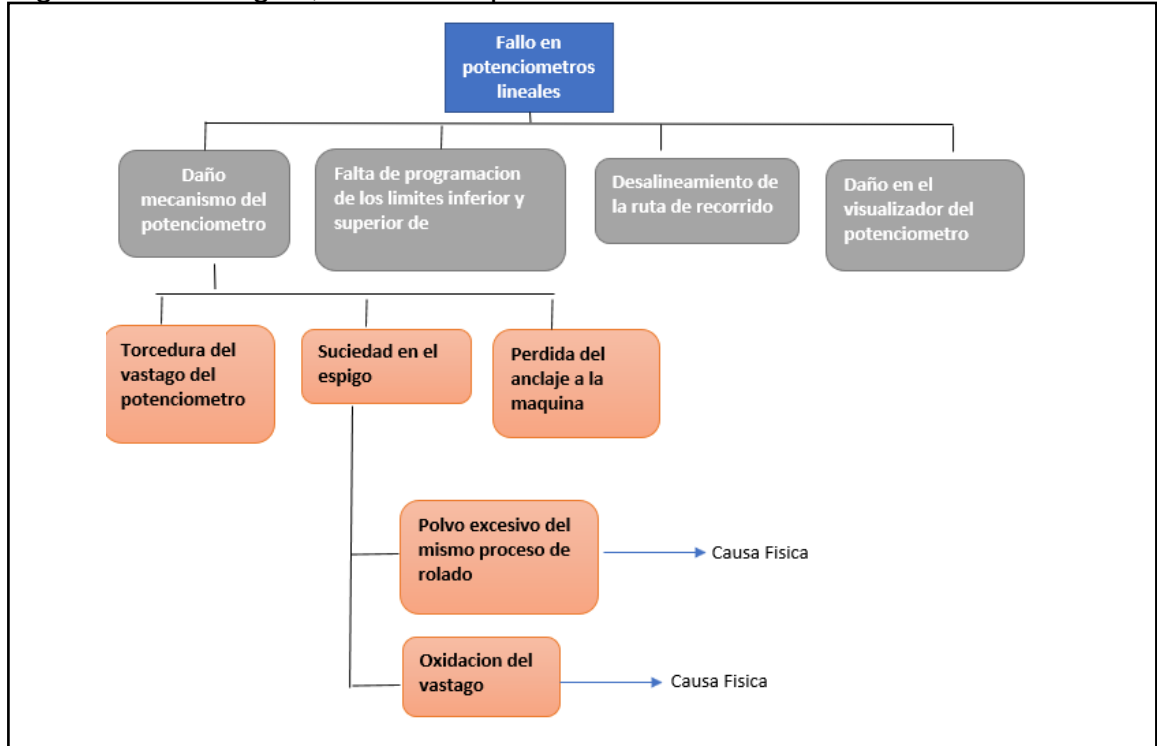
4.9.1 Análisis de causa raíz para fallo en los potenciómetros lineales. Los potenciómetros lineales permiten el desplazamiento de los rodillos en el proceso de rolado ya que suben y bajan dependiendo el radio que necesite la lámina.

Cuadro 19. Eventos para fallo en los potenciómetros lineales

| | | | |
|---|---------------|--|--|
|  | | Falla presentada: Fallo en los potenciómetros lineales | |
| Codigo de equipo | Fecha: | Serie de eventos | |
| A-RO-10 | 9/09/2.017 | Desalineamiento de la ruta de recorrido | |
| Línea de Produccion | 10/01/2.018 | Exceso de suciedad presentada | |
| A | 17/05/2.018 | Torcedura del vastago | |

Fuente: elaboración propia

Figura 5. Árbol lógico, falla en los potenciómetros lineales



Fuente: elaboración propia

Las medidas a tomar en esta falla son las siguientes:

- Contratar personal especializado para revisión adecuada.
- Verificar alineación del vástago para asegurar que este perpendicular al material con los instrumentos necesarios como un nivel de burbuja.
- Limpieza periódica de los vástagos.

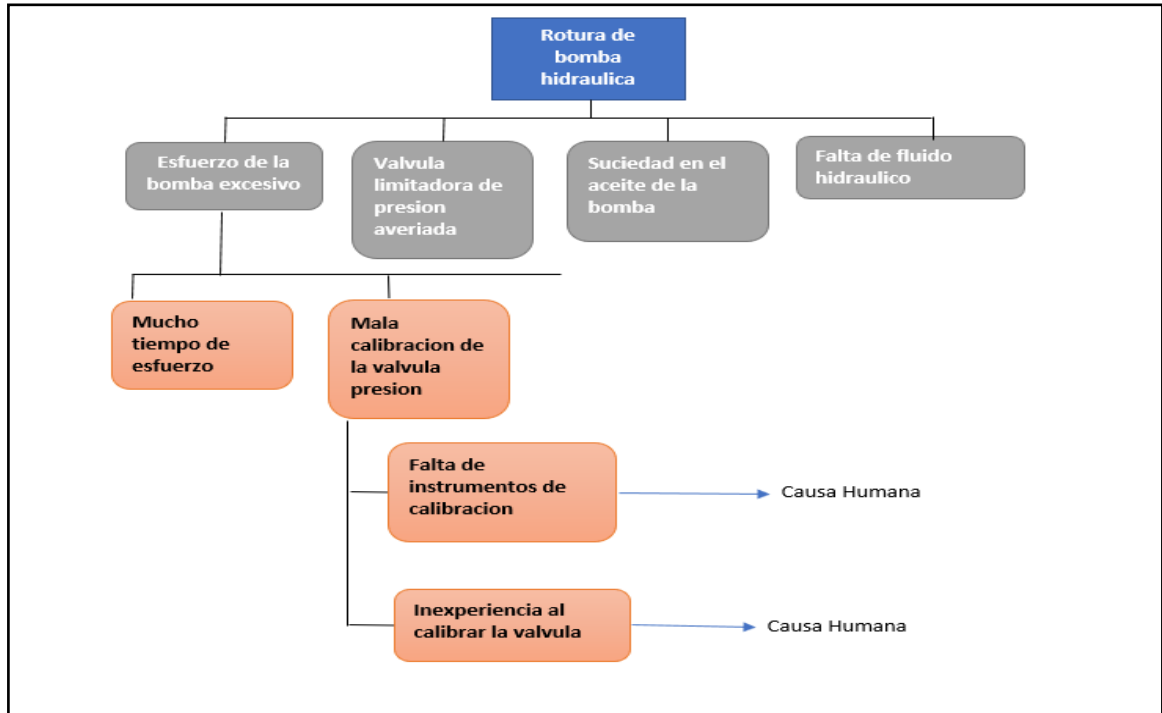
4.9.2 Análisis de causa raíz para rotura de bomba hidráulica. Esta falla es muy crítica ya que si la bomba presenta algún daño la máquina queda parada de forma inmediata.

Cuadro 20. Eventos para rotura en bomba hidráulica.

| TECNITANQUES GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT | | Falla presentada: Rotura de bomba hidraulica | |
|---|-------------|---|--|
| Codigo de equipo | Fecha: | Serie de eventos | |
| A-RO-10 | 19/11/2.018 | Averio de valvula de presion | |
| Linea de Produccion | 14/02/2.018 | Exceso de fuerza | |
| A | 27/09/2.018 | Falta de fluido Hidraulico | |

Fuente: elaboración propia

Figura 6. Árbol lógico, rotura de bomba hidráulica

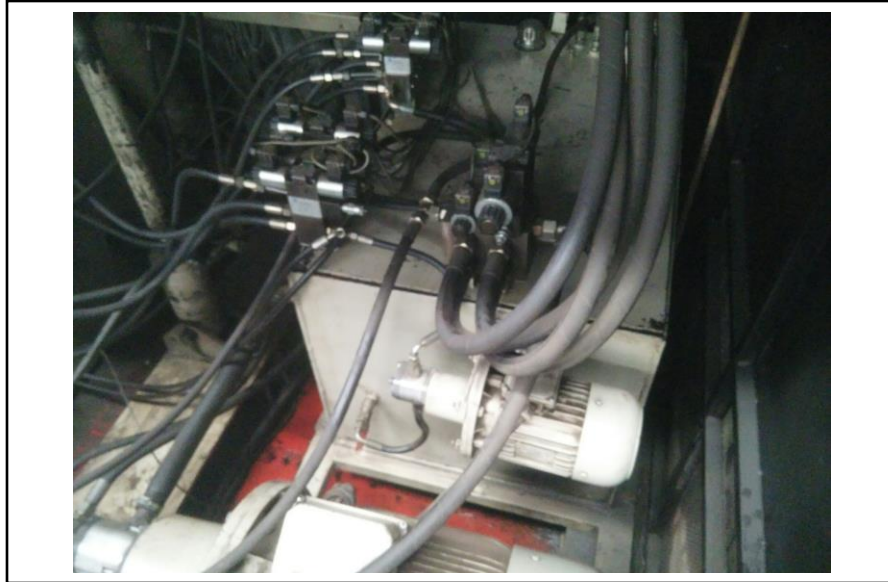


Fuente: elaboración propia

Las medidas a tomar en cuenta en esta falla son:

- Revisión periódica del aceite para verificar su nivel de contaminación dependiendo sus horas de uso y su oxidación.
- Contactar personal externo para inspeccionar el equipo
- Realizar inspección periódica ya sea visual o de rutina a elementos críticos como válvula

Imagen 27. Bomba hidráulica Roladora




Fuente: elaboración Propia

4.10 RCA PARA EMBOMBADORA

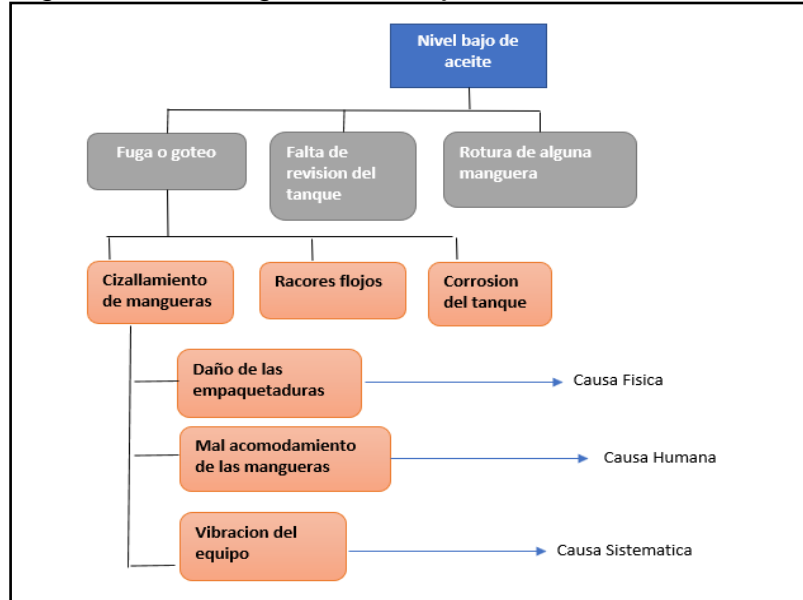
Esta máquina presenta dos fallas críticas que son el daño de la bomba y el nivel bajo de aceite, esto se comprobó con el numero prioritario de riesgo RPN. A continuación, solo se realiza análisis al nivel bajo de aceite puesto que la falla del daño de la bomba es muy similar a la de la roladora porque trabajan bajo el mismo principio.

Cuadro 21. Eventos para nivel bajo de aceite

|  | | Falla presentada: |
|---|-------------|----------------------|
| | | Nivel bajo de aceite |
| Codigo de equipo | Fecha: | Serie de eventos |
| A-EM-12 | 17/03/2.018 | Racores flojos |
| Línea de Produccion | 08/04/2.018 | Rotura de manguera |
| A | 28/04/2.018 | Fuga excesiva |

Fuente: elaboración propia

Figura 7. Árbol lógico, nivel bajo de aceite



Fuente: elaboración propia

Las medidas para esta falla son las siguientes:

- Inspeccionar diariamente el estado de las mangueras
- Verificar nivel del aceite en el tanque
- Contratar personal externo para verificar el funcionamiento de los actuadores

Imagen 28. Mangueras de embombadora



Fuente: elaboración propia

4.11 RCA PARA PESTAÑADORA

De acuerdo al RPN obtenido en el cuadro 15 (pág. 68) la pestañadora obtuvo dos fallas críticas las cuales son daño del motor y rotura del eje central en donde se posiciona la tapa para ser pestañada.

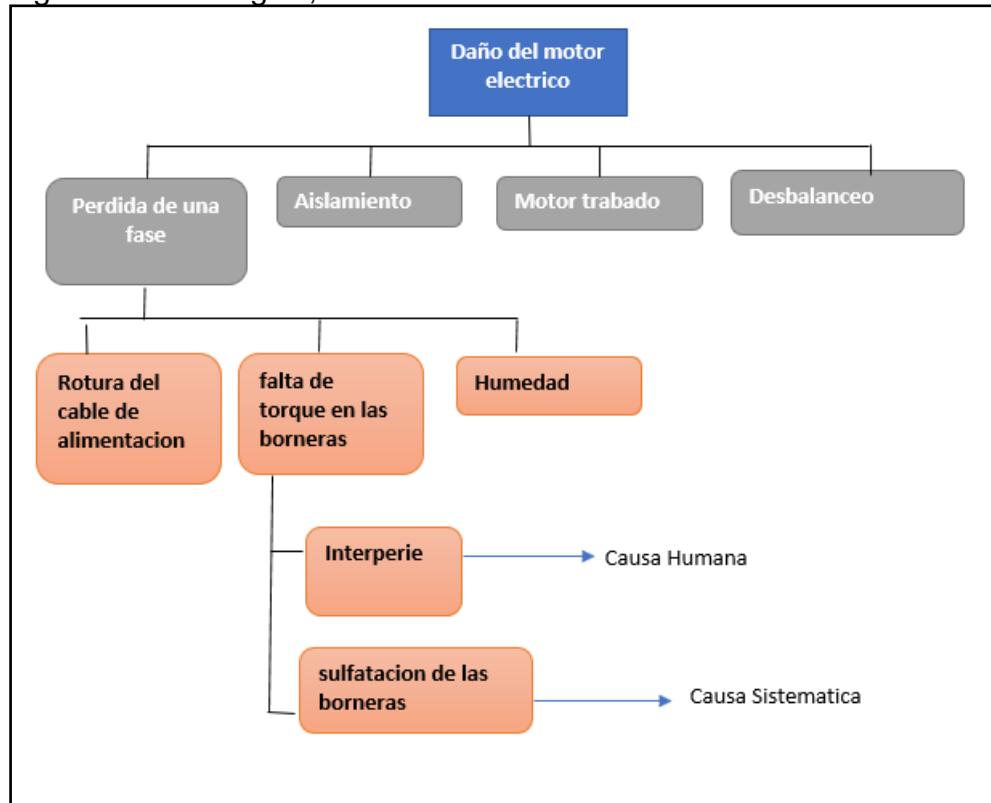
4.11.1 Análisis de causa raíz para daño del motor. Esta falla es poco común pero cuando ocurre genera una parada en la producción ya que, sin las tapas pestañadas, los tanques no podrían continuar con su proceso de construcción.

Cuadro 22. Eventos para daño del motor.

| TECNITANQUES GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT | | Falla presentada: Daño del motor | |
|---|---------------|--|--|
| Codigo de equipo | Fecha: | Serie de eventos | |
| A-PE-13 | 20/09/2.017 | Aislamiento, se produce por la contaminacion | |
| Línea de Produccion | 17/03/2.018 | Rotura de cable de alimentacion | |
| A | 31/05/2.018 | Esfuerzo excesivo | |

Fuente: elaboración propia

Figura 8. Árbol lógico, daño de motor



Fuente: elaboración propia

Imagen 29. Motor de la pestañadora




Fuente: elaboración propia

Las medidas para esta falla son las siguientes:

- Inspeccionar el estado de las borneras
- Realizar pruebas de aislamiento para evitar un corto circuito
- Realizar prueba de amperaje

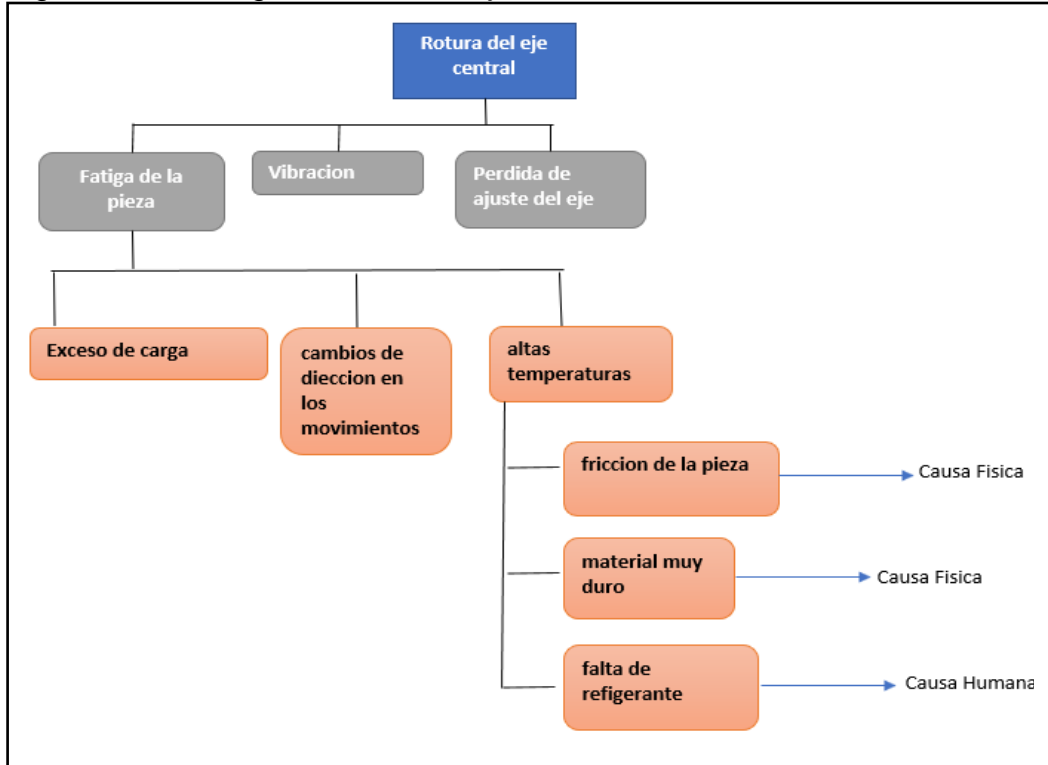
4.11.2 Análisis de causa raíz para rotura del eje central. El eje central es donde va posicionada la tapa, va ubicado en el centro de la tapa y es el que permite la rotación de esta para así realizar el proceso de pestañado.

Cuadro 23. Eventos para rotura del eje central

|  | | Falla presentada: |
|---|-------------|------------------------|
| | | Rotura del eje central |
| Codigo de equipo | Fecha: | Serie de eventos |
| A-PE-13 | 13/11/2.017 | Rotura del eje |
| Línea de Produccion | 17/04/2.018 | Pandeo de la pieza |
| A | 03/08/2.018 | Perdida de ajuste |

Fuente: elaboración propia

Figura 9. Árbol lógico, rotura del eje central



Fuente: elaboración propia

Imagen 30. Eje central de pestañadora



Fuente: elaboración propia

Las medidas a tener en cuenta en esta falla son:

- Realizar pruebas de tintas penetrantes a la pieza.
- Realizar inspección periódica puede ser visual o de rutina.
- Verificar ajuste del eje periódicamente de forma visual.

4.12 RCA PARA PUENTE GRUA

Según el RPN arrojado, los puente grúa tienen dos fallas críticas las cuales son el descarrilamiento de la guaya y la rotura del cable de control; estos equipos son muy importantes porque facilitan el desplazamiento de piezas muy pesadas reduciendo así el tiempo de transporte de un lugar a otro; si llegan a fallar esto generaría muchas demoras para trasladar las piezas haciendo lento el proceso.

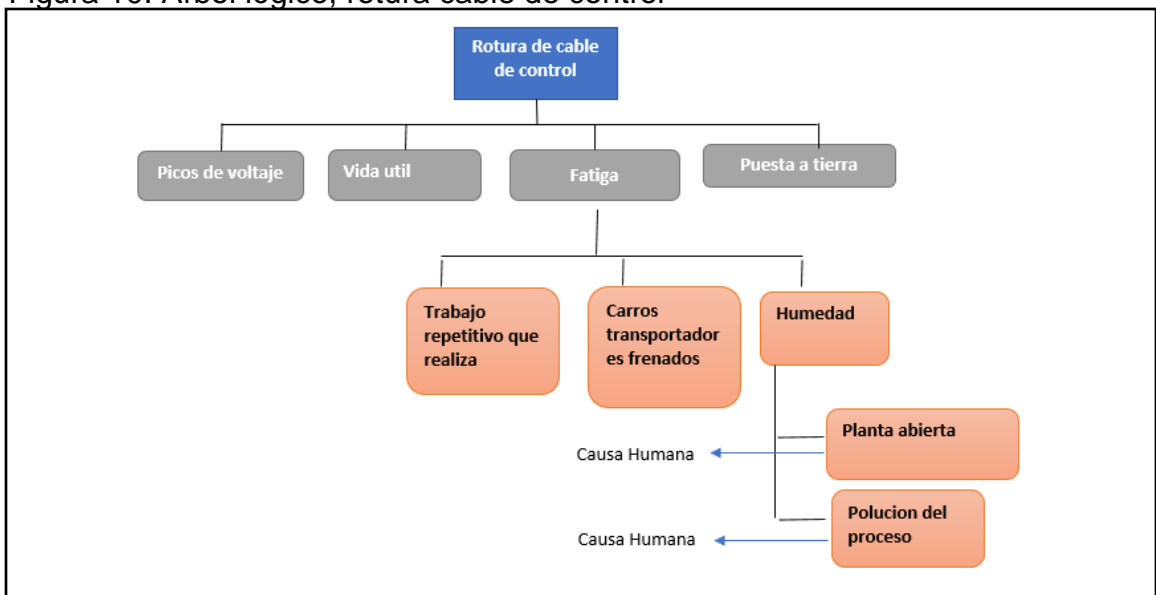
4.12.1 Análisis de causa raíz para rotura de cable de control. El cable de control regula los movimientos del puente en diferentes direcciones, es por esto su importancia de mantenerlo en óptimas condiciones.

