

DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACION DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO  
EN EL PROCESO DE SULFATO TIPO B LIQUIDO DE SULFOQUIMICA S.A.

ALEJANDRO BOTERO- COHORTE 15

CAMILO CHAMORRO- COHORTE 15



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
MEDELLÍN, 2019

DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACION DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO  
EN EL PROCESO DE SULFATO TIPO B LIQUIDO DE SULFOQUIMICA S.A.

ALEJANDRO BOTERO- COHORTE 15

CAMILO CHAMORRO- COHORTE 15

MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
GERENCIA DE MANTENIMIENTO

ASESOR: SEBASTIAN MIRA MORA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
MEDELLÍN, 2019

## Contenido

1	RESUMEN.....	1
2	JUSTIFICACIÓN.....	2
3	OBJETIVOS.....	4
3.1	Objetivo general .....	4
3.2	Objetivos específicos .....	4
4	ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO.....	5
4.1	Mantenimiento.....	7
4.2	Tipos de mantenimiento .....	7
4.2.1	Mantenimiento Correctivo: .....	7
4.2.2	Mantenimiento Preventivo: .....	7
4.2.3	Mantenimiento Predictivo:.....	8
4.2.4	Mantenimiento Cero Horas (Overhaul): .....	8
4.2.5	Mantenimiento En Uso:.....	8
4.3	Criticidad de equipos.....	8
4.4	Programación de mantenimiento. ....	9
4.5	Tareas de riesgo alto.....	10
4.5.1	Trabajos en Espacios Confinados: .....	11
4.5.2	Trabajos en Alturas:.....	11
4.5.3	Trabajos en Caliente:.....	11
4.5.4	Trabajos con Energías Peligrosas: .....	11
4.5.5	Trabajos con Sustancias Químicas:.....	12
4.6	Mantenimiento preventivo en MainBoss:.....	12
4.7	Tiempos muertos .....	16
4.8	Disponibilidad.....	27

4.9	Indicadores de mantenimiento .....	30
4.9.1	Indicadores de gestión de órdenes de trabajo: .....	30
4.10	Sistemas de inventarios .....	33
4.10.1	Inventario de repuestos .....	34
4.10.2	Análisis ABC de inventarios .....	35
4.10.3	Clasificación de repuestos por criticidad .....	36
5	METODOLOGÍA .....	38
6	RESULTADOS .....	51
7	CONCLUSIONES .....	62
9.	PRESUPUESTO .....	63
8	REFERENCIAS .....	64

## Lista de figuras

Figura 1. Resultados de la FLASH AUDIT .....	3
Figura 2. pasos para manejar el mantenimiento preventivo .....	15
Figura 3. Diagrama de Pareto para análisis de procesos línea de producción a evaluar. .....	18
Figura 4. Árbol de decisión generado con el algoritmo J48. Ilustración adaptada de WEKA (Mark et al., 2009) .....	21
Figura 5. Árbol de decisión generado con el algoritmo J48. Ilustración adaptada de WEKA (Mark et al., 2009) DISCUSIÓN .....	26
Figura 6. Organigrama de procesos de Sulfoquímica .....	39
Figura 7. Organigrama de procesos equipos actualizados parte 1 .....	39
Figura 8. Organigrama de procesos equipos actualizados parte 2 .....	39
Figura 9. Organigrama de procesos equipos actualizados parte 3 .....	40
Figura 10. Nueva plantilla maestra para las ordenes de trabajo .....	41
Figura 11. Posibles consecuencia .....	41
Figura 12. Matriz de criticidad .....	42
Figura 13. Programador de mantenimiento de Itagüí, ordenes correctivas .....	43
Figura 14. Riesgos identificados en la matriz de datos .....	43
Figura 15. Asignación de tareas de riesgo alto en el PROGRAMADOR DE PREVENTIVOS .....	44
Figura 16. Plantilla maestra de Excel .....	44
Figura 17. Plantilla programador .....	46
Figura 18. Resumen de repuestos para cada OT .....	48
Figura 19. Orden de trabajo a realizar .....	48
Figura 20. Código de colores .....	49
Figura 21. Hoja de programación de OT's .....	49
Figura 22. Resúmenes de programación .....	50
Figura 23, Diagrama de resultados obtenidos .....	53
Figura 24. Equipos del organigrama de procesos parte 1 .....	54
Figura 25. Equipos del organigrama de procesos parte 2 .....	54
Figura 26. Equipos del organigrama de procesos parte 1 .....	55

Figura 27. Plantilla maestra de Excel, Ordenes de trabajo .....	55
Figura 28. Código N.0 de OT .....	56
Figura 29. Orden de trabajo correctiva con sus riesgos .....	57
Figura 30. Permiso de trabajo en alturas .....	57
Figura 31. Permiso de trabajo en espacios confinados .....	57
Figura 32. Permiso de trabajo para energías peligrosas .....	58
Figura 33. Permiso de trabajo en caliente .....	58
Figura 34. Plantilla programador, botones para programar .....	59
Figura 35. Actividades de mantenimiento programadas .....	60
Figura 36. Resumen de todas las actividades de mantenimiento .....	60
Figura 37. Ordenes de trabajo cerradas.....	61
Figura 38. Indicador de cumplimiento de OT's .....	61
Figura 39. Cronograma .....	63
Figura 40. Presupuesto .....	63

## Lista de tablas

Tabla 1. Matriz de confusión. Ilustración adaptada de WEKA (Mark et al., 2009).....	19
Tabla 2. Listado de fallas mecánicas. ....	20
Tabla 3. Eficiencia global metodología tradicional.....	22
Tabla 4. Cálculo de disponibilidad con metodología tradicional. ....	22
Tabla 5. Solución para fallas identificadas .....	24
Tabla 6. Cálculo de disponibilidad con metodología planteada.....	24
Tabla 7.Eficiencia global con metodología planteada. ....	25
Tabla 8 Tiempos transcurridos desde la falla de un equipo y su puesta en marcha. ....	27
Tabla 9. Requisitos de algunos sistemas y enfoque de los indicadores.....	28
Tabla 10 clasificación de repuestos según criticidad.....	38

## 1 RESUMEN

Este trabajo desarrolla el software que permite la planeación y la programación de las labores de mantenimiento en la empresa Sulfoquímica S.A. Este desarrollo reduce las fallas en los equipos y los sobrecostos, además incrementa la eficiencia y eficacia en las actividades de mantenimiento. El desarrollo del software relaciona: la criticidad de equipos, las horas hombres, la seguridad de las personas y equipos, la planeación y programación de los mantenimientos, las solicitudes de mantenimiento y disponibilidad de recursos y repuestos entre otros. El objetivo general es: el desarrollo y aplicación del software y como objetivos específicos se tienen: la identificación, la recopilación, la codificación, la alimentación, la verificación, la actualización de la información para el software y los equipos y el desarrollo del programador de mantenimiento. Estos objetivos fueron alcanzados con los resultados generados a partir la metodología y el presupuesto. La metodología muestra la forma en la que los objetivos específicos fueron alcanzados en una secuencia de pasos que deben seguirse en orden para lograr el objetivo final. El resultado de todo lo anterior es la aplicación del software de mantenimiento del proceso de sulfato tipo b liquido de Sulfoquímica S.A.

**Palabras clave:** Aplicación de software de mantenimiento, criticidad, orden de trabajo, seguridad, planeación, programación, macros, Excel, Visual Basic.

## 2 JUSTIFICACIÓN

Sulfoquímica S.A. es una empresa dedicada a la fabricación de coagulantes y adsorbentes; distribución de productos floculantes. Esta empresa cuenta con 5 sedes ubicadas en: Itagüí-Antioquía, Barbosa - Antioquía, Caloto – Cauca, Cali – Valle del Cauca y Malambo - Atlántico. El departamento de mantenimiento en Sulfoquímica cuenta con 2 ingenieros mecánicos, 9 técnicos mecánicos y ayudantes de mecánico y 3 técnicos eléctricos y electromecánicos. La sede Itagüí de Sulfoquímica S.A. fabrica los siguientes productos: sulfato tipo B líquido, sulfato tipo A líquido, sulfato tipo A sólido, hidroxiclорuro de aluminio y policloruro de aluminio. En la sede de Itagüí, la empresa se dedica a la producción de coagulantes con base en los siguientes reactivos: el hidróxido de aluminio, las latas de aluminio, el ferix, la bauxita, el ácido sulfúrico, el ácido clorhídrico y la soda caustica. Los equipos necesarios para esta producción son: bombas neumáticas, bombas magnéticas, bombas centrifugas, bombas dosificadoras de diafragma, agitadores, celdas de carga, reactor en fibra de vidrio, tanques agitadores en acero inoxidable, molinos de bolas y filtro prensa.

El departamento de mantenimiento en Sulfoquímica se ha estructurado desde hace 7 años, dicho departamento ha logrado la identificación y la recolección de la información de los equipos, tales como: las hojas de vida, los organigramas y la matriz de criticidad. Sin embargo; el área de mantenimiento es mejorada con la implementación de una aplicación de software que permite la programación de las actividades de mantenimiento en todas las sedes. Dicha mejora fue basada en la FLASH AUDIT realizada al departamento de mantenimiento en la cual se encontró uno de los menores puntajes estaba en el subtema de la planeación de las actividades de mantenimiento (ver figura 1). Este subtema fue escogido por encima del manejo y gestión de inventarios y costos de mantenimiento por dos razones. La primera razón es que la mejora de la planeación del mantenimiento impacta directamente la gestión de inventarios, reduciendo así repuestos y elementos innecesarios dentro del almacén que generan gastos innecesarios. La segunda razón es que al mejorar la planeación de las actividades de mantenimiento se reducen los costos por mantenimientos no planeados. Por tales

motivos y con base en los resultados obtenidos en la FLASH AUDIT se evidencia una oportunidad de mejora relacionada con la gestión de la planeación de actividades de mantenimiento. Esta gestión y la ausencia de un software de mantenimiento ocasionaba retrasos en las actividades de mantenimiento lo que conllevaba a: fallas en los equipos, sobre costos por mantenimientos no programados, la poca eficiencia en el desempeño de las actividades realizadas por los mecánicos y eléctricos y la falta de control de las actividades de mantenimiento.

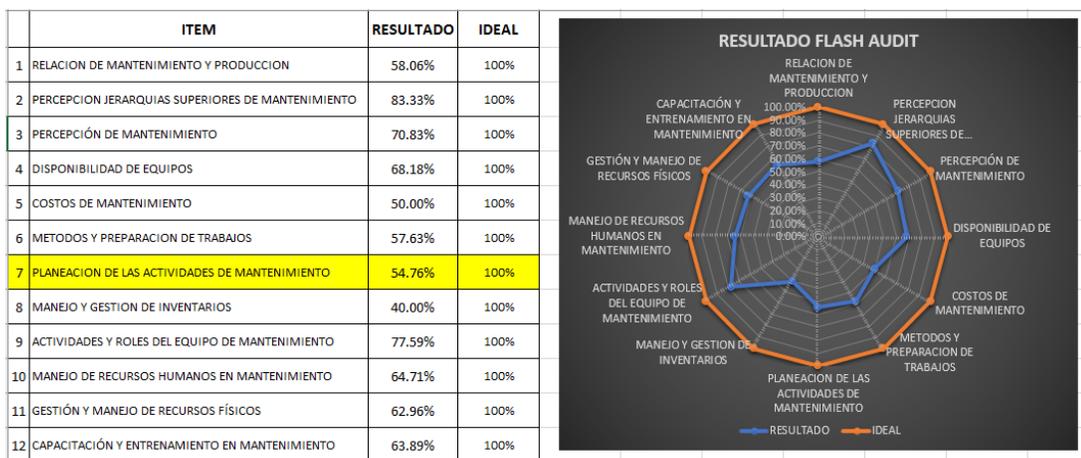


Figura 1. Resultados de la FLASH AUDIT

Esta monografía desarrolla una aplicación de software de programación de las tareas de mantenimiento semanal, teniendo en cuenta aspectos como: número de mecánicos y eléctricos en cada sede, el tiempo de realización de las actividades de mantenimiento, la programación de producción, la criticidad de los equipos, las solicitudes de mantenimiento con sus respectivas fechas, tareas de riesgo alto y la disponibilidad de repuestos necesarios para el mantenimiento. La aplicación del software para la programación de las tareas de mantenimiento permitió mejorar la gestión del departamento, puesto que se obtuvo la información del historial y los resultados de los mantenimientos organizados en un solo punto. Además, permite la ejecución de las tareas planeadas y programadas aumentando el MTBF (tiempo medio entre fallas) de los equipos más críticos para ayudar a la prevención de las fallas.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Desarrollar el software para la programación automática de las actividades de mantenimiento para la planta de Sulfato tipo B líquido de Sulfoquímica S.A. usando Microsoft Excel.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- a) Identificar los equipos del proceso a los cuales se va a implementar el programador de mantenimiento.
- b) Recopilar la información de los equipos del proceso como: la criticidad de los equipos, las actividades de mantenimiento, las hojas de vida, entre otras.
- c) Codificar las tareas de mantenimiento para facilitar la identificación de estas en el plan de mantenimiento.
- d) Identificar y asignar a las actividades de mantenimiento las tareas de riesgo alto para cada equipo.
- e) Alimentar la tabla maestra de Excel con las actividades de mantenimiento y los equipos del proceso de Sulfato tipo B líquido para generar una base de datos.
- f) Diseñar el software usando macros en Microsoft Excel que permitan la programación de las actividades de mantenimiento priorizando la información de cada equipo y teniendo en cuenta: la criticidad, la disponibilidad del equipo, la disponibilidad de los técnicos capacitados y las actividades de seguridad necesarias para la ejecución del mantenimiento.
- g) Simular y verificar la aplicación del software de mantenimiento, para garantizar el funcionamiento de la programación en las actividades a ejecutar para los equipos del proceso de Sulfato tipo B líquido.

#### 4 ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO.

La implementación de los sistemas de información para la administración de mantenimiento se encuentra en avance continuo, haciendo que el uso de los softwares para la administración del mantenimiento sea más común en las empresas. Actualmente, las empresas comprenden la importancia de tener un software de mantenimiento para la programación, planeación y revisión de las actividades de mantenimiento. A partir del control de estas, las empresas conocen los usos y beneficios que traen los sistemas de información en mantenimiento para su producción y para llegar a incrementar los niveles de mantenimiento dentro de la empresa [1]. La implementación del mantenimiento es un factor que involucra preservación y disponibilidad. Para la industria, estos términos le significan una parte importante en su actividad económica y se deben tomar en cuenta ya que de esto dependen varios puntos que impactaran a la gestión del mantenimiento si no se implementa, como son: los paros de producción por mal funcionamiento de los equipos o maquinaria, la corta vida de los equipos o maquinaria y las condiciones inseguras de trabajo [2].

La implementación del software para la administración del mantenimiento en la empresa Sulfoquímica S.A permitió mejorar la gestión de la planeación de las actividades de mantenimiento, la cual fue evaluada mediante la FLASH AUDIT. Este trabajo realizó el desarrollo del software de mantenimiento que permitió implementar el indicador del porcentaje de cumplimiento de las actividades de mantenimiento, y para tales fines se tuvo en cuenta aspectos como: el número de mecánicos, el tiempo de realización de actividades de mantenimiento, la programación de producción, la criticidad de equipos, las solicitudes de mantenimiento con sus respectivas fechas, la seguridad y riesgos del uso de los equipos y la disponibilidad de repuestos necesarios para el mantenimiento.

Uno de los procesos que actualmente presenta la industria ante sus competidores es la oportuna respuesta que les ofrece a sus clientes en la disponibilidad de sus productos o servicios. No obstante, el cliente quiere rapidez y calidad, por tal motivo existen normas que regularizan a las empresas otorgándoles una certificación y el software de

mantenimiento ayuda a la obtención de dicha certificación. Para ello es importante garantizar que las máquinas, los equipos e instalaciones cuenten con la máxima disponibilidad. Evitando así, tiempos muertos, desperdicios, etc [2]. Las máquinas presentan diversas situaciones que interfieren en su adecuado funcionamiento, cualquier acontecimiento a nivel de mantenimiento, operacional o fortuito puede generar múltiples impactos en diferentes ámbitos de la empresa, por ejemplo, en el área de costos, por lo cual se exige la puesta en función de nuevas tecnologías para garantizar un adecuado mantenimiento y disminuir costos en la organización. [3]. Para la empresa Estra es de interés tener el control de la información y realizar análisis en el mantenimiento a través de un software, para reducir costos e implementar en mayor porcentaje el mantenimiento programado y disminuir el imprevisto [1].

El mantenimiento ha sido desde el inicio, en la industria, parte fundamental de su desarrollo y esto lo ha mantenido ligado a la ciencia administrativa de turno. Esta situación ha obligado al mantenimiento a evolucionar, convirtiéndose al pasar del tiempo en un departamento eficiente y eficaz de las empresas, basado en la condición de los equipos, buscando ayuda en herramientas como la estadística, los elementos de predicción y las tecnologías informáticas, las cuales permiten brindar una mayor confiabilidad y seguridad de buen funcionamiento de la maquinaria de la empresa [3].

En este artículo se propone implementar un software de mantenimiento utilizando la herramienta y los macros de Microsoft Excel con el fin de llevar un plan de mantenimiento estructurado dentro de la planta de Sulfoquímica S.A. se tendrán en cuenta los artículos de Holguín Valencia, de Buenrostro Carrillo Asesores & Salvador Álvarez Ballesteros Ing Rubén Navarro Bustos y de Jaime Alfonso Garzón Gómez y Humberto Andrés Ramírez Dáguer.

Al implementar e ingresar la información correcta en la Infraestructura en el software AM, el área de mantenimiento de ESTRA tiene la certeza que la información contenida en el programa es real, alcanzando mayores resultados en el control del mantenimiento a ejecutar. Al ingresar la información completa y correcta de los equipos, se puede poseer en el futuro una ficha técnica del equipo completa y con información real, de fácil acceso

y fácil estudio. Prescindir del uso de las hojas de Excel para realizar la programación del mantenimiento preventivo de las Inyectoras. El área de mantenimiento al implementar esté modulo correctamente, se beneficiará de poseer un presupuesto anticipado, para así disponer de los recursos necesarios para este tipo de mantenimiento [1].

Este trabajo contiene las siguientes secciones: la sección 1 desarrolla los temas relacionados al plan de mantenimiento como: la criticidad de equipos, la seguridad de los equipos y las horas-hombre, entre otros. La sección 2 explica el funcionamiento de los actuales softwares de mantenimiento

La sección 3 describe la secuencia lógica para el desarrollo del software en Excel. La sección 4 desarrolla la metodología para la implementación del software de mantenimiento. La sección 5 evalúa los datos obtenidos del software de mantenimiento. La sección 6 muestra las conclusiones derivadas de este trabajo

#### **4.1 Mantenimiento**

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar funciones designadas [8].

La finalidad del mantenimiento es que los equipos cumplan bajo estándares establecidos ya sean manuales, teorías o condiciones del proceso, la función para la que fueron diseñados.

#### **4.2 Tipos de mantenimiento**

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

**4.2.1 Mantenimiento Correctivo:** es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los mismos usuarios [4].

**4.2.2 Mantenimiento Preventivo:** es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele

tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema [4].

**4.2.3 Mantenimiento Predictivo:** busca conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Este mantenimiento es del tipo de mantenimientos más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos [4].

**4.2.4 Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):** es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados incluso antes de que aparezca un fallo o cuando la fiabilidad del equipo haya disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano [4].

**4.2.5 Mantenimiento En Uso:** es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios. Este mantenimiento consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total) [4].

### 4.3 Criticidad de equipos

Un equipo es crítico cuando es importante para el proceso productivo; mientras que si este no se encuentra en una línea o punto significativo del proceso y no ocasiona serios trastornos a la producción o al mantenimiento no es considerado crítico.

Se llama equipo crítico al que:

- Su paro interrumpe el flujo normal de producción.
- Causa problemas ambientales o de seguridad.
- Desperdicia energía.
- Requiere reparaciones frecuentes.
- Sus repuestos son difíciles de conseguir.