Cuadro 24. Eventos para rotura de cable de control.

| TECNITANQUES GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT | | Falla presentada: Rotura de cable de control | |
|---|---------------|---|--|
| Codigo de equipo | Fecha: | Serie de eventos | |
| A-PG1-06 | 15/03/2.018 | Fisuras en el cable | |
| Linea de Produccion | 09/04/2.018 | Tiempo de cambio del cable | |
| A | 17/06/2.018 | Picos de voltaje | |

Fuente: elaboración propia

Figura 10. Árbol lógico, rotura cable de control



Fuente: elaboración propia

Las medidas a tomar en esta falla son la siguientes:

- Revisión más frecuente.
- Limpieza periódica del cable de control.

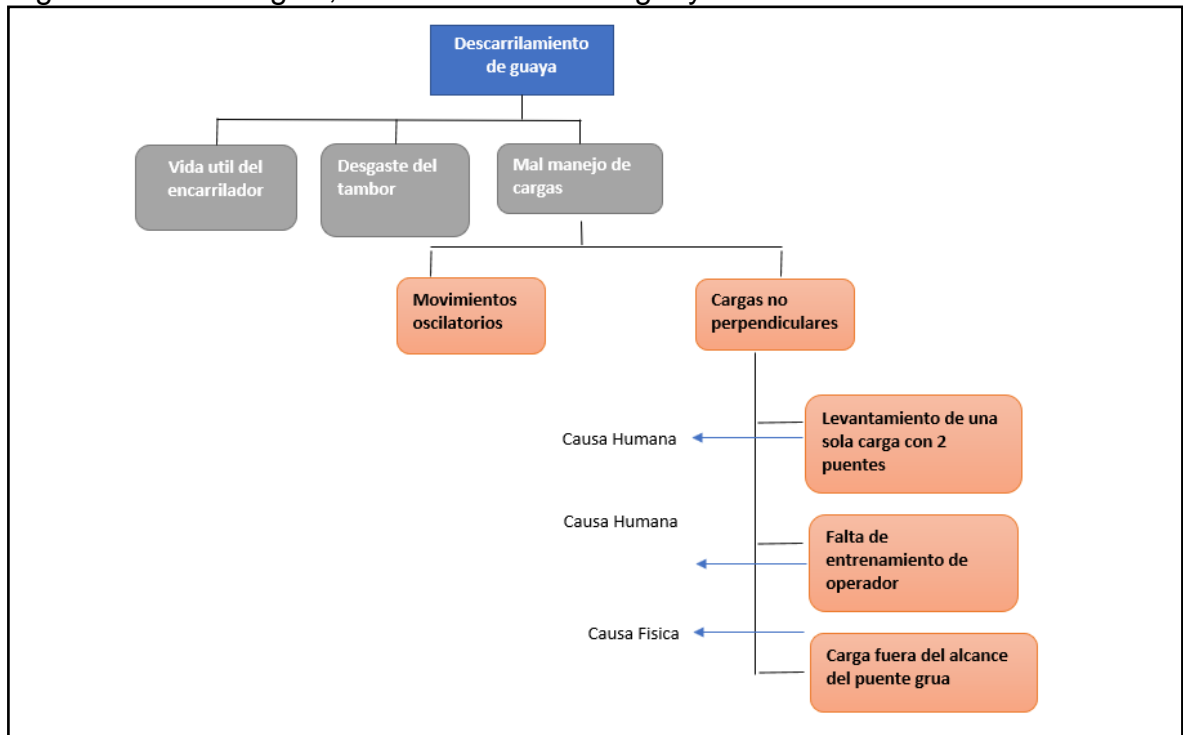
4.12.2 Análisis de causa raíz para descarrilamiento de guaya. La guaya es una de las partes más críticas del puente porque esta es la que va a estar expuesta a la tensión que genera la carga, de ahí su importancia.

Cuadro 25. Eventos para descarrilamiento de guaya

| TECNITANQUES GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT | | Falla presentada: Descarrilamiento de guaya | |
|---|-------------|--|--|
| Codigo de equipo | Fecha: | Serie de eventos | |
| A-PG1-06 | 15/01/2.018 | Fallo en tambor | |
| Línea de Produccion | 05/05/2.018 | Bloqueo de guaya | |
| A | 22/09/2.018 | Rotura del encarrilador | |

Fuente: elaboración propia

Figura 11. Árbol lógico, descarrilamiento de guayas



Fuente: elaboración propia

Como en la planta principal de Tecnitanques Ingenieros existen 5 puente grúa de la misma marca y de la misma capacidad, se toma un solo análisis para cubrir todos los 5 debido a su igualdad de características. Según la falla anterior la solución a este daño frecuente sería:

- Limitar el área de trabajo del puente con señalizaciones claras.
- Realizar capacitación para el personal que maneje el puente
- Contactar personal externo para ensayos no destructivos de la guaya.

5. ELABORACIÓN DE FORMATOS DE MANTENIMIENTO

En la elaboración de los formatos de mantenimiento se tiene en cuenta la norma ICONTEC GTC-2, que da las pautas para crear un formato de mantenimiento. Se realiza un formato de mantenimiento para cada máquina y éste será representativo de cada equipo.

5.1 FICHA TÉCNICA

Este documento es un resumen general de la máquina, su fin es brindar la mayoría de información de forma fácil y representativa con el objetivo de que se logre crear una percepción lo más completa posible del equipo, en éste se registra los datos importantes, así como sus características, sus componentes, su funcionamiento.


Según la norma mencionada anteriormente se recomienda que una ficha técnica tenga la siguiente información mínima:

- Equipo: Nombre de la máquina que se va a especificar
- Código: Número del equipo
- Características: Este campo va dedicado a las características de la máquina, así como lo mínimo que se requiere para su funcionamiento como tipo de corriente, frecuencia, tipo de lubricante.
- Datos del equipo: Aclaración de información como, modelo del equipo, año de construcción, serial, medidas.

A continuación, se muestra el formato elaborado para uso de fichas técnicas de los equipos, el diseño fue previamente dado a conocer al jefe de mantenimiento de la planta principal de Tecnitanques Ingenieros con el fin de hacer una socialización y tener en cuenta su opinión acerca del mismo, durante este proceso de creación se agregaron ítems de su consideración y posteriormente se llegó a un acuerdo dando así el mostrado en el Formato 2.

Este formato se maneja para todos los equipos de la planta.

Formato 2. Ficha Técnica de maquinaria y equipos

|  | | TECNITANQUES INGENIEROS | | | | Formato 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | Pag 1 de 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | FECHA VIG. 04/09/2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EQUIPO | | | | CÓDIGO ASIGNADO | | CÓDIGO ACTIVO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MARCA | | | SERIE | | | VIDA UTIL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MODELO / REFERENCIA | | | CALIBRACION Y PERIODICIDAD | | | AÑO DE FABRICACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE MOTOR | | COMBUSTIBLE | | | NUMERO DE MOTOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| POTENCIA | | VELOCIDAD | | AMPERAJE | | VOLTAJE | FASES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> | | | | | | | | CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUBRICANTES | | REPUESTOS ESPECIALES | | ASPECTOS DE SEGURIDAD | | ESPECIFICACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROVEEDOR | | | | OBSERVACIONES DE COMPRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TELÉFONO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA DE COMPRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COSTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

En el anexo A están todas las fichas técnicas de las máquinas analizadas durante el proyecto.

5.2 SOLICITUD DE SERVICIO


La solicitud de servicio es un documento en donde se solicita la intervención necesaria sobre un equipo para su corrección, en este se tiene que constatar el procedimiento a realizar en dicha intervención, explicando el paso a paso a seguir bien detallado para que el personal tenga conocimiento acerca de lo que se le va a

realizar al equipo, está la puede solicitar cualquier persona ligada a la empresa. En el anexo B se encuentra las solicitudes de servicio de las máquinas analizadas.

Los datos mínimos que debe llevar una solicitud de servicio son los siguientes:

- Nombre del equipo: Nombre de la máquina la cual hace la solitud de servicio.
- Datos del solicitante: Información de solicitante como Nombre y el cargo que ejerce dentro de la empresa.
- Descripción de la falla: Descripción breve de la falla que le sucedió al equipo.
- Tipo de falla: Se explica el tipo de falla que sufrió la maquina si es falla mecánica, eléctrica, electrónica.
- Código del equipo: Se describe el código asignado para el equipo.

Formato 3. Solicitud de servicio

| | | | | | | | | | | |
|--|------------|---|-------------------------|------------------------|------------|-----------------------|----------|--|--|--|
|  | | TECNITANQUES INGENIEROS | | | | Formato 2 | | | | |
| | | SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO | | | | Pag 1 de 1 | | | | |
| | | | | | | FECHA VIG. 04/09/2018 | | | | |
| SERVICIO # | | SOLICITADO POR | | FECHA SOLICITUD | DD | MM | AA | | | |
| EQUIPO | | INFRAESTRUCTURA | | UBICACIÓN | | FECHA RECIBIDO | DD MM AA | | | |
| DESCRIPCIÓN: | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FECHA COMPROMISO ENTREGA | | RECIBE CONFORME | | | | | | | | |
| DD MM AA | | DD MM AA | | | | | | | | |
| TIPO DE MANTENIMIENTO | | | TIPO DE SERVICIO | | | PRIORIDAD | | | | |
| Preventivo | Correctivo | Mecánica | Electrónica | Emergencia | Normal | | | | | |
| Predictivo | Proactivo | Eléctrica | Soldadura | Urgente | Programado | | | | | |
| SOLICITADO POR | | RECIBIDO POR | | # OT GENERADA | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

5.3 ORDEN DE TRABAJO

En el anexo C se encuentran todas las órdenes de trabajo de las máquinas.

La orden de trabajo es la instrucción final que define el trabajo que debe llevarse a cabo por el departamento de mantenimiento. Con este formato se empieza oficialmente el mantenimiento del equipo, debe tener la siguiente información:

- Número de la orden: Información acerca del número con la que se generó la orden de trabajo.
- Fecha: Necesario tener la fecha para llevar una trazabilidad en futuras órdenes.
- Equipo: Tipo de máquina a la que se le va a hacer el trabajo.
- Solicitante: Persona que hace la solicitud de trabajo al equipo
- Código interno: Código del equipo a intervenir
- Nombre del equipo: Nombre de la máquina la cual se va a hacer la solicitud de servicio.
- Descripción del trabajo que se debe realizar: Una breve descripción del trabajo que se le realizó al equipo
- Prioridad: Se describe si la orden es de emergencia, urgente, normal o programado.
- Tipo de servicio: Se describe si el tipo de servicio que se realizó fue mecánico, electrónico, eléctrico o de soldadura.
- Repuestos programados: Es necesario aclarar los repuestos que se utilizaron a la hora de hacer el trabajo para llevar un control.
- Tiempo programado: Se indica el tiempo total invertido en horas mientras se realizó el trabajo.
- Observaciones generales: Indica si la persona que ejecuto el trabajo debe hacer comentarios acerca de la máquina para tener en cuenta a intervenciones futuras.
- Técnico programado: En este campo debe firmar la persona encargada que ejecutó el trabajo.
- Revisado por: En este campo firma el operario de la maquina o el supervisor de producción.
- Cerrado por: En este campo debe firmar el jefe de mantenimiento para garantizar que el equipo quedó operando en óptimas condiciones.

6. ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA SISTEMÁTICO DE INSPECCIÓN, LUBRICACIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA.

En este capítulo habla sobre la importancia de generar programas sistemáticos cuya función va a ser la de planificar una serie de actividades convenientes para este sector de la empresa, para así lograr sustituir el mantenimiento correctivo por el preventivo.

Los programas a que se realizan son los siguientes:

- Sistema de inspección
- Sistema de lubricación
- Sistema de ajuste y limpieza

Con estos programas se va a notar una mejoría en la prevención de fallas, mitigando así las paradas de emergencia de los equipos y aumentando la disponibilidad de cada equipo involucrado en el plan. En la creación de estos sistemas se tuvieron en cuenta los sistemas y los subsistemas de las máquinas críticas de la planta principal de Tecnitankes Ingenieros.

En la creación de los cuadros que se enseñan a continuación como programa de inspección, programa de lubricación y el programa de ajuste y limpieza se tuvieron presente los cuadros de una tesis de grado. (ver bibliografía)

6.1 PROGRAMA DE INSPECCIÓN

Dentro de una empresa, la importancia de la inspección es muy significativa para preservar los equipos de manera adecuada, de esta manera se pueden detectar fallas sin la necesidad de usar tecnología muy avanzada ni recursos, es un método que evita situaciones desfavorables donde la máquina se vea afectada y buscan examinar el estado en el que se encuentran los equipos antes, durante y después de la operación.

La frecuencia con las que se determinan las inspecciones está dada de la siguiente forma:

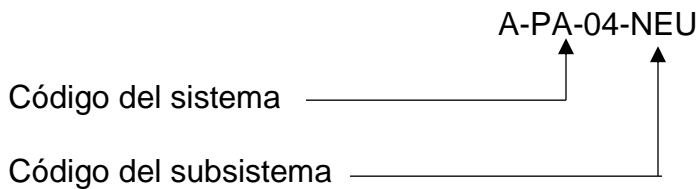
- F1, corresponde a frecuencia semanal
- F4, corresponde a frecuencia mensual
- F13, corresponde a frecuencia trimestral

- F26, corresponde a frecuencia semestral

6.1.1 Puntos clave de inspección. Estos puntos clave se definen como actividades planificadas que debe realizar la persona capacitada para dicha labor; como se indicó anteriormente estas actividades minimizan las fallas. Los puntos a los que se les debe realizar una inspección se seleccionan de cada subsistema, del equipo que represente su operatividad, con el fin de que su disponibilidad este cerca o sea del 100% y en su mayoría de casos estos puntos tienen que ser fáciles de distinguir y medir para que no sea necesaria la interrupción del proceso que esté realizando la máquina de manera normal.

El formato de Puntos clave de inspección está constituido por los siguientes conceptos:

- Subsistema: Los subsistemas tiene que ver con las demás partes de la máquina que son vitales para su funcionamiento, tenerlos en cuenta facilitan la elaboración de las rutas y la manera con la cual se va a nombrar es:



En el cuadro 26 se enseña la codificación de los subsistemas de manera más clara.

Cuadro 26. Codificación de los subsistemas

| Equipo | Subsistema | Código |
|--------------|------------|----------------|
| Pantógrafo | Neumático | A-PA-04-NEU04 |
| | Corte | A-PA-04-COR04 |
| Roladora | Hidráulico | A-RO-10-HID10 |
| | Estructura | A-RO-10-EST10 |
| Embombadora | Hidráulico | A-EM-12-HID12 |
| | Estructura | A-EM-12-EST12 |
| Pestañadora | Motriz | A-PE-13-MOT13 |
| | Hidráulico | A-PE-13-HID13 |
| Puente grúas | Motriz | A-PG1-06-MOT06 |
| | Estructura | A-PG1-06-EST06 |


Fuente: elaboración propia

- Rutas, frecuencia y tiempo: Es la ruta que debe tomar para la realización de la inspección, la frecuencia con la que se debe determinar la inspección y el tiempo que dura.

- Detalle de la inspección: Corresponde a la actividad a realizar
- Límites: Hacen referencias a los rangos en que deben estar los subconjuntos que se están inspeccionando
- Cantidad: Número de componentes que se deben inspeccionar
- Observaciones: Corresponde al instrumento con el cual es recomendable hacer la inspección requerida

En el siguiente cuadro se dan a conocer los puntos clave del pantógrafo, en el Anexo D se encuentran los puntos clave de los demás activos.

Cuadro 27. Puntos claves inspección de Pantógrafo

|  | | Puntos de inspección | | | | Fecha: Sep 20 2018 |
|---|--------------------------|----------------------|---|-------------------|----------|--|
| | | | | | | Version 01 |
| | | | | | | Pagina 1 de 1 |
| | | | | | | |
| Equipo: Pantógrafo | | | Código : A-PA-04 | | | |
| Subsistema | Ruta, frecuencia, tiempo | Item | Descripcion inspeccion | Limites | Cantidad | Observaciones |
| A-PA-04-NEU04 | R=1 F=4 T= 30 | | Verificar presion de aire adecuada | 120 psi | 1 | Utilizar presostato |
| | | | Nivel del aceite refrigerante | <1/4 del deposito | 1 | Utilizar visor de nivel |
| | | | Verificar el estado de la valvula de sobrepresion | 150 psi | 1 | Contactar personal externo |
| A-PA-04-COR04 | R=2 F=4 T= 60 | | Verificar liquido refrigerante | <1/2 del deposito | 1 | Inspeccion Visual |
| | | | Voltaje del equipo | 220 V +/- 5% | 1 | Utilizar voltmetro |
| | | | Verificar caudal del refrigerante | | 1 | Medidor de caudal que tiene la máquina |

Fuente: elaboración propia

6.1.2 Matriz de tiempos. Esta matriz organiza dichos tiempos con el fin de distribuir de manera adecuada los puntos clave de inspección y así determinar las rutas de forma más ordenada.

Conforme pasa el tiempo, este método puede ser modificado ya que puede cambiar el entorno del proceso; es decir, los equipos pueden ser ajustados, pueden ser cambiados por equipos nuevos o simplemente cambiarán las variables a la hora de realizar una inspección debido al deterioro del equipo. Estos se distribuyeron por las semanas en un año, respaldando la ejecución de los puntos clave de inspección; a continuación, se muestra la matriz de distribución de tiempos en el cuadro 28.

Cuadro 28. Matriz distribución de tiempos


| Distribución de tiempos | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Subsistema | F1 | F4 | F13 | F26 |
| A-PA-04-NEU04 | | 30 | | |
| A-PA-04-COR04 | | 60 | | |
| | | | | |
| A-RO-10-EST10 | | | 30 | |
| A-RO-10-HID10 | | 30 | | |
| | | | | |
| A-EM-12-HID12 | | 30 | | |
| A-EM-12-EST12 | | | | 180 |
| | | | | |
| A-PE-13-MOT13 | | | 60 | |
| A-PE-13-HID13 | | 30 | | |
| | | | | |
| A-PG1-06-MOT06 | | 30 | | |
| A-PG1-06-EST06 | | | 120 | |
| Total tiempo en minutos | | 210 | 210 | 180 |
| | 600 | | | |

Fuente: elaboración propia

6.1.3 Rutas de inspección. Una ruta de inspección se centraliza sobre una parte del sistema específico con el fin de identificar su estado real comparando sus variables de forma visual o utilizando alguna herramienta especial para así poder realizar un diagnóstico adecuado de los mecanismos; en la empresa Tecnitankes Ingenieros se realizó un total de 10 rutas de inspección para el área de producción donde se encuentran los equipos críticos.

Las inspecciones realizadas a los subsistemas de cada equipo conforman un proceso importante en la detección de fallas, en el Anexo E se encuentran las demás rutas de inspección.

Cuadro 29. Rutas de inspección pantógrafo

|  | | Ruta de inspección No 1 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 | |
|---|---------------|---|-------------------|------------|--|--|
| | | Frecuencia: F4 | Tiempo: 30 | Pag 1 de 1 | | |
| | | | | | | |
| EQUIPO | SISTEMA | DESCRIPCIÓN INSPECCION | LIMITES | CANTIDAD | OBSERVACIONES | |
| Pantografo | A-PA-04-NEU04 | Verificar presion de aire adecuada | 120 psi | 1 | Utilizar presostato | |
| | | Nivel del aceite refrigerante | <1/4 del deposito | 1 | Utilizar visor de nivel | |
| | | Verificar el estado de la valvula de sobrepresion | 150 psi | 1 | Contactar personal externo | |

Fuente: elaboración propia

6.2 PROGRAMA DE LUBRICACIÓN

La tribología es una ciencia encargada básicamente de estudiar la fricción, desgaste y lubricación⁸ de dos superficies en movimiento; abarca diferentes ramas de la ciencia como química, mecánica, física, entre otras; este fenómeno puede ser representado por varios factores como, desgaste por adherencia, abrasión, corrosión o fatiga.

Para definir un lubricante se puede decir que es una sustancia especial que se ubica entre dos piezas en contacto para evitar su desgaste cuando se encuentren en movimiento; existen muchos tipos de lubricantes de los cuales los más destacados son:

- Líquidos: En este grupo se ubican los distintos tipos de aceites de lubricación ya sean fabricados con base mineral o sintética
- Semisólidos: Conocidos popularmente con el nombre de grasas son lubricantes muy densos compuestos principalmente por aceites, un agente espesante y aditivos
- Sólidos: Son más habituales de lo que se piensa y están fabricados por algunos materiales cuya composición a nivel molecular ofrece una resistencia mínima y pueden ser añadidos a las piezas para permitir movimiento sin el aporte de un lubricante líquido o semisólido.

Un lubricante no necesariamente tiene como función reducir la fricción entre dos superficies en contacto como se afirmó anteriormente, también está dentro de sus propiedades servir a su vez de sellante y refrigerante para que las piezas lubricadas trabajen a una temperatura adecuada y se mejore así su rendimiento.


⁸ LOSADA, Carlos. RODRIGUEZ, José. Tribología y lubricación en ensayo de banco. Ciencia Ergo Sum. Toluca, México. 2001. 3 p

Dentro de la planta principal y en una inspección al proceso de producción y las maquinas críticas, se evidencio junto con el operario y la persona de mantenimiento, que no existen frecuencias dadas a la hora de hacer esta actividad, así como también se notó que no existe una claridad para las cantidades de lubricante a aplicar. Por esta razón y debido a que es una tarea importante para el correcto funcionamiento de los equipos se crearon puntos clave de inspección con el fin de complementar estas actividades y agrupar criterios en cuanto a las cantidades necesarias de lubricante y frecuencias necesarias.

Para las actividades donde es primordial el uso de grasa, ésta se debe aplicar con una grasera de tipo manual, que es la más común y más fácil para usar, las frecuencias se determinaron de acuerdo con las condiciones de trabajo de cada equipo ya que depende en su mayoría del tipo de trabajo que esté realizando para determinar qué clase de lubricante requiere. De igual forma se crearon cartas de lubricación en donde se puede apreciar que tipo de lubricante se puede aplicar, así como las características principales del mismo.

En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo del formato de puntos clave de lubricación, en el anexo F se enseñan los formatos para los demás equipos.





Cuadro 30. Puntos de Lubricación Pestañadora.

|  TECNITANQUES <small>GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT</small> | | | Puntos de lubricación | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------------|------|----------------------------|------------|--------------------|--------------------------|
| | | | | | Version 01 | |
| | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Pestañadora | | | Código: A-PE-13 | | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion |
| Motriz (MOT-13) | R=1 F=1 T=10 | 1 | Rodamiento eje pincipal | 20 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion |
| | | 2 | Engranajes motor electrico | 150 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion |
| | | 3 | Rodamientos de las bolas | 20 gramos | 5 | Ver carta de lubricacion |

Fuente: elaboración propia

La carta de lubricación es un documento de consulta en donde se ubica la mayor información acerca de las grasas y aceites requeridos para la respectiva lubricación de las partes mencionadas en los putos de lubricación de cada una de las máquinas, el objetivo de esta carta es mostrar los puntos que necesitan ser lubricados. (ver cuadro 31).

Cuadro 31. Carta de lubricación Pestañadora

| | | | | |
|--|---|---|----------------|--------------------|
|  | Carta de lubricación | | | Fecha: Oct 19 2018 |
| | | | | Version 01 |
| | | | | Pag 1 de 1 |
| | | | | |
| Equipo: Pestañadora | Código: A-PE-13 | | | |
| Lubricante usado | Lubricante Recomendado | Puntos de aplicación | Metodo | |
| Grasa de Litio Multiproposito | Grasa de Litio Multiproposito | 1. Rodamientos de las bolas 2. Engranajes motor electrico 3. Rodamiento eje principal | Grasera Manual | |
| Puntos de lubricacion: | | | | |
|  |  |  | | |

Fuente: elaboración propia

En las cartas de lubricación es muy importante mantener actualizada la información dependiendo de los cambios que existan, ya sea el cambio en el tipo de lubricante que se aplica; las demás cartas de lubricación de las máquinas se pueden observar en el Anexo G.

6.2.1 Matriz de tiempos para el programa de lubricación. Esta matriz organiza dichos tiempos con el fin de distribuir de manera adecuada los puntos clave de lubricación y así determinar las rutas de forma más ordenada.


Cuadro 32. Matriz Distribución de tiempos lubricación

| Distribución de tiempos | | | | |
|-------------------------|----|----|-----|-----|
| Subsistema | F1 | F4 | F13 | F26 |
| A-PA-04-NEU04 | 10 | | | |
| A-PA-04-COR04 | 10 | | | |
| | | | | |
| A-RO-10-EST10 | 10 | | | |
| A-RO-10-HID10 | | | | |
| | | | | |
| A-EM-12-HID12 | | | | |
| A-EM-12-EST12 | 10 | | | |
| | | | | |
| A-PE-13-MOT13 | 10 | | | |
| A-PE-13-HID13 | | | | |
| | | | | |
| A-PG1-06-MOT06 | 10 | | | |
| A-PG1-06-EST06 | 10 | | | |
| Total tiempo en minutos | 70 | | | |
| | | 70 | | |

Fuente: elaboración propia

6.2.2 Rutas de Lubricación. Es muy similar a las rutas de inspección mostradas anteriormente, este formato muestra un resumen de las actividades a realizar en los subsistemas de los equipos, es necesario aclarar que solo existe una ruta de lubricación puesto que la frecuencia de ésta es semanal, los números señalados en rojo hacen referencia a que esa semana la máquina es intervenida.

Cuadro 33. Ruta de lubricación.

|  | | Ruta de lubricacion 1 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 |
|---|---------------------|------------------------------------|------------------------|------------|--|
| | | Frecuencia 1 | Tiempo: 00:50 horas | Pag 1 de 1 | |
| Equipo | Subsistema | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion |
| Roladora | Estructura (EST-10) | Engrasar Bujes | 20 gramos | 6 | Ver carta de lubricacion |
| Pantografo | Corte (COR-04) | Lubricar carro transversal | 30 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion |
| | | Lubricar eje de motor electrico | 50 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion |
| Embombadora | Estructura (EST-12) | Engrase de brazo soporte | 30 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion |
| Pestañadora | Motriz (MOT-13) | Rodamiento eje pincipal | 20 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion |
| | | Engranajes motor electrico | 150 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion |
| | | Rodamientos de las bolas | 20 gramos | 5 | Ver carta de lubricacion |
| Puente gras | Estructura (EST-06) | Engrasar tambor | 200 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion |
| | | Lubricar guaya | 30 gramos | 2 | Ver carta de lubricacion |
| | | Engrasar ruedas de carros testeros | 30 gramos | 4 | Ver carta de lubricacion |

Fuente: elaboración propia

6.3 PROGRAMA DE AJUSTE Y LIMPIEZA

La falta de ajuste en las máquinas tiende a generar algún tipo de falla conforme pasa el tiempo, este tipo de fallas es fácil detectarlas porque en la mayoría de casos se presenta en forma de ruido, calor o exceso de vibración en los equipos.

Otra causa de falla a tener en cuenta es la limpieza de los equipos, ya que, dentro de la planta de producción de la empresa, el ambiente de polución es muy elevado debido a los humos de soldadura que se desprenden del proceso de prefabricado, a su vez el material particulado del chorro de limpieza por sand blasting junto con el desprendimiento de material con la pulidora ayudan a crear una atmósfera crítica dentro de la planta.

Las máquinas están expuestas diariamente a este tipo de ambiente, por consiguiente, es necesario tener un plan adecuado de ajuste y limpieza para enfrentar esta situación que se viene presentando y así ayudar a la conservación de las máquinas.

La actividad consiste en eliminar todos los depósitos de polvo que se puedan concentrar dentro de un equipo, utilizando en medida de lo posible, un soplador, esta actividad es recomendado realizarla una vez por semana a cada equipo, complementándola con algún tipo de desinfectante, desengrasante o agua donde sea posible y no genere riesgo en las zonas más sucias; para el ajuste de los tornillos se debe emplear una herramienta llamada torquímetro (ver imagen 31) , éste torque se da en unidades de Lb/Ft (Libras pie) dependiendo de la dimensión de cada tornillo.


Imagen 31. Torquímetro



Fuente: Disponible en: [www. Demaquinasyherramientas.com](http://www.Demaquinasyherramientas.com)

A continuación, se enseña el formato de ajuste y limpieza para la mesa de corte o pantógrafo. En el Anexo H se encuentran los demás formatos de ajuste y limpieza de las otras máquinas.

Cuadro 34. Puntos clave de ajuste y limpieza Pantógrafo

|  | | Puntos clave de ajuste y limpieza | | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------|-----------------------------------|--|----------|--------------------|-----------------|
| | | | | | Version 01 | |
| | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Pantógrafo | | | Código: A-PA-04 | | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion |
| A-PA-04-NEU04 | R=1 F=1 T=20 | 1 | Ajuste de tornillos soporte de mesa 1/2" | 60 lb/ft | 4 | usar llave 3/4" |
| | | 2 | Ajuste de tornillos de fijacion de cremallera 1/4" | 7 lb/ft | 24 | usar llave 3/8" |
| | | 3 | Ajuste de tornillo de fijacion de antorcha 5/16" | 14 lb/ft | 2 | usar llave 1/2" |
| A-PA-04-COR04 | R=1 F=1 T=20 | 1 | Ajuste de tornillos de bridas de rieles 3/8" | 25 lb/ft | 26 | usar llave 5/8" |
| | | 2 | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |

Fuente: elaboración propia

6.3.1 Matriz de tiempos para el programa de ajuste y limpieza. Como las matrices realizadas en los anteriores formatos, consisten en organizar los tiempos del programa tiempos con el fin de distribuir de manera adecuada los puntos clave de ajuste y limpieza y así determinar las rutas de forma más ordenada.


Cuadro 35. Matriz distribución de tiempos ajuste y limpieza

| Distribución de tiempos | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Subsistema | F1 | F4 | F13 | F26 |
| A-PA-04-NEU04 | 20 | | | |
| A-PA-04-COR04 | 20 | | | |
| | | | | |
| A-RO-10-EST10 | 20 | | | |
| A-RO-10-HID10 | | | | |
| | | | | |
| A-EM-12-HID12 | | | | |
| A-EM-12-EST12 | 20 | | | |
| | | | | |
| A-PE-13-MOT13 | 20 | | | |
| A-PE-13-HID13 | | | | |
| | | | | |
| A-PG1-06-MOT06 | | | | |
| A-PG1-06-EST06 | 20 | | | |
| | | | | |
| Total tiempo en minutos | 120 | | | |
| | | 120 | | |

Fuente: elaboración propia

6.3.2 Ruta de ajuste y limpieza. Conforme se hicieron las rutas para la inspección y lubricación, también es correcto hacerlo para el ajuste y limpieza con la idea de brindar el resumen de las actividades a realizar.

Cuadro 36. Ruta de ajuste y limpieza

|  | | Ruta de ajuste y limpieza 1 | | | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 |
|---|----------------|---|--------------|------------|---|
| | | Frecuencia 1 | Tiempo: 1:00 | Pag 1 de 1 | 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 |
| Equipo | Subsistema | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion |
| Pantográfico | A-PA-04-NEU04 | Ajuste de tornillos soporte de mesa 1/2" | 60 lb/ft | 4 | usar llave 3/4" |
| | | Ajuste de tornillos de fijacion de cremallera 1/4" | 7 lb/ft | 24 | usar llave 3/8" |
| | | Ajuste de tornillo de fijacion de antorcha 5/16" | 14 lb/ft | 2 | usar llave 1/2" |
| | A-PA-04-COR04 | Ajuste de tornillos de bridas de rieles 3/8" | 25 lb/ft | 26 | usar llave 5/8" |
| | | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |
| Roladora | A-RO-10-EST10 | Ajuste de tornillos de eje central 1" | 466 lb/ft | 20 | usar llave de 1-13/16" |
| | | Ajuste de tornillos de estructura 5/8" | 120 lb/ft | 8 | usar llave 7/8" |
| | | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |
| Embombadora | A-EM-12-EST12 | Ajuste de tornillo anclaje de mesa 1-1/2" | 526 lb/ft | 8 | usar llave 1- 3/4" |
| | | Ajuste de tornillos de anclaje de dispositivos 5/8" | 120 lb/ft | 16 | usar llave 7/8" |
| | | Ajuste de tapa de piston 5/8" | 120 lb/ft | 22 | usar llave 7/8" |
| | | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |
| Pestañadora | A-PE-13-MOT13 | Ajuste de tornillos de viga de posicionamiento 1-1/2" | 526 lb/ft | 12 | usar llave 1 - 3/4" |
| | | Ajuste de tornillos de eje rotatorio 5/16" | 14 lb/ft | 4 | usar llave 1/2" |
| | | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |
| Puente gruas | A-PG1-06-EST06 | Ajuste de tornillos de viga a testeros 1" | 466 lb/ft | 20 | usar llave 1-13/16" |
| | | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |

Fuente: elaboración propia

7. PLAN DE EJECUCIÓN PREVENTIVA PROGRAMADA

Dentro de un plan de mantenimiento es adecuado contar con un plan de ejecución preventiva programada para los equipos, en este capítulo se tienen en cuenta los equipos críticos.

Este plan se realiza una vez se haya determinado si es necesario intervenir en los equipos a través de una inspección previa, esto ayuda a saber qué hacer en el momento determinado o caso fortuito que se presente una falla en una máquina.

7.1 INSPECCIÓN PREOPERACIONAL.

La inspección pre operacional comprende todo un proceso sistemático el cual se debe seguir rigurosamente con el fin de no dejar nada a la deriva, esta inspección se realiza orientándose en primer lugar a la revisión de equipos y maquinarias con un objetivo principal que es el de prevenir daños y accidentes que puedan ocasionar pérdidas materiales e inclusive vidas humanas. Los propósitos de la inspección pre operacional son:

- Identificar problemas potenciales
- Identificar las deficiencias de los equipos
- Identificar acciones inapropiadas de los trabajadores

Una inspección pre operacional se debe realizar con todas las medidas y normas que la empresa exija para tener un conocimiento del estado del equipo y sus componentes para identificar fallas, fisuras y fugas.

7.2 PROGRAMACIÓN DE REPARACIONES.

Actualmente en la planta existen tres reparaciones correctivas fundamentales que tienen que ser intervenidas las cuales son:

- Reparación 1: Motor de polipasto de puente grúa número 1.
- Reparación2: Fuga de aceite hidráulico en cilindro de la roladora
- Reparación 3: Nivelación de mesa de corte pantógrafo

En la reparación 1 el motor del polipasto el cual es el encargado de subir y bajar la carga sufrió un daño por lo que no enciende ni da señales de funcionamiento al medirlo con los instrumentos eléctricos.

La reparación 2 es una fuga que presenta en la roladora exactamente en el cilindro generando así un desperdicio de aceite hidráulico y ocasionando riesgo de accidentes locativos puesto que el aceite se alcanza a extender por gran parte de la planta.

La reparación 3 es la nivelación de la mesa de corte ya que debido a que es una máquina de precisión posee tolerancias muy mínimas y al desnivelarse provoca que los corte no sean precisos.

7.2.1 Recursos. Los recursos para estas actividades incluyen mano de obra tanto interna como externa como se ve en la siguiente imagen.

Imagen 32. Recursos para la reparación

| Recursos | | | | |
|-------------------------|--------|-------------|------------|-----------|
| Reparacion 1 | | | | |
| Descripcion | Unidad | Cantidad | V / Unidad | Total |
| Tecnico de mantenimient | H-H | 24 | \$3.906 | \$93.744 |
| Embobinada del motor | Unidad | 1 | \$300.000 | \$300.000 |
| Reparacion 2 | | | | |
| Descripcion | Unidad | Cantidad | V / Unidad | Total |
| Tecnico de mantenimient | H-H | 16 | \$3.096 | \$49.536 |
| Cambio de cilindro | Unidad | 1 | \$700.000 | \$700.000 |
| Aceite hidraulico | Galon | 2 | \$40.000 | \$80.000 |
| Reparacion 3 | | | | |
| Descripcion | Unidad | Cantidad | V / Unidad | Total |
| Cemento | Bulto | 1 | \$17.000 | \$17.000 |
| Auxiliar civil | H-H | 16 | \$3.096 | \$49.536 |
| Tecnico Mantenimiento | H-H | 16 | \$3.096 | \$49.536 |
| Total de recursos | | \$1.339.352 | | |

Fuente: elaboración propia

En los recursos se agregaron aspectos como la embobinada del motor ya que este motor está quemado, el cambio de cilindro de la roladora para evitar así la fuga de aceite y un bulto de cemento puesto que para la nivelación de la mesa de corte se van a hacer una serie de base en las patas para así mantener la máquina a nivel. Es necesario aclarar que la nivelación de la mesa de corte no solo se va a hacer con las bases, si no que se va a alinear con láminas metálicas y tornillos de ajuste.

7.2.2 Repuestos

Para realizar estas reparaciones algunos repuestos requeridos lo son:

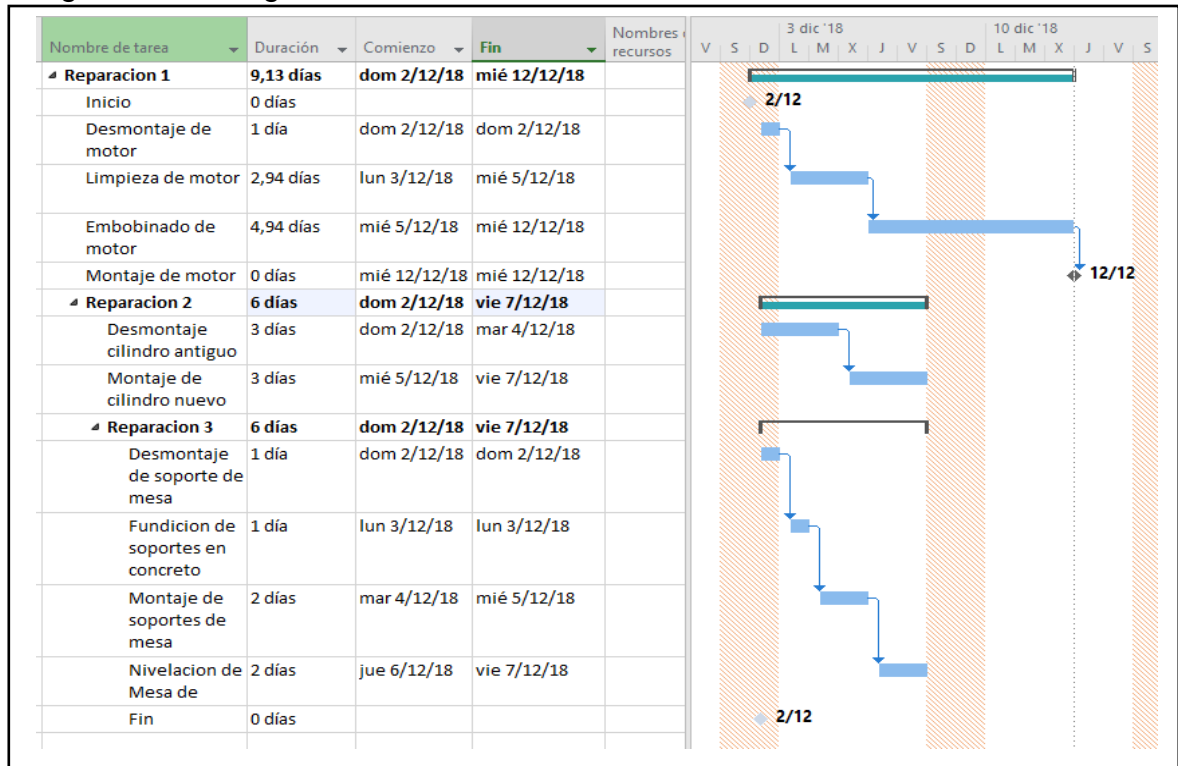
- Escobillas para el motor

- Empaques O-ring para evitar fuga en el cilindro de la roladora
- Tornillos Allen de 3/16" (pulgadas) para la nivelación de la mesa de corte
- Aceite hidráulico Hidra 68 para la roladora

7.2.3 Fechas. Estas reparaciones se tienen contempladas para realizar un día en el que el personal de mantenimiento tenga a su disposición todo el espacio y tiempo sin ninguna interrupción, por esta razón el día más viable es un domingo ya que las maquinas no se encuentran en funcionamiento por lo que la producción no se vería afectada.

7.2.4 Cronograma. A continuación, se muestra un cronograma donde se programan los tiempos de duración de cada actividad y se muestra un resumen general de las reparaciones 1 2 y 3 que se deben realizar en Tecnitangues Ingenieros actualmente.

Imagen 33. Cronograma



Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el cronograma la reparación 1 tendrá una duración de casi 10 días, la reparación 2 se ejecutará en 6 días y la reparación 3 se realizará en 6 días.

8. ANÁLISIS DE REPUESTOS

En este capítulo se va a diagnosticar qué tipo de repuestos son los que se necesitan con mayor frecuencia para así disponer de ellos cuando la situación lo amerite, una gran ventaja es que la empresa cuenta con un almacén dentro de la planta principal y tiene un stock de repuestos que puede suplir en la mayoría de los casos con los repuestos o consumibles que se necesiten.

Inicialmente no es necesario tener todos los repuestos en el almacén, pero si es de gran importancia tener información clara con respecto a los proveedores y repuestos más utilizados por máquina para que de cierta manera los repuestos tengan una rotación adecuada y no se mantengan guardados por una gran cantidad de tiempo de tal forma que se puedan tener siempre a la mano en caso de una falla y así poder disminuir los costos del mantenimiento y el tiempo de parada de un activo.