Por tanto, el simple hecho de que un equipo no sea catalogado como un equipo crítico según las anteriores consideraciones es una justificación para aplicar el mantenimiento correctivo en este equipo.

Sin embargo, estas justificaciones deben revisarse periódicamente hasta comprobarse que efectivamente el paro imprevisto de este equipo no ocasiona trastornos graves a la producción, ya que la consideración de crítico puede variar con el tiempo [5].

#### **4.4 Programación de mantenimiento.**

El departamento de mantenimiento debe programar y preparar diferentes tipos de tareas; las que no se organizan todas de la misma forma. Un mismo equipo puede estar sujeto a un gran número de tareas distintas, por ejemplo, un sistema de bombeo podrá requerir la sustitución cíclica de una pieza, el análisis predictivo de rodamientos, la búsqueda de fallas ocultas en sus seguridades, las inspecciones dinámicas en operación, la lubricación de algún elemento rotante e incluso una rápida reparación cuando se rompe. Si se considera, además, que un sector productivo puede incluir varios activos, entonces la complejidad para organizar todas las actividades y establecer un programa integral de mantenimiento, puede ser alta.

Para implementar un plan de mantenimiento hay que tener en cuenta que se va a mantener, con qué estrategia, como se va a hacer, y cuando o cual es el mejor momento para hacerlo.

La primera dificultad se presenta al intentar calendarizar simultáneamente todas las actividades de mantenimiento de un conjunto de equipos (sector productivo o planta). Las tareas tendrán frecuencias de ejecución variadas; desde aquellas medidas en días hasta las que se miden en años. Aún en un mismo entorno de frecuencias puede haber mucha disparidad entre ellas. Por tanto, los encargados de programación deberán ajustar inteligentemente y en la medida de lo posible, algunas frecuencias para que el programa sea técnica y administrativamente posible. Además, el programa (o conjunto de trabajos programados) de un equipo puede contener tareas que obliguen a detener a su marcha, las tareas de inspección a planificar solo con el equipo en funcionamiento, las tareas que efectúen especialistas externos, las tareas a realizar por personal de relaciones (mantenimiento autónomo), las tareas a aprobar por la autoridad gubernamental competente, etc. La diversidad de actividades a desarrollar en tiempos diferentes debe programarse y prepararse con cuidado [6].

#### **4.5 Tareas de riesgo alto**

Las tareas de riesgo alto son todas las actividades que por su naturaleza o lugar donde se realiza, implica la exposición o intensidad mayor a las normalmente presentes en las actividades rutinarias las cuales pueden causar accidentes laborales severos y en muchas ocasiones, mortales. Las tareas que se catalogan como tal son: los trabajos en alturas, los trabajos en espacios confinados, los trabajos en caliente, los trabajos con energías peligrosas y los trabajos con sustancias químicas peligrosas.

Estas tareas no son ajenas para las empresas Pymes y es muy importante saber cómo intervenir los riesgos de cada una de ellas para evitar la accidentalidad que estos trabajos presentan, generando una mayor frecuencia en los reportes de accidentes de trabajo. Adicionalmente, estas tareas son las que generan mayores días de incapacidad, severidad y costos asistenciales además del costo social que lleva implícito cada accidente para la empresa, el trabajador y su familia.

Para ello hay que determinar si estas tareas son cotidianas o esporádicas, contratadas o directas y de esta manera establecer un plan de acción donde se especifiquen los objetivos, las actividades, los responsables de su ejecución y el presupuesto.

Las tareas planteadas en el plan de acción se ejecutan de acuerdo al procedimiento establecido, se realiza la capacitación al personal en diferentes niveles, se asignan las responsabilidades, se verifican las condiciones de seguridad y uso de elementos de protección personal.

Siguiendo con la fase de verificar, se evalúan las soluciones implementadas y se validan los indicadores que pueden ser combinados midiendo el impacto de la accidentalidad y los asociados a la productividad y competitividad de la organización.

Finalmente, en el actuar se realizan las acciones a mejorar para iniciar otra vez el ciclo, definiendo un nuevo plan de trabajo [7].

**4.5.1 Trabajos en Espacios Confinados:** son sitios suficientemente grandes, que no están diseñados para ser ocupados por personas de manera permanente pero que permiten que un trabajador pueda entrar de cuerpo entero en su interior y desempeñar una tarea asignada.

**4.5.2 Trabajos en Alturas:** es toda labor en la que un empleado tenga el riesgo de caerse a 1.50 m o más sobre el nivel inferior, es considerada trabajo en altura.

**4.5.3 Trabajos en Caliente:** es todo trabajo que se realiza a más de 1.8 metros de altura sobre un nivel más bajo (Norma OSHA 1926.501) y en lugares donde no existen plataformas permanentes protegidas en todos sus lados con barandas y retenciones. Es una operación que tiene la capacidad de convertirse en una fuente potencial de ignición para cualquier material combustible

**4.5.4 Trabajos con Energías Peligrosas:** es el potencial de riesgo que existe durante la operación de las maquinas generado por su capacidad de movimiento.

**4.5.5 Trabajos con Sustancias Químicas:** material peligroso químico es cualquier sustancia o mezcla de sustancias cuyas propiedades provocan efectos adversos a la salud, instalaciones o impacto ambiental [7].

A continuación, se muestra el funcionamiento del software de mantenimiento MainBoss respecto a la planificación de tareas de mantenimiento preventivas.

#### **4.6 Mantenimiento preventivo en MainBoss:**

Este capítulo presenta las bases para planificar el mantenimiento preventivo (MP). Cada trabajo de MP se representa por una orden de trabajo, igual a un trabajo de arreglo. Sin embargo, las órdenes de trabajo de MP están creadas y planificadas por MainBoss.

Aquí están varios de los términos que MainBoss usa en conexión con mantenimiento preventivo:

**Tarea:** Es una descripción de una operación de mantenimiento preventivo.

Por ejemplo, se puede crear una tarea que describe todo lo que deben hacer los trabajadores cuando se cambie el aceite de una camioneta. Esto puede incluir una inspección de fajas del motor, chequear el filtro, etc. además del cambio de aceite.

Las descripciones de las tareas típicamente son las listas de chequeo o instrucciones de los pasos que los trabajadores deben usar para cumplir la tarea.

**Unidad asignada:** Una unidad (equipo o espacio) a la cual una tarea ha sido asignada.

Cuando se ha creado una descripción de la tarea, se debe indicar a MainBoss cuales unidades requieren ese tipo de mantenimiento. Por ejemplo, si la tarea es un cambio de aceite para una camioneta, se asignaría esa tarea a todas las camionetas.

Planificación: Es la especificación de que tan frecuente es una tarea de MP en particular debe cumplirse con esta unidad.

Por ejemplo, cuando ha asignado la tarea de “cambio de aceite” a una camioneta o más, debe especificar una planificación para la frecuencia de servicio para estas camionetas.

Se puede planificar el trabajo por fecha (Ejemplo: cada tres meses) o por lectura de medidor (Ejemplo: cada 3000 kilómetros). Las funciones de planificación de MainBoss ofrecen bastante flexibilidad; por ejemplo, se puede configurar planificaciones como “el primer martes de cada mes” o “cada 30 días durante el invierno, pero no durante el resto del año.”

Orden de trabajo preventiva: Una orden de trabajo creada por MainBoss y basada en una tarea.

Por ejemplo, supóngase que una camioneta está planificada para un cambio de aceite cada tres meses. Por lo tanto, cada tres meses, MainBoss crea una orden de trabajo basada en la información desde la descripción de la tarea. La orden de trabajo especifica exactamente lo que los trabajadores deben hacer durante el cambio de aceite.

Como se usan las descripciones de tareas para crear órdenes de trabajo, una descripción de tarea puede contener información parecida a una orden de trabajo. Por ejemplo, la descripción puede indicar que cada vez que se hace un cambio de aceite, se ocupa una cierta cantidad de aceite, un nuevo filtro, etc. Cuando MainBoss crea la orden de trabajo, toma esta información de la tarea y la usa para reservar los materiales para el trabajo.

Pasos para manejar mantenimiento preventivo:

La siguiente lista da un bosquejo del proceso normal para manejar el trabajo de mantenimiento preventivo de una unidad en particular (equipo o espacio):

Fase de Configuración (ver figura 2):

-Especifique la tarea de mantenimiento preventivo

-Asigne la tarea a la unidad.

-Especifique una planificación para la tarea en esa unidad.

Fase de Uso (ver figura 2):

Indique a MainBoss crear las órdenes de trabajo para todas las tareas que deben ser planificadas para la próxima semana o el próximo mes

-Ajuste las órdenes de trabajo generadas como necesario.

-Imprima las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo.

-Cuando termine un trabajo, cierre la orden de trabajo [9].

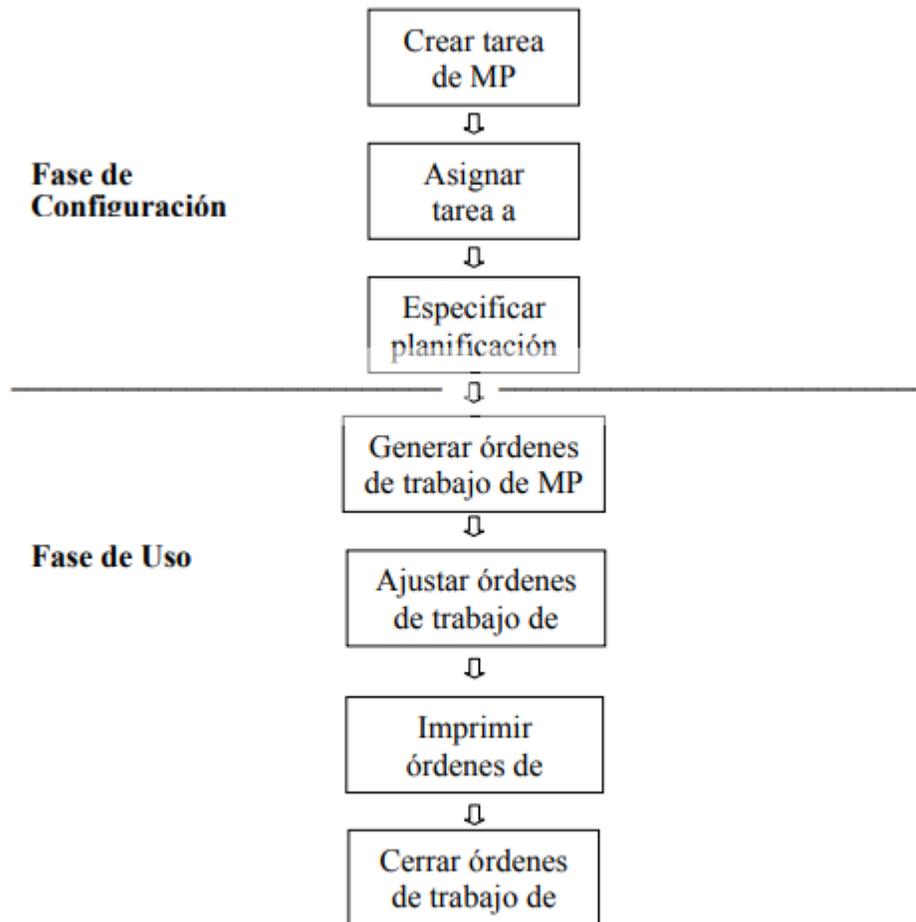
### **Crear tareas**

Las tareas tienen mucho en común con las órdenes de trabajo. Por ejemplo, se puede asignar personal y reservar materiales para las tareas. Cuando MainBoss crea una orden de trabajo preventivo desde una tarea, usa información desde la descripción de la tarea para llenar varias secciones de la orden de trabajo.

La descripción de la tarea puede contener mucha información o sólo un poco. Por ejemplo, si siempre va a asignar los mismos trabajadores a un trabajo de MP en particular, se puede registrar los nombres y el tiempo estimado en la descripción de la tarea. MainBoss utilizará esta información para llenar la sección de Mano de Obra de cualquier orden de trabajo generada basada en la tarea.

Por otro lado, si tiene la intención de asignar un trabajo al trabajador que tiene más tiempo ese día, entonces dejaría la sección de Mano de Obra en la tarea en blanco. En este caso, completaría la sección de Mano de Obra en la orden de trabajo durante el paso de "Ajustar la orden de trabajo".

Nota: Si ha dividido sus trabajadores por oficios, se puede asignar una tarea a un oficio en vez de una persona en particular. Por ejemplo, si tiene una categoría del oficio MECANICO con cinco personas, se puede especificar que la persona que hace el trabajo pertenece a ese oficio sin tener que especificar la persona que lo hará.



### Ciclo Típico de Mantenimiento

*Figura 2. pasos para manejar el mantenimiento preventivo*

Durante el paso de “Ajustar la orden de trabajo”, se permite diferencias entre una orden de trabajo en particular y la tarea original. Por ejemplo, suponga que la descripción de la tarea dice que Juan es el trabajador asignado para un trabajo en particular, pero Juan está de vacaciones o está enfermo cuando llega el día de hacer el trabajo. En este caso, MainBoss genera la orden de trabajo desde la tarea normalmente, después tiene que cambiar la orden de trabajo para asignar otro personal. Esto es un ejemplo de ajustar órdenes de trabajo después que han sido generadas.

Principio general: Cualquier información que registra en la descripción de la tarea es usada para llenar las órdenes de trabajo generadas desde esa tarea. Después de generar una orden de trabajo, siempre puede ajustar esa orden de trabajo para reflejar las consideraciones especiales [9].

#### **4.7 Tiempos muertos**

Alcanzar la máxima eficiencia en una línea de producción es uno de los intereses primordiales de las empresas y uno de los problemas más frecuentes que obstaculiza el cumplimiento de esa meta es la aparición de tiempos muertos, razón por la cual se hace necesario identificarlos y eliminarlos como lo menciona Woollam (1986). En una línea con máximo 10 puestos de trabajo, no pueden presentarse tiempos inactivos, debido a que esto provocaría un paro total que, a su vez, ocasionaría disminución de la rentabilidad, por lo cual se aplican varias heurísticas para evitar tiempos inactivos, como los son CAMP 2, DELTA, GELDER y NAWAZ; siendo ésta última la mejor y más completa opción para aplicar. Liao (1993) propone disminuir los tiempos inactivos de las máquinas y los tiempos entre fallas, a través de los modelos de programación entera, en una máquina y un algoritmo heurístico. Finalmente, se evalúan varias metodologías y se decide usar la metodología basada en minería de datos para que al identificar la generación de un fallo establezca varios niveles de recuperación rápida y lenta, de acuerdo con la limitación e inoperancia identificadas, permitiendo resolver el problema [10].

A continuación, se muestra la reducción de los tiempos muertos en una línea de producción en Nigeria por medio del software WEKA, el cual aplica algoritmos de minería de datos para identificar las causas de los tiempos muertos y proponer soluciones que ayuden a mejorar dichos tiempos muertos.

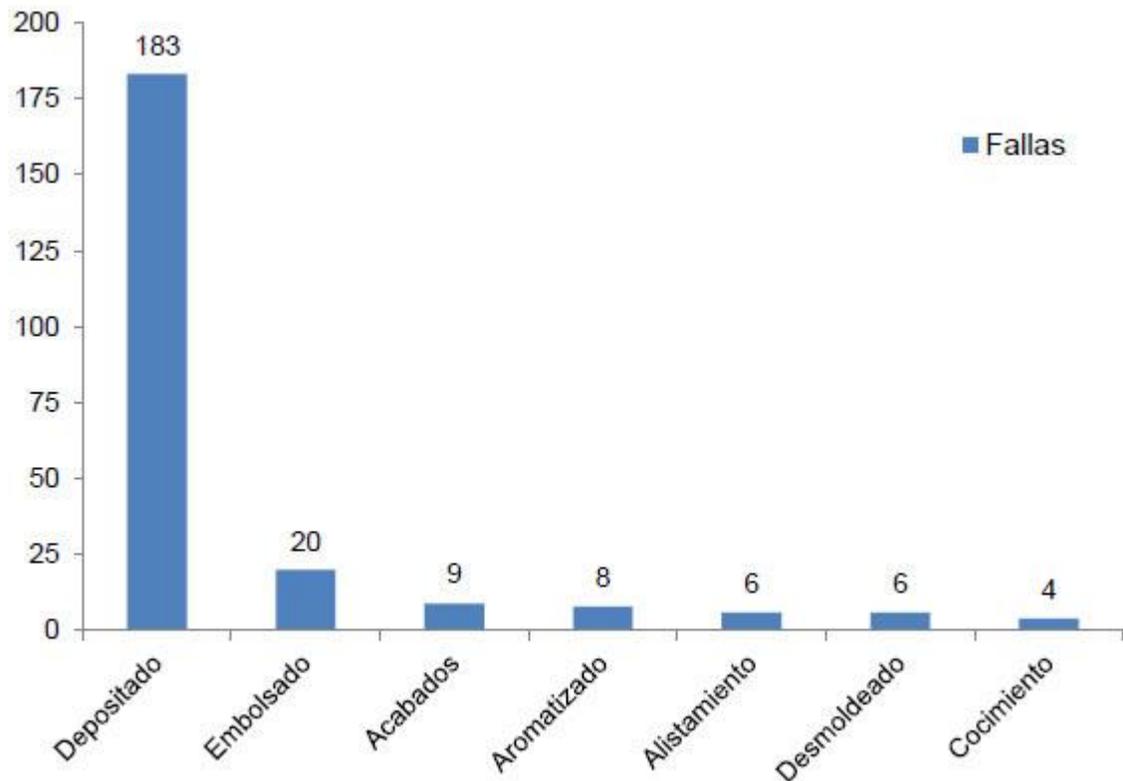
Paso 1. Recolección de información y documentación en una base de datos

Tomando como referencia un listado de información de SAP se obtiene un listado de 19 columnas enunciadas a continuación, de las cuales solo se conservaron las tres primeras: Fecha de aviso, Descripción, Duración parada, Clase de aviso,

Aviso, Mes, Ubicación Técnica, Denominación, Equipo, Denominación equipo, Autor del aviso, Centro coste, Inicio avería, Hora avería, Fin de avería, Hora fin avería, Indicador ABC, Orden, Status sistema. Por otra parte, se extrajo otro tipo de información de las planillas de producción como: A) la experticia en el rol, que puede ser Junior, sénior y máster ya que a partir de la habilidad de la persona, los fallos de la línea pueden disminuir, B) las condiciones del ambiente: humedad y Temperatura, debido a que el producto en proceso reacciona de forma diferente en las máquinas y por ultimo C) los servicios industriales como vapor, aire y agua, ya que si varía alguno de estos elementos frente a los parámetros de operación estándar pueden ocurrir variaciones sobre las condiciones normales de la maquinaria [10].

## Paso 2. Filtrar y estandarizar la descripción de los fallos de la base de datos

Con base en la línea de producción se tomaron datos de 30 días de operación, sobre los cuales se hizo un análisis para determinar cuál era el proceso que ocasionaba el mayor número de paros y así atacar directamente la fuente como lo plantearon Osaraenmwinda y Okorie (2013) en un análisis de Pareto con el objetivo de identificar el 80% de los componentes que generaban los tiempos inactivos en una planta de energía eléctrica en Nigeria [10].



*Figura 3. Diagrama de Pareto para análisis de procesos línea de producción a evaluar.*

La Figura 3 muestra que el proceso de Depositado es el máximo generador de causas de fallo, por lo cual será el indicado para determinar como tema de estudio y así disminuir los tiempos muertos de la línea de producción de manera representativa.

Paso 3. Aplicación de la minería de datos a partir de la información recolectada

Una vez organizados todos los datos, se debe hacer una clasificación que permita incorporarlos al programa WEKA (versión libre), por lo cual se condensó la información en 5 atributos: (1) Falla: Mecánica, Eléctrica, Operativa; (2) Servicios Industriales: Vapor, Aire, Agua; (3) Experticia Rol: Máster, Sénior, Junior; (4) Condiciones: Humedad, Temperatura; y (5) Producción: Produce, Tiempo Muerto [10].