8.1 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS

Los repuestos se clasifican⁹ en función de su responsabilidad dentro del equipo y en función de mantenerlo en stock permanente en planta, por esto existen estas 6 categorías:

- Piezas sometidas a desgaste (A): Se consideran como todas aquellas piezas que están dispuestas a abrasión y desgaste tales como cojinetes, casquillos o juntas.
- Consumibles (B): Son aquellos elementos cuya vida útil es inferior a un año (8.000 horas de uso), con una vida fácilmente predecible y de bajo costo. Generalmente se sustituyen sin esperar a que den síntomas de mal estado, los consumibles más utilizados son: Filtros, lubricantes, discos de ruptura, material de limpieza, ánodos de sacrificio, escobillas, entre otros.
- Elementos de regulación y mando mecánico (C): Son esos elementos que comandan la acción, es decir, controlan procesos y el funcionamiento de la instalación: válvulas, muelles, cigüeñales. Cumplen una función en específico y generalmente fallan por fatiga
- Piezas Móviles (D): Son piezas diseñadas para transmitir movimientos dentro del equipo, generalmente fallan por fatiga. Son: engranajes, ejes, correas, cadenas, entre otros
- Componentes electrónicos (E): Este tipo de componente habitualmente falla por calentamiento, cortocircuito o sobretensión y sus causas son por condiciones de

⁹ GARCIA GARRIDO. Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. España. Ed. Días de santos, 2004. 120 p

trabajo distintas a las que fue diseñado provocando un funcionamiento anormal del equipo.

- Piezas estructurales (F): Difícilmente fallan debido a que trabajan en condiciones inferiores a las que fueron diseñadas.

Cuando está en función de la necesidad de mantenerlo en stock¹⁰ se pueden dividir las piezas en 3 categorías:

- Repuesto A. Son todas aquellas piezas que es necesario mantenerlas en stock en planta ya que si por algún motivo no se cuenta con alguna esto podría generar un gran impacto en la producción.
- Repuesto B. Piezas que es necesario tener localizadas, con proveedor, teléfono y tiempos de entrega.
- Repuesto C. Son aquellos repuestos que no trascienden en el desarrollo normal de la producción y por lo tanto no es necesario mantenerlos en stock en la planta.

Desde el punto de vista de la compra¹¹, el material se divide en 3 tipos:

- Pieza estándar: Es la pieza que incorpora el fabricante y que puede ser comprada a varios proveedores
- Pieza específica del fabricante o la máquina. Es aquella pieza que fue diseñada exclusivamente por el fabricante y por consiguiente es necesario contactarlo para su aprovisionamiento
- Pieza específica a medida: Es la pieza diseñada a una máquina, que se puede fabricar bajo plano y por lo tanto puede ser construida por cualquier taller especializado.

Se tienen ciertos aspectos para la selección de un repuesto en stock: la criticidad de las máquinas, por ejemplo, a su vez el uso frecuente tras una serie de fallas presentadas, el tiempo de entrega con los proveedores puesto que algunas piezas se pueden obtener de inmediato, pero otras donde se puede demorar más tiempo, el costo de la pieza ya que es un factor muy importante y lo primordial sería obtener esa pieza al menor costo.

A continuación, se da a conocer un ejemplo sobre el análisis de consumo de repuestos de las máquinas críticas de Tecnitiques

¹⁰ GARCIA GARRIDO. Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. España. Ed. Días de santos, 2004. 121 p

¹¹ Ibíd 121 p

Cuadro 37. Consumo de repuestos.

| Cod. Maquina | Repuestos | Frecuencia de consumo | Costo de repuestos C/U | Clasificación | Tiempo de entrega |
|--------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---------------|-------------------|
| A-PA-04 | Nozzle | Cada 4.000 disparos | 40.000 | A | 1 semana |
| | Electrodo | Cada 4.000 disparos | 62.000 | A | 1 semana |
| | Shield | 3 meses | 158.000 | A | 1 semana |
| | Cabezal | 3 meses | 80.000 | A | 1 semana |
| | Water tube | 6 meses | 100.000 | A | 2 semanas |
| A-RO-10 | Aceite hidráulico | Cada 6 meses | 500.000 | B | 3 días |
| | Empaques O-rings | mensual | 60.000 | A | Inmediato |
| | Relevos | mensual | 7.500 | B | Inmediato |
| A-PE-13 | Empaques O-rings | mensual | 20.000 | A | Inmediato |
| | Guarda Motores | Cada 6 meses | 600.000 | B | 2 semanas |
| | Aceite hidráulico | Cada 6 meses | 500.000 | B | 3 días |
| | Grasa | semanal | 7.000 | A | Inmediato |
| A-EM 12 | Empaques O-rings | mensual | 20.000 | A | Inmediato |
| | Filtros | Cada 500 horas | 20.000 | A | 1 día |
| | Aceite hidráulico | Cada 6 meses | 500.000 | B | 3 días |
| | Presostato | Cada 6 meses | 200.000 | C | 3 días |
| A-PG1-6 | Rodamientos | 1 año | 30.000 | C | 1 semana |
| | Retenedores de motor | 6 meses | 20.000 | B | 1 semana |
| | Aceite Valvulina | 6 meses | 50.000 | B | Inmediato |

Fuente: elaboración propia

8.2 ALMACENAMIENTO DE REPUESTOS

En la distribución anterior del tipo de repuestos, se entiende que el repuesto tipo A es el que debe mantener en stock en la planta, pueden ser de una gran rotación, así como piezas estándar, en el cuadro siguiente se enseñan los repuestos que la empresa debe tener en stock en la planta para no afectar en rendimiento de la producción y así poder sobrellevar una parada de una máquina en caso de que esta ocurra.

Cuadro 38. Repuestos en almacén

| Repuesto | Cantidad | Aplicación |
|----------------------|----------|--|
| Nozzle | 5 | Es una boquilla que trabaja junto con el electrodo cuando hace el disparo |
| Electrodo | 5 | Controla la energía de corte para que haga el arco suficiente |
| Shield | 5 | Es el escudo que protege la boquilla para que no se golpee directamente. |
| Empaques O-ring | 100 | Empaques utilizados en el sistema hidráulico para evitar goteos y posibles fugas de aceite |
| Rodamiento Skf 80205 | 4 | Para uso general en las distintas maquinas. |
| Filtros | 5 | Repuesto utilizado para limpiar el aceite e impedir que pasen impurezas que puedan taponar o afectar el mecanismo. |

Fuente: elaboración propia

8.3 LUBRICANTES Y FLUIDOS

Para que las máquinas y los subsistemas que las componen tengan un mayor funcionamiento, es vital la correcta lubricación de estos, así como también tener un suministro de lubricantes y grasas dentro de la empresa adecuados para cada equipo.

En el siguiente cuadro se muestra los tipos de lubricantes que más se manejan para las maquinas en la planta de Tecnitiques.

Cuadro 39. Lubricantes necesarios

| Nombre de consumible | Característica | Cantidad/año | Unidad | Valor Unitario | Total |
|----------------------|----------------|--------------|--------|----------------|---------|
| Grasa de litio | EP 2 | 8 | Kg | 28.000 | 224.000 |
| Grafito de Molibdeno | CRC | 1 | Galón | 65.000 | 65.000 |
| Aceite Lubricante | Hidra 68 | 10 | Galón | 40.000 | 400.000 |
| Lubricante valvulina | AE 140- Shell | 1 | Galón | 70.000 | 70.000 |

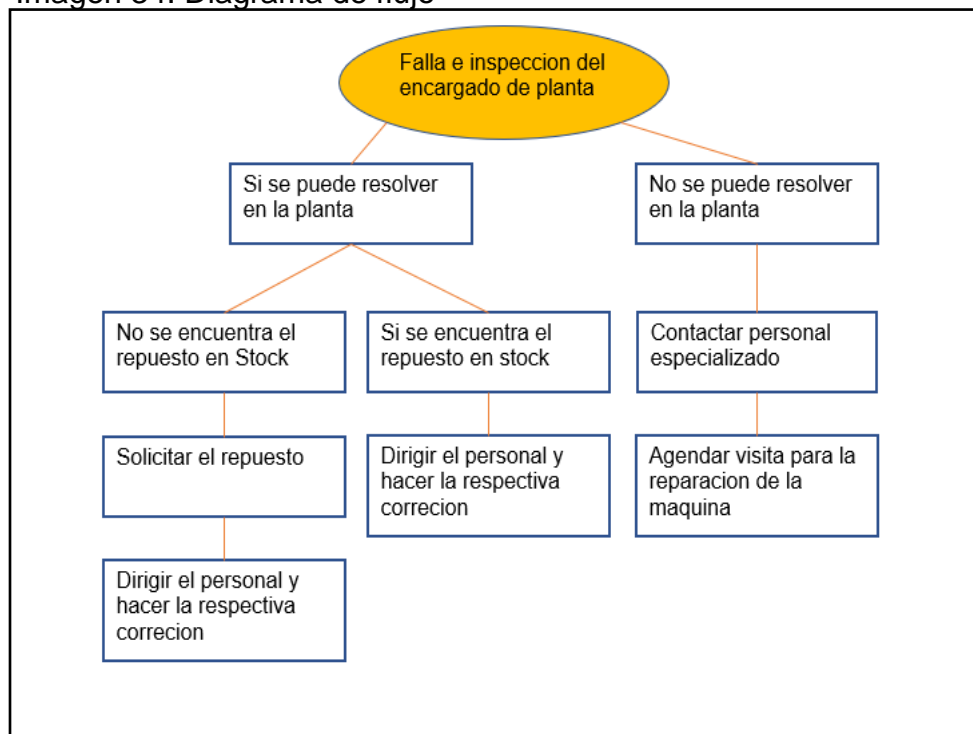
Fuente: elaboración propia

8.4 ADQUISICIÓN DE REPUESTOS

Cuando la máquina presenta una parada, los técnicos de mantenimiento comunican al supervisor o jefe de producción la falla y el tiempo aproximado que va a permanecer la máquina en arreglo, después se dirigen donde el jefe de mantenimiento a evaluar si la falla se puede solucionar dentro de la planta o si es necesario usar personal externo.

Si la falla se puede corregir con el personal de mantenimiento entonces mediante una requisición de compra ordena el repuesto, si es necesario contratar a terceros entonces este debe realizar la solicitud con previa autorización.

Imagen 34. Diagrama de flujo



Fuente: elaboración propia

8.5 PROVEEDORES

En caso de presentarse una situación en donde sea necesario realizar un mantenimiento correctivo o en su defecto preventivo y además no se tenga el repuesto a la mano, la empresa cuenta con una serie de proveedores.

Gutemberto es el proveedor de la mayoría de tornillería que se necesite, Ser Welder ofrece servicios a máquinas de corte, equipos de soldadura e Hypertherm que vende la mayoría de consumibles para el pantógrafo.

9. ANALISIS SOBRE LAS CONIDICIONES DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL.

En este capítulo se analiza las directrices para realización de actividades que impliquen riesgo mecánico, de manera que se garantice no solo su adecuada ejecución, sino también la salud y seguridad de los trabajadores; la aplicación de este programa incluye el desarrollo de actividades en planta o proyectos las cuales se ejecuten trabajos mecánicos es decir movimiento constante de componentes.

Algunos de los objetivos a alcanzar son:

- Identificar los riesgos de las diferentes actividades que incluyan riesgo mecánico, eléctrico, químico y ambiental.
- Establecer medidas preventivas tendientes a minimizar los riesgos identificados.
- Establecer los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades de manera segura.

9.1 RIESGO MECÁNICO

Se denomina riesgo mecánico¹² al conjunto de factores físicos que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos.

Las formas elementales del peligro mecánico son principalmente:

- Aplastamiento.
- Cizallamiento.
- Corte.
- Enganche.
- Atrapamiento.
- Arrastre.
- Impacto.

¹² MARQUEZ, Julio Cesar. Riesgo Mecánico Control de procesos del sector de alimentos. ARP Sura. 2012. 12 p

- Perforación
- Punzonamiento.
- Fricción o abrasión.
- Proyección de sólidos.

La ejecución de trabajos que implican riesgo mecánico comprende entre otras las siguientes actividades:

- Manejo de máquinas y herramientas, puente grúa, pantógrafo, dobladora, roladora, esmeriladora, pulidora
- Actividades de mantenimiento locativo, que incluyen aquellas actividades de arreglo locativo realizadas que manejen equipos y herramientas.
- Actividad de cargue de vehículos la cual aplica cuando se ejecute el cargue con maquinaria y equipos

9.2 RIESGO ELÉCTRICO

Según la Guía Técnica Colombiana 45 GTC, el factor de riesgo eléctrico se refiere a los sistemas eléctricos de las máquinas, los equipos que al entrar en contacto con las personas o las instalaciones y materiales que pueden provocar lesiones a las personas y daños a la propiedad.¹³

Los principales efectos por riesgo eléctrico en las personas son los siguientes:

- Efectos físicos. Si la corriente circula por la cabeza, tiene efectos de tipo nervioso que afectan el sistema respiratorio y circulatorio.
- Efectos químicos. Además, existen efectos químicos ya que la corriente produce electrolisis en las células provocando concentraciones acidas.
- Efectos caloríficos. Debido a que el cuerpo humano tiene resistencia eléctrica, cuando es atravesado por una corriente intensa hace que se caliente provocando quemaduras severas.

¹³ HENAO ROBLEDO, Fernando. Riesgos Eléctricos y Mecánicos. Segunda edición, 2014. 3 p

La gravedad del accidente depende del recorrido de la corriente a través del cuerpo. Una trayectoria de mayor longitud va a tener mayor resistencia y por tanto menor intensidad; sin embargo, puede atravesar órganos vitales (corazón, pulmones, hígado) provocando lesiones mucho más graves.

9.3 RIESGO AMBIENTAL

Se denomina riesgo ambiental a la posibilidad de que por forma natural o por acción humana se produzca daño en el medio ambiente. Sin embargo, desde la perspectiva ISO 14001:2015, el riesgo se define como un efecto de incertidumbre, por lo que implica tanto efectos potenciales negativos como positivos, es decir amenazas y oportunidades.¹⁴

Las fuentes de peligro que se deben tener en cuenta están relacionadas con:

- Elementos externos a la instalación. Como estructura de la fábrica, fuentes de gas, agua o electricidad.
- Naturales. Tanto físicos como tornados, erupciones, maremotos, terremotos y biológicos como proliferación de plagas.

9.4 ACTIVIDADES PARA GARANTIZAR LA APTITUD LABORAL

Comprende actividades de verificación de aptitud para el desarrollo de trabajos con riesgo mecánico:

9.4.1 Aptitud médica: Todo personal que va a desarrollar trabajos en tecnitanques cuenta con el concepto de aptitud laboral, emitida por profesional médico especialista en salud ocupacional y realizada con base en el profesiograma de tecnitanques ingenieros. De igual manera se deben verificar las condiciones de salud del trabajador en el momento previo a la realización de los trabajos, esta verificación incluye toma de tensión arterial, prueba de alcoholimetría (ver imagen 35).

¹⁴ Tomado de: <https://www.nueva-iso-14001.com>

Imagen 35. Aptitud medica



Fuente: elaboración propia

9.4.2 Competencia: Toda persona que va a desarrollar trabajo con manejo de máquinas y herramientas debe contar con la competencia establecida de acuerdo con el manual de funciones, perfiles y competencias y se verifican de acuerdo a lo establecido en el procedimiento de talento humano, de igual manera se complementa con el programa de formación y preparación interno.

9.5 PERMISOS DE TRABAJO SEGURO

En la empresa es necesario tener un procedimiento de permisos de trabajo seguro para garantizar la vida de los trabajadores, por esta razón es responsabilidad de los gerentes implementar acciones correctivas, preventivas y de mejora, relacionadas con el sistema de permisos de trabajo en su área de responsabilidad, así como los jefes y coordinadores HSE el de establecer los criterios del sistema de permisos de trabajo y certificados anexos de acuerdo a las necesidades de la compañía.

Se requiere permiso de trabajo en las siguientes situaciones:

- Todo trabajo que se desarrolle en áreas de construcción, proceso, industriales o de mantenimiento debe tener un permiso de trabajo el cual puede estar acorde a criterios definidos por el jefe de seguridad y salud ocupacional.
- Toda actividad que implique trabajos con excavaciones, espacios confinados, alturas y aislamiento o bloqueo de energía.

Cuando se ha definido claramente que se requiere permiso de trabajo para una actividad en concreto se debe establecer en primer lugar el tipo de permiso requerido como se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8. Tipos de permiso requeridos

| | |
|------------------------|---|
| Alturas | Labor que se realiza a una altura por encima de 1,5 metros sobre el nivel de trabajo (aplica también en caso de excavación con una profundidad mayor de 1,5 metros) |
| Excavación | Labores donde los trabajadores ingresen a una excavación con una profundidad mayor de 70 centímetros del nivel normal del suelo (debido al riesgo de atrapamiento) |
| Aislamiento de energía | Trabajos de inspección, mantenimiento o atención de emergencias que requieren bloqueo y cierre de energía |
| Espacios confinados | Trabajos de inspección o mantenimiento en donde es difícil el acceso tanto como para entrar y salir |

Fuente: TECNITANQUES con base en: Departamento HSEQ de Tecnitiques

El permiso de trabajo debe ser completamente diligenciado y autorizado previo al inicio de la actividad, en el área de mantenimiento es muy común abrir los permisos de alturas, espacio confinado y aislamiento para la realización de tareas delicadas en donde se ve la necesidad de estar acompañado por un jefe o un supervisor.

La vigencia de cada permiso se puede mostrar en la tabla 9, que corresponde al tiempo en el que dicho permiso es válido.

Tabla 9. Vigencias de los permisos

| Documento | Vigencia | Validación |
|-------------------------------|------------------|---------------------------|
| Certificados alturas | Turno de trabajo | Turno de trabajo operario |
| Certificado excavaciones | Turno de trabajo | Turno de trabajo operario |
| Certificado espacio confinado | Turno de trabajo | Turno de trabajo operario |
| Certificado aislamiento | Turno de trabajo | Turno de trabajo operario |

Fuente: TECNITANQUES con base en: Departamento HSEQ de Tecnitiques

9.5.1 Monitoreo de atmósfera. En las actividades realizadas en áreas clasificadas o en donde exista la posibilidad de atmósferas peligrosas se debe realizar un monitoreo de la misma utilizando un equipo de medición calibrado según las especificaciones del fabricante y cuyos resultados deben quedar consignados en el formato de permisos de trabajo. Los valores permitidos como se puede apreciar en la tabla 10 son los siguientes:

Tabla 10. Valores permitidos


| Parámetro | Nivel permitido | Nivel de alarma bajo (alerta) | Nivel de alarma alto (evacuación) | Observaciones |
|---------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--|
| Oxígeno (O ₂) | Nivel inferior 19,5% | 20,50% | 19,50% | Por fuera de este rango se debe suspender la labor de inmediato y definir la aplicación de controles adicionales. |
| | Nivel superior 23,5% | 23% | 23,50% | |
| H ₂ S | Hasta 10% | 5% | 10% | Para usar fuentes de ignición en áreas clasificadas (trabajos en caliente) el LEL debe mantenerse en 0% En ningún caso se puede superar el 10%, pues el área se debe evacuar y definir la aplicación de controles. |
| H ₂ S | Hasta 5 ppm | 1 ppm | 5 ppm | Se anota el nivel permitido para 15 minutos (15-minute short-term exposure limit STEL), que es diferente al nivel permitido para 8 horas (TLV-TWA) que se usa para definir el nivel de alarma bajo. |
| CO | Hasta 75 ppm | 25 ppm | 50 ppm | |
| CO ₂ | Hasta 30.000 ppm | 5.000 ppm | 30.000 ppm | |

Fuente: TECNITANQUES con base en: Departamento HSEQ de Tecnitiques

9.5.2 Cierre de permiso de trabajo. Cada vez que se cierre un permiso de trabajo independientemente de que si no se ha culminado la actividad se debe dejar la zona ordenada, limpia y una constancia firmada del cierre de permiso de trabajo.

9.5.3 Formatos de trabajo. A continuación, se da a conocer el formato para permiso de trabajo en alturas y espacios confinados (Imagen 36 y 37)

Imagen 36. Trabajo en alturas

| | | | | |
|---|--|-------------------------------------|---|-----------------------------|
|  | TECNITANQUES INGENIEROS | | Formato 4 | |
| | CERTIFICADO PARA TRABAJO EN ALTURAS | | Pag 1 de 1 | |
| | | | FECHA VIG. 10/08/2018 | |
| CERTIFICADO NO: | | | | |
| LA SUPERVISIÓN DE LA COMPAÑÍA NO EXIME AL CONTRATISTA DE SU RESPONSABILIDAD POR LA EJECUCIÓN SEGURA DEL TRABAJO | | | | |
| 1. Información General | | | | |
| Fecha: ___/___/___ | Hora de Inicio: _____ | Empresa Ejecutora: _____ | | |
| Area o Sitio de Trabajo: _____ | | | | |
| Descripción del trabajo: _____ | | | | |
| Herramientas y Equipos: _____ | | | | |
| Altura a la que se va a realizar el trabajo: _____ | | | | |
| Se requiere rescatista <input type="checkbox"/> Nombre _____ | | | | |
| 2. Información del Trabajo en Alturas. | | | | |
| Tipo trabajo en alturas | Estructura <input type="checkbox"/> | Suspensión <input type="checkbox"/> | Postes <input type="checkbox"/> | |
| Indique los registros asociados con este certificado | | | Contactos en caso de emergencia | |
| Tipo de Permiso/certificado | Número | Fecha apertura | Teléfono | Nombre de la entidad |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Indique los trabajadores cubiertos por este certificado de trabajo | | | | |
| Nombre | | Identificación | | Firma |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| si hay mas trabajadores escriba los nombres por el respaldo de la hoja | | | | |
| 3. Precauciones de seguridad | | | | |
| El AST y el procedimiento de trabajo contemplan los riesgos del trabajo en alturas y el control? | | | Cumple | No Aplica |
| Se cuenta con un procedimiento de trabajo aprobado y difundido entre los trabajadores? | | | | |
| Todos los trabajadores estan afiliados al sistema de seguridad social y han recibido la inducción requerida? | | | | |
| Los trabajadores que van a desarrollar la labor tienen certificado de aptitud medica para trabajos en alturas? | | | | |
| Se verificaron las constancias de capacitación o certificados de competencia laboral para trabajos en alturas? | | | | |
| Se han verificado los puntos de anclaje que utilizara cada persona? | | | | |
| Se inspeccionaron los equipos y herramientas a utilizar para verificar que estan en buen estado? | | | | |
| Se ha verificado el buen estado y funcionamiento del sistema de prevención de caídas? | | | | |
| Los sistemas de acceso para trabajos en alturas cumplen con los requisitos establecidos? | | | | |
| Los elementos de protección personal son los adecuados según la valoración de riesgo de la actividad? | | | | |
| Se ha definido, verificado y difundido el procedimiento para la atención de emergencias en alturas? | | | | |
| Los recursos definidos para desarrollar el plan de emergencia estan disponibles? | | | | |
| Se cuenta con un rescatista entrenado para rescate en trabajo en alturas? | | | | |
| ADVERTENCIA: Si alguna de las anteriores preguntas aplica y ha contestado de forma negativa el trabajo no se puede iniciar | | | | |
| Nombre del rescatista: _____ | | | | |
| 4. Autorización | | | | |
| | | | | Fecha y Hora apertura _____ |
| La autorización dada para la ejecución de este trabajo fue dada por | | | | |
| | Ejecutor | Supervisor | Autoridad de Área | |
| Nombre | | | | |
| Firma | | | | |
| 5. Cierre | | | | |
| El permiso de trabajo se cierra en constancia (nombre y firma) | | | Fecha y Hora _____ | |
| Ejecutor | | | <input type="checkbox"/> El trabajo se termino y el permiso fue cerrado | |
| Supervisor | | | <input type="checkbox"/> El área y el equipo se recibió en condiciones segura | |
| Autoridad | | | <input type="checkbox"/> Las protecciones fueron restituidas y normalizadas | |
| ORIGINAL: AREA DE TRABAJO COPIA: QUIEN EXPIDE | | | | |

Fuente: TECNITANQUES con base en: Departamento HSEQ de Tecnitiques

9.6 ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP)

Todo el personal que ingrese a laborar dentro de la planta deberá utilizar los EPP correspondientes para prevenir posibles riesgos que afecten la integridad de la persona. Los elementos que se deben portar son:

9.6.1 Cabeza. Se deberá portar el casco de seguridad porque protege la cabeza del empleado minimizando riesgos, como un posible golpe o caída.

Imagen 38. Casco de seguridad.



Fuente: Tomado de: www.abastecimientoindustrialol.com

9.6.2 Cara. Se debe emplear las gafas de seguridad puesto que evita posible contacto con elementos a gran velocidad, un ejemplo claro es la viruta que desprende la pulidora o las máquinas de corte, una esquirla de estas además de ir a una gran temperatura va a una gran velocidad lo cual podría afectar seriamente los ojos.

La careta de seguridad se debe utilizar cuando se necesita una protección total de la cara para actividades como cortar o pulir, en donde el desprendimiento de partículas es elevado.

Imagen 39. Elementos de seguridad de cara



Fuente: Tomado de: www.homecenter.com.co

9.6.3 Sistema respiratorio: En el proceso de fabricación de Tecnitankes Ingenieros S.A.S se requiere de soldar las partes prefabricadas, los humos de soldadura pueden afectar seriamente el sistema respiratorio de las personas, inhalar estos humos es nocivo para la salud debido a su alto contenido de partículas metálicas que se reposan en los pulmones y son difíciles de expulsar del organismo es por esto que el uso de mascarilla es de uso obligatorio.

9.6.4 Cuerpo. Para la protección del cuerpo se recomienda usar overol para prevenir el contacto directo con grasas, lubricantes y evitar posibles atrapamientos.

Imagen 40. Overol



Fuente: Tomado de: www.homecenter.com.co

9.6.5 Manos. Se recomienda el uso de guantes de baqueta para prevenir cortes al manipular las láminas o herramientas filosas.

9.6.6 Pies. Se recomienda el uso de botas puntas de acero ya que se manipulan objetos pesados y el riesgo de caídas de dichos objetos es muy alto.

9.6.7 Oídos. Los protectores auditivos son de uso obligatorio cuando se vaya a entrar a la planta principal, los constantes ruidos por el proceso de corte, armado o pulido generan altos decibeles por encima de los 140 en donde ya está el umbral de dolor y que afectan a largo plazo el normal funcionamiento del oído.

9.7 BLOQUEO DE EQUIPOS:

El bloqueo de equipos tiene como idea principal comunicar a distintas personas que se encuentran dentro de la planta de producción el momento en el que una máquina está siendo intervenida para que ésta no sea puesta en funcionamiento, con el fin de salvaguardar la vida del operador que está interviniendo la máquina. Esto ayuda a comunicar y garantizar que el equipo en revisión sea diagnosticado de manera

segura y a su vez sirve para dar la información a las demás personas del momento en que una maquina esta parada.

Este bloqueo de equipo lo debe hacer el personal de mantenimiento ya sea mecánico o eléctrico, tienen la autorización de colocar los candados cuando la situación así lo requiera y también en las áreas o maquinas intervenidas. (Ver imagen 41)

Imagen 41. Candados



Fuente: Tomado de: FerreteriaelBunker.com

Además de los candados para bloqueo también existen las etiquetas de bloqueo en donde brindan información de la persona de mantenimiento que está dentro de la máquina, como el nombre, cargo y una fotografía para garantizar que la máquina no vaya a ser puesta en operación y así advertir a los demás empleados. (ver imagen 42)

Imagen 42. Etiqueta de bloqueo



Fuente: Tomado de: Identidadproducto.cl

9.8 GESTION AMBIENTAL

Toda actividad humana genera consecuencias para la naturaleza, es por esto que la compañía es consciente de que un buen uso de los residuos generados ayuda a la preservación del ambiente.

Para la política ambiental la empresa capacito a su personal sobre el uso adecuado de las canecas y optó por colocarlas en puntos estratégicos dentro de la planta. Los colores que maneja son el verde para los residuos orgánicos, el rojo para residuos peligrosos y el negro para los reciclables.

En la siguiente imagen se muestra como guía de la disposición final de los residuos:

Imagen 43. Clasificación de residuos



Fuente: Tomado de: Conequipos Ing. Ltda.

Los discos de pulidora ya desgastados, así como las colillas de soldadura, guantes dañados. Son dejados en almacén en donde los almacenistas le dan la disposición final y los retienen para entregarlos al supervisor HSE.

9.8.1 Chatarra. La chatarra que se genera en la planta es almacenada en un punto de acopio dentro de las instalaciones, todos los días al final de la jornada los montacargas se encargan de ir llenando dicho punto y semanalmente con un contrato ya establecido una transportadora recoge la chatarra y le da su respetivo trato.

9.8.2 Aceites. Con los aceites básicamente es el mismo procedimiento, ya existe un convenio con una empresa local del municipio de Soacha que se dedica a la

fabricación de piezas de plástico para que se le autorice la entrega de las canecas de aceite y fomentar su desarrollo garantizando así su buena disposición final.

9.9 DISPOSICION DE RESIDUOS PELIGROSOS

El programa de manejo de residuos de Tecnitiques se ha formulado como instrumento guía que propende por el cumplimiento de la legislación ambiental y permite mostrar resultados de mejoramiento con relación a las problemáticas asociadas con el manejo de los residuos generados en las operaciones de la organización.

Asumiendo lo expuesto anteriormente, y considerando la evaluación ambiental realizada de manejo integrado de residuos pretende dar solución proponiendo medidas de manejo bajo un enfoque preventivo que permitan controlar y minimizar los impactos ambientales evaluados. Para lograr esto, se han propuesto medidas que están regidas bajo un contexto de viabilidad técnica, económica y ecológica, a través de diseños ingenieriles, y la implementación de normas y/o procedimientos que garanticen la consecución de las metas propuestas en el programa.

De acuerdo a lo anterior este se desarrollará en tres etapas: En la primera etapa se definirá los objetivos y principios, a partir de la evaluación ambiental realizada en la parte del diagnóstico; en la segunda etapa (línea de acción) se definirán las metas, acciones, indicadores.

9.9.1 Objetivos de la disposición final de residuos. Se plantean los siguientes objetivos para un manejo adecuado de los residuos.

- Dar manejo a los residuos que se generan en la organización, asegurando la adecuada recolección, almacenamiento temporal, transporte y disposición final de los residuos y sobrantes de acuerdo a su tipo.
- Implementar el plan para el manejo integral de los residuos generados en la Empresa buscando con él establecer medidas de manejo, control, seguimiento y monitoreo, apoyado en una sensibilización ambiental para mejorar las condiciones ambientales y el impacto visual.
- Crear convenios con entidades que puedan utilizar nuestros residuos como materia prima en sus procesos (valorización de residuos)
- Concientizar a los empleados, contratistas y visitantes en la importancia del manejo de los residuos.
- Reducir la cantidad de residuos generados en la organización.
- Disponer de manera adecuada los residuos generados.
- Implementar un tratamiento para los residuos sólidos generados.

9.9.2 Código de colores. Los residuos que se generen en la planta y los lotes manejen el siguiente código de colores, lo cuales cambiarán en el caso de los

proyectos en campo ya que allí se sujetará al programa de gestión de residuos a los establecido por el cliente.

Tabla 11. Código de colores

| COLOR | CONTENIDO | CARACTERISTICAS | EJEMPLO |
|--------------|-------------------------------------|--|--|
| NEGRO | BIODEGRADABLES | Son aquellos restos naturales que se descomponen fácilmente en el ambiente. | Residuos que puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica: Elementos antes y después de su preparación, residuos vegetales de poda y jardín, cascara de frutas y verduras, restos de café. |
| | ORDINARIOS (Incluye los inertes) | No se descomponen ni se transforman en materia prima y su degradación natural requiere grandes períodos de tiempo. | Envolturas de alimentos, servilletas sucias, papel higiénico, aluminio encerado y plastificado, residuos de barrido, papel sucio, colillas y cenizas. Vasos y cubiertos desechables, envases y paquetes plásticos, botellas plásticas, pitillos y bolsas. |
| VERDE | RECICLABLES | No se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos como materia prima. | Plásticos: Botellas de bebidas y recipientes en general. Papel y Cartón: Papel blanco de todo tipo, cartón corrugado, papel mixto (Revista, suplementos de periódicos, papel de color, de regalo, papel reciclado de oficina), periódicos. Vidrio: Botellas de bebidas, vidrio roto. Metales reciclables: Metales Ferrosos (Chatarra pesada: equipos. Estructuras, planchas, rieles etc), chatarra de acero (Retal de láminas, tubos, puertas), residuos de soldaduras (Discos de pulidora, colillas de soldadura). Otros materiales reciclables: Los envases Tetrapak como materiales de prefabricados, cajas estibas de madera y guacales. |
| ROJO | Biosanitarios y cortopunzantes | Elementos o instrumentos utilizados durante la ejecución de los procedimientos asistenciales que tienen | Residuos anatomopatológicos y de asistencia médicas, |

| | | |
|------------------------------|---|--|
| | contacto con materia orgánica, sangre o fluidos corporales del paciente | |
| Reactivos | Son aquellos que por sí solos y en condiciones normales, al mezclarse o al entrar en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos, generan gases, vapores, humos tóxicos, explosión o reaccionan térmicamente colocando en riesgo la salud humana o el medio ambiente. | Residuos de solventes orgánicos e inorgánicos. |
| Aceitosos y EPP Contaminados | Son todos aquellos residuos sólidos no metálicos generados en las actividades de producción, mantenimiento y en general de toda la actividad industrial, que están impregnados o que han estado en contacto con aceites, grasa o crudo. | Aceite usados, estopas, impregnados, EPP contaminados(guantes, acetatos, trajes tyvek, rodilleras, tapa bocas, filtros de respiradores, mascarillas, chaquetas de vaqueta, gafas contaminadas con pintura) |
| RAEES | Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. | Son desechos eléctricos y electrónicos que se originan cuando finaliza la vida útil de los equipos, entre los cuales se destacan: equipos informáticos (computadoras, notebooks, monitores, teclados, mouse); equipos de conectividad (decodificadores, módems, hubs, switches, posnets, etc); equipos de impresión (impresoras, copadoras, etc.); equipos de telefonía fija y celular (teléfonos, celulares, centrales telefónicas, faxes, télex); equipos de audio y video (equipos de música, video caseteras, DVD, etc). |
| Químicos | Son los restos de sustancias químicas y sus empaques o cualquier otro residuo contaminado con éstos, los cuales, dependiendo | Envases empaques y embalajes que hayan estado en contacto con residuos o materiales considerados como peligrosos. Tonner, Cartuchos de impresora, |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | de su concentración y tiempo de exposición tienen el potencial para causar la muerte, muerte, lesiones graves o efectos adversos a la salud y el medio ambiente. | catalizadores, medicamentos vencidos, entre otros. |
|--|--|--|--|

Fuente: elaboración propia con base en: Departamento HSEQ de TECNITANQUES

9.9.3 Acciones. Las acciones a tomar son las siguientes:

Capacitar a todo el personal en módulos establecidos:

- Manejo de residuos peligrosos
- Manejo de residuos convencionales
- Manejo de sustancias químicas
- Orden y aseo

Campañas a Realizar:

- Orden y aseo
- Clasificación de residuos
- Campañas de aprovechamiento

Recursos:

- Recurso humano en cada proyecto: Coordinador, brigada ambiental
- Recursos económicos: Establecidos en el presupuesto HSEQR de planta y de cada proyecto.

10. PROGRAMA DE IMPLEMENTACION DEL PLAN

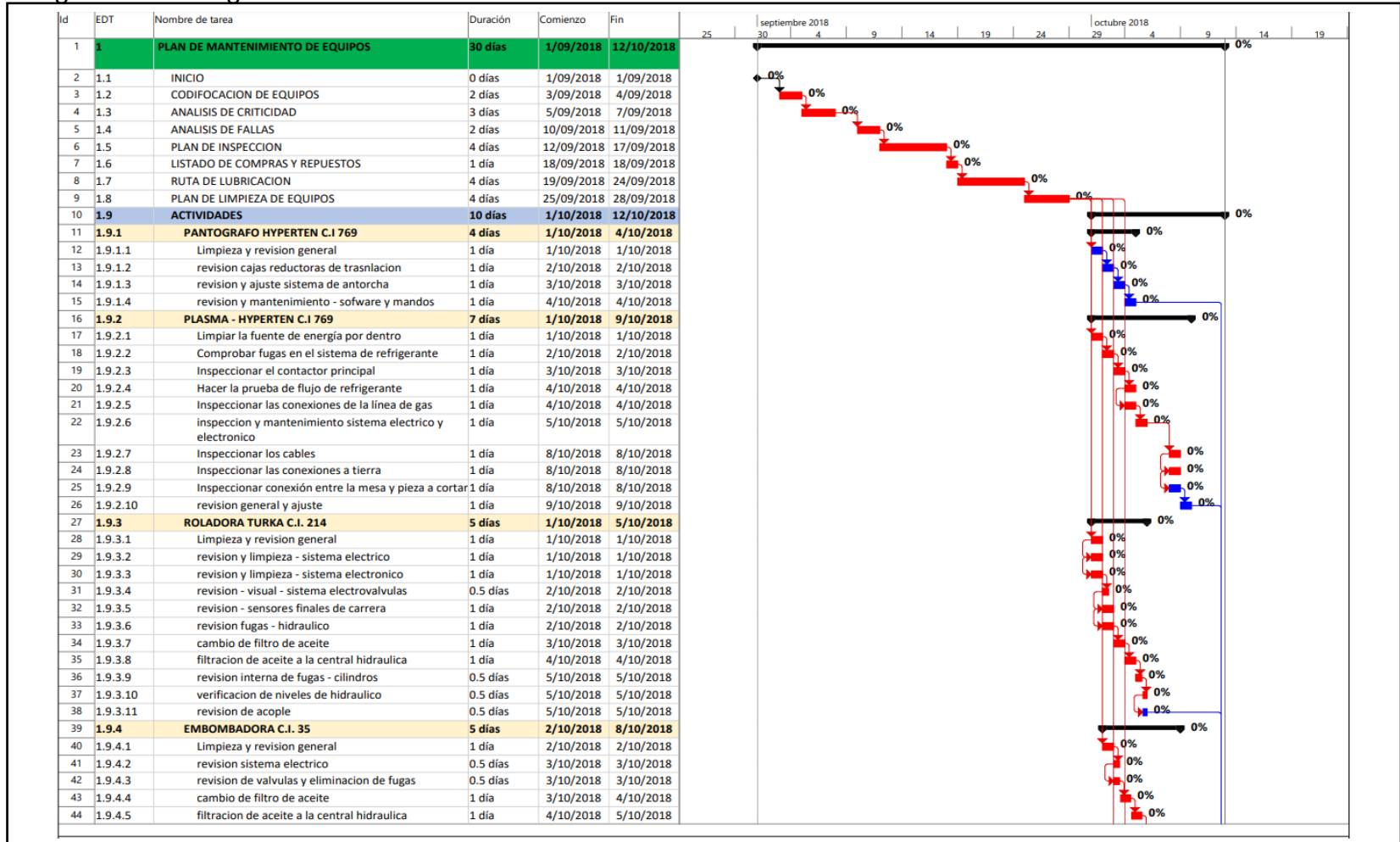
En este capítulo se enseña la serie de actividades a realizar durante la ejecución del plan de mantenimiento, el diseño se realizó en el programa Project, para facilitar la visualización de cada tarea en la máquina.

En el área de mantenimiento es obligatorio seguir un orden o un paso a paso en la realización de cada tarea, así como tener una logística para la intervención de los equipos ya que esta área va muy de la mano junto con el departamento de producción de las empresas, de ahí la importancia de las buenas prácticas.

Por esta razón se establecen algunos criterios que buscan crear una excelente comunicación para llevar los tiempos de cada máquina sin que la producción se vea afectada:

- El cronograma debe estar en un punto visible para que todos los encargados del mantenimiento estén informados.
- Una vez ya estén los tiempos de trabajo instaurados, se deben programar las actividades de prevención conforme al cronograma.
- Cuando se realicen actividades de mantenimiento ya sea de tipo semanal, mensual, trimestral, semestral y anual estas deberán comunicarse a producción para no interferir con su planeación y poder realizar el mantenimiento en las fechas establecidas.
- Se deben tener a disposición los recursos, cuando la situación amerite la compra de repuestos.

Imagen 44. Cronograma de mantenimiento



Fuente: elaboración propia

10.1 PLAN DE DESARROLLO

Las actividades para el correcto desarrollo del plan son:

- Capacitar a todo el personal para concientizar el uso adecuado del plan de mantenimiento
- Evaluar bien las capacidades de cada operador y técnico de mantenimiento con distintas tareas que potencien sus habilidades mejorando así su eficiencia en sus distintas actividades preestablecidas, esto con el fin de cerciorar que el personal cuente con las competencias para proceder con los programas sistemáticos nombrados anteriormente.
- Garantizar con auditorías internas que el departamento de mantenimiento realice el respectivo seguimiento de las tareas contenidas en el plan.
- Contratar personal que haya trabajado en mantenimiento con otras empresas o lo haya hecho durante un tiempo considerable para que ayude a las tareas descritas en el plan.
- Realizar alianzas estratégicas con los proveedores en cuanto a adquisición de repuestos para evitar el exceso de inventario.
- Destinar un presupuesto acorde con el plan para que las operaciones se lleven a cabalidad en las fechas dadas.
- Realizar inspecciones pre operacionales diarias antes de empezar con las labores con el fin de evitar que la máquina sea intervenida de manera urgente.

11. INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La gestión de mantenimiento debe ser muy eficiente y para esto existen tres indicadores indispensables los cuales son disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad que cuantifican la eficiencia de la producción.

Estos indicadores se calculan con el fin de tener una idea acerca del funcionamiento del plan de mantenimiento aplicado, monitoreando el comportamiento de las máquinas en el momento en el que se presentan fallos para evaluar la eficiencia de la reparación.

El cálculo de estos indicadores se realizó para todas las máquinas críticas involucradas en el plan, buscando así determinar datos porcentuales para saber cuáles necesitan atención. En este proceso suele haber una verificación de un antes y después de la implementación del plan de mantenimiento, pero en la empresa no se tenía una clara base de datos para realizar esta comparación.

Debido a que no se tiene con certeza el dato de los tiempos de parada de cada máquina, se acude a la experiencia del ingeniero encargado del mantenimiento correctivo de la planta para conocer dichos tiempos y así poder crear un patrón o tendencia de los equipos, dicho historial de datos está comprendido entre noviembre de 2.017 y noviembre de 2.018. Para la proyección del plan de 2.018 a 2.019 se estima que se reduzca el número de fallas siguiendo las tareas que se estimaron en el plan teniendo en cuenta los indicadores de gestión.