La clasificación permite correr los datos en el programa bajo un modelo establecido denominado árbol de decisión J48. A partir de los atributos mencionados en el párrafo anterior se relacionaron 183 filas con los datos tomados en el momento en que ocurría la falla para determinar la tendencia de estas y tener resultados que permitieran plantear las posibles soluciones a cada factor de paro de máquina. A continuación, se listan solo 5 de las 183 filas de los datos suministrados al programa, debido a que se extendería la información y el objetivo es entender la metodología propuesta. Cada fila está clasificada de siguiente forma: Falla, Servicios-Industriales, Experticia-Rol, Condiciones, Producción. Por ejemplo (1) Mecánica, Vapor, Máster, Humedad, Tiempo Muerto; (2) Mecánica, Vapor, Máster, Temperatura, Tiempo Muerto; (3) Eléctrica, Vapor, Máster, Humedad, Produce; (4) Operativa, Aire, Máster, Humedad, Produce; y (5) Mecánica, Agua, Sénior, Humedad, Tiempo Muerto [10].

#### Paso 4. Determinación del modelo matemático a aplicar

Después de aplicar el algoritmo J48 al conjunto de datos seleccionados se obtuvo como resultado un 95.6% de clasificación correcta y a partir de la matriz de confusión como se observa en la Tabla 1, de la columna "A" se tuvieron 88 registros correctos y 8 errores y de la columna "B" 0 errores y 87 registros correctos. Entiéndase que al referirse a "Produce" quiere decir que la línea de producción a pesar de que presentó problemas opera continuamente, mientras que cuando se hace referencia a "Tiempo muerto" significa que la línea presentó una falla, ocasionando un paro sobre la línea de producción.

A	B	<-- Classified as
88	0	A = Produce
8	87	B = Tiempo Muerto

*Tabla 1. Matriz de confusión. Ilustración adaptada de WEKA (Mark et al., 2009)*

El algoritmo J48 es un clasificador basado en los árboles de decisión, por lo tanto, se ilustra en un gráfico tipo árbol, la clasificación de los datos alimentados al programa, los cuales permiten iniciar el análisis que determinará cuáles son los atributos a solucionar, con el fin de tomar las mejores alternativas y facilitar el planteamiento del mantenimiento preventivo de la máquina. En la Figura 4 se puede observar la relación que existe entre los atributos determinados e identificar que la falla mecánica es el componente que genera la mayor cantidad de tiempo muerto en el proceso productivo, posteriormente, la falla operativa relacionada a la condición temperatura y a la condición humedad y por último la falla eléctrica relacionada a la Experticia del Rol Junior. Es importante aclarar que cuando se habla de falla mecánica se relacionan una serie de variables como se observa en la Tabla 2, de igual modo se aplica a cada uno de los atributos y variables mencionados en el ejercicio, ya que es fundamental identificar con precisión cada elemento que puede fallar, para eliminar de raíz la falla y mejorar la eficiencia del proceso [10].

Falla "Mecánica"	
Filtros colmatados	Carros apilador descarrilados
Tolva con fugas	Carros desapilador descarrilados
Lubricación nula	Cadena sin tiempos

*Tabla 2. Listado de fallas mecánicas.*

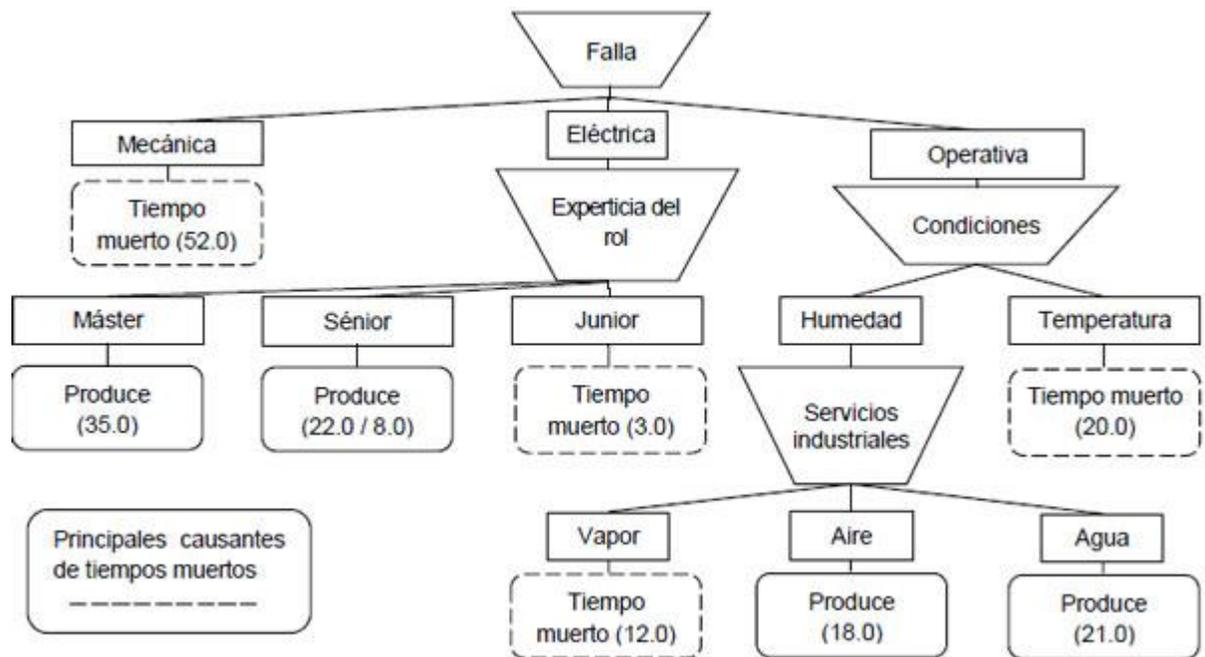


Figura 4. Árbol de decisión generado con el algoritmo J48. Ilustración adaptada de WEKA (Mark et al., 2009)

#### Paso 5. Concluir a partir del resultado obtenido

El proceso productivo es medido a través del indicador de la eficiencia global, el cual es aplicado bajo la metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total) que es el resultado de las variables de disponibilidad, rendimiento y calidad como lo indican Ungureanu et al. (2011). Para el caso de estudio la variable que se debe evaluar es la disponibilidad, que mide el resultado entre el tiempo real de trabajo sobre el tiempo programado de producción y así establecer la mejora que existe entre el proceso realizado actualmente versus la mejora planteada. De acuerdo con lo anterior se ilustra en la Tabla 3 el resultado de la multiplicación de cada una de las variables obteniendo como resultado una eficiencia global del 71,5%. El resultado de la variable disponibilidad para la metodología tradicional se calcula con base en los datos de la Tabla 4 [10]:

<i>Variables</i>	<i>Metodología tradicional</i>
Disponibilidad	83,16%
Rendimiento	90,50%
Calidad	95,00%
Eficiencia global	71,50%

*Tabla 3. Eficiencia global metodología tradicional.*

		<i>Tiempo promedio con metodología tradicional</i>	
8 horas/turno	Tiempo real trabajado	576	horas programadas/mes
3 turnos/día		479	horas trabajadas/mes
24 días/mes		83,16%	% tiempo disponible
576 horas/mes			

*Tabla 4. Cálculo de disponibilidad con metodología tradicional.*

A partir del árbol de decisión de la Figura 4, se plantean soluciones de las fallas identificadas en la máquina, lo cual permitió aumentar de manera representativa la variable de disponibilidad. En la Tabla 5 se observan algunas de las soluciones propuestas para las fallas listadas, las cuales permitieron aumentar la disponibilidad en 4,17 puntos porcentuales, obteniendo como resultado una eficiencia global del 75,08%, lo cual indica que subió 3,58 puntos porcentuales (ver tablas Tabla 6 y Tabla 7). Es importante mencionar que, para los fallos operativos y las condiciones relacionadas a la temperatura y humedad, también se identificaron y plantearon soluciones, no obstante, ellas no son mencionadas en el artículo ya que lo importante es validar las soluciones establecidas con referencia a la eliminación de las causas que generan los tiempos muertos.

Para analizar los fallos identificados y garantizar la eliminación de los tiempos muertos se utilizaron dos herramientas: la primera fue el 5W+1H, que es una metodología que consiste en responder una serie de preguntas en busca de una solución concreta, como lo expresan Trias et al. (2009). La segunda, es la herramienta de los 5 porqués, la cual, como lo menciona Arnesto (2016), tiene como objetivo preguntar 5 veces el porqué de las cosas de manera secuencial,

esto quiere decir que la primera respuesta al porqué inicial se vuelve una segunda pregunta y así sucesivamente hasta repetirlo mínimo 5 veces, lo cual permite obtener la respuesta de raíz [10].

Luego de listar las fallas e identificar las posibles soluciones, se inició con la recuperación de las condiciones básicas de las máquinas y de los ambientes controlados para la operación. Posteriormente una lista de chequeo fue generada con todas las actividades necesarias para poner en marcha o parar la línea de producción, siguiendo la metodología del mantenimiento conductivo que se basa en la supervisión para que los equipos funcionen de forma correcta, segura y óptima como lo explica Viguer (2012). A pesar de que el mantenimiento conductivo no es resaltado por los autores como lo son el mantenimiento preventivo y el correctivo, se encontró que las tareas referentes a este tema generan el 14% de las inspecciones necesarias para disminuir las fallas leves que terminan siendo paros de líneas, entre las principales intervenciones se encuentran la detección de fugas y ruidos extraños en los mecanismos de la maquinaria, verificación de sistemas de alarmas y sensores, ajustes de los parámetros para los ambientes controlados y la lubricación. Luego de recuperar las condiciones básicas y de plantear las rutinas de arranque y paro de línea, se estableció un programa de mantenimiento preventivo a partir de lo identificado en la Tabla 5 para evitar los tiempos muertos en la línea de producción y obtener los resultados de la Tabla 7 [10].

<i>Variables identificadas que generan "tiempo muerto"</i>	<i>Soluciones a variables identificadas</i>
Filtros colmatados	Se realiza limpieza general de filtros y se establece rutina de limpieza que evite la colmatación del polvo en el sistema.
Tolva con fugas	Se verifican condiciones de empaques de la tolva para establecer desgaste y realizar cambio. Se establece cambio de empaques por unos de mayor calidad que generen el ajuste establecido. Se plantea rutina de revisión de empaques de la tolva.
Lubricación nula	Al no cumplir con la rutina de lubricación establecida la maquina no opera de forma correcta. El plan de lubricación existe, lo que se inicia a garantizar es el cumplimiento de este.
Carros apilador descarrilados	Se ve desgaste en las uñas de los carros que cogen los recipientes, las cadena de cada uno de los carros esta destemplada lo cual ocasiona diferencial de alturas en el par de carros generando caída del recipiente con producto. De acuerdo a lo anterior de cambian carros, se solicitan repuestos para tener en stock y se establece rutina de revisión para evitar desgastes de los elementos.
Carros desapilador descarrilados	
Cadena sin tiempos	Falta aceitar la cadena, esta se encuentra destemplada, las guías están fuera de posición, pines a punto de salir, oxidación en algunas partes. Se cambia cadena, se solicita repuesto para tener en el stock de elementos en el almacén, se eliminan sustancias de los mecanismos que generen oxidación, se establece rutina de limpieza y aceitado de la cadena.
Variación de la temperatura	La variación en la temperatura afecta directamente la textura, forma y cuerpo del producto, esta se debe a la falta de cumplimiento del mantenimiento preventivo de la unidad. Se plantea mantenimiento preventivo con compromiso de cumplimiento este debe incorporar la revisión del intercambiador. Adicional se debe mantener el cuarto libre de producto que genere cargas adicionales en el cuarto variando la temperatura del ambiente.
Variaciones de Vapor	Falta revisión interior y exterior de la tubería, caída de presión, verificación del estado y funcionamiento de las válvulas. Se plantea cronograma para hacer revisión y cambio de la tubería que puede estar incrustada, adicional se inicia a sellar las fugas que posiblemente pueden interactuar en los cambios de presión, adicional se publica documento donde se especifica la forma regular de alimentar la caldera y la cantidad adecuada además de verificar la calidad de carbón que se está comprando.
Nivel de experticia Junior	Falta seguimiento y determinación de las principales tareas que el trabajador debe ejecutar en su puesto de trabajo. Se genera plan de capacitaciones referentes a los temas pertinentes de la operación, adicional se genera acompañamiento constante con un trabajador del nivel máster. También se verifica la criticidad de la operación para determinar si debería están un trabajador de mayor experticia en el puesto de trabajo.

*Tabla 5. Solución para fallas identificadas*

<i>Tiempo promedio con metodología planteada</i>		
8 horas/turno	576	horas programadas/mes
3 turnos/día	503	horas/mes
24 días/mes	87,33%	% tiempo disponible
576 horas/mes		

*Tabla 6. Cálculo de disponibilidad con metodología planteada.*

<i>Variables</i>	<i>Metodología tradicional</i>	<i>Metodología planteada</i>
Disponibilidad	83,16%	87,33%
Rendimiento	90,50%	90,50%
Calidad	95,00%	95,00%
Eficiencia global	71,50%	75,08%

*Tabla 7. Eficiencia global con metodología planteada.*

Pese a que las personas no son repuestos o componentes funcionales de la máquina, juegan un papel fundamental en el funcionamiento de esta, ya que son ellas quienes garantizan una alta productividad, por lo cual después de realizar todos los ajustes mecánicos se puede observar entre las Figura 4 y Figura 5 como el comportamiento del atributo Experticia del rol varia, el máster en ambos casos puede resolver los problemas y continuar con la producción ya que su experticia le permitió solucionar los inconvenientes, el sénior en el primer caso pudo resolver el 63.64% de las dificultades y posteriormente luego de los ajustes mecánicos y de recibir una capacitación pudo resolver el 87.5% de los problemas sin generar paros, por ultimo está el colaborador junior que paso de tener 3 a 10 paros, que ocasionaron tiempos muertos de producción, ya que no tenía las capacidades y la experiencia para resolver los problemas, a diferencia del máster que es una persona con más de 6 años de experticia y con una gran responsabilidad y respeto frente a la empresa. De acuerdo a lo anterior es posible determinar el atributo Experticia del rol como una variable circunstancial que genera diferentes índices de productividad de acuerdo a múltiples factores, ya que a pesar de que todas las personas están bajo el mismo régimen laboral fundamentado en un contrato, un salario y una jornada laboral regida y auditada por el gobierno Colombiano, de acuerdo al rol tienen unos premios que son otorgados por su experiencia, por el cumplimiento de la eficiencia global y por el comportamiento ético dentro de la organización, por lo cual es posible que tengan una motivación diferente entre los roles para cumplir con las metas establecidas y evitar al máximo que la maquinas paren [10].

A parte del indicador de eficiencia global, otra forma de reflejar la mejora obtenida, es a través de un nuevo árbol de decisión generado en WEKA a partir de los fallos obtenidos después de ejecutadas las mejoras. En la Figura 5 se ilustra el resultado del nuevo árbol de decisión a partir de las intervenciones generadas por la predicción de los resultados obtenidos del primer árbol, después de correr los datos en el programa [10].

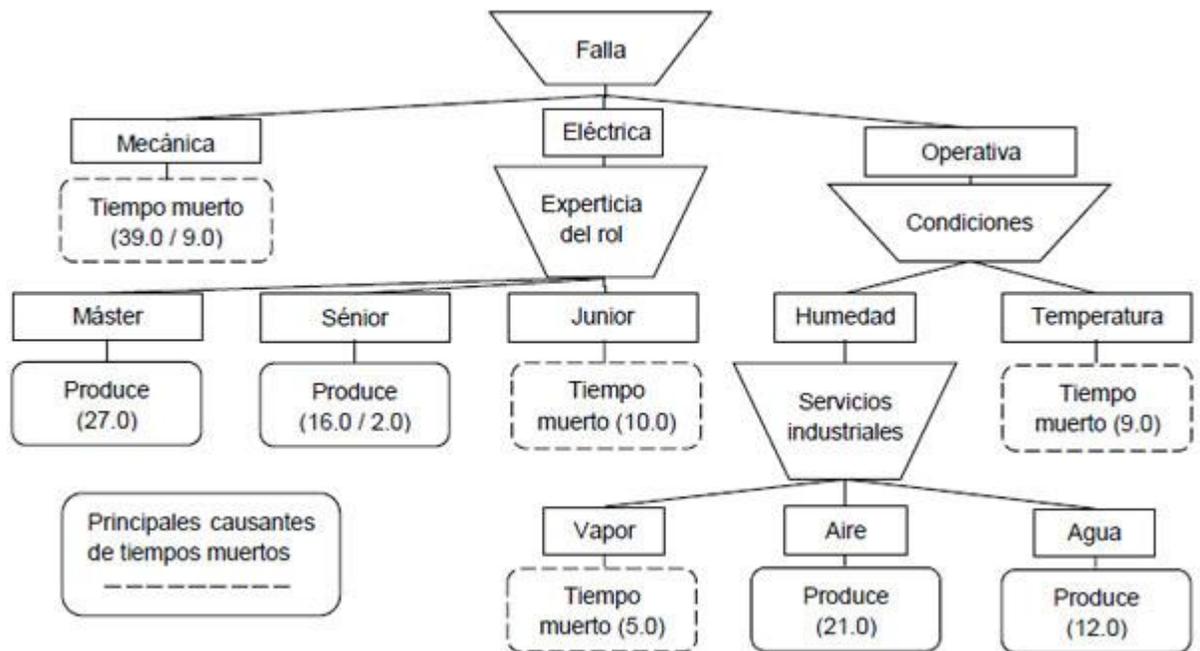


Figura 5. Árbol de decisión generado con el algoritmo J48. Ilustración adaptada de WEKA (Mark et al., 2009) DISCUSIÓN

Para Dairo Mesa. et al. Los tiempos que ocurren entre la parada y el retorno a la operación de un equipo son presentados en la tabla 8:

$t_0$	Instante en que se verifica la falla
1	Tiempo para la localización del defecto

2	Tiempo para el diagnóstico
3	Tiempo para el desmontaje (Acceso)
4	Tiempo para la remoción de la pieza
5	Tiempo de espera por repuestos (logístico)
6	Tiempo para la sustitución de piezas
7	Tiempo para el remontaje
8	Tiempo para ajustes y pruebas
$t_f$	Instante de retorno del equipo a la operación

*Tabla 8 Tiempos transcurridos desde la falla de un equipo y su puesta en marcha [11].*

Cuando se analizan los tiempos descritos anteriormente, se verifica que directa o indirectamente, todos ellos son responsabilidad del personal de mantenimiento. Aunque se puede afirmar que existen otros tiempos empleados, por ejemplo, en la consecución de informaciones, aspectos relacionados con la planificación de los servicios, problemas de liberación de equipo y calificación de personal [12].

#### **4.8 Disponibilidad**

La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.

En la fase de diseño de equipos o sistemas, se debe buscar el equilibrio entre la disponibilidad y el costo. Dependiendo de la naturaleza de requisitos del sistema, el

diseñador puede alterar los niveles de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, de forma a disminuir el costo total del ciclo de vida.

La tabla 9 muestra que algunos equipos necesitan tener alta confiabilidad, mientras que otros necesitan tener alta disponibilidad o alta mantenibilidad.