11.1 DISPONIBILIDAD

Es la capacidad¹⁵ de una entidad para desarrollar su función en un determinado momento, o durante un determinado periodo de tiempo en condiciones y rendimiento definido. Puede expresarse como la probabilidad de que un elemento pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o durante un determinado periodo de tiempo. La disponibilidad en una entidad no implica que necesariamente esté funcionando si no que se encuentra en condiciones para funcionar. Una medida práctica de la disponibilidad de un elemento como parámetro de referencia es la definida por la relación entre tiempos de operación y el tiempo total que se necesite que funcione, es decir el tiempo durante el que se hubieses querido producir.

Plantear como objetivo una alta disponibilidad, representa reducir el máximo número de paradas para obtener una operación exitosa, económica y rentable.

¹⁵ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Guía colombiana para la seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento y terminología. Bogotá: ICONTEC, GTC 62.

A continuación, se plantean varias ecuaciones tomadas de documentos suministrados por el ingeniero Francisco Campos para evaluar la disponibilidad.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR} * 100 = \%$$

Donde:

TPEF: Indica estadísticamente el tiempo o frecuencia promedio que se presenten las fallas de un equipo.

$$TPEF = \frac{TIEMPO REAL DE OPERACION}{No. DE FALLAS} = HORAS$$

TPPR: Indica estadísticamente el tiempo promedio que se emplea en la reparación de una falla.

$$TPPR = \frac{TIEMPO DE PARADAS}{No. DE FALLAS} = HORAS$$

11.2 CONFIABILIDAD

Se define como la probabilidad de que un equipo no falle y además que funcione dentro de los límites de desempeño en un tiempo de operación específico, asumiendo que la máquina sea usada en las condiciones para las que fue diseñada.

$$CONFIABILIDAD = TPEF = \frac{HOOP}{\sum \# FALLOS} = HORAS$$

Donde:

HOOP: Horas de operación

FALLOS: Numero de fallas intervenidas

11.3 MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad es la probabilidad de que una maquina pueda ser restablecida a las condiciones de operacionales en un periodo de tiempo dado, cuando el mantenimiento es efectuado de acuerdo con unos procedimientos preestablecidos.

Ciertos factores como el diseño de la máquina, la destreza de los técnicos, la disponibilidad de los repuestos, los procedimientos de diagnóstico, el ambiente de trabajo entre otros, arroja datos que permiten acertar los valores que se encuentran en la planta al momento de evaluar la eficiencia en la producción.

A continuación, se presenta la ecuación de mantenibilidad:

$$MANTENIBILIDAD = TPPR = \frac{TTF}{\sum \#FALLOS} = HORAS$$

Donde:

TTF: Tiempo total de fallos

FALLOS: Numero de fallos intervenido

Otros criterios que se tuvieron en cuenta para el cálculo de los indicadores de gestión son:

- Tiempo real de operación: Es el tiempo en el que la máquina verdaderamente está produciendo, es decir está en funcionamiento. Para este caso se tomó un trimestre del año en estudio.
- Número de fallas: Son las fallas que la máquina sufre en el tiempo real de operación y en la misma fracción de tiempo en el que se basa el estudio.
- Tiempo de parada: Es la sumatoria del tiempo que acumula la máquina sin producir a causa de las fallas presentadas en la fracción de tiempo en estudio.
- Tiempo real en operación: Es la diferencia entre el tiempo real de operación y el tiempo de parada, es decir aquel tiempo durante el cual el equipo permaneció en funcionamiento.

A continuación, se enseñarán el cuadro 40 que se refiere al resultado de los indicadores y el cuadro 41 que resume la proyección de los indicadores, el tiempo de operación de las máquinas se puede observar en la siguiente imagen.

Imagen 45. Tiempo de operación de máquinas

| Maquina | Funcionamiento | | | |
|--------------|----------------|-------------|-----------|-------|
| | Horas diarias | Días al mes | Trimestre | Total |
| Pantógrafo | 8 | 24 | 4 | 768 |
| Roladora | 4 | 24 | 4 | 384 |
| Pestañadora | 4 | 24 | 4 | 384 |
| Embombadora | 8 | 24 | 4 | 768 |
| Puente gruas | 8 | 24 | 4 | 768 |

Fuente: elaboración propia

Cuadro 40. Resultado de indicadores.

| Codificación de equipo | Tiempo real de operación (H) | No. Fallas | Tiempo de parada(H) | Tiempo real en operación | TPEF (H) | TPPR(H) | DISPONIBILIDAD (%) | CONFIABILIDAD (%) | MANTENIBILIDAD (H) |
|------------------------|------------------------------|------------|---------------------|--------------------------|----------|---------|--------------------|-------------------|--------------------|
| A-PA-04 | 768 | 6 | 18 | 750 | 128 | 3 | 97,71 | 17,07 | 3,00 |
| A-RO-10 | 384 | 4 | 28 | 356 | 96 | 7 | 93,20 | 26,97 | 7,00 |
| A-EM-12 | 384 | 5 | 20 | 364 | 76,8 | 4 | 95,05 | 21,10 | 4,00 |
| A-PE-13 | 768 | 7 | 35 | 733 | 109,7143 | 5 | 95,64 | 14,97 | 5,00 |
| A-PG1-06 | 768 | 3 | 192 | 576 | 256 | 64 | 80,00 | 44,44 | 64,00 |

Fuente: elaboración propia

Cuadro 41. Proyección de resultado de indicadores

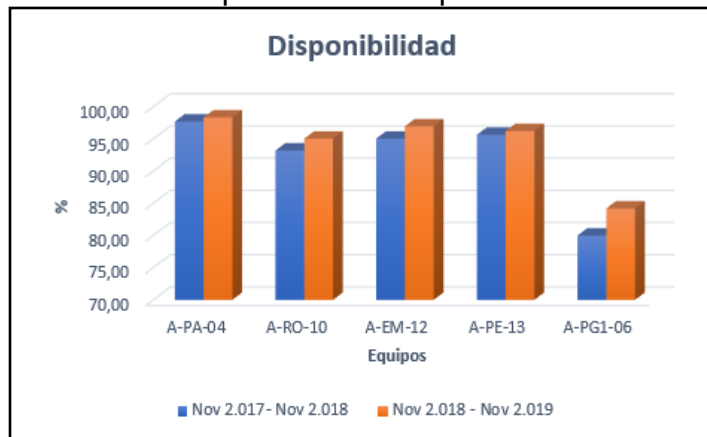
| Codificación de equipo | Tiempo real de operación (H) | No. Fallas | Tiempo de parada(H) | Tiempo real en operación | TPEF (H) | TPPR(H) | DISPONIBILIDAD (%) | CONFIABILIDAD (%) | MANTENIBILIDAD (H) |
|------------------------|------------------------------|------------|---------------------|--------------------------|----------|---------|--------------------|-------------------|--------------------|
| A-PA-04 | 768 | 5 | 13 | 755 | 153,6 | 2,6 | 98,34 | 20,34 | 2,60 |
| A-RO-10 | 384 | 3 | 20 | 364 | 128 | 6,67 | 95,05 | 35,16 | 6,67 |
| A-EM-12 | 384 | 5 | 12 | 372 | 76,8 | 2,4 | 96,97 | 20,65 | 2,40 |
| A-PE-13 | 768 | 3 | 30 | 738 | 256 | 10,00 | 96,24 | 34,69 | 10,00 |
| A-PG1-06 | 768 | 2 | 144 | 624 | 384 | 72 | 84,21 | 61,54 | 72,00 |

Fuente: elaboración propia

Al analizar los cuadros anteriores se puede concluir que los equipos de la línea de producción cuentan con una buena disponibilidad, pero existe un equipo con gran impacto en la producción cuya disponibilidad es muy baja con respecto a las demás, esto a la empresa no la beneficia por lo que será tomado como una advertencia para hacer un seguimiento a este equipo.

La disponibilidad muestra un leve crecimiento en un intervalo de 1% a 4%, es relativamente bajo debido al tiempo de proyección del plan, a continuación, se aprecia de manera más detallada el aumento de este indicador.

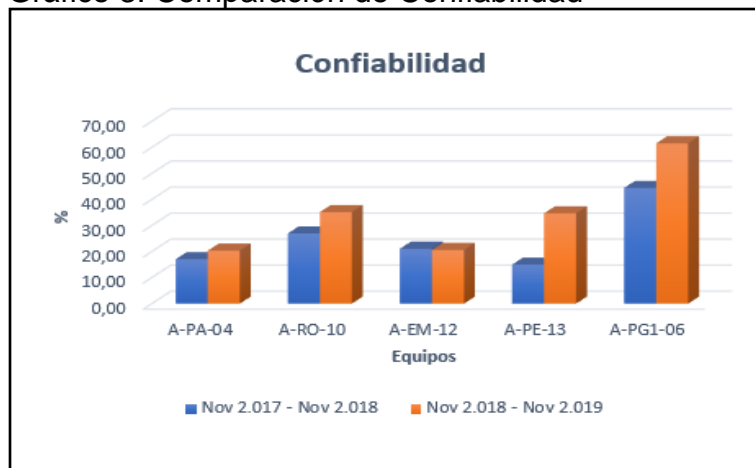
Gráfico 2. Comparación de disponibilidad



Fuente: elaboración propia

En el indicador de confiabilidad se observa también un pequeño aumento, este indicador traduce que a mayor número de horas mayor será la confiabilidad del equipo, por lo tanto, de ahí su crecimiento, esto garantiza un menor tiempo de inactividad de los equipos de la compañía.

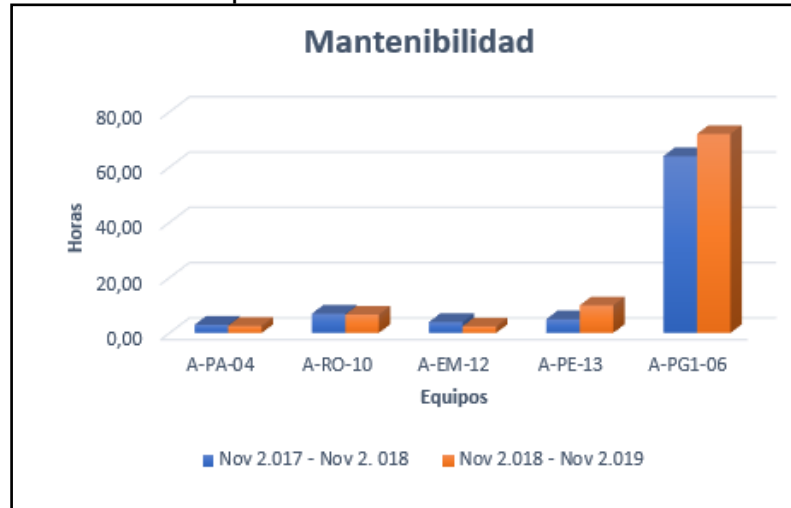
Gráfico 3. Comparación de Confiabilidad



Fuente: elaboración propia

En el siguiente indicador se notó que las horas de mantenibilidad sufrieron un ligero aumento, puesto que al disminuir las fallas y los tiempos de parada de las máquinas la inactividad de estas va a ser menor dando así mejor producción a la empresa.

Gráfico 4. Comparación de mantenibilidad



Fuente: elaboración propia

12. EVALUACION FINANCIERA

En el siguiente capítulo se determina la viabilidad financiera del proyecto desarrollado para la empresa Tecnitiques Ingenieros, teniendo en cuenta las rutas de inspección, lubricación ajuste y limpieza.

12.1 COSTOS DEL PROYECTO

Los costos del proyecto influyen en la utilización de equipos, fungibles, talento humano y demás recursos que sean generados en el desarrollo del plan. Para la inversión inicial se tuvo en cuenta la información suministrada por el siguiente cuadro:

Cuadro 42. Costos inversión inicial

| Items | Unidad | Cantidad | V / Unidad | Total | Fuente financiada |
|-----------------------------------|--------|----------|------------|------------------|-------------------|
| Talento Humano | | | | | |
| Proponente | H-H | 550 | 7.000 | 3.850.000 | Proponente |
| Orientador | H-H | 32 | 15.000 | 480.000 | U. América |
| Empresa soporte | H-H | 30 | 15.000 | 450.000 | |
| <i>Total talento humano</i> | | | | 4.780.000 | |
| Costos maquinaria y equipo | | | | | |
| Computador | Unidad | 1 | 2.000.000 | 2.000.000 | Proponente |
| <i>Total maquinaria y equipo</i> | | | | 2.000.000 | |
| Libros y fungibles | | | | | |
| Libros | Unidad | 3 | 100.000 | 300.000 | Tecnitanques |
| Papel | Resma | 4 | 12.000 | 48.000 | Tecnitanques |
| Tinta | Tóner | 3 | 70.000 | 210.000 | Tecnitanques |
| <i>Total Fungibles</i> | | | | 558.000 | |
| Otros gastos | | | | | |
| Viajes | Unidad | 10 | 7.000 | 70.000 | Proponente |
| <i>Total otros gastos</i> | | | | 70.000 | |
| TOTAL ANTES DE IMPREVISTOS | | | | 7.408.000 | |
| Imprevistos 2-6% | | | | 444.480 | |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | 7.852.480 | |

Fuente: elaboración propia.

En los costos de implementación se tuvo en cuenta el valor por hora del personal a partir del cargo que desempeña en la empresa, esas personas son las que se ven involucradas directamente en el plan. El valor diario se calculó utilizando un turno de 8 horas y 5 días hábiles de la semana como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 43. Valor del personal involucrado en el plan

| Cargo | Salario | Valor por día | Valor por hora |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------|
| Gerente | \$10.000.000 | \$400.000 | \$50.000 |
| Jefe de Planta | \$4.000.000 | \$160.000 | \$20.000 |
| Jefe de mantenimiento | \$2.000.000 | \$80.000 | \$10.000 |
| Operario | \$781.242 | \$31.250 | \$3.906 |

Fuente: elaboración propia

Los Costos de las rutas se proyectaron teniendo en cuenta las horas que cada una requiere en el año.

Cuadro 44. Costos de rutas

| Ruta | Valor Anual |
|-------------------|-------------|
| Inspeccion | \$864.620 |
| Lubricacion | \$153.340 |
| Ajuste y limpieza | \$953.478 |

Fuente: elaboración propia

Los costos anuales se determinaron de acuerdo con el tiempo que el personal necesite para realizar las tareas de los equipos críticos.

Cuadro 45. Costos del plan anual para los equipos críticos

| Equipo | Cargo | Valor | Valor total |
|--------------|------------------------|-----------|-------------|
| Pantógrafo | Operador | \$140.616 | \$2.351.184 |
| | Tecnicos Mantenimiento | \$140.616 | |
| | Jefe de mantenimiento | \$360.000 | |
| Roladora | Operador | \$78.120 | |
| | Tecnicos Mantenimiento | \$78.120 | |
| | Jefe de mantenimiento | \$200.000 | |
| Embombadora | Operador | \$78.120 | |
| | Tecnicos Mantenimiento | \$78.120 | |
| | Jefe de mantenimiento | \$200.000 | |
| Pestañadora | Operador | \$78.120 | |
| | Tecnicos Mantenimiento | \$78.120 | |
| | Jefe de mantenimiento | \$200.000 | |
| Puente gruas | Operador | \$140.616 | |
| | Tecnicos Mantenimiento | \$140.616 | |
| | Jefe de mantenimiento | \$360.000 | |

Fuente: elaboración propia

En el siguiente cuadro se observan los costos que cada actividad genera en la ejecución del plan de mantenimiento para así tener una idea del costo total.

Cuadro 46. Costos generales de mtto

| Concepto | Valor |
|-------------|--------------|
| Plan | \$7.852.480 |
| Rutas | \$1.971.438 |
| Repuestos | \$17.000.000 |
| Costo anual | \$2.351.184 |
| Total | \$29.175.102 |

Fuente: elaboración propia

El lucro cesante es la suma de los costos que acarrea la parada de un equipo durante una hora, tomando en cuenta elementos como hora hombre de operario, técnico y jefe de mantenimiento, sumado los repuestos y costos de la producción.

Cuadro 47. Lucro cesante

| Concepto | Valor |
|-------------------------|-----------|
| Operario (H-H) | \$3.906 |
| Tecnico (H-H) | \$3.096 |
| Hora Jefe Mantenimiento | \$10.000 |
| Costos de la produccion | \$560.000 |
| Costo hora falla total | \$577.002 |

Fuente: elaboración propia

Para la comparación financiera se obtuvo del departamento de compras la información del gasto neto en repuestos el cual fue de alrededor de 29.000.000 correspondiente al año 2.016 en donde la empresa tuvo alrededor de 14 proyectos en ejecución y se estimó un aproximado de horas de trabajo del jefe de mantenimiento en dicho año.

Cuadro 48. Costos año 2016

| Concepto | Valor |
|--------------|--------------|
| Repuestos | \$29.000.000 |
| Mano de obra | \$35.000.000 |
| Otros gastos | \$5.000.000 |
| Total | \$69.000.000 |

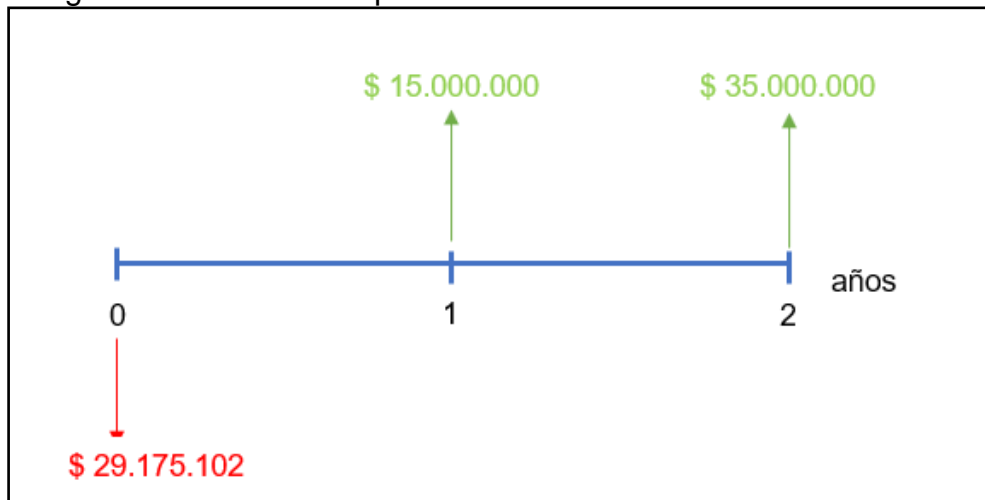
Fuente: elaboración propia

Analizando los costos aproximados del año 2.016 se observa que fueron de \$69.000.000.

12.2 CALCULO DE LA TIR

La TIR (Tasa interna de retorno) es un indicador que sirve para calcular la rentabilidad de un proyecto de inversión. Para el cálculo es necesario aclarar que va muy de la mano con el VAN (Valor actual neto). Sabiendo que la inversión inicial del plan de mantenimiento es de \$ 29.175.102 y se estima que genere un flujo de caja el primer año de \$15.000.000 y el segundo año de \$35.000.000 en la implementación del plan, la TIR representa esa tasa porcentual en donde el proyecto es viable.

Imagen 46. Línea de tiempo



Fuente: elaboración propia

En la imagen 46, se muestra el esquema general de la inversión, se prosigue a calcular el valor actual de los flujos futuros de la siguiente forma:

$$VAN = -\$29.175.102 + \frac{\$15.000.000}{1 + i} + \frac{\$35.000.000}{(1 + i)^2}$$

A Partir del VAN se define la TIR, es decir la TIR es ese tipo de interés que hace que el VAN sea cero, de esta manera:

$$0 = -\$29.175.102 + \frac{\$15.000.000}{1 + TIR} + \frac{\$35.000.000}{(1 + TIR)^2}$$

Se procede a despejar TIR multiplicando todo por $(1 + TIR)^2$ en ambos lados de la ecuación:

$$0 = -\$29.175.102 (1 + TIR)^2 + \$15.000.000 (1 + TIR) + \$35.000.000$$

De esta manera se obtiene una ecuación de segundo grado que se puede despejar mediante la ecuación cuadrática:

$$1 + TIR = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$1 + TIR = \frac{-15.000.000 \pm \sqrt{15.000.000^2 - 4(-29.175.102 * 35.000.000)}}{2 * -29.175.102}$$

De la anterior ecuación se obtienen dos resultados:

$$1 + TIR = -0,8679$$

$$1 + TIR = 1,3821$$

En seguida se deduce que un interés negativo es imposible ya que no es muy común encontrarlo y por eso se desprecia. Se toma en cuenta el interés positivo y se termina de despejar TIR.

$$TIR = 1,3821 - 1 = 0,3821$$

$$TIR = 38,21\%$$

Se obtiene un valor de la TIR del 38,21% para que VAN sea cero, lo que quiere decir que si se presenta otra inversión con una TIR mayor a la obtenida no es conveniente invertir en el proyecto; y si se presenta una TIR menor a la obtenida es aconsejable hacer la inversión. Para Tecnitankes el resultado es positivo y posible ya que utiliza tecnología de bastante eficiencia y rendimiento y tiene condiciones financieras bastante favorables.

13. CONCLUSIONES

- La empresa metalmecánica Tecnitankes se encuentra ubicada en el sector secundario o sector industrial ya que comprende la actividad económica que realiza la cual es la transformación de la materia prima, debido a esto se realizó una descripción de la empresa y su proceso productivo en donde hace énfasis en aspectos tal como su misión, visión, políticas, actividad, unidad de negocios entre otras.
- El mantenimiento dentro de la empresa era netamente correctivo, a su vez no se sabía con certeza las máquinas que habían sido intervenidas ni se tenía un registro conciso de las actividades que se habían ejecutado para la adecuación de los equipos por esta razón fue necesario diagnosticar una situación actual del mantenimiento para plantear dentro del plan lo que se tenía que ajustar y lo que se tenía que dejar de hacer para así corregir las malas prácticas.
- En la planta existen 75 equipos necesarios para la producción de la empresa, algunos tienen un mayor grado de incidencia dentro del proceso y es importante garantizar en estos equipos una disponibilidad superior a los otros activos ya que si llegan a fallar lo más adecuado es que no repercutan tanto en la fabricación o que en el peor de los casos pare todo el proceso, por esto se diagnosticaron los tipos de fallas más comunes y se estableció un orden de criticidad de los equipos involucrados dentro de la producción de Tecnitankes obteniendo como equipos críticos al pantógrafo, roladora, embombadora, pestañadora y puente grúa.
- Los equipos dentro de la empresa no se encontraban codificados, esto tenía como consecuencia el desconocimiento de cuando se había reemplazado un equipo que había sido dado de baja por uno nuevo y además no había certeza del número de pulidoras activas en la planta, esto era frecuente en otras herramientas de corte también, para esto se elaboró un listado general de equipos y a cada uno se le asignó una respectiva codificación con el fin de tener un mayor control de los activos de Tecnitankes, arrojando como dato 75 máquinas involucradas dentro del proceso.
- A la hora de realizar mantenimiento a un equipo no se registraban de manera adecuada las actividades que se ejecutaban, puesto que se hacían de forma verbal al jefe de mantenimiento, a su vez no se asignaba de manera ordenada el personal para la intervención del mismo generando demoras innecesarias, para tomar acciones sobre esto se elaboraron formatos de mantenimiento como orden de servicio , orden de trabajo, ficha técnica entre otras y así realizar la misma actividad lo más ordenada posible.
- La inspección de los equipos generalmente era hecha por los operadores, a su juicio si observaban que estaba en condiciones óptimas de operar empezaban

con su actividad , esto era una desventaja puesto que no se garantizaba que la máquina estuviera en forma idónea para su funcionamiento ni que el operador tuviese el conocimiento necesario para dar un diagnóstico de la máquina; para esto se fijaron programas de inspección , lubricación, ajuste y limpieza realizados por el personal de mantenimiento con unas frecuencias dependiendo el tipo de máquina intervenida.

- Dentro de la elaboración del plan de mantenimiento se presentaron fallas en equipos como el pantógrafo, roladora y puente grúa las cuales no habían sido reparadas parando el proceso productivo en distintos momentos, por esta razón se realizó e implemento un plan de ejecución activa programada con una serie de tareas y un cronograma de las actividades a realizar con el objetivo de restaurar las fallas y garantizar la disponibilidad de las máquinas.
- El manejo de los repuestos era muy variable ya que dependía del tipo de falla y de la gravedad de la misma, no se tenía una clasificación de los tipos de repuestos que eran necesarios mantener en stock o en inventario, fácilmente se podía encontrar un consumible de la máquina de corte que llevaba más de un año en el almacén y que no había sido utilizado, con el fin de evitar estos sobrecostos de repuestos almacenados por largos periodos de tiempo se elaboró un análisis de repuestos donde incluía que tipo de repuestos y consumibles requería una máquina y el número adecuado que se debía dejar almacenado.
- Frecuentemente al realizar un mantenimiento a un equipo dentro de la planta no se evaluaban los riesgos que podrían suceder, predominaba el exceso de confianza puesto que eran tareas repetitivas en algunas ocasiones y la experiencia del personal era mucha, sin embargo, la seguridad y salud dentro de una empresa es primordial y el objetivo es evitar en lo posible algún accidente que involucre el riesgo de una vida por esto se incluyó el análisis sobre las condiciones de seguridad y salud ocupacional de todos los departamentos incluidos en el plan , promoviendo el uso adecuado de los elementos de protección para el personal.
- Con la ayuda del departamento de producción y teniendo en cuenta el volumen de trabajo existente para Tecnitiques se elaboró un programa de implementación de mantenimiento para así tener el tiempo adecuado para la intervención de los equipos y lograr los objetivos pautados en el plan con el fin de optimizar la vida útil de los activos y obtener unos indicadores de gestión favorables.
- Es necesario manejar una base de datos donde se pueda apreciar la información importante dentro del plan como lo son las frecuencias de inspección, las cartas de lubricación, formatos de mantenimiento y muchas más planteadas en el plan,

para esto se elaboró una base de datos con todo lo referente al mantenimiento de la empresa.

- Los indicadores de gestión son un buen método estadístico para evaluar el rendimiento de un plan de mantenimiento, en Tecnitiques se elaboraron indicadores de gestión sin la implementación del plan con el fin de ver la proyección que se obtendría una vez se ponga en marcha este, y los resultados fueron el aumento de la disponibilidad dentro del 1 al 4%.
- Dentro de cualquier proyecto es muy conveniente hacer análisis financiero para determinar que la viabilidad de un proyecto, en este caso para estatuir dicha evaluación se tuvieron en cuenta aspectos como costos del proyecto, valor del personal involucrado en el plan, costos generales y la tasa interna de retorno en donde se obtuvo una cifra del 38,21%.

14. RECOMENDACIONES

- Realizar seguimiento a la implementación y ejecución para garantizar que el plan de mantenimiento cumpla con los objetivos acordados y así logre optimizar el uso de los equipos y la conservación de los mismos.
- Garantizar que a la hora de la compra o adquisición de una nueva máquina esta sea incluida en el listado general de equipos y a su vez se le asigne una codificación con el fin de mantener un orden en toda la documentación de los activos existentes en Tecnitankes.

BIBLIOGRAFÍA

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS - Guía y ejemplos de uso disponible en <https://www.pdcahome.com/3891/amfe-guia-de-uso-del-analisis-modal-de-fallos-y-efectos>.

Enrique Muñoz, ¿Qué es el número de prioridad de riesgo? 2013. Disponible en: <http://blog.enrimusa.com/que-es-el-numero-de-prioridad-del-riesgo-npr/>

ENTREVISTA con Ricardo Mojica, jefe de producción TECNITANQUES INGENIEROS s.a.s Bogotá 2 de octubre 2.018.

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Guía metodológica para la elaboración de trabajos de grado. Bogotá D.C 2011

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. Diaz de santos. España. 2004 24p

HENAO ROBLEDO, Fernando. Riesgos Eléctricos y Mecánicos. Segunda edición, 2014. 3 p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN, Guía colombiana GTC 62. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1999.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajo de grado y otros trabajos de investigación. NTC-1486. Bogotá D.C: El instituto, 2008. 36 p

_____. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. 33P.

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónica NTC 4490. Bogotá D.C.: ICONTEC 1998. 23P

LEAN SOLUTIONS, Amef, análisis de modo de falla y efecto de falla, (en línea) disponible en <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>

LOSADA, Carlos. RODRIGUEZ, José. Tribología y lubricación en ensayo de banco. Ciencia Ergo Sum. Toluca, México. 2001. 3 p

MARQUEZ, Julio Cesar. Riesgo Mecánico Control de procesos del sector de alimentos. ARP Sura. 2012. 12 p

OTEGUI, José Luis. Análisis de fallas Fundamentos y aplicaciones en componentes mecánicos. Eudem. Mar del plata. 2013 .254


Revista Virtual Universidad Católica del Norte, año 2013. Número 38. 212 p

VILLANUEVA, Otto Fernando y VARGAS, Julián David. Elaboración de un plan de mantenimiento para los equipos del área de trituración de la empresa Constriturar S.A.S. Bogotá D.C. Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2018.


ANEXOS

ANEXO A FICHAS TECNICAS

Roladora

| | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|--|--|--------------------------|--|
|  Tecnitanques Ingenieros | TECNITANQUES INGENIEROS | | | | | TTMTTO-F-001 | |
| | FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | PAG 1 DE 1 | |
| | | | | | | FECHA VIG. 04/09/2018 | |


| | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------|----------------------------|-------|--------------------|-----------------|------|---------------|------|-------|---|
| EQUIPO | ROLADORA 03 MACHINERY | | | | CÓDIGO ASIGNADO | 214 | CÓDIGO ACTIVO | | | |
| MARCA | VIRLI | | SERIE | | | | | | | |
| MODELO / REFERENCIA | 4RS-8-46 | CALIBRACION Y PERIODICIDAD | | AÑO DE FABRICACIÓN | | 2006 | | | | |
| TIPO DE MOTOR | | COMBUSTIBLE | | NUMERO DE MOTOR | | | | | | |
| POTENCIA | | VELOCIDAD | | | AMPERAJE | 122 | VOLTAJE | 220V | FASES | 3 |

| | |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO</p> <p>SE DEBEN TORQUEAR LOS TORNILLOS DEL MOTOR HIDRAULICO DEL CILINDRO PRINCIPAL A 150 LBS. GRADUACION DEL PLC UNICAMENTE POR TECNICOS ESPECIALIZADOS</p> |  |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |


| LUBRICANTES | REPUESTOS ESPECIALES | ASPECTOS DE SEGURIDAD | ESPECIFICACIONES |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| GRASA MOBIL A BASE DE LITIO | CONECTOR DE 24 PINES | REALIZAR MITO CON EL EQUIPO | |
| | MANOMETROS DE 6,000 PSI CONEXIÓN | APAGADO. | |
| | TRASERA 2 1/2 | REVISAR EQUIPO ANTES DE ENERGIZAR | |
| | MANGUERAS DE 1/2 X60 LONG | REALIZAR LIMPIEZA DESPUES DE CADA | |
| | PUNTA RECTA 24 MM A 90° X 24 MM | JORNADA DE TRABAJO. | |
| | | | |
| | | | |

| | | |
|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| PROVEEDOR | MANTENIMIENTOS HIDRAULICOS | OBSERVACIONES DE COMPRA |
| TELÉFONO | 3-632864 | |
| FECHA DE COMPRA | 10/05/2011 | |
| COSTO | \$ 250.000.000,00 | |

Embombadora

| | | | | | | |
|---|---------------------------------------|--|--|--|--|--|
|  Tecnitiques Ingenieros | TECNITANQUES INGENIEROS | | | | TTMTTO-F-001 | |
| | FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | PAG 1 DE 1 FECHA VIG. 04/09/2018 | |


| | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|-----------|----------------------------|--------------------|----|-----------------|----------|
| EQUIPO | EMBOMBADORA PRENSA | | | CÓDIGO ASIGNADO | 35 | CÓDIGO ACTIVO | AFJ10159 |
| MARCA | | | SERIE | | | | |
| MODELO / REFERENCIA | | | CALIBRACION Y PERIODICIDAD | AÑO DE FABRICACIÓN | | 2009 | |
| TIPO DE MOTOR | | | COMBUSTIBLE | | | NUMERO DE MOTOR | |
| POTENCIA | | VELOCIDAD | | AMPERAJE | | VOLTAJE | 220V |
| | | | | | | FASES | 3 |

| | |
|--|---|
| CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO | |
| SE FILTRAR ACEITE CADA 6 MESES SE DEBEN VERIFICAR NIVELES DE ACEITE MENSUALMENTE , CADA VEZ QUE SE REALICE MANTENIMIENTO DEBE PROBAR SU FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS SENTIDOS ASI : MANUAL AUTOMATICA Y SEMIAUTOMATICA |  |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| LUBRICANTES | REPUESTOS ESPECIALES | ASPECTOS DE SEGURIDAD | ESPECIFICACIONES |
|---------------|--|----------------------------------|------------------|
| ACEITE 15W 40 | FILTRO DE ACEITE BT 287-10 | REALIZAR MTTTO CON EL EQUIPO SIN | |
| VALVULINA | MANOMETRO 4500 psi | ENERGIA. | |
| | VALVULA DE LLENADO PRESOSTATO | REVISAR FUGAS HIDRAULICAS ANTES | |
| | CONTROL ELECTRICO | DE ENCENDER. | |
| | MANUAL | | |
| | | | |
| | | | |


| | | |
|-----------------|---|-------------------------|
| PROVEEDOR | MANTENIMIENTOS Y AUTOMATIZACIONES HIDRAULICAS | OBSERVACIONES DE COMPRA |
| TELÉFONO | 7-218339 | |
| FECHA DE COMPRA | FEBRERO DE 2009 | |
| COSTO | \$ 285.000.000,00 | |

Pestañadora

| | | | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|--|--------------------------|
|  Tecnitanques Ingenieros | TECNITANQUES INGENIEROS | | | | TTMTTO-F-001 |
| | FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | PAG 1 DE 1 |
| | | | | | FECHA VIG. 04/09/2018 |

| | | | | | |
|---------------------|---|----------------------------|----|--------------------|----------|
| EQUIPO | PESTAÑADORA DE CAPACIDAD 3/16" HASTA 3/4" | CÓDIGO ASIGNADO | 31 | CÓDIGO ACTIVO | AFJ10162 |
| MARCA | | SERIE | | | |
| MODELO / REFERENCIA | | CALIBRACION Y PERIODICIDAD | | AÑO DE FABRICACIÓN | 1998 |


| | | | | | |
|---------------|---------------|-------------|--|-----------------|------|
| TIPO DE MOTOR | MOTOR SIEMENS | COMBUSTIBLE | | NUMERO DE MOTOR | |
| POTENCIA | 12 HP | VELOCIDAD | | AMPERAJE | |
| | | | | VOLTAJE | 220V |
| | | | | FASES | 3 |

| | |
|---|--|
| CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO |  |
| MOTOR DE 12 HP | |
| BOMBA HIDRAULICA 2000 PSI, SISTEMA HIDRAULICO | |
| JUEGO DE BOLAS DE 4", 6", 8" | |
| CAPACIDAD DE 3 METROS DE DIAMETRO | |
| ACCESORIOS | |
| | |


| LUBRICANTES | REPUESTOS ESPECIALES | ASPECTOS DE SEGURIDAD | ESPECIFICACIONES |
|------------------|------------------------------------|---|------------------|
| ACEITE 15W 40 MX | MANOMETRO 4500 psi | NO REALIZAR MTTTO CON EL EQUIPO | |
| GRASA | | ENERGISADO | |
| | | REVISAR FUGAS HIDRAULICAS ANTES DE ENCENDER. | |
| | | REALIZAR LIMPIEZA DESPUES DE CADA JORNADA DE TRABAJO. | |

| | | |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|
| PROVEEDOR | | OBSERVACIONES DE COMPRA |
| TELÉFONO | | |
| FECHA DE COMPRA | 22 DE SEPTIEMBRE 1998 | |
| COSTO | \$ 375.000.000,00 | |

Puente grúa

| | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--------------------------|--|
|  Tecnitanques Ingenieros | TECNITANQUES INGENIEROS | | | | | | TTMTTO-F-001 | |
| | FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | | PAG 1 DE 1 | |
| | | | | | | | FECHA VIG. 04/09/2018 | |


| | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|----------|--------------------|---------------------------|------|---------------|---|
| EQUIPO | PUENTE GRUA NORTE NAVE 3 | | | | CÓDIGO ASIGNADO | 441 | CÓDIGO ACTIVO | |
| MARCA | R&M MATERIAL HANDLING INC | SERIE | 10001219 | | | | | |
| MODELO / REFERENCIA | SX50410100P5FDLOS | CALIBRACION Y PERIODICIDAD | ANUAL | AÑO DE FABRICACIÓN | 2013 | | | |
| TIPO DE MOTOR | | COMBUSTIBLE | | NUMERO DE MOTOR | MF06LA200-132F85001E-IP55 | | | |
| POTENCIA | 11 KW | VELOCIDAD | | AMPERAJE | VOLTAJE | 220C | FASES | 3 |

| | |
|---|---|
| CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO MOTOR DE TRASLACION MF06LA200-132F85001E-IP55 |  |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| LUBRICANTES | REPUESTOS ESPECIALES | ASPECTOS DE SEGURIDAD | ESPECIFICACIONES |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------|
| GRAFITO EN SPRAY | GUAYA DE DIAMETRO N° 8 | | |
| LIMPIADOR DE CONTACTOS | TIPO DE GANCHO Y TAMAÑO HBC 2.5 V | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |


| | | |
|-----------------|-------------------|--|
| PROVEEDOR | STEKER CRANES | OBSERVACIONES DE COMPRA polipasto marca r&m capacidad de 10 toneladas, adaptado para trabajo con 5 toneladas, el cual podra ser acondicionado emomento que se requiera para uso en 10 toneladas. |
| TELÉFONO | 3100555 | |
| FECHA DE COMPRA | 14/03/2014 | |
| COSTO | \$ 125.000.000,00 | |

Pantógrafo

| | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|  Tecnitiques Ingenieros | TECNITANQUES INGENIEROS | | | | | TTMTTO-F-001 | |
| | FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | | PAG 1 DE 1 FECHA VIG. 04/09/2018 | |

| | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------|----------------------------|-------|--------------------|----|---------------|---------|---|
| EQUIPO | EQUIPO DE CORTE " PANTOGRAFO " | | | CÓDIGO ASIGNADO | 41 | CÓDIGO ACTIVO | AFJ1014 | 9 |
| MARCA | TORCH MATTE | | SERIE | 5510587 | | | | |
| MODELO / REFERENCIA | THERMAL DYNAMICS | CALIBRACION Y PERIODICIDAD | | AÑO DE FABRICACIÓN | | | | |


| | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-----------------|-----------------|----------|--------|---------|------|-------|---|
| TIPO DE MOTOR | COMBUSTIBLE | | NUMERO DE MOTOR | | | | | | |
| POTENCIA | VELOCIDAD | A 120 CUTMASTER | | AMPERAJE | 61 AMP | VOLTAJE | 220v | FASES | 3 |


| | |
|---|---|
| CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO SE LE DEBEN CAMBIAR LOS FILTROS PARKER CADA MES REFERENCIA PS701P Y PS724P ELEMN KIT- 40 M PLASTIC CAMBIO DE ACEITE DEL COMPRESOR DE TORNILLO CADA 200 HORAS |  |
|---|---|

| LUBRICANTES | REPUESTOS ESPECIALES | ASPECTOS DE SEGURIDAD | ESPECIFICACIONES |
|--|---------------------------------------|--|------------------|
| SE LE APLICA WD40 PARA LUBRICAR PIEZAS | ROD ESTACION CONTROL DE TEMP | REALIZAR MTTO CON EL EQUIPO SIN ENERGIA. | |
| | SMART MOTOR ESTACION CONTROL TEMP | REVISAR EQUIPO ANTES ENCEDER. | |
| | TUERCA EN BRONCE PARA CONTROL DE TEMP | REALIZAR LIMPIEZA DE LAS GUIAS. | |
| | TORNILLO SIN FIN | | |
| | ACOPLE RESORTADO CONTROL DE ALTURA | | |
| | | | |

| | | |
|-----------------|-------------------------|--------------------------------|
| PROVEEDOR | RODRIGUEZ RUBIANO S.A.S | OBSERVACIONES DE COMPRA |
| TELÉFONO | 56690/06-7000555 | |
| FECHA DE COMPRA | 2009 | |
| COSTO | \$ 55.000.000,00 | |

**ANEXO B
SOLICITUDES DE SERVICIO**

| | | | | | |
|---|---|-------------------------|------------|------------------------|----------|
|  TECNITANQUES <small>GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT</small> | TECNITANQUES INGENIEROS | | | Formato 2 | |
| | SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO | | | pag 1 de 1 | |
| | FECHA VIG. 04/09/2018 | | | | |
| SERVICIO # | 1 | SOLICITADO POR | Produccion | FECHA SOLICITUD | DD MM AA |
| EQUIPO | INFRAESTRUCTURA | x | Muña 2 | FECHA RECIBIDO | DD MM AA |
| Pantografo | | | | | |
| DESCRIPCIÓN: | | | | | |
| No enciende el equipo de plasma, se queda pegado y no arranca el corte | | | | | |
| | | | | | |
| FECHA COMPROMISO ENTREGA | | RECIBE CONFORME | | | |
| DD MM AA | | DD MM AA | | | |
| TIPO DE MANTENIMIENTO | | TIPO DE SERVICIO | | PRIORIDAD | |
| Preventivo | Correctivo | x | Mecánica | Electrónica | x |
| Predictivo | Proactivo | | Eléctrica | Soldadura | |
| | | | | Emergencia | Normal |
| | | | | Urgente | x |
| SOLICITADO POR | | RECIBIDO POR | | # OT GENERADA | |
| Luis Aparicio Mendez | | Rodolfo Cortes | | | |

| | | | | | |
|---|---|-------------------------|------------------|------------------------|----------------------|
|  TECNITANQUES <small>GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT</small> | TECNITANQUES INGENIEROS | | | Formato 2 | |
| | SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO | | | Pagina 1 de 1 | |
| | FECHA VIG. 04/09/2018 | | | | |
| SERVICIO # | 2 | SOLICITADO POR | Produccion | FECHA SOLICITUD | DD MM AA 10-10-18 |
| EQUIPO | INFRAESTRUCTURA | x | UBICACIÓN Muña 2 | FECHA RECIBIDO | DD MM AA |
| Puente grua | | | | | |
| DESCRIPCIÓN: | | | | | |
| revisión de polipasto del puente grua | | | | | |
| | | | | | |
| FECHA COMPROMISO ENTREGA | | RECIBE CONFORME | | | |
| DD MM AA | | DD MM AA | | | |
| TIPO DE MANTENIMIENTO | | TIPO DE SERVICIO | | PRIORIDAD | |
| Preventivo | x | Correctivo | Mecánica | Electrónica | |
| Predictivo | | Proactivo | Eléctrica | Soldadura | |
| | | | | Emergencia | Normal |
| | | | | Urgente | x |
| SOLICITADO POR | | RECIBIDO POR | | # OT GENERADA | |
| Juan Rodriguez | | Wilfred Barragan | | | |