	REQUISITOS	EJEMPLOS
1	Alta confiabilidad Poca disponibilidad	Generación de electricidad Tratamiento de agua
2	Alta disponibilidad	Refinerías de petróleo Acerías
3	Alta confiabilidad Alta mantenibilidad	Incineradores hospitalarios
4	Disponibilidad basada en buena práctica	Procesamiento por etapas
5	Alta disponibilidad Alta confiabilidad	Sistemas de emergencia Plataformas petroleras

*Tabla 9. Requisitos de algunos sistemas y enfoque de los indicadores [11].*

Matemáticamente la disponibilidad  $D(t)$ , se puede definir como la relación entre el tiempo en que el equipo o instalación quedó disponible para producir TMEF y el tiempo total de reparación TMPR. Es decir:

$$D(t) = \frac{\sum \text{tiempos disponibles para la producción}}{\sum \text{tiempos disponibles para la producción} + \sum \text{tiempos en mantenimiento}} \quad (1)$$

ó

$$D(t) = \frac{\sum TMEF}{\sum TMEF + \sum TMPR} \quad (2)$$

El TMPR o tiempo medio de reparación, depende en general de:

- la facilidad del equipo o sistema para realizarle mantenimiento
- La capacitación profesional de quien hace la intervención
- De las características de la organización y la planificación del mantenimiento

#### **4.8.1 El mantenimiento como focalizador de la disponibilidad**

El factor primario que distingue a las empresas líderes en disponibilidad es que ellas reconocen que la confiabilidad no es simplemente un resultado del esfuerzo de reparación, ellas están convencidas de que la eliminación de las fallas crónicas es su misión primordial [13].

Las reparaciones en el mantenimiento, en este tipo de industria, son vistas de forma diferente. Las reparaciones no son esperadas, son vistas como casos excepcionales y resultantes de alguna deficiencia en la política de mantenimiento o descuido de la gerencia de mantenimiento. Un análisis detallado del problema, acompañado por un programa sólidamente estructurado de mejora de la confiabilidad, es la base para la eliminación de trabajo innecesario. La organización es dimensionada para gerenciar un sistema de monitoreo basado en la condición y fija una alta prioridad para eliminar fallas.

## **4.9 Indicadores de mantenimiento**

Un sistema de procesamiento es aquel que convierte datos en información útil para tomar decisiones. Para conocer la marcha del departamento de mantenimiento, decidir si se debe realizar cambios o determinar algún aspecto concreto, se debe definir una serie de parámetros que permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento. Es decir, a partir de una serie de datos, el sistema de procesamiento debe devolver la información en una serie de indicadores que sirven como base para la toma de decisiones sobre la evolución del mantenimiento [14].

### **4.9.1 *Indicadores de gestión de órdenes de trabajo:***

#### **4.9.1.1 *Nº de Órdenes de trabajo generadas en un periodo determinado***

El número de órdenes de trabajo es relativo y por lo tanto no es un indicador muy fiable sobre la carga de trabajo en un periodo, ya que 100 órdenes de trabajo de una hora pueden agruparse en una sola orden de trabajo con un concepto más amplio. No obstante, dada la sencillez con que se obtiene este dato, suele ser un indicador muy usado. La información que facilita este indicador es más representativa cuanto mayor sea la cantidad media de O.T que genera la planta. La validez de este indicador es menor en plantas que generan menos de 100 O.T. de mantenimientos mensuales que en plantas que generan 1000 O.T.

Además, es posible estimar el rendimiento de la plantilla a partir del número de órdenes de trabajo [14].

#### **4.9.1.2 *Nº de Órdenes de trabajo generadas por sectores o zonas***

Igual que en el caso anterior, solo la sencillez de su cálculo justifica emplear este indicador.

#### **4.9.1.3 N° de Órdenes de trabajo acabadas**

Suele ser útil conocer cuál es el número de Ordenes de trabajo finalizadas, sobre todo en relación al número de órdenes generadas. Es importante seguir la evolución en el tiempo de este indicador

#### **4.9.1.4 N° de Órdenes de trabajo pendientes**

Este indicador da una idea de la eficacia en la resolución de problemas. Es un indicador imprescindible, junto con los indicadores de disponibilidad, los de costo o el de emergencias. Es conveniente distinguir entre las O.T que están pendientes por causas ajenas a mantenimiento (pendientes por la recepción de un repuesto, pendientes porque producción no da su autorización para intervenir en el equipo, etc.) de las debidas a la acumulación de tareas o a la mala organización de mantenimiento [14].

Por ello, es conveniente dividir este indicador en otros tres:

4.9.1.4.1 Pendientes de repuesto

4.9.1.4.2 Pendientes de parada de un equipo

4.9.1.4.3 Pendientes por otras causas

#### **4.9.1.5 N° de Órdenes de trabajo de Emergencia (prioridad máxima)**

Una referencia importante del estado de la planta es el número de O.T de emergencia que se han generado en un periodo determinado. Si ha habido pocas o ninguna, se tendrá la seguridad de que el estado de la planta es fiable. Si, por el contrario, las ordenes de prioridad máxima que se generan son muchas, se podrá pensar que el estado de la planta es malo. Como siempre, es igualmente importante observar la evolución de este indicador respecto a periodos anteriores [14].

#### **4.9.1.6 Horas estimadas de trabajo pendiente**

Las horas estimadas de trabajo pendiente son la suma de las horas estimadas en cada uno de los trabajos pendientes de realización. Es un parámetro más importante que el nº de órdenes pendientes, puesto que permite conocer la carga de trabajo estimada por realizar [14].

#### **4.9.1.7 Índice de cumplimiento de la planificación**

A pesar de que resulta lógico el empleo de este indicador, en realidad son muy pocas las plantas que lo tienen implementado.

*índice de cumplimiento de la planificación*

$$= \frac{\text{Nº Órdenes acabadas en la fecha planificada}}{\text{Nº Órdenes totales}} \quad (3)$$

Es la proporción de órdenes que se finalizaron en la fecha programada o con anterioridad, sobre el total de órdenes totales. Mide el grado de acierto de la planificación.

#### **4.9.1.8 Desviación media del tiempo planificado**

Es el cociente de dividir la suma de horas de desviación sobre el tiempo planificado entre el nº total de órdenes de trabajo [14].

Puede haber dos versiones:

- a) Desviación media sobre el momento de finalización. Cociente de dividir la suma del nº de horas en que se ha rebasado cada una de las órdenes sobre el momento estimado de finalización:

$$\text{Retraso medio} = \frac{\sum \text{Retrasos de cada orden de trabajo}}{N^{\circ} \text{ de Órdenes de trabajo}} \quad (4)$$

b) Desviación media de las horas/hombre empleadas en un O.T. sobre las horas/hombre previstas:

$$\begin{aligned} & \text{Desviación media} \\ & = \frac{\sum \text{Incremento de horas/ hombre en todas las Órdenes de trabajo}}{N^{\circ} \text{ de Órdenes de trabajo}} \quad (5) \end{aligned}$$

#### **4.9.1.9 Tiempo medio de resolución de una O.T.**

Es el cociente de dividir el n° de O.T. resueltas entre el n° de horas que se han dedicado a mantenimiento [14]:

$$\text{Tiempo medio} = \frac{N^{\circ} \text{ de O.T. resueltas}}{N^{\circ} \text{ de horas dedicadas a mantenimiento}} \quad (6)$$

### **4.10 Sistemas de inventarios**

El sistema de inventarios es el conjunto de políticas y controles que regulan los niveles de inventarios. Adicional a esto permite saber el momento en el que se deben reabastecer existencias y cuál debe ser el volumen de los pedidos. El objeto básico del análisis de inventarios para conocer las existencias necesarias para la producción y los servicios es especificar el momento en que se deben ordenar los artículos y el volumen de los mismos.

EL objetivo final de cualquier modelo de inventarios es el de dar respuesta a preguntas como: ¿Qué cantidad de artículos deben pedirse? Y ¿Cuándo deben pedirse?, para esto, existen distintos modelos que brindan por resultado una gran

variedad de opciones de pronóstico con base en: la demanda histórica, las expectativas futuras, la variabilidad en los tiempos de reposición, el grado de conocimiento acerca de la demanda futura, la magnitud y distribución del error de pronóstico y nivel de servicio requerido [15].

#### **4.10.1 *Inventario de repuestos***

El almacén de mantenimiento está compuesto generalmente de repuestos, insumos y herramientas para el mantenimiento.

Los repuestos son aquellos activos físicos que hacen parte de los inventarios para el soporte de las operaciones de la empresa. Por lo general, presentan altos costos de almacenamiento cuando se tienen en el almacén y su ausencia puede generar gran impacto en los costos de disponibilidad de los equipos [15].

La problemática de los repuestos generalmente es la siguiente:

- Costo unitario alto
- Tiempo de consecución alto
- Rotación de inventario lenta.
- Consumo aleatorio

Para solucionar este tipo de problemas se hace necesario llevar a cabo una gestión de inventarios que involucre

- Control de las unidades instaladas en planta
- Control de existencias
- Control de requisiciones
- Realizar registros históricos de consumo
- Actualización constante de listado de proveedores, tiempos de entrega, acuerdos de precios, etc.

#### **4.10.2 Análisis ABC de inventarios**

Esta metodología consiste en organizar los repuestos según las cantidades totales usadas y el precio de estas, estableciendo el concepto de modo económico que representa el consumo durante un periodo de tiempo. Según Ballou el 20% de las cantidades representa el 80% de los costos [15].

Los pasos a seguir para la realización de este análisis son:

- Seleccionar un periodo de tiempo para la administración de inventario que por lo general es de un año
- Determinar el costo de cada artículo como porcentaje del costo total del inventario
- Ordenar los artículos en forma descendente de acuerdo al porcentaje del costo con relación al inventario total
- Graficar el porcentaje de artículos en el eje X y el porcentaje de su costo en el eje Y

Determinar la clasificación ABC según las siguientes características:

- TIPO A: Son aproximadamente del 10% al 20% de los artículos totales. Representan del 60% al 80% del costo total. Se debe mantener una alta disponibilidad del nivel de inventarios en los almacenes en los que se requiera.
- TIPO B: Son las referencias para las cuales se deben mantener niveles medios de inventarios. Representan del 20% al 30% de los artículos totales y del costo total de un 20% al 30%
- TIPO C: Son aproximadamente del 60% al 80% de los artículos con un 10% o 20% de los costos totales. Para este tipo de artículos debe haber bajos niveles de inventarios puesto que, se piden cuando se requieren.

#### 4.10.3 *Clasificación de repuestos por criticidad*

El manejo y gestión de los inventarios puede ser mejorado al realizar el análisis ABC, para esto es necesario llevar a cabo una caracterización que consiste en la reclasificación de los repuestos según la criticidad o el riesgo y en función de las características que cumplen dichos repuestos en el mantenimiento de los equipos [15].

Los criterios a considerar son los siguientes:

- Impacto que genera su ausencia en el desarrollo del mantenimiento en los equipos.
- Costos del repuesto.
- Frecuencia del mantenimiento, entre otras variables.

La clasificación de los repuestos según criticidad o el riesgo puede ser:

**K –CRÍTICO:** Alto impacto en la operación y la productividad, su falta puede generar alto lucro cesante y/o daños a las personas, medio ambiente, instalaciones ó imagen de la empresa.

**E-ESCENCIAL:** Alto impacto para la operación y la productividad, pero puede ser reemplazado sin afectar los niveles de productividad esperados. Representa moderados riesgos para las personas, instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa. Buena disponibilidad

**S – SOPORTE:** Bajo impacto en la operación y la productividad, forma parte de casi todos los subprocesos que soportan la operación, son de fácil consecución debido a su baja complejidad técnica. Representa bajos riesgos para las personas, medio ambiente e instalaciones.

U – NO STOCK: Reposición bajo responsabilidad del usuario. No se mantiene inventario en la bodega; Debe estar presupuestado en el PXQ y su gestión de compra solo se realiza mediante solicitudes de bodega debidamente planeadas [15].

Para las referencias críticas (K, E ó S) deben estar disponibles en almacén de repuestos. Una vez se agota el inventario establecido y llega al punto de reorden, se solicita nuevamente para completar el nivel deseado a mantener. El tiempo de entrega del proveedor es mayor al tiempo de falla del equipo.

Los repuestos clasificados como U, solo se piden al proveedor o el fabricante cuando son solicitados para el mantenimiento. Son repuestos de escasa demanda o muy costosos que no generan consecuencias negativas al no mantenerlos en stock o que su uso es planeado o programado. El tiempo de entrega por parte del proveedor es menor que el tiempo de falla del equipo.

Para determinar esta clasificación los materiales deben ser evaluados con las herramientas como la Matriz de Valoración de Riesgos RAM y la Matriz de Gerencia de suministro para identificar su riesgo para el negocio ante los efectos sobre los procesos productivos (costos), ante la seguridad y la salud de las personas (HSE), ante el medio ambiente, ante la imagen de la empresa y ante la complejidad del mercado abastecedor [15].

Dicha clasificación de los repuestos no es estática, puede de ser modificada al presentarse variaciones en las condiciones operativas y del mercado. Una vez se realizan las evaluaciones respectivas para cada ítem de acuerdo a cada Matriz, se determina la criticidad o clasificación de los repuestos (ver tabla 10) [15]:

<b>MATRIZ VALORACIÓN DE RIESGOS</b>	<b>MATRIZ DE GERENCIA DE SUMINISTRO</b>	<b>MATRIZ DE POSICIÓN DEL ABASTECIMIENTO</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
VH, H, M	ALTO	ALTO	K
M	ALTO	CUELLO BOTELLA	E
L	BAJO	RUTINARIOS	S
L Ó N	BAJO	NO NECESARIOS	U

*Tabla 10 clasificación de repuestos según criticidad*

## 5 METODOLOGÍA

Esta monografía planteó y desarrolló la siguiente serie de pasos para el desarrollo del software de mantenimiento en la empresa Sulfoquímica S.A.

**5.1** Los equipos del proceso sulfato tipo B líquido fueron identificados por medio del organigrama de procesos (Figura 6). La información fue corroborada comparando que los equipos mencionados en el organigrama correspondieran con los equipos que se encuentran actualmente en la línea de producción, tales equipos pueden ser evidenciados en las figuras 7, 8 y 9 de color azul. Esta actividad se realizó la segunda semana de enero, se tuvo un retraso con respecto al cronograma planteado debido a la disponibilidad de tiempos.



RUTA	DESCRIPCION DEL EQUIPO	CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUBEQUIPO 1	CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUB EQUIPO 2	CAPACIDAD	CODIGO	CLASE
8.2	TANQUE # 2 EN FIBRA DE VIDRIO DE ALMACENAMIENTO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B LIQUIDO	30000 LTS										
8.3	TANQUE # 3 EN FIBRA DE VIDRIO DE MEZCLAS Y ACIDIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B	28000 LTS										
8.4	TANQUE # 4 EN FIBRA DE VIDRIO DE ALMACENAMIENTO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B LIQUIDO	30000 LTS										
8.5	Bomba en acero inoxidable 316 SS# HALBERG Referencia ZLND 50160 # 1/2" Carcasa inoxidable Succion: 2" Flancheda Descarga: 2" Flancheda Sello mecanico:	30 HP	BMN114	BMN	BOMBA NEUMATICA P2-CAUCHO-TEFLON	25 PSI						
	MOTOBOMBA DE EMPELLER PARA DESPACHO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B LIQUIDO, CHEMFLO 56C 316 30121, ACOUPLE TIPO OMEGA, SUCCION 2", DESCARGA 1 1/2"											

*Figura 9. Organigrama de procesos equipos actualizados parte 3*

**5.2** La información de las hojas de vida, la criticidad de los equipos y toda la información que concierne a cada equipo fue recopilada de la base de datos con la que cuenta la empresa. Esta información se encontraba vinculada a los archivos de Excel del organigrama de procesos, las hojas de vida y la matriz de criticidad de Sulfoquímica. Dicha información fue organizada y vinculada a la nueva plantilla maestra de Excel (figura 10) anexando la información necesaria a las columnas de: número de órdenes de trabajo (OT), criticidad, equipos, repuestos, descripción del mantenimiento y demás columnas. En este ítem, algunos equipos tenían la criticidad calculada mientras que en otros fue necesaria calcularla por medio de la matriz de criticidad implementada en la empresa (figura 12). Esta matriz se basa en parámetros preestablecidos por Sulfoquímica para calcular la consecuencia máxima y mínima en caso de que se materialice un riesgo. La ecuación que es utilizada para dicho cálculo se observa en la figura 11. Esta actividad fue realizada en la tercer y cuarta semana de enero para lograr cumplir con lo planteado en el cronograma.





PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO									TRABAJO DE ALTO RIESGO			
N.O OT	MECANICO	PROCESO	PLANTA	CENTRO DE COSTO	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	COMPONENTE	REPUUESTO	GENERADO POR	ALTUR.	CONF.	ENERG.	CALE.
1442		#N/A	ITAGUI	#N/A								

PENDIENTE POR PARO DE MAQUINA	0
PENDIENTE POR FALTA PERSONAL	0
PENDIENTE MATERIALES/REPUUESTO	0
PENDIENTE PLANEACION	1
EN EJECUCION/ABIERTA	6
PENDIENTE TRABAJO EXTERNO	0

Figura 13. Programador de mantenimiento de Itagüí, ordenes correctivas

Para las actividades de mantenimiento preventivo que ya estaban definidas dentro del programa de mantenimiento, con la ayuda de los mecánicos y de los ingenieros se determinó el tipo de riesgo al que estaba expuesto el personal al realizar dichas actividades (figura 14). Con esta información se realizó un código en el PROGRAMADOR DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ITAGÜI para que según la tarea se generen los permisos de riesgo alto correspondientes (figura 15).

Equipo	Valor Cri.±	Nivel Cri.				duración de la tar.	mtr	tarea de riesgo al.	personal necesar.	
REACTOR COLADA Y ACIDO SULFURICO (RTR103) ( CC_150185106)	812	ALTA	CC171102	RTR103	RTR007	REVISAR CHEQUE,MANGUERAS Y ABRAZADERAS DE ACIDO , REVISAR ESTADO DE FIBRA INTERNAMENTE DESCASCARADO CADA 6 MESES	2	2	trabajos en alturas	1 mecánico
CELIDAS DE CARGA PARA DOSIFICADOR DE ACIDO SULFURICO (CLC102) ( CC_150185106)	812	ALTA	CC171102	CLC102	CLC001	VERIFICAR BUEN FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACION DE CELIDAS DE CARGA	2	2	na	1 contratista
BOMBA NEUMATICA SALIDA DE BAUXITA AL REACTOR (BMN104) ( CC_150185106)	812	ALTA	CC171102	BMN104	BMN001	INSPECCIONAR DESARMAR BOMBA NEUMATICA, ASIENOS, DIAFRAGMAS, PRESION DE TRABAJO, FUGAS POR CARCAZA, EMPAQUETADURA, VALVULAS.	2	2	energias peligrosa	1 mecánico
REACTOR COLADA Y ACIDO SULFURICO (RTR103) ( CC_150185106)	812	ALTA	150185106	RTR103	RTR007	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGÚN ESPESOR MOSTRADO POR DESGASTE	8	8	trabajo en alturas, energias peligrosas, espacios confinados	2 contratistas
TANQUE RECOLECCION DE LICORES (TAN112) ( CC_150185106)	740	ALTA	150185106	TAN112	TAN006	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGÚN	8	8	energias peligrosas, espacios confinados	2 contratistas

Figura 14. Riesgos identificados en la matriz de datos

PROGRAMADOR DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ITAGUI											TRABAJOS DE ALTO RIESGO			
PROCESO	CODIGO MANTENIMIENTO	DESCRIPCION DE LAS PARTES DE DEGRASE	COMPONENTE	REPUESTO	PRECEDENCIA	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS NECESARIAS	FECHA DE MANTENIMIENTO	FECHA DE PRÓXIMO MANTENIMIENTO	ALTUR.	CONFI.	ENERG.	CALE.	
150185106	FTP001	REALIZAR CAMBIO DE TELAS DE FILTROS PRENSA Y REVISION O REPARACION DE	TELAS Y PLACAS	SEGUN REVISION	270	2 MECANICO Y 1 AYUDANTE	HERRAMIENTAS SEGUN NECESIDAD	30/03/2018	25/12/2018			X		
150185106	FTP002	REALIZAR MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD HIDRAULICA DEL FILTRO PRENSA	UNIDAD DE LIMPIEZA Y FILTROS	SEGUN REVISION	360	CONTRATISTA TECNICO HIDRAULICO	HERRAMIENTAS SEGUN NECESIDAD	19/09/2018	14/09/2019			X		
150185106	RTR003	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGUN ESPESOR MOSTRADO POR DESGASTE	TANQUE	FIBRA DE VIDRIO, RESINAS	1080	CONTRATISTAS FIBRA DE VIDRIO	HERRAMIENTAS SEGUN NECESIDAD	15/01/2018	30/12/2020		X	X		
150185106	CDG001	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGUN ESPESOR MOSTRADO POR DESGASTE	TANQUE	FIBRA DE VIDRIO, RESINAS	1080	CONTRATISTAS FIBRA DE VIDRIO	HERRAMIENTAS SEGUN NECESIDAD	16/01/2018	31/12/2020	X				
150185106	TAN112	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGUN ESPESOR MOSTRADO POR DESGASTE	TANQUE	FIBRA DE VIDRIO, RESINAS	1080	CONTRATISTAS FIBRA DE VIDRIO	HERRAMIENTAS SEGUN NECESIDAD	17/01/2018	10/1/2021		X	X		
150185106	TAN113	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGUN ESPESOR MOSTRADO POR DESGASTE	TANQUE	FIBRA DE VIDRIO, RESINAS	1080	CONTRATISTAS FIBRA DE VIDRIO	HERRAMIENTAS SEGUN NECESIDAD	18/01/2018	2/01/2021		X	X		
150185106	TAN114	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGUN ESPESOR MOSTRADO POR DESGASTE	TANQUE	FIBRA DE VIDRIO, RESINAS	1080	CONTRATISTAS FIBRA DE VIDRIO	HERRAMIENTAS SEGUN NECESIDAD	19/01/2018	3/01/2021		X	X		
150185106	TAN116	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGUN ESPESOR MOSTRADO POR DESGASTE	TANQUE	FIBRA DE VIDRIO, RESINAS	1080	CONTRATISTAS FIBRA DE VIDRIO	HERRAMIENTAS SEGUN NECESIDAD	20/01/2018	4/01/2021		X	X		
150185106	TAN123	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGUN ESPESOR MOSTRADO POR DESGASTE	TANQUE	FIBRA DE VIDRIO, RESINAS	2160	CONTRATISTAS FIBRA DE VIDRIO	HERRAMIENTAS SEGUN NECESIDAD	21/01/2018	21/12/2023		X	X		
150185106	TAN12	REVISAR Y REPARAR FIBRA DE VIDRIO EN INTERIOR DE TANQUE O REACTOR SEGUN	TANQUE	FIBRA DE VIDRIO	2160	CONTRATISTAS FIBRA	HERRAMIENTAS	22/01/2018	22/12/2023		X	X		

Figura 15. Asignación de tareas de riesgo alto en el PROGRAMADOR DE PREVENTIVOS

5.5 Toda la información recopilada fue exportada y anexada al documento en Excel en la plantilla maestra de órdenes de trabajo (Figura 16) con el fin: de organizar la información, realizar una interfaz de fácil entendimiento para el usuario, identificar las diferentes operaciones y fórmulas que se necesitan para que el programa funcione y finalmente estructurar el software. Esta actividad se realizó la cuarta semana de febrero

CRITICIDAD	N.O	REF. MA	PROGRAMADA	EQUIPO	MECANICO	PROCESO	PLANTA	CENTRO DE COST	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	COMPONENTE	REPUESTO	TIPO DE O.T	DURACION	DISPONIBILIDAD
812	1204	RTR103	19/09/2017	04/10/2017	REACTOR COLADA Y ACIDO SULFURICO (RTR103) (CC_150185106)	JORGE CAÑAS	ITAGUI	1.5E+08	FIJAR SOPORTE CAIDO DE TUBERIA PRINCIPAL FRENTE AL REACTOR			CORRECTIVA PROGRAMADA	2	NO
812	1314	BMN104	05/06/2018	20/06/2018	BOMBA NEUMATICA SALIDA DE BAUXITA AL REACTOR (BMN104) (CC_150185106)	WILMAR URIBE	ITAGUI	1.5E+08	ARREGLAR TUBERÍA DE AIRE LA BOMBA DOSIFICADORA DE BAUXITA	TUBERIA DE AIRE	SEGUN REVISION	CORRECTIVA PROGRAMADA	2	SI
812	1325	RTR103	06/08/2018	12/08/2018	REACTOR COLADA Y ACIDO SULFURICO (RTR103) (CC_150185106)	WILMAR URIBE	ITAGUI	1.5E+08	CAMBIO DE TUBERIA DE DOSIFICADOR DE ACIDO HACIA REACTOR, CAMBIAR MANGUERA POR CPVC	TUBERÍA EN CPVC		CORRECTIVA PROGRAMADA	2	SI
740	1315	TAN112	05/06/2018	20/06/2018	TANQUE RECOLECCION DE LICORES (TAN112) (CC_150185106)	CONTRATISTA	ITAGUI	1.5E+08	BAJAR TUBOS DE MEDICIÓN DE GASES 40 CMS	TUBOS DE MEDICIÓN	NO APLICA	CORRECTIVA PROGRAMADA	2	SI
732	1238	TAN113	06/10/2017	21/10/2017	TANQUE MEZCLADOR (TAN113)	CONTRATISTA	ITAGUI	1.5E+08	REVISAR Y REPARAR RECUBRIMIENTO DE TANQUE YA QUE PRESENTA POROSIDAD, CONSIDERAR			CORRECTIVA PROGRAMADA	2	SI

Figura 16. Plantilla maestra de Excel

5.6 El software fue programado usando códigos en Visual Basic, los cuales permitieron interrelacionar cada una de las actividades que deben tenerse en cuenta a la hora de

programar el mantenimiento de los equipos tales como: los permisos para trabajo de riesgo alto, la criticidad de los equipos, la disponibilidad por producción, los insumos o repuestos requeridos, la disponibilidad del personal de mantenimiento y producción, entre otros.

A continuación se muestra la secuencia lógica de las macros que se debió seguir en excel:

**5.6.1.** las ordenes de trabajo preventivo del proceso con sus respectivos tiempos herramientas, criticidad, riesgos y demás parámetros, son exportadas a la plantilla de órdenes de trabajo en Excel.

**5.6.2.** Las variables y contadores de horas de trabajo fueron definidas en la macro de Excel con los siguientes criterios:

**5.6.2a.** Las horas de trabajo de un mecánico al día son 8 horas.

**5.6.2b.** Un mecánico trabaja 48 horas a la semana.

**5.6.3.** Las ordenes de trabajo pendientes del mes son evaluadas y exportadas a la plantilla de programador (figura 17) teniendo en cuenta que primero se exportan las pendientes del mes y que la duración de todas las actividades planeadas para el mantenimiento de la planta en la primera semana no debe ser superior a 48 horas, si la duración de las tareas del mes supera las 48 horas estas actividades las programara para la siguiente semana. Si por el contrario la duración de las actividades del mes es menor de 48 horas entonces el programa seguirá con las ordenes de trabajo pendientes más antiguas hasta completar un máximo de 48 horas.

CRITICIDAD	N.O OT	CODIGO	PROGRAMADA		EQUIPO	MECANICO	PROCESO	PLANTA	CENTRO DE COSTO	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	COMPONENTE	REPUESTO	TIPO DE O.T	DURACION	DISPONIBILIDAD	CONDICION	¿PROGRAMADO?	REPETIDA
320	1311	TAN122	05/06/2018	20/06/2018	TANQUE LAVADOR # 4 EN FIBRA DE VIDRIO (TAN122) (CC_150185106)	HUGO CASTRO	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	ITAGUI	150185106	REVISAR VÁLVULA MARIPOSA DE SALIDA DE TANQUE LAVADOR 4. TIENE	VÁLVULA MARIPOSA DE SALIDA DE TANQUE LAVADOR	SEGÚN REVISIÓN	CORRECTIV A PROGRAMADA	2	SI		PROGRAMADO	NO
326	1312	BMN112	05/06/2018	20/06/2018	BOMBA NEUMATIC A M2 EN INOXIDABLE SALIDA LAVADOR #3 (BMN112) (CC_150185106)	WILMAR URIBE	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	ITAGUI	150185106	COLOCAR RACORES EN LINEAS DE AIRE, NO TIENEN RACORES, REVISAR QUE LAS OTRAS BOMBAS SI TENGAN LAS CONEXIONES CORRECTAS	RACORES	RACORES PARA MANGUERA DE 1/2"	CORRECTIV A PROGRAMADA	2	SI		PROGRAMADO	REPETIDA
					BOMBA													

*Figura 17. Plantilla programador*

**5.6.4.** Todas las actividades de mantenimiento que están en la plantilla programador son ordenadas desde las más recientes hasta las más antiguas con el fin de que el software seleccione las primeras 48 horas de duración de las tareas.

**5.6.5.** Si no hay actividades antiguas pendientes el programa empezará a programar las tareas de acuerdo con su criticidad, si la criticidad es más alta, entonces estas se programarán primero.

**5.6.6.** El programador busca las disponibilidades que tiene sobre cada máquina por parte de producción en la casilla de disponibilidad. Si las maquinas a las que se les efectuará el mantenimiento cuentan con disponibilidad, entonces el software programará primero estas actividades y si por el contrario no requieren disponibilidad por parte de producción, entonces las tareas de mantenimiento se programarán de acuerdo con su fecha.

**5.6.7.** Las tareas de mantenimiento que son programadas en la hoja de programación de Excel (figura 21) cuentan con varias condiciones:

**5.6.7.1.** Aquellas tareas que duren más de 8 horas en un día serán programadas al día siguiente. Por ejemplo, si al finalizar el lunes la suma de las tareas anteriores es de 7 horas y aún falta una tarea que dura 3 horas, el software programara 1 hora para el lunes y las 2 horas restantes serán programadas para el martes.

**5.6.7.2.** Las horas restantes del sábado serán programadas para el lunes de la siguiente semana.

**5.6.7.3.** Si el lunes existen horas programadas del día sábado, las tareas que presentan condición por parte de producción serán programadas después de las horas restantes del sábado, es decir, si el lunes hay 1 hora de una tarea de mantenimiento que no se alcanzaba a terminar el día sábado, entonces se respetará dicha hora para ser terminada el lunes en horario de 6:00am a 7:00am y se programaran las demás tareas que presenten condición por parte de producción una vez terminada la tarea del sábado.

**5.6.7.4.** La jornada de trabajo de los mecánicos es de 11 horas diarias, por lo tanto, se tiene un espacio de tres horas diarias para atender emergencias o situaciones ajenas a las actividades de mantenimiento que puedan presentarse durante la jornada.

**5.6.8.** El programa termina de organizar las tareas de mantenimiento de toda la semana, se dirige a la hoja de plantilla de programador y busca en las ordenes de trabajo, que fueron programadas para la semana, el número de la orden de trabajo, el equipo, el proceso, el centro de costos y el repuesto que se necesita para cada actividad de mantenimiento, lo selecciona todo, lo corta y lo pega en una nueva hoja de Excel llamada repuestos (figura 18).

REPUESTOS				
PROGRAMADO EL:	20/05/2019			
N.O OT	EQUIPO	PROCESO	CENTRO DE COSTO	REPUESTO
1150	BOMBA NEUMATICA M4 (BMN103) (CC_150185106)	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	150185106	SEGÚN REVISION
1315	TANQUE RECOLECCION DE LICORES (TAN112) (CC_150185106)	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	150185106	NO APLICA
1238	TANQUE MEZCLADOR (TAN113) (CC_150185106)	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	150185106	
1202	PLANTA FÍSICA SULFATO TIPO B (171107) (CC_150185182)	PLANTA FISICA SULFATO TIPO B LIQUIDO	150185182	
1125	PLANTA FÍSICA SULFATO TIPO B (171107) (CC_150185182)	PLANTA FISICA SULFATO TIPO B LIQUIDO	150185182	PERILLAS
865	TANQUE LAVADOR # 4 EN FIBRA DE VIDRIO (TAN122) (CC_171102)	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	150185106	SEGÚN REVISION
	TANQUE LAVADOR # 4	PROCESO		

◀ ▶ | Ordenes de trabajo | Plantilla programador | Programación | **Repuestos** | Resumen

Figura 18. Resumen de repuestos para cada OT

**5.6.9.** La segunda parte de la macro se encarga de concatenar las ordenes de trabajo, los nombres de las máquinas y de los mecánicos que realizan el mantenimiento (ver figura 19) en la hoja de programación y a cada mecánico, contratista u orden repetida se le asigna un color diferente como se muestra en en el código de colores (figura 20).

1009 - TAN154 -  
JORGE CAÑAS

Figura 19. Orden de trabajo a realizar

	HUGO CASTRO
	WILMAR URIBE
	JORGE CAÑAS
	CONTRATISTA
	ORDEN REPETIDA

Figura 20. Código de colores

**5.6.10.** La tercera parte del software organiza las ordenes de trabajo de las actividades que requieran contratistas en la hoja de Excel de programación teniendo en cuenta las mismas condiciones que las ordenes de trabajo que realizaban los mecánicos de la empresa. Estas son asignadas de acuerdo con el día en que la columna de condición así lo disponga. Por último, estas órdenes son programadas en la columna de la hoja de programación en las celdas que tienen el nombre de contratista.

HORAS	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		LUNES	
	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.
6-7														
7-8														
8-9														
9-10														
10-11														
11-12														
1-2														
2-3														
3-4														
4-5														
5-6														

Figura 21. Hoja de programación de OT's

**5.6.11.** Las ordenes de trabajo que se repitan de una semana a otra porque no se realizaron en la fecha programada, serán reprogramadas para el día siguiente o para la fecha en la cual haya disponibilidad para realizarlas y el programa las pondrá en color morado indicando que la orden esta repetida, adicional a esto, en la plantilla programador

en la columna de repetida, el software indicara si la orden está o no está repetida (figura 17).

**5.6.12.** Las ordenes de trabajo que ya hayan sido programadas en la hoja de programación, aparecerán con el mensaje “programadas” en la hoja de plantilla programador para evitar que se vuelvan a repetir dentro del software (figura 17).

**5.6.13.** Las actividades que han sido programadas quedan registradas en otra hoja de Excel con el nombre de resúmenes de programación (figura 22). El programa se encarga de insertar la programación de las actividades de mantenimiento de todas las semanas. En la hoja de resúmenes de programación se organizan las tareas de mantenimiento que fueron programadas semana tras semana, desde la más reciente hasta la menos reciente.

PROGRAMADOR 13/05/2019												
HORAS	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO	
	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR
6-7												
7-8												
8-9												
9-10												
10-11												
11-12												
1-2												
2-3												
3-4												
4-5												
5-6												

PROGRAMADOR 06/05/2019												
HORAS	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO	
	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR
6-7												
7-8												
8-9												
9-10												
10-11												
11-12												
1-2												
2-3												
3-4												
4-5												
5-6												

PROGRAMADOR 20/04/2019												
HORAS	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO	
	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR
6-7												
7-8												
8-9												
9-10												
10-11												
11-12												

← ... Plantilla programador Programación Repuestos **Resúmenes de programaciones** Or

Figura 22. Resúmenes de programación

**5.6.13** Cuando una orden de trabajo es realizada, diligenciada por el mecánico, cerrada en el programador ya sea de correctivos o preventivos y sea enviada a la hoja de vida del equipo se eliminará la orden de trabajo de la hoja “Ordenes de trabajo” y la llevará a la hoja “Ordenes realizadas”, y cambiará la fecha de programación por la fecha de realización, esto con el fin de tener un historial de cumplimiento de ordenes realizadas con la ayuda de este programador.

Con las ordenes de mantenimiento que están abiertas y las cerradas, se observa el porcentaje de cumplimiento de ordenes después de implementar el programador, para esto se agregó la hoja “Indicador de cumplimiento” donde se calculan los porcentajes de ordenes pendiente y ya realizadas por parte de mantenimiento.

**5.7** El software fue simulado y verificado realizando la primera programación, y se logró observar que los parámetros y funciones para los cuales fue diseñado el programa cumplieron con lo establecido a lo largo de este escrito. El resultado de dicho proceso es el software de mantenimiento. Esta actividad tuvo como fecha de ejecución todo el mes de mayo

## **6 RESULTADOS**

En la figura 24 se muestra el diagrama con los resultados obtenidos a partir de la información que se tenía en la empresa y del proceso que se llevaba a cabo dentro de la misma para programar los mantenimientos correctivos y preventivos. Los cuadros cuyo color están en blanco, se refieren al procedimiento que se viene realizando en la empresa y los cuadros de color verde están relacionados al procedimiento de mejora que propuso este trabajo.

Procedimiento que lleva a cabo la empresa actualmente (cuadros blancos):

**6.1** La empresa cuenta con un plan de mantenimiento para actividades correctivas y preventivas.

**6.2** Las ordenes de trabajo son generadas tanto para el plan de mantenimiento correctivo como para el plan de mantenimiento preventivo por medio del programa en Excel que ya se venía usando en la empresa.

**6.3** Las ordenes de trabajo generan los resúmenes de las tareas que se van a realizar en las maquinas

**6.4** La empresa cuenta con la base de datos de los repuestos de las tareas en general  
Procedimiento que llevará a cabo la empresa después de desarrollar este trabajo (cuadros verdes):

**6.5** Este trabajo anexó la planificación de las tareas de riesgo alto al software de mantenimiento correctivo y preventivo creando rutas y macros que permitieran agregar y modificar los permisos de trabajo para cada actividad de mantenimiento de forma automática, con el fin de minimizar tiempos muertos a la hora de realizar el trabajo.

**6.6** La información de los resúmenes correctivos y preventivos de las actividades de mantenimiento que están próximas a realizarse fue llevada a la plantilla maestra de Excel.

**6.7** La información de la plantilla maestra de Excel se lleva a la plantilla programador teniendo en cuenta que se programaran 48 horas semanales, desde las ordenes más recientes a las más antiguas, de acuerdo a las maquinas con mayor criticidad y siempre teniendo en cuenta la disponibilidad de las maquinas por parte de producción.

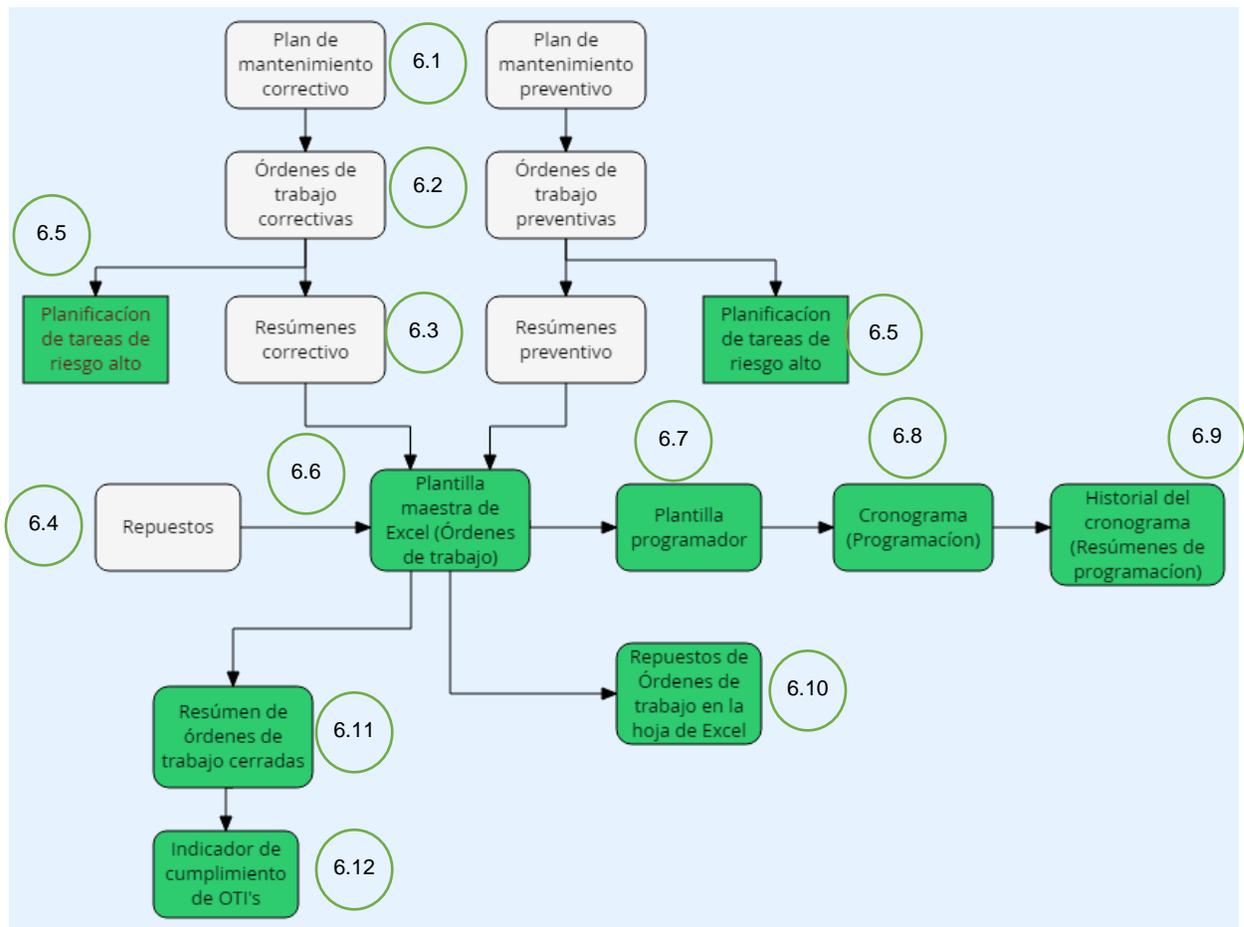
**6.8** Una vez cumplidos los parámetros anteriores, se programarán las actividades de la semana de acuerdo a un cronograma con la información de las OT's y de los mecánicos que van a realizar cada una de las actividades

**6.9** Los cronogramas de cada semana se adjuntaron a una nueva hoja en Excel de resúmenes de cronograma para llevar un control de las fechas y las tareas que fueron realizadas en dichas fechas.

**6.10** Los repuestos y resúmenes de repuestos fueron anexados en la hoja de repuestos de Excel, con el fin de llevar un mejor control de estos.

**6.11** De la plantilla maestra de Excel se creó una hoja dentro del mismo software de los resúmenes de las ordenes de trabajo que fueron finalizadas

**6.12** Con toda esta información se tomaron datos de las ordenes de trabajo finalizadas que sirvieron para evaluar el indicador de cumplimiento de OT's



*Figura 23, Diagrama de resultados obtenidos*

Los resultados que se obtuvieron a partir del cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos se muestran a continuación.

**6.13** La corroboración del organigrama de procesos y los equipos que se encuentran actualmente en la planta arrojó los siguientes resultados:

De 74 equipos mostrados en el organigrama se encontró que 7 de ellos no correspondían con las referencias actuales, por lo cual fue necesario actualizarlos. En las figuras 24, 25 y 26 se muestran todos los equipos que actualmente están en la planta de sulfato tipo B líquido y sus referencias actualizadas. Una vez organizada la información se desarrolló la plantilla maestra en Excel con la información y ordenes de trabajo de la planta como se muestra en la Figura 27

SULFO QUIMICA sa														PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SULFATO TIPO B LIQUIDO. (171102)													
RUTA	CODIGO	CLASE	DESCRIPCION DEL EQUIPO	CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUBEQUIPO 1			CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUB EQUIPO 2			CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUBEQUIPO 3	CAPACIDAD							
1	TANI09	TAN	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE COLADA BAUXITA EN ACERO CARBON	18000 LTS	MZC10	MZC	MEZCLADOR AGITADOR PARA TANQUE DE COLADA AGITADOR EN MADERA, EJE 2"12"			18000 LTS	MTR11	MTR	MOTOREDUCTOR DEL MEZCLADOR AGITADOR, MARCA ASYNCHRONOUS ELECTRI MOTOR, MODELO MS 12-4, SERIE 1008-057, 6.6 HP, 1710 RPM, 260V/440V, 14.1A, 60 HZ, IP55, REDUCTOR TRANSICIVO, CICLOVAL DE DOBLE REDUCCION, MODELO TDVM-610 II, SERIE 100127033, RADIO 1X15, EN ACEITE, 2 CHUMACERA FY510			6.6 HP	BMN1	BMN	BOMBA NEUMATICA M4-TEFLON-DIAFRA	60 PSI							
2	TANI10	TAN	TANQUE DOSIFICADOR DE COLADA BAUXITA	1M3	MTE10	MTE	MOTOR ELECTRICO PARA MEZCLADOR DE DOSIFICADOR DE BAUXITA, MOTOR SIEMENS, MODELO 1LA318GV80, CUERPO 112				MZC10	MZC	MEZCLADOR PARA DOSIFICADOR DE BAUXITA			1M3	BMN1	BMN	BOMBA NEUMATICA M4 SALIDA DE BAUXITA AL REACTOR, SERIE 133342,	60 PSI							
3	TANI11	TAN	TANQUE DOSIFICADOR DE ACIDO SULFURICO	1M3	CLC10	CLC	CELDA DE CARGA MARCA IVECONTROL, MODELO 50MM, CLASE CONDENSADOR DE GASES, MARCA FIBRATORE, EN VIDRO DE				BMN10	BMN	BOMBA NEUMATICA PIPE-CANAR-TEFLON			25 PSI											
4	RTR103	RTR	REACTOR EN FIBRA DE VIDRIO COLADA Y SULFURICO, MARCA FIBRATORE, APOYADO EN VIGA	8000 LTS	CDG10	CDG	MOTOREMBA MEZCLADORA-SUCCION			3 HP																	
4.1	TANI12	TAN	TANQUE DE RECOLECCION DE LICORES	16000 LTS	MTB10	MTB																					
5	TANI13	TAN	TANQUE MEZCLADOR SALIDA REACTOR	3000 LTS	MZC108	MZC	MEZCLADOR AGITADOR DEL DE ACERO INOXIDABLE DE 4 ALETAS 30X16 CM DEL TANQUE MEZCLADOR			3000 LTS	MTR11	MTR	MOTOREDUCTOR MOTOR MARCA NORD, MODELO 100LA, SERIE 1024 8440, 1745 RPM, 220V/440V, 3.2A/15.81A, 60HZ, IP55, REDUCTOR NORD, MODELO 5K33-100L4, AÑO 2012, SERIE 1002419440.00, RADIO 37.93,			2.2 KW	BMN1	BMN	BOMBA NEUMATICA M8-INOX-TEFLON	120 PSI							
6	TANI14	TAN	TANQUE AMORTIGUADOR EN FIBRA DE VIDRIO	14000 LTS	MZC108	MZC	MEZCLADOR AGITADOR DEL TANQUE			14000 LTS	MTR11	MTR	MOTOREDUCTOR			3.5 HP	BMN1	BMN	BOMBA NEUMATICA M2-	25 PSI							
			TANQUE ESPESADOR O				MEZCLADOR DE ASPAS						MOTOREDUCTOR EDISATECK, MODELO Y2A-80-4, SERIE 30501002075,						BOMBA								

Figura 24. Equipos del organigrama de procesos parte 1

SULFO QUIMICA sa														PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SULFATO TIPO B LIQUIDO. (171102)													
RUTA	CODIGO	CLASE	DESCRIPCION DEL EQUIPO	CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUBEQUIPO 1			CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUB EQUIPO 2			CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUBEQUIPO 3	CAPACIDAD							
7	TANI15	TAN	TANQUE ESPESADOR O SEDIMENTADOR EN ACERO INOXIDABLE	24000 LTS	MZC11	MZC	MEZCLADOR DE ASPAS EN ACERO INOXIDABLE TRANSMISION POR CADENA Y CORONA			24000 LTS	MTR12	MTR	MOTOREDUCTOR EDISATECK, MODELO Y2A-80-4, SERIE 30501002075, 2015, RODAMIENTOS 6304ZZ-6301ZZ, 1850 RPM, 230V/440V, 3.4A/17A, IP55, 60HZ, EN ACEITE CHUMACERA F21 Y F21L, ACOPLE DIRECTO			1 HP	BMN1	BMN	BOMBA NEUMATICA M2-INOX-CAUCHO	25 PSI							
8	TANI16	TAN	TANQUE PARA MEZCLAR EL POLIMERO EN FIBRA DE VIDRIO	1500 LTS	MZC11	MZC	MEZCLADOR AGITADOR DE OLUCION DE POLIMEROS			1500 LTS	MTR12	MTR	MOTOREDUCTOR TANQUE DE POLIMERO CON MOTOR SIEMENS EJE DE SALIDA DE 38 MM			N/D	TANI17	TAN	TANQUE ALMACENAMIENTO DE POLIMERO EN FIBRA DE VIDRIO	500 LTS	BOP1	BOP	BOMBA DOSIFICADORA DE POLIMERO RANDOLPH AUSTIN, MODELO 510-100 2.65 GPM (600 LSHRA) A 330 PSI				
9	TANI18	TAN	TANQUE FUENTE DE RECOLECCION DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B, EN INOXIDABLE	380 LTS	BMN1	BMN	BOMBA NEUMATICA M2-CAUCHO-INOX, MARCA VILDEN DE LA FUENTE, MODELO P215SPFPHENSIEN/SEN, SERIE 002419177, AÑO			25 PSI	ITC101	ITC	INTERCAMBIADOR DE CALOR SUPERCHANGER PEQUEÑO, MODELO 1LA1014M-5SP-4, AÑO 2010, PESO 183 KG, SERIE 1087, PAQUETE DE PLACA MIN. 1.218 MAX. 1.25 (0. TEMP. MAX. 120°C, 30 PSI)			100 PSI	ITC102	ITC	INTERCAMBIADOR DE CALOR GRANDE, MARCA API SCHMIDT-BREITEN		BOD1	BOD	BOMBA DOSIFICADORA MARCA VALCHEM Conhions 310P Material Exterior				
7.1	TANI19	TAN	TANQUE LAVADOR # 1 EN ACERO INOXIDABLE	12000 LTS	MZC11	MZC	MEZCLADOR DE ASPAS TRANSMISION POR CADENA Y CORONA CONICA HELICOIDAL			12000 LTS	MTR12	MTR	MOTOREDUCTOR (ASSI-SIEMENS), CHUMACERA F21L EJES DE 32MM Y 44MM, REDUCTOR MARCA NORD, MODELO SK33-100L4, SERIE 1002378244.00, RADIO 27.74, 63 RPM			24 HP	BMN1	BMN	NEUMATICA M2-INOX-CAUCHO MARCA VILDEN, MODELO	25 PSI							
7.2	TANI20	TAN	TANQUE LAVADOR # 2 EN ACERO INOXIDABLE	12000 LTS	MZC11	MZC	MEZCLADOR DE ASPAS TRANSMISION POR CADENA Y CORONA CONICA HELICOIDAL			12000 LTS	MTR12	MTR	MOTOREDUCTOR (ASSI-SIEMENS), CHUMACERA F21L EJES DE 32MM Y 44MM, REDUCTOR MARCA NORD, MODELO UAA247, SERIE 4740,			24 HP	BMN1	BMN	BOMBA NEUMATICA M2-INOX-CAUCHO	25 PSI							
7.3	TANI21	TAN	TANQUE LAVADOR # 3 EN ACERO INOXIDABLE	12000 LTS	MZC11	MZC	MEZCLADOR DE ASPAS TRANSMISION POR CADENA Y CORONA			12000 LTS	MTR12	MTR	MOTOREDUCTOR (ASSI-SIEMENS), MODELO ILA2090V180, SERIE 34902, 1120 RPM, 220V/440V, 4.6A/2.5A, REDUCTOR ASSI, MODELO UUA247			12 HP	BMN1	BMN	BOMBA NEUMATICA M2-INOX-CAUCHO	25 PSI							

Figura 25. Equipos del organigrama de procesos parte 2

RUTA		CODIGO	CLASE	DESCRIPCION DEL EQUIPO	CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUBEQUIPO 1	CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUB EQUIPO 2	CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUBEQUIPO 3	CAPACIDAD	CODIGO	CLASE	SUBEQUIPO 4
7.4	TANI22	TAN	TANQUE LAVADOR # 4 EN ACERO INOXIDABLE	12000 LTS	MZCH 5	MZC	MEZCLADOR DE ASPAS TRANSMISION POR CADENA Y CORONA CONICA HELICOIDAL	12000 LTS	MTR12 5	MTR	MOTOREDUCTOR VASSI-SIEMENS) MODELO Y2-302-4, SERIE 120502058, AÑO 2012, 1HP, 1720 RPM, 230V/460V, 3 FAS/TA, 50/60 HZ, IP55, REDUCTOR TRANSCYLO, MODELO THH-K009-61610, SERIE 120330042, CHUMACERA F191M Y F210, RADIO 63.43	1HP	BMN11 3	BMN	BOMBA NEUMATICA MB INOX-TEFLON	80 PSI	CLN1 01	CLN	CICLON DE GASES Y LIQUIDOS	
7.5	FTP101	FTP	FILTRO PRESA HORAUJICO ACS ENHRCACIONAL, 18 PLACAS KLUNKAU, FILTRO DE ACEITE MODELO 018MPSI, SERIE	10000 PSI	MTE10 6	MTE	MOTOR ELECTRICO PARA FILTRO PRESA													
8.1	TANI23	TAN	TANQUE # 1 EN FIBRA DE VIDRIO DE ALMACENAMIENTO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B	30000 LTS																
8.2	TANI24	TAN	TANQUE # 2 EN FIBRA DE VIDRIO DE ALMACENAMIENTO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B	30000 LTS																
8.3	TANI25	TAN	TANQUE # 3 EN FIBRA DE VIDRIO DE MEZCLAS Y ACIDIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B	28000 LTS																
8.4	TANI26	TAN	TANQUE # 4 EN FIBRA DE VIDRIO DE ALMACENAMIENTO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B	30000 LTS																
8.5	MTB107	MTB	Bomba en acero inoxidable 316 SPH HALBERG Referencia ZLND 50760 epe/Bm Carcasa inoxidable Succion: 2 1/2" Flanchada Desarga: 2" Flanchada Sello mecánico	30 HP	BMN11 4	BMN	BOMBA NEUMATICA P2, CAUCHO-TEFLON	25 PSI												
	NORME T		BOMB A SE ENVID A NORME																	

Figura 26. Equipos del organigrama de procesos parte 1

PROGRAMAR														
CRITICIDAD	N.O OT	REF MAX	PROGRAMADA	EQUIPO	MECANICO	PROCESO	PLANTA	CENTRO DE COS	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	COMPONENTE	REPUESTO	TIPO DE O.T	DURACION	DISPONIBILIDAD
812	1204	RTR103	19/09/2017 04/10/2017	REACTOR COLADA Y ACIDO SULFURICO (RTR103) (CC_150185106)	JORGE CAÑAS	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	ITAGUI	1.5E+08	FIJAR SOPORTE CAIDO DE TUBERIA PRINCIPAL FRENTE AL REACTOR			CORRECTIVA PROGRAMADA	2	NO
812	1314	BMN104	05/06/2018 20/06/2018	BOMBA NEUMATICA SALIDA DE BAUXITA AL REACTOR (BMN104) (CC_150185106)	WILMAR URIBE	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	ITAGUI	1.5E+08	ARREGLAR TUBERIA DE AIRE LA BOMBA DOSIFICADORA DE BAUXITA	TUBERIA DE AIRE	SEGUN REVISIÓN	CORRECTIVA PROGRAMADA	2	SI
812	1325	RTR103	06/08/2018 12/08/2018	REACTOR COLADA Y ACIDO SULFURICO (RTR103) (CC_150185106)	WILMAR URIBE	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	ITAGUI	1.5E+08	CAMBIO DE TUBERIA DE DOSIFICADOR DE ACIDO HACIA REACTOR, CAMBIAR MANGUERA POR CPVC	TUBERIA EN CPVC		CORRECTIVA PROGRAMADA	2	SI
740	1315	TAN112	05/06/2018 20/06/2018	TANQUE RECOLECCION DE LICORES (TAN112) (CC_150185106)	CONTRATISTA	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	ITAGUI	1.5E+08	BAJAR TUBOS DE MEDICION DE GASES 40 CMS	TUBOS DE MEDICIÓN	NO APLICA	CORRECTIVA PROGRAMADA	2	SI
732	1238	TAN113	06/10/2017 21/10/2017	TANQUE MEZCLADOR (TAN113)	CONTRATISTA	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	ITAGUI	1.5E+08	REVISAR Y REPARAR RECUBRIMIENTO DE TANQUE YA QUE PRESENTA POROSIDAD, CONSIDERAR			CORRECTIVA PROGRAMADA	2	SI

Figura 27. Plantilla maestra de Excel, Ordenes de trabajo

6.14 La información que concierne a cada equipo fue recopilada de la base de datos con la que cuenta la empresa y anexada al documento de Excel en la hoja de número de ordenes obteniendo como resultado la matriz maestra con todas las ordenes de trabajo de cada equipo y la información de dichos mantenimientos. Dicho resultado puede verse plasmado en la figura 27. Esta matriz cuenta con toda la información recopilada hasta ahora como: la criticidad, el N.O de OT, la referencia de la máquina, la fecha de programación del mantenimiento, el mecánico que realizara la actividad entre otros.

6.15 A las actividades de mantenimiento se les asigno como código el número de órdenes de trabajo, con el fin de identificar rápidamente la tarea que se está realizando. El número de OT es el dato principal para identificar las diferentes tareas, puesto que con este se

tiene acceso a la información de repuestos, de programación del cronograma, de los resúmenes de cronogramas, ordenes abiertas o cerradas entre otros (figura 28).

N.º OT	REF MAC
1204	RTR103
1314	BMN104
1325	RTR103
1315	TAN112

Ordenes de trabajo

*Figura 28. Código N.º de OT*

**6.16** Los riesgos altos de cada tarea de mantenimiento correctivo y preventivo fueron identificados y anexados a las órdenes de trabajo. La figura 29 muestra los tipos de riesgos que se pueden presentar, como trabajos en alturas, espacios confinados, energías peligrosas y trabajo en caliente. En la figura 30, 31, 32 y 33 se puede observar un ejemplo con los formatos de permisos de trabajo con los datos como el número de OT, el proceso y la descripción de la tarea en color azul. Estos datos fueron llenados automáticamente al generar la orden de trabajo y ayudarán a disminuir el tiempo de

llenado de formatos que tardará el mecánico o persona encargada de la tarea.

PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO											
N.º OT	MECANICO	PROCESO	PLANTA	INTRO DE COS	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	COMPONENTE	REPUESTO	GENERADO POR	TRABAJOS DE ALTO RIESGO		
									ALTURA	CONFINADO	ENERGIA ELÉCTICA
1442	JORGE CAÑAS	PROCESO HIDROXICLORURO DE ALUMINIO	ITAGUI	150185112	LEVANTAR AGITADOR DE REACTOR DE ACH, CAMBIAR CHUMACERAS, CAMBIAR CUÑA Y PRISIONEROS DE ACOPLA	CHUMACERAS, CUÑA, PRISIONEROS	2 CHUMACERAS TIPO FLANCHE PARA EJE DE 3" CON ANILLO EXCENTRICO	CAMILO CHAMORRO	X	X	X

Figura 29. Orden de trabajo correctiva con sus riesgos

SULFO QUIMICA sa		PERMISO PARA TRABAJO EN ALTURA				O.T. #	1442
VALIDEZ:	Fecha de emisión del permiso de trabajo	HORA:	Desde	Hasta			
RESPONSABLE DE LA GENERACIÓN DEL TRABAJO							
PROCESO/AREA:		PROCESO HIDROXICLORURO DE ALUMINIO					
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO							
EMPRESA EJECUTANTE (En caso de ser externo)							
NOMBRE DE LOS EJECUTANTES	NOMBRES Y APELLIDOS		CC	ARL	EPS	T.CURSO	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO		LEVANTAR AGITADOR DE REACTOR DE ACH, CAMBIAR CHUMACERAS, CAMBIAR CUÑA Y PRISIONEROS DE ACOPLA					
RIESGOS ASOCIADOS							
LOCALIZACIÓN EXACTA DEL TRABAJO							
Comprobaciones previas al inicio del trabajo (realizadas por el responsable de la tarea)				SI	NO	N/A	

Figura 30. Permiso de trabajo en alturas

SULFO QUIMICA sa		PERMISO DE TRABAJO ESPACIOS CONFINADOS				O.T. #	1442
VALIDEZ:	Fecha de emisión del permiso de trabajo	HORA:	Desde	Hasta			
RESPONSABLE DE LA GENERACIÓN DEL TRABAJO							
PROCESO/AREA:		PROCESO HIDROXICLORURO DE ALUMINIO					
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO							
EMPRESA EJECUTANTE (En caso de ser externo)							
NOMBRE DE LOS EJECUTANTES	NOMBRES Y APELLIDOS		CC	ARL	EPS	T.CURSO	
Electrica - Alto Voltaje	Excavaciones	En agua					
Altura	Transporte de Maquinaria pesada			Mecánica			
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO		LEVANTAR AGITADOR DE REACTOR DE ACH, CAMBIAR CHUMACERAS, CAMBIAR CUÑA Y PRISIONEROS DE ACOPLA					
RIESGOS ASOCIADOS							

Figura 31. Permiso de trabajo en espacios confinados

		PERMISO PARA BLOQUEO, ETIQUETADO Y CIERRE DE FUENTES DE ENERGÍA PELIGROSA				O.T. #	1442
VALIDEZ:	Fecha de emisión del permiso de trabajo	HORA:	Desde	Hasta			
RESPONSABLE DE LA GENERACIÓN DEL TRABAJO							
PROCESO/AREA:		PROCESO HIDROXICLORURO DE ALUMINIO					
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO							
EMPRESA EJECUTANTE (En caso de ser externo)							
NOMBRE DE LOS EJECUTANTES	NOMBRES Y APELLIDOS		CC	ARL	EPS	T.CURSO	
Electrica - Alto Voltaje	Excavaciones	En agua					
Altura	Transporte de Maquinaria pesada	Mecánica					
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	LEVANTAR AGITADOR DE REACTOR DE ACH, CAMBIAR CHUMACERAS, CAMBIAR CUÑA Y PRISIONEROS DE ACOPLA						
RIESGOS ASOCIADOS							

Figura 32. Permiso de trabajo para energías peligrosas

		PERMISO PARA TRABAJOS EN CALIENTE (LLAMA ABIERTA. SOLDAR, OXICORTE, PRECALENTAMIENTO ELÉCTRICO DE INDUCCIÓN / ALIVIO TÉRMICO, ESMERILAR, PULIR Y SOPLETE PARA CALENTAMIENTO DE MATERIALES)				O.T. #	1442
VALIDEZ:	Fecha de emisión del permiso de trabajo	HORA:	Desde	Hasta			
RESPONSABLE DE LA GENERACIÓN DEL TRABAJO							
PROCESO/AREA:		PROCESO HIDROXICLORURO DE ALUMINIO					
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO							
EMPRESA EJECUTANTE (En caso de ser externo)							
NOMBRE DE LOS EJECUTANTES	NOMBRES Y APELLIDOS		CC	ARL	EPS	T.CURSO	
Electrica - Alto Voltaje	Excavaciones	En agua					
Altura	Transporte de Maquinaria pesada	Mecánica					
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	LEVANTAR AGITADOR DE REACTOR DE ACH, CAMBIAR CHUMACERAS, CAMBIAR CUÑA Y PRISIONEROS DE ACOPLA						
RIESGOS ASOCIADOS							

Figura 33. Permiso de trabajo en caliente

**6.17** Con toda la información recolectada hasta el momento, se terminó de organizar y alimentar la plantilla maestra de Excel (figura 27).

**6.18** los códigos o macros fueron programados usando Visual Basic, se anexaron los botones de programar a la hoja de órdenes de trabajo (figura 27) y los botones de programar SQ y programar contratista en la hoja de plantilla programador (figura 34). El

botón de programar de la hoja de órdenes de trabajo se encarga de escoger las primeras 48 horas de órdenes de trabajo que van a ser programadas durante la semana y los botones de programar SQ y programar contratista sirven para organizar las tareas de mantenimiento durante esa semana de los mecánicos de Sulfoquímica y de los contratistas respectivamente. Las macros del programa se pueden encontrar en los anexos de este trabajo.

CRITICIDAD	N.O OT	MECANICO	PROCESO	PLANTA	CENTRO DE COSTO	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	COMPONENTE	REPUESTO	TIPO DE O.T	DURACION	DISPONIBILIDAD	CONDICION	¿PROGRAMADO?	REPETIDA	PROGRAMAR SQ	PROGRAMAR CONTRATISTA
561	12312	CONTRATISTA	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	ITAGUI	150185106	INSPECCION DESARMAR BOMBA NEUMATICA ASIENTOS, DIAFRAGMAS, PRESION DE TRABAJO, FUGAS POR CARCAZA, EMPAQUETADURA,	ASIENTOS, DIAFRAGMAS, CARCAZA, EMPAQUETADURAS, VALVULAS	SEGUN REVISION	PREVENTIVA	2	SI		PROGRAMADO	NO		
740	1315	CONTRATISTA	PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO	ITAGUI	150185106	BAJAR TUBOS DE MEDICION DE GASES 40 CMS	TUBOS DE MEDICION	NO APLICA	CORRECTIVA PROGRAMADA	2	SI		PROGRAMADO	NO		
						REVISAR Y REPARAR										

Figura 34. Plantilla programador, botones para programar

**6.19** Finalmente se realizó la primera simulación del programa encontrando que funcionó bajo todos los parámetros establecidos. La figura 35 arrojó el resultado de la programación de las tareas de mantenimiento de la segunda semana de mayo. En esta imagen se puede observar la programación de los mecánicos y de los contratistas de Sulfoquímica de acuerdo a un patrón de colores que se estableció anteriormente (figura 20). Posteriormente se puede observar el resumen de la programación de las tareas de mantenimiento que se hace durante cada semana (figura 36). Por último en la figura 37 se observa el formato de las órdenes de trabajo cerradas que servirán para evaluar el indicador de mantenimiento de la figura 38 el cual muestra mediante un gráfico el porcentaje de órdenes de trabajo cerradas y permitirá evaluar y llevar un mejor control sobre la planeación del mantenimiento. Adicionalmente, en los anexos se muestra el video del funcionamiento del software de mantenimiento. En el video primero se muestra

cómo funciona el software para ordenes de mantenimiento correctivo y luego se muestra el programador de mantenimiento preventivo.

HORAS	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		LUNES	
	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.	SQ	CONTRA.
6-7	129 - TAN122 - HUGO CASTRO	12312 - BM1103 - CONTRATISTA	1267 - MZC119 - HUGO CASTRO	125 - PLF192 - CONTRATISTA	1007 - TAN115 - WILMAR URIBE		1236 - BM1110 - WILMAR URIBE		1197 - TAN115 - JORGE CAÑAS		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO	
7-8	1311 - TAN122 - HUGO CASTRO	12312 - BM1103 - CONTRATISTA	1267 - MZC119 - HUGO CASTRO	125 - PLF192 - CONTRATISTA	1007 - TAN115 - WILMAR URIBE		1236 - BM1110 - WILMAR URIBE		1197 - TAN115 - JORGE CAÑAS		1195 - BM1109 - HUGO CASTRO		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO	
8-9	132 - BM1112 - WILMAR URIBE	1315 - TAN112 - CONTRATISTA	1268 - MZC112 - WILMAR URIBE	1105 - TAN122 - CONTRATISTA	1009 - TAN114 - JORGE CAÑAS		1237 - TAN115 - WILMAR URIBE		1198 - TAN115 - WILMAR URIBE		1195 - BM1109 - HUGO CASTRO			
9-10	132 - BM1112 - WILMAR URIBE	1315 - TAN112 - CONTRATISTA	1268 - MZC112 - WILMAR URIBE	1105 - TAN122 - CONTRATISTA	1009 - TAN114 - JORGE CAÑAS		1237 - TAN115 - WILMAR URIBE		1198 - TAN115 - WILMAR URIBE		1195 - TAN120 - JORGE CAÑAS			
10-11	1314 - BM1104 - WILMAR URIBE	1238 - TAN113 - CONTRATISTA	1263 - ITC192 - HUGO CASTRO		1105 - BM1105 - HUGO CASTRO		1205 - TAN115 - HUGO CASTRO		1194 - TAN122 - JORGE CAÑAS		1195 - TAN120 - JORGE CAÑAS			
11-12	1314 - BM1104 - WILMAR URIBE	1238 - TAN113 - CONTRATISTA	1263 - ITC192 - HUGO CASTRO		1105 - BM1105 - HUGO CASTRO		1205 - TAN115 - HUGO CASTRO		1194 - TAN122 - JORGE CAÑAS		1195 - TAN119 - JORGE CAÑAS			
1-2	1267 - MZC119 - HUGO CASTRO	1202 - PLF102 - CONTRATISTA	1268 - MZC111 - WILMAR URIBE		1104 - TAN103 - JORGE CAÑAS		1200 - ITC102 - HUGO CASTRO		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1195 - TAN119 - JORGE CAÑAS			
2-3	1267 - MZC119 - HUGO CASTRO	1202 - PLF102 - CONTRATISTA	1268 - MZC111 - WILMAR URIBE		1104 - TAN103 - JORGE CAÑAS		1200 - ITC102 - HUGO CASTRO		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1195 - TAN119 - JORGE CAÑAS		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO	
3-4														
4-5														
5-6														

Figura 35. Actividades de mantenimiento programadas

PROGRAMADO		13/05/2019													
HORAS	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO				
	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	
6-7	1311 - TAN122 - HUGO CASTRO		1267 - MZC119 - HUGO CASTRO		1107 - TAN115 - WILMAR URIBE		1236 - BM1110 - WILMAR URIBE		1197 - TAN115 - JORGE CAÑAS		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
7-8	1311 - TAN122 - HUGO CASTRO		1267 - MZC119 - HUGO CASTRO		1107 - TAN115 - WILMAR URIBE		1236 - BM1110 - WILMAR URIBE		1197 - TAN115 - JORGE CAÑAS		1195 - BM1109 - HUGO CASTRO		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
8-9	1312 - DM1112 - WILMAR URIBE		1268 - MZC112 - WILMAR URIBE		1105 - TAN114 - JORGE CAÑAS		1237 - TAN115 - WILMAR URIBE		1198 - TAN115 - WILMAR URIBE		1195 - DM1113 - HUGO CASTRO				
9-10	1312 - DM1112 - WILMAR URIBE		1268 - MZC112 - WILMAR URIBE		1105 - TAN114 - JORGE CAÑAS		1237 - TAN115 - WILMAR URIBE		1198 - TAN115 - WILMAR URIBE		1195 - TAN120 - JORGE CAÑAS				
10-11	1314 - DM1114 - WILMAR URIBE		1263 - ITC192 - HUGO CASTRO		1105 - DM1115 - HUGO CASTRO		1205 - TAN115 - HUGO CASTRO		1194 - TAN122 - JORGE CAÑAS		1195 - TAN120 - JORGE CAÑAS				
11-12	1314 - DM1114 - WILMAR URIBE		1263 - ITC192 - HUGO CASTRO		1105 - DM1115 - HUGO CASTRO		1205 - TAN115 - HUGO CASTRO		1194 - TAN122 - JORGE CAÑAS		1195 - TAN119 - JORGE CAÑAS				
1-2	1267 - MZC119 - HUGO CASTRO		1268 - MZC114 - WILMAR URIBE		1104 - TAN113 - JORGE CAÑAS		1200 - ITC102 - HUGO CASTRO		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1195 - TAN119 - JORGE CAÑAS				
2-3	1267 - MZC119 - HUGO CASTRO		1268 - MZC114 - WILMAR URIBE		1104 - TAN113 - JORGE CAÑAS		1200 - ITC102 - HUGO CASTRO		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1195 - TAN119 - JORGE CAÑAS		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
3-4															
4-5															
5-6															

PROGRAMADO		06/05/2019													
HORAS	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO				
	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	SQ	CONTR	
6-7	1147 - MTD115 - HUGO CASTRO		1268 - MZC114 - WILMAR URIBE	1105 - TAN122 - CONTRATISTA	1103 - TAN114 - JORGE CAÑAS		1237 - TAN115 - WILMAR URIBE		1198 - TAN115 - WILMAR URIBE		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
7-8	1147 - MTD115 - HUGO CASTRO		1268 - ITC192 - HUGO CASTRO	1105 - TAN122 - CONTRATISTA	1103 - DM1115 - HUGO CASTRO		1237 - TAN115 - HUGO CASTRO		1198 - TAN115 - WILMAR URIBE		1195 - TAN120 - JORGE CAÑAS		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
8-9	1268 - MZC114 - WILMAR URIBE		1268 - ITC192 - HUGO CASTRO	1105 - TAN122 - CONTRATISTA	1103 - DM1115 - HUGO CASTRO		1237 - TAN115 - HUGO CASTRO		1198 - TAN115 - WILMAR URIBE		1195 - TAN120 - JORGE CAÑAS		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
9-10	1268 - MZC114 - WILMAR URIBE		1268 - MZC114 - WILMAR URIBE	1105 - DM1113 - CONTRATISTA	1104 - TAN113 - JORGE CAÑAS		1200 - ITC102 - HUGO CASTRO		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1195 - TAN119 - JORGE CAÑAS		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
10-11	1268 - MZC114 - WILMAR URIBE		1268 - MZC114 - WILMAR URIBE	1105 - DM1113 - CONTRATISTA	1104 - TAN113 - JORGE CAÑAS		1200 - ITC102 - HUGO CASTRO		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1195 - TAN119 - JORGE CAÑAS		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
11-12	1107 - TAN115 - WILMAR URIBE		1107 - TAN115 - WILMAR URIBE		1236 - DM1110 - WILMAR URIBE		1197 - TAN115 - JORGE CAÑAS		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1195 - TAN121 - HUGO CASTRO		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
1-2	1107 - TAN115 - WILMAR URIBE		1107 - TAN115 - WILMAR URIBE		1236 - DM1110 - WILMAR URIBE		1197 - TAN115 - JORGE CAÑAS		1195 - TAN119 - JORGE CAÑAS		1195 - DM1113 - HUGO CASTRO		1194 - TAN121 - HUGO CASTRO		
2-3	1103 - TAN114 - JORGE CAÑAS		1237 - TAN115 - WILMAR URIBE		1198 - TAN115 - WILMAR URIBE		1198 - TAN115 - WILMAR URIBE		1195 - DM1113 - HUGO CASTRO		1147 - MTD115 - HUGO CASTRO				
3-4															
4-5															

Figura 36. Resumen de todas las actividades de mantenimiento



## 7 CONCLUSIONES

- La implementación de este software reduce el tiempo de las actividades que realizan los mecánicos al mejorar la gestión de la planeación de mantenimiento, puesto que, con este software se tiene control de las tareas y se pueden priorizar según la lógica del programa.
- El tiempo de ingeniería del área de mantenimiento es optimizado, porque anteriormente el proceso que lleva a cabo el software, se hacía manualmente conllevando en algunas ocasiones a errores humanos como saltos, repeticiones o errores a la hora de llenar la información de las órdenes de trabajo. Actualmente con el software se evitan todos estos tipos de errores y se reduce el tiempo de planeación a una tercera parte.
- El programa y el indicador de cumplimiento de OT's aumenta el control de las actividades programadas y permite ver el rendimiento que están teniendo los mecánicos en sus actividades diarias. Esta información es útil para tomar decisiones que ayuden a mejorar los procesos y gestiones del área de mantenimiento
- El programa es susceptible a que cualquier usuario pueda modificar el código o macros en cualquier momento, afectando el funcionamiento de este. Pero a su vez este programa sirve para empezar a construir una base de datos solida que en un futuro ayude a migrar la información a un software de mantenimiento más completo.
- El programa agrupa o relaciona gran cantidad de variables o conceptos como criticidad de equipos, horas hombre, numero de ordenes de trabajo, repuestos entre otros creando una gran base de datos al servicio del departamento de mantenimiento.

## 8. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta el cronograma con el que se planteó el desarrollo de la metodología y el cumplimiento de los objetivos.

ACTIVIDAD	2018				2019																							
	DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Identificar los equipos del proceso a los cuales se va a implementar el programador de mantenimiento.	x	x																										
Recopilar la información de los equipos del proceso como: las fichas técnicas, actividades de mantenimiento, las hojas de vida, las listas de chequeo, entre otras.				x			x	x																				
Codificar las tareas de mantenimiento para facilitar la identificación de estas en el plan de mantenimiento.											x																	
Identificar y asignar a las actividades de mantenimiento las tareas de riesgo alto para cada equipo.											x	x																
Alimentar la tabla maestra de Excel con las actividades de mantenimiento y los equipos del proceso de Sulfato tipo B líquido para generar una base de datos.												x																
Programar el software de mantenimiento usando macros en Excel.													x	x	x	x												
Simular y verificar la aplicación del software de mantenimiento.																	x	x										
Medir los resultados obtenidos.																					x	x	x	x				

Figura 39. Cronograma

## 9. PRESUPUESTO

A continuación, se presenta el presupuesto para cumplir con el proyecto.

ACTIVIDAD	ALEJANDRO BOTERO		CAMILO CHAMORRO		SUBTOTAL
	TRANSPORTE	TIEMPO DÍA	TRANSPORTE	TIEMPO DÍA	
Identificar los equipos del proceso a los cuales se va a implementar el programador de mantenimiento.	\$ 180.000	\$ 280.000	\$ 20.000	\$ 280.000	\$ 760.000
Recopilar la información de los equipos del proceso como: las fichas técnicas, actividades de mantenimiento, las hojas de vida, las listas de chequeo, entre otras.	\$ 270.000	\$ 420.000	\$ 30.000	\$ 420.000	\$ 1.140.000
Codificar las tareas de mantenimiento para facilitar la identificación de estas en el plan de mantenimiento.	\$ 90.000	\$ 140.000	\$ 10.000	\$ 140.000	\$ 380.000
Identificar y asignar a las actividades de mantenimiento las tareas de riesgo alto para cada equipo.	\$ 180.000	\$ 280.000	\$ 20.000	\$ 280.000	\$ 760.000
Alimentar la tabla maestra de Excel con las actividades de mantenimiento y los equipos del proceso de Sulfato tipo B líquido para generar una base de datos.	\$ 45.000	\$ 70.000	\$ 10.000	\$ 70.000	\$ 195.000
Programar el software de mantenimiento usando macros en Excel.	\$ 360.000	\$ 560.000	\$ 40.000	\$ 560.000	\$ 1.520.000
Simular y verificar la aplicación del software de mantenimiento.	\$ 180.000	\$ 280.000	\$ 20.000	\$ 280.000	\$ 760.000
Medir los resultados obtenidos.	\$ 360.000	\$ 560.000	\$ 40.000	\$ 560.000	\$ 1.520.000
Papelería e insumos			50.000		\$ 100.000
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 7.135.000</b>

Figura 40. Presupuesto

## 8 REFERENCIAS

- [1] A. Holguín Valencia, “MEJORAMIENTO DE LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO EN INDUSTRIAS EXTRA POR MEDIO DEL SOFTWARE AM.”
- [2] L. Buenrostro Carrillo Asesores and D. D. Salvador Alvarez Ballesteros Ing Ruben Navarro Bustos Mexico, “INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA.”
- [3] P. Optimizar, E. L. Funcionamiento, D. E. Los, E. Registrados, J. Alfonso, G. Gómez, H. Andrés, R. Dáguer, U. Tecnológica, D. E. Bolívar, F. De, I. Mecanica, and Y. Mecatronica, “DISEÑO DE SOFTWARE DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.”
- [4] RENOVETEC, TIPOS DE MANTENIMIENTOS. [En línea]. Disponible en: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>. [Accedido: 15-sep-2018]
- [5] Juarez, H. Análisi de criticidad. [No disponible]. [www.camaratru.org.pe/files/eventos/Forum%20VisionandoDesarrollo/3%20Presentacion%20MatrizCriticidad.pdf](http://www.camaratru.org.pe/files/eventos/Forum%20VisionandoDesarrollo/3%20Presentacion%20MatrizCriticidad.pdf) (2007). [Accedido: 23-oct-2008]
- [6] Pistarelli, Alejandro J. Manual de mantenimiento: ingeniería, gestión y organización. 1ª ed. Buenos Aires, 2010.
- [7] ARL SURA. Tareas de alto riesgo en empresas Pymes. [En línea]. Disponible en: [https://www.arlsura.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=484&catid=66:prevencion...](https://www.arlsura.com/index.php?option=com_content&view=article&id=484&catid=66:prevencion...) [Accedido: 15-sep-2018]
- [8] S. Duffuaa, A. Raouf, J. Dixon. Sistema de mantenimiento planeación y control, Mexico, D.F. 2002.
- [9] MainBoss CMMS 2.9 Guía de Usuario, 2005.[En línea]. Disponible en

<https://www.thinkage.ca/manual/2.9.9/pdf/es/guia29.pdf>. [Accedido: 15-mar-2019].

- [10] GARCES, Diego A y CASTRILLON, Omar D. Diseño de una Técnica Inteligente para Identificar y Reducir los Tiempos Muertos en un Sistema de Producción. *Inf. tecnol.*[En Línea]. 2017, vol.28, n.3. pp.157-170. Disponible en: <[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642017000300017&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000300017&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0718-0764.
- [11] KARDEK, A,. NASCIF, J. Mantenimiento, Función Estratégica, CIP Brasil, Rio de Janeiro, 2002
- [12] MESA GRAJALES, Dairo H.; ORTIZ SÁNCHEZ, Yesid; PINZÓN, Manuel. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et technica*, [S.l.], v. 1, n. 30, ene. 2006. ISSN 2344-7214. [En Línea] Disponible en: <<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6513>>. Fecha de acceso: 17 abr. 2019
- [13] LAFRAIA, J. R Manual de confiabilidade, Manutenibilidade e disponibilidade, Qualitymark Editora, 2001.
- [14] RENOVETEC, INDICADORES EN MANTENIMIENTO. [En línea]. Disponible en: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>. [Accedido: 20-Abr-2019]
- [15] LINA MARCELA LEÓN GALEANO, MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DE REPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LA GERENCIA REGIONAL DEL MAGDALENA MEDIO ECOPETROL S.A. – CORPORACIÓN CIMA, 14, feb, 2013 [En Línea] Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2013/147245.pdf>

CODIGO	EQUIPO	CENTRO DE COSTO	PLANTA	CRITICIDAD
BMN104	BOMBA NEUMATICA SALIDA DE BAUXITA AL REACTOR	150185106	ITAGUI	812 ALTA
CLC102	CELDAS DE CARGA PARA DOSIFICADOR DE ACIDO SULFURICO	150185106	ITAGUI	812 ALTA
RTR103	REACTOR COLADA Y ACIDO SULFURICO	150185106	ITAGUI	812 ALTA
TAN112	TANQUE RECOLECCION DE LICORES	150185106	ITAGUI	740 ALTA
TAN113	TANQUE MEZCLADOR	150185106	ITAGUI	732 ALTA
BMN107	BOMBA NEUMATICA AMORTIGUADOR	150185106	ITAGUI	732 ALTA
CDG101	CONDENSADOR DE GASES	150185106	ITAGUI	630 ALTA
BBM109	BOMBA MAGNETICA CARGUE Y DESCARGU DE ACIDO SULFURICO	150185106	ITAGUI	630 ALTA
TAN109	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE COLADA BAUXITA	150185106	ITAGUI	618 ALTA
MTR117	MOTOREDUCTOR PARA TANQUE COLADA BAUXITA	150185106	ITAGUI	609 ALTA
TAN110	TANQUE DOSIFICADOR DE COLADA BAUXITA	150185106	ITAGUI	609 ALTA
MTE105	MOTOR ELECTRICO PARA MEZCLADOR DOSIFICADOR COLADA	150185106	ITAGUI	609 ALTA
MZC107	MEZCLADOR PARA DOSIFICADOR DE BAUXITA	150185106	ITAGUI	609 ALTA
TAN111	TANQUE DOSIFICADOR DE ACIDO SULFURICO	150185106	ITAGUI	609 ALTA
BMN105	BOMBA NEUMATICA SALIDA ACIDO SULFURICO	150185106	ITAGUI	609 ALTA
MZC106	MEZCLADOR AGITADOR PARA TANQUE DE COLADA	150185106	ITAGUI	603 ALTA
MTR123	MOTOREDUCTOR PARA MEZCLADOR DE LAVADOR #2	150185106	ITAGUI	600 ALTA
BMN103	BOMBA NEUMATICA M2	150185106	ITAGUI	561 ALTA
MTB106	MOTOBOMBA MEZCLADORA	150185106	ITAGUI	555 ALTA
MZC110	MEZCLADOR DE ASPAS PARA TANQUE ESPESADOR	150185106	ITAGUI	552 ALTA
BMN113	BOMBA NEUMATICA M8 EN INOXIDABLE SALIDA LAVADOR #4	150185106	ITAGUI	525 ALTA
CLN101	CICLON DE GASES Y LIQUIDOS	150185106	ITAGUI	525 ALTA
MTE106	MOTOR ELECTRICO FILTRO PRENSA	150185106	ITAGUI	513 ALTA
FTP101	FILTRO PRENSA HIDRAULICO ACS ENVIRONMENTAL	150185106	ITAGUI	456 ALTA
TAN154	TANQUE ALMACENAMIENTO DE ACIDO SULFURICO	150185106	ITAGUI	420 MEDIA
MZC115	MEZCLADOR DE ASPAS PARA TANQUE LAVADOR #4	150185106	ITAGUI	399 MEDIA
MTR118	MOTOREDUCTOR PARA TANQUE MEZCLADOR	150185106	ITAGUI	375 MEDIA
BMN106	BOMBA NEUMATICA SALIDA TANQUE MEZCLADOR	150185106	ITAGUI	375 MEDIA
MTR125	MOTOREDUCTOR PARA MEZCLADOR LAVADOR #4	150185106	ITAGUI	370 MEDIA
BMN111	BOMBA NEUMATICA M2 EN INOXIDABLE SALIDA #2	150185106	ITAGUI	362 MEDIA
ARS102	ARRANCADOR SUAVE BOMBA MAGNETICA CARGUE Y DESCARGUE	150185106	ITAGUI	362 MEDIA
TAN121	TANQUE LAVADOR # 3 EN FIBRA DE VIDRIO	150185106	ITAGUI	326 MEDIA
MZC114	MEZCLADOR DE ASPAS PARA TANQUE LAVADOR #3	150185106	ITAGUI	326 MEDIA
MTR124	MOTOREDUCTOR PARA MEZCLADOR LAVADOR #3	150185106	ITAGUI	326 MEDIA
BMN112	BOMBA NEUMATICA M2 EN INOXIDABLE SALIDA LAVADOR #3	150185106	ITAGUI	326 MEDIA
TAN122	TANQUE LAVADOR # 4 EN FIBRA DE VIDRIO	150185106	ITAGUI	320 MEDIA
TAN153	TANQUE ALMACENAMIENTO DE AGUA	171107	ITAGUI	306 MEDIA
MTB119	MOTOBOMBA CENTRIFUGA #1 TANQUE ALMACENAMIERO DE AGUA	171107	ITAGUI	306 MEDIA
MTB120	MOTOBOMBA CENTRIFUGA #2 TANQUE ALMACENAMIERO DE AGUA	171107	ITAGUI	306 MEDIA
MTB121	MOTOBOMBA CENTRIFUGA #3 TANQUE ALMACENAMIERO DE AGUA	171107	ITAGUI	306 MEDIA
TAN124	TANQUE # 2 ALMACENAMIENTO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B LIQUIDO	150185106	ITAGUI	291 MEDIA
TAN125	TANQUE # 3 ALMACENAMIENTO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B LIQUIDO	150185106	ITAGUI	291 MEDIA
TAN126	TANQUE # 4 ALMACENAMIENTO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B LIQUIDO	150185106	ITAGUI	206 BAJA
TAN123	TANQUE # 1 ALMACENAMIENTO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B LIQUIDO	150185106	ITAGUI	142 BAJA
MZC111	MEZCLADOR AGITADOR DE DILUCION DE POLIMEROS	150185106	ITAGUI	140 BAJA
TAN118	TANQUE RECOLECTOR DE SULFATO	150185106	ITAGUI	140 BAJA
TAN119	TANQUE LAVADOR #1	150185106	ITAGUI	140 BAJA
TAN120	TANQUE LAVADOR # 2 EN FIBRA DE VIDRIO	150185106	ITAGUI	140 BAJA
MZC108	AGITADOR DEL TANQUE MEZCLADOR	150185106	ITAGUI	134 BAJA
TAN114	TANQUE AMORTIGUADOR	150185106	ITAGUI	134 BAJA
MZC109	MEZCLADOR AGITADOR DEL TANQUE AMORTIGUADOR	150185106	ITAGUI	134 BAJA
TAN115	TANQUE ESPESADOR O SEDIMENTADOR	150185106	ITAGUI	120 BAJA
MTR119	MOTOREDUCTOR MEZCLADOR DEL TANQUE AMORTIGUADOR	150185106	ITAGUI	114 BAJA
BMN108	BOMBA NEUMATICA PARA TANQUE ESPESADOR	150185106	ITAGUI	111 BAJA
TAN117	TANQUE ALMACENAMIENTO DE POLIMERO	150185106	ITAGUI	111 BAJA
ITC101	INTERCAMBIADOR DE CALOR SUPERCHANGER	150185106	ITAGUI	111 BAJA
MTR122	MOTOREDUCTOR PARA MEZCLADOR DE LAVADOR #1	150185106	ITAGUI	111 BAJA
TAN116	TANQUE PARA MEZCLAR EL POLIMERO	150185106	ITAGUI	99 BAJA
BDD101	BOMBA DOSIFICADORA DE DIAFRAGMA	150185106	ITAGUI	99 BAJA
ITC102	INTERCAMBIADOR DE CALOR GRANDE	150185106	ITAGUI	99 BAJA
BMN110	BOMBA NEUMATICA LAVADOR SALIDA LAVADOR #1	150185106	ITAGUI	99 MEDIA
BMN114	BOMBA NEUMARICA M2 EN INOXIDABLE	150185106	ITAGUI	81 BAJA
MTR120	MOTOREDUCTOR PARA MEZCLADOR DEL TANQUE ESPESADOR	150185106	ITAGUI	74 BAJA
MTR121	MOTOREDUCTOR TANQUE DE POLIMERO	150185106	ITAGUI	74 BAJA
BMN109	BOMBA NEUMATICA PARA EL TANQUE RECOLECTOR	150185106	ITAGUI	74 BAJA
MZC112	MEZCLADOR DE ASPAS PARA TANQUE LAVADOR #1	150185106	ITAGUI	74 BAJA
MTB107	MOTOBOMBA EMPHELLER DESPACHO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B LIQUIDO	150185106	ITAGUI	54 BAJA
MZC113	MEZCLADOR DE ASPAS PARA TANQUE LAVADOR #2	150185106	ITAGUI	9 BAJA
PLF102	PLANTA FÍSICA SULFATO TIPO B (171107) (CC_150185182)	150185182	ITAGUI	141 BAJA

MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS PLANTAS SULFOQUIMICA

FRECUENCIA	5	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050
	4	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640	680	720	760	800	840
	3	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630
	2	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420
	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	
	CONSECUENCIA																					

CRITICIDAD ALTA	A	450 ≤ CRITICIDAD ≤ 1050
CRITICIDAD MEDIA	M	220 ≤ CRITICIDAD ≤ 450
CRITICIDAD BAJA	B	10 ≤ CRITICIDAD ≤ 220

PLANILLA DE CRITICIDAD DE EQUIPOS PLANTAS SULFOQUIMICA

FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	VALOR
MENOS DE 2 POR AÑO	1
ENTRE 2 Y 4 POR AÑO	2
ENTRE 5 Y 16 POR AÑO	3
ENTRE 16 Y 36 POR AÑO	4
MAS DE 36 POR AÑO	5
NIVEL DE PRODUCCION	VALOR
DE 0 A 350 KG/DIA	2
DE 351 A 850 KG/DIA	4
DE 851 KG A 1000 KG/DIA	5
DE 1001 A 5000 KG/DIA	8
DE 5001 A 9500 KG/DIA	10
9501 A 15000 KG/DIA	12
15001 A 30000 KG/DIA	14
MAS DE 30000 KG/DIA	15
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	VALOR
MENOS DE 2 HORAS	2
ENTRE 2 Y 4 HORAS	4
ENTRE 4 Y 8 HORAS	5
ENTRE 8 Y 12 HORAS	8
ENTRE 12 Y 24 HORAS	10
MAS DE 24 HORAS	12
COSTOS DE REPARACION	VALOR
MENOS DE 2 MILLONES DE PESOS	1
ENTRE 2 MILLONES Y 4 MILLONES DE PESOS	3
ENTRE 4 MILLONES Y 10 MILLONES DE PESOS	5
ENTRE 10 MILLONES A 15 MILLONES DE PESOS	8
MAS DE 15 MILLONES DE PESOS	12
IMPACTO EN SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	VALOR
AFECTA LA SEGURIDAD HUMANA TANTO INTERNA COMO EXTERNA	18
AFECTA AL MEDIO AMBIENTE CAUSANDO DAÑOS SEVEROS	16
AFECTA LAS INSTALACIONES Y PERSONAL CAUSANDO DAÑOS SEVEROS	12
PROVOCA DAÑOS MENORES (ACCIDENTE E INCIDENTES) PERSONAL PROPIO	8
PROVOCA UN IMPACTO AMBIENTAL QUE NO VIOLA NORMAS AMBIENTALES	4
NO PROVOCA NINGUN DAÑO A LAS INSTALACIONES, PERSONAL NI MEDIO AMBIENTE	0

203  
812

IMPACTO TOTAL= (NIVEL DE PRODUCCION\*TPPR)+COSTO REP.+IMPACTO EN SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

CONSECUENCIA TOTAL MAXIMA: **210**

CONSECUENCIA TOTAL MINIMA: **5**

0



8.5	MTB107	MTB Bomba en acero inoxidable 3/20 30HP y carcasa Referencia ZLND 50160 eje libre Carcasa Inoxidable Succión: 2 1/2" Flanchada. Descarga: 2" Flanchada Sello mecánico; silicio/silicio/ epdm Presión de carcasa: máx	30 HP	BMN114	BMN	BOMBA NEUMÁTICA P2-CAUCHO-TEFLON	25 PSI																						
NORMET	BOMBA SE ENVIO A NORMET	MOTOBOMBA DE EMPPELLER PARA DES-PACHO DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO B LIQUIDO, CHEMFLO 56C-316 30121, ACCOPLE TIPO OMEGA, SUCCION 2", DESCARGA 1 1/2"																											



PERMISO PARA BLOQUEO, ETIQUETADO Y CIERRE DE FUENTES  
DE ENERGÍA PELIGROSA

O.T. # 1443

VALIDEZ: Fecha de emisión del permiso de trabajo HORA: Desde Hasta

RESPONSABLE DE LA GENERACIÓN DEL TRABAJO

PROCESO/AREA: PROCESO REACCION SULFATO TIPO B LIQUIDO

RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO

EMPRESA EJECUTANTE (En caso de ser externo)

NOMBRE DE LOS EJECUTANTES	NOMBRES Y APELLIDOS	CC	ARL	EPS	T.CURSO

Electrica - Alto Voltaje  
Altura Excavaciones En agua  
Transporte de Maquinaria pesada Mecánica

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO CAMBIO DE BOMBA DE LA UNIDAD HIDRÁULICA DE FILTROPRENSA

RIESGOS ASOCIADOS

MARQUE LA CLASE DE BLOQUEO DE ENERGÍA PELIGROSA:

ELÉCTRICA	GASES	NEUMÁTICA	MECÁNICA	HIDRÁULICA	TÉRMICA
Tensión	Gas Natural	Aire comprimido	Mecanismos	Fluidos	Vapor
Alta	Gas Propano		Partes móviles	Agua	Condensado
Media	CO2			Combustibles	Aire comprimido
Baja				Aceites	Gases
					Combustibles

EQUIPOS O SISTEMAS PUNTUALES DEBEN SER BLOQUEADOS PARA REALIZAR EL TRABAJO:

ID	EQUIPO O SISTEMA	MECANISMO DE BLOQUEO	LUGAR PUNTUAL DE BLOQUEO	RESPONSABLE DE BLOQUEO
1				
2				
3				
4				
5				

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL NECESARIOS:

ELEMENTOS PARA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS Reportes de accidentes: Botiquín: Camilla: Extintores:

INSTRUCCIONES DE TRABAJO DADAS POR SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, LAS CUALES DEBEN APLICARSE EN TODO MOMENTO PARA QUE EL PERMISO SEA VALIDO:

LISTA DE VERIFICACIÓN

	SI	NA
<input checked="" type="checkbox"/> Se identificó los tipos de energía, su cantidad, peligros y forma de controlarla.		
<input checked="" type="checkbox"/> Todo interruptor de circuitos o válvulas se ubicaron en la posición de apagado.		
<input checked="" type="checkbox"/> Las fuentes de energía principal y secundaria están aisladas.		
<input checked="" type="checkbox"/> Colocó el dispositivo de bloqueo para cada tipo de energía.		
<input checked="" type="checkbox"/> Utilizó pieza adicional si es necesario.		
<input checked="" type="checkbox"/> Ubicó la tarjeta. Nota: No es obligatorio llenar el ítem		
<input checked="" type="checkbox"/> Inspeccionó el sistema.		
<input checked="" type="checkbox"/> Realizó conexión a tierra.		
<input checked="" type="checkbox"/> Descargó las presiones necesarias.		
<input checked="" type="checkbox"/> Bloqueó mecanismos.		
<input checked="" type="checkbox"/> Purgó, drenó o "uso ciegos".		
<input checked="" type="checkbox"/> Monitoreó niveles de energía almacenada. Nota: No es obligatorio llenar el ítem realizo conexión a tierra.		
<input checked="" type="checkbox"/> Verifico que no haya nadie en las áreas de peligro.		
<input checked="" type="checkbox"/> Aseguro que la fuente principal de energía no pueda ser activada.		
<input checked="" type="checkbox"/> Utilizo el equipo de medición.		
<input checked="" type="checkbox"/> Oprimió botones de arranque para garantizar su desconexión.		
<input checked="" type="checkbox"/> Desconectó controles una vez se termine verificación.		

Firma del responsable de la ejecución del trabajo

Firma del responsable de emisión del permiso de trabajo

Autorizado: Si: No:





## Código de programación

```
Sub programador()  
'Escoge las ordenes según fecha,  
antigüedad y criticidad  
Sheets("Plantilla  
programador").Select  
rango = 2  
Do While Range("B" & rango) <> 0  
rango = rango + 1  
Loop  
Range("B2:B" & rango).Select  
Selection.Copy  
Sheets("Repetidas").Select  
Range("A1").Select  
Selection.PasteSpecial  
Paste:=xlPasteValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
rango = rango - 2  
Range("B1:B" & rango) =  
"REPETIDA"  
Sheets("Plantilla  
programador").Select  
Rows("2:50").Select  
Selection.Delete Shift:=xlUp  
Sheets("Ordenes de trabajo").Select  
Dim celda As Long  
semanamecanico = 48  
contadorsq = 0
```

```
contadorcn = 0  
celda = 4  
horassemana = 0  
mes = Range("A1")  
año = Range("B1")  
Do While contadorsq < 48 And  
Range("B" & celda) <> 0  
Sheets("Ordenes de trabajo").Select  
mescelda = Month(Range("D" &  
celda))  
añocelda = Year(Range("D" & celda))  
If Range("P" & celda) = "SI" And