TECNITANQUES INGENIEROS

Formato 2

SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO

Página 1 de 1

FECHA VIG. 04/09/2018

| | | | | | |
|-------------------|----------|-----------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| SERVICIO # | 3 | SOLICITADO POR | Produccion | FECHA SOLICITUD | DD MM AA 17-8-18 |
|-------------------|----------|-----------------------|-------------------|------------------------|---------------------|

| | | | | | | |
|-----------------|------------------------|----------|------------------|---------------|-----------------------|----------|
| EQUIPO | INFRAESTRUCTURA | x | UBICACIÓN | Muña 2 | FECHA RECIBIDO | DD MM AA |
| Roladora | | | | | | |


DESCRIPCIÓN:

| | | |
|--|------------------------|--|
| Inspeccion de aceite de la roladora puesto que esta perdiendo fuerza al doblar la lamina | | |
| | | |
| | | |
| FECHA COMPROMISO ENTREGA | RECIBE CONFORME | |
| DD MM AA | DD MM AA | |

| TIPO DE MANTENIMIENTO | | | TIPO DE SERVICIO | | | PRIORIDAD | | |
|-----------------------|-------------------------------------|------------|------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|------------|------------|
| Preventivo | <input checked="" type="checkbox"/> | Correctivo | Mecánica | <input type="checkbox"/> | Electrónica | <input type="checkbox"/> | Emergencia | Normal |
| Predictivo | <input type="checkbox"/> | Proactivo | Eléctrica | <input type="checkbox"/> | Soldadura | <input type="checkbox"/> | Urgente | Programado |

| | | |
|-----------------------|---------------------|----------------------|
| SOLICITADO POR | RECIBIDO POR | # OT GENERADA |
| Juan Rodriguez | Rodolfo Cortes | |

Roladora

| | | | | |
|---|--|--|---------------------------------|--|
|  TECNITANQUES <small>GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT</small> | TECNITANQUES INGENIEROS | | TTMTTO-F-005 | |
| | ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO | | REV. 8 FECHA VIG. 04/07/2018 | |

| | | | | |
|-------------|--------------------------|--|--|--|
| DESCRIPCIÓN | MANTENIMIENTO CORRECTIVO | | | |
|-------------|--------------------------|--|--|--|

| | | | | | |
|----------|----------------|------------------|----------------|----------------|--------------|
| ORDEN # | 2025 | Fecha de Emisión | 11/10/2018 | Solicitado por | DIEGO PLAZAS |
| PROYECTO | OP 1437 | UBICACIÓN | PLANTA MUÑA II | | |
| EQUIPO | ROLADORA TURCA | | CÓDIGO INTERNO | 21 | |

| | | | |
|------------|--------------------------------------|-------|-------------|
| Asignado a | MANTENIMIENTO Y AUTOMATIZACION S.A.S | Cargo | CONTRATISTA |
|------------|--------------------------------------|-------|-------------|


| TIPO DE MANTENIMIENTO | | TIPO DE SERVICIO | | PRIORIDAD | |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------|--------------------|------------|
| Preventivo | Correctivo | Mecánica | Electrónica | Emergencia | Normal |
| Predictivo | Proactivo | Eléctrica | Soldadura | Urgente | Programado |

| | | | |
|---|-----------------|------------|------------------|
| Descripción del trabajo realizado | Fecha Ejecución | 11/10/2018 | Repuestos Usados |
| SE REALIZA CAMBIO DE ACEITE Y DE UNA MANGUERA A SU VEZ SE REvisa EL CILINDRO SIN NINGUNA NOVEDAD | | | N/A |
| TIEMPO USADO | | | 8 HRS |

OBSERVACIONES GENERALES:

| | | |
|--|--------------|--------------|
| EJECUTADO POR | REVISADO POR | CERRADO POR |
| MANTENIMIENTO Y AUTOMATIZACION HIDRAULICAS SAS | DIEGO PLAZAS | DIEGO PLAZAS |

Pantógrafo o mesa de corte

| | | |
|--|--|---|
|  TECNITANQUES <small>GENERAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT</small> | TECNITANQUES INGENIEROS | TTMTTO-F-005 |
| | ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO | REV. 8 FECHA VIG. 04/07/2018 |

| | | | |
|-------------|--------------------------|--|--|
| DESCRIPCIÓN | MANTENIMIENTO CORRECTIVO | | |
|-------------|--------------------------|--|--|

| | | | | | |
|----------|---------------------------|------------------|----------------|----------------|--------------|
| ORDEN # | 2102 | Fecha de Emisión | 24/08/2018 | Solicitado por | DIEGO PLAZAS |
| PROYECTO | OP 1437 | UBICACIÓN | PLANTA MUÑA II | | |
| EQUIPO | MESA DE CORTE HYPER THERM | | CÓDIGO INTERNO | 169 | |

| | | | |
|------------|----------|-------|-------------|
| Asignado a | CODINTER | Cargo | CONTRATISTA |
|------------|----------|-------|-------------|


| TIPO DE MANTENIMIENTO | | TIPO DE SERVICIO | | PRIORIDAD | |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|--------------------|------------|
| Preventivo | Correctivo | Mecánica | Electrónica | Emergencia | Normal |
| Predictivo | Proactivo | Eléctrica | Soldadura | Urgente | Programado |


| | | | |
|--|-----------------|--------------|------------------|
| Descripción del trabajo realizado | Fecha Ejecución | 24/08/2018 | Repuestos Usados |
| SE RESTAURA EL CNC , SE REVISAN PARAMETROS DEL CNC Y SE CAMBIA SWITCH DE SUBIR Y BAJAR ANTORCHA | | | N/A |
| | | TIEMPO USADO | 4 HRS |


OBSERVACIONES GENERALES:


| | | |
|---------------|--------------|--------------|
| EJECUTADO POR | REVISADO POR | CERRADO POR |
| CODINTER | DIEGO PLAZAS | DIEGO PLAZAS |

ANEXO D. PUNTOS DE INSPECCIÓN


|  | | Puntos de inspección | | | | Fecha: Sep 20 2018 | |
|---|--------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------|----------|--|--|
| | | | | | | Version 01 | |
| | | | | | | Pagina 1 de 1 | |
| Equipo: Roladora | | | Código: A-RO-10 | | | | |
| Subsistema | Ruta, frecuencia, tiempo | Item | Descripcion inspeccion | Limites | Cantidad | Observaciones | |
| A-RO-10-EST10 | R=3 F=13T= 30 | 1 | Verificar el estado de los bujes | < 2mm | 6 | Calibrador pie de rey | |
| A-RO-10-HID10 | R=4 F=4 T= 30 | 2 | Verificar temperatura de aceite | <90 °C | 1 | Utilizar medidor temperatura(piometro, termocupla) | |
| | | 3 | Verificar nivel de aceite | <3/4 del deposito | 1 | Utilizar medidor de nivel | |
| | | 4 | Revisar filtros | 260< horas | 2 | Contactar personal externo | |


|  | | Puntos de inspección | | | | Fecha: Sep 20 2018 | |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------|--|--|
| | | | | | | Version 01 | |
| | | | | | | Pagina 1 de 1 | |
| Equipo: Embombadora | | | Código: A-EM-12 | | | | |
| Subsistema | Ruta, frecuencia, tiempo | Item | Descripcion inspeccion | Limites | Cantidad | Observaciones | |
| A-EM-12-HID12 | R=5 F=4 T= 30 | 1 | Verificar temperatura de aceite | <90 °C | 1 | Utilizar medidor temperatura(piometro, termocupla) | |
| | | 2 | Verificar nivel de aceite | <3/4 del deposito | 1 | Utilizar medidor de nivel | |
| | | 3 | Revisar filtros | 260 < horas | 2 | Contactar personal externo | |
| A-EM-12-EST12 | R=5 F=26 T= 180 | | Verificar estados de soldaduras | 1/16"< | Toda la maquina | Realizar tintas penetrantes | |


|  | | Puntos de inspección | | | | Fecha: Sep 20 2018 | |
|---|--------------------------|----------------------|--|-------------------|----------|--|--|
| | | | | | | Version 01 | |
| | | | | | | Pagina 1 de 1 | |
| Equipo: Pestañadora | | | Código: A-PE-13 | | | | |
| Subsistema | Ruta, frecuencia, tiempo | Item | Descripcion inspeccion | Limites | Cantidad | Observaciones | |
| A-PE-13-MOT13 | R=7 F=13 T= 60 | 1 | Revisar alineacion de motor con reductor | <1,5 mm | 1 | Utilizar comparador de caratula | |
| | | 2 | Verificar voltaje de motor | 220 v +/- 5% | 1 | Utilizar voltmetro | |
| | | 3 | Medicion de corriente | 58 A | 1 | Utilizar pinza voltiamperimetrica | |
| A-PE-13-HID13 | R=8 F=4 T= 30 | 4 | Verificar temperatura de aceite | <90 °C | 1 | Utilizar medidor temperatura(piometro, termocupla) | |
| | | 5 | Verificar nivel de aceite | <3/4 del deposito | 1 | Utilizar medidor de nivel | |
| | | 6 | Revisar filtros | 260 < horas | 2 | Contactar personal externo | |


|  | | Puntos de inspección | | | | Fecha: Sep 20 2018 | |
|---|--------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------|----------|-----------------------------------|--|
| | | | | | | Version 01 | |
| | | | | | | Pagina 1 de 1 | |
| Equipo: Puente grua | | | Código : A-PG1-06 | | | | |
| Subsistema | Ruta, frecuencia, tiempo | Item | Descripcion inspeccion | Limites | Cantidad | Observaciones | |
| A-PG1-06-MOT06 | R=9 F=4 T= 30 | 1 | Verificar voltaje de lineas | 440 v +/- 5% | 4 | Utilizar voltmetro | |
| | | 2 | Verificar corriente | 10 Amperios | 4 | Utilizar pinza voltiamperimetrica | |


ANEXO E. RUTAS DE INSPECCIÓN


|  | | Ruta de inspección No 2 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 |
|---|---------------|-----------------------------------|-------------------|------------|--|
| | | Frecuencia F4 | Tiempo: 60 | Pag 1 de 1 | |
| | | | | | |
| EQUIPO | SISTEMA | DESCRIPCION INSPECCION | LIMITES | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
| Pantografo | A-PA-04-COR04 | Verificar liquido refrigerante | <1/2 del deposito | 1 | Inspeccion Visual |
| | | Voltaje del equipo | 220 V +/- 5% | 1 | Utilizar voltmetro |
| | | Verificar caudal del refrigerante | | 1 | Medidor de caudal que tiene la máquina |


|  | | Ruta de inspección No 3 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 |
|---|---------------|----------------------------------|------------|------------|--|
| | | Frecuencia F13 | Tiempo: 30 | Pag 1 de 1 | |
| | | | | | |
| EQUIPO | SISTEMA | DESCRIPCION INSPECCION | LIMITES | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
| Roladora | A-RO-10-EST10 | Verificar el estado de los bujes | < 2mm | 6 | Calibrador pie de rey |


|  | | Ruta de inspección No 4 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 |
|---|---------------|---------------------------------|-------------------|------------|--|
| | | Frecuencia F4 | Tiempo: 30 | Pag 1 de 1 | |
| | | | | | |
| EQUIPO | SISTEMA | DESCRIPCION INSPECCION | LIMITES | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
| Roladora | A-RO-10-HID10 | Verificar temperatura de aceite | <90 °C | 1 | Utilizar medidor temperatura(piometro, termocupla) |
| | | Verificar nivel de aceite | <3/4 del deposito | 1 | Utilizar medidor de nivel |
| | | Revisar filtros | 260 < horas | 2 | Contactar personal externo |

|  | | Ruta de inspección No 5 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 |
|---|---------------|---------------------------------|-------------------|------------|--|
| | | Frecuencia F4 | Tiempo: 30 | Pag 1 de 1 | |
| | | | | | |
| EQUIPO | SISTEMA | DESCRIPCION INSPECCION | LIMITES | CANTIDAD | OBSERVACIONES |
| Embombadora | A-EM-12-HID12 | Verificar temperatura de aceite | <90 °C | 1 | Utilizar medidor temperatura(piometro, termocupla) |
| | | Verificar nivel de aceite | <3/4 del deposito | 1 | Utilizar medidor de nivel |
| | | Revisar filtros | 260 < horas | 2 | Contactar personal externo |


|  | | Ruta de inspección No 6 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 | | | | | |
|---|---------------|---------------------------------|-------------|-----------------|--|--|--|--|--|--|
| | | Frecuencia F26 | Tiempo: 180 | Pag 1 de 1 | | | | | | |
| EQUIPO | SISTEMA | DESCRIPCION INSPECCION | LIMITES | CANTIDAD | OBSERVACIONES | | | | | |
| Embombadora | A-EM-12-EST12 | Verificar estados de soldaduras | 1/16"< | Toda la maquina | Realizar tintas penetrantes | | | | | |


|  | | Ruta de inspección No 7 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 | | | | | |
|---|---------------|--|--------------|------------|--|--|--|--|--|--|
| | | Frecuencia F13 | Tiempo: 60 | Pag 1 de 1 | | | | | | |
| EQUIPO | SISTEMA | DESCRIPCION INSPECCION | LIMITES | CANTIDAD | OBSERVACIONES | | | | | |
| Pestañadora | A-PE-13-MOT13 | Revisar alineacion de motor con reductor | <1,5 mm | 1 | Utilizar comparador de caratula | | | | | |
| | | Verificar voltaje de motor | 220 v +/- 5% | 1 | Utilizar voltmetro | | | | | |
| | | Medicion de corriente | 58 A | 1 | Utilizar pinza voltiamperimetrica | | | | | |


|  | | Ruta de inspección No 8 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 | | | | | |
|---|---------------|---------------------------------|-------------------|------------|--|--|--|--|--|--|
| | | Frecuencia F4 | Tiempo: 30 | Pag 1 de 1 | | | | | | |
| EQUIPO | SISTEMA | DESCRIPCION INSPECCION | LIMITES | CANTIDAD | OBSERVACIONES | | | | | |
| Pestañadora | A-PE-13-HID13 | Verificar temperatura de aceite | <90 °C | 1 | Utilizar medidor temperatura (pirometro, termocupla) | | | | | |
| | | Verificar nivel de aceite | <3/4 del deposito | 1 | Utilizar medidor de nivel | | | | | |
| | | Revisar filtros | 260 < horas | 2 | Contactar personal externo | | | | | |


|  | | Ruta de inspección No 9 | | | 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 | | | | | |
|---|----------------|-----------------------------|--------------|------------|--|--|--|--|--|--|
| | | Frecuencia F4 | Tiempo: 30 | Pag 1 de 1 | | | | | | |
| EQUIPO | SISTEMA | DESCRIPCION INSPECCION | LIMITES | CANTIDAD | OBSERVACIONES | | | | | |
| Puente gruas | A-PG1-06-MOT06 | Verificar voltaje de lineas | 440 v +/- 5% | 4 | Utilizar voltmetro | | | | | |
| | | Verificar corriente | 10 Amperios | 4 | Utilizar pinza voltiamperimetrica | | | | | |

**ANEXO F.
PUNTOS CLAVE DE LUBRICACIÓN**



|  | | | Puntos de lubricación | | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------------|------|-----------------------|-----------|----------|--------------------------|--|
| | | | | | | Version 01 | |
| | | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Roladora | | | Código: A-RO-10 | | | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion | |
| Estructura (EST-10) | R=1 F=1 T=10 | 1 | Engrasar Bujes | 20 gramos | 6 | Ver carta de lubricacion | |




|  | | | Puntos de lubricación | | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------------|------|---------------------------------|-----------|----------|--------------------------|--|
| | | | | | | Version 01 | |
| | | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Pantógrafo | | | Código: A-PA-04 | | | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion | |
| Corte (COR-04) | R=1 F=1 T=10 | 1 | Lubricar carro transversal | 30 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion | |
| | | 2 | Lubricar eje de motor electrico | 50 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion | |

|  | | | Puntos de lubricación | | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------------|------|--------------------------|-----------|----------|--------------------------|--|
| | | | | | | Version 01 | |
| | | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Embombadora | | | Código: A-EM-12 | | | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion | |
| Estructura (EST-12) | R=1 F=1 T=10 | 1 | Engrase de brazo soporte | 30 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion | |


|  | | | Puntos de lubricación | | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------------|------|-----------------------------------|------------|----------|--------------------------|--|
| | | | | | | Version 01 | |
| | | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Puente Gruas | | | Código: A-PG1-06 | | | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion | |
| Estructura (EST-06) | R=1 F=1 T=10 | 1 | Engrasar tambor | 200 gramos | 1 | Ver carta de lubricacion | |
| | | 2 | Lubricar guaya | 30 gramos | 2 | Ver carta de lubricacion | |
| | | 3 | Engrasar ruedas de carros testers | 30 gramos | 4 | Ver carta de lubricacion | |


ANEXO G. CARTAS DE LUBRICACIÓN


| | | | |
|---|-------------------------------|----------------------|--------------------|
|  TECNITANQUES <small>GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT</small> | Carta de lubricación | | Fecha: Oct 19 2018 |
| | | | Version 01 |
| | | | Pag 1 de 1 |
| | | | |
| Equipo: Roladora | Código: A-RO-10 | | |
| Lubricante usado | Lubricante Recomendado | Puntos de aplicación | Metodo |
| Grasa de Litio Multiproposito | Grasa de Litio Multiproposito | 1. Bujes | Grasera Manual |
| Puntos de lubricacion: | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px; border: 1px solid black; padding: 2px;">1. Bujes</div> </div> | | | |


| | | | |
|---|-------------------------------|--|--------------------|
|  TECNITANQUES <small>GLOBAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT</small> | Carta de lubricación | | Fecha: Oct 19 2018 |
| | | | Version 01 |
| | | | Pag 1 de 1 |
| | | | |
| Equipo: Pantógrafo | Código: A-PA-04 | | |
| Lubricante usado | Lubricante Recomendado | Puntos de aplicación | Metodo |
| Grasa de Litio Multiproposito | Grasa de Litio Multiproposito | 1. Carro transversal 2. Eje motor electrico | Grasera Manual |
| Puntos de lubricacion: | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1. Carro transversal</div> </div> <div style="text-align: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2. Eje motor electrico</div> </div> </div> | | | |

**ANEXO H.
PUNTOS CLAVE DE AJUSTE Y LIMPIEZA**

|  | | Puntos clave de ajuste y limpieza | | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|--------------------|------------------------|
| | | | | | Version 01 | |
| | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Roladora | | | | Código: A-RO-10 | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion |
| A-RO-10- EST10 | R=1 F=1 T=20 | 1 | Ajuste de tornillos de eje central 1" | 466 lb/ft | 20 | usar llave de 1-13/16" |
| | | 2 | Ajuste de tornillos de estructura 5/8" | 120 lb/ft | 8 | usar llave 7/8" |
| | | 3 | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |

|  | | Puntos clave de ajuste y limpieza | | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | Version 01 | |
| | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Embombadora | | | | Código: A-EM-12 | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion |
| A-EM-12- EST12 | R=1 F=1 T=20 | 1 | Ajuste de tornillo anclaje de mesa 1-1/2" | 526 lb/ft | 8 | usar llave 1- 3/4" |
| | | 2 | Ajuste de tornillos de anclaje de dispositivos 5/8" | 120 lb/ft | 16 | usar llave 7/8" |
| | | 3 | Ajuste de tapa de piston 5/8" | 120 lb/ft | 22 | usar llave 7/8" |
| | | 4 | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |

|  | | Puntos clave de ajuste y limpieza | | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------|--------------------|---------------------|
| | | | | | Version 01 | |
| | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Pestañadora | | | | Código: A-PE-13 | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion |
| A-PE-13- MOT13 | R=1 F=1 T=20 | 1 | Ajuste de tornillos de viga de posicionamiento 1-1/2" | 526 lb/ft | 12 | usar llave 1 - 3/4" |
| | | 2 | Ajuste de tornillos de eje rotatorio 5/16" | 14 lb/ft | 4 | usar llave 1/2" |
| | | 3 | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |

|  | | Puntos clave de ajuste y limpieza | | | Fecha: Oct 19 2018 | |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|--|------------------|--------------------|---------------------|
| | | | | | Version 01 | |
| | | | | | Pag 1 de 1 | |
| Equipo: Puente Gruas | | | | Código: A-PG1-06 | | |
| Subsistema | Ruta , Frecuencia, Tiempo | Item | Detalle de inspeccion | Limites | Cantidad | Observacion |
| A-PG1-06- EST06 | R=1 F=1 T=20 | 1 | Ajuste de tornillos de viga a testeros 1" | 466 lb/ft | 20 | usar llave 1-13/16" |
| | | 2 | Limpieza general | | 1 | Usar soplador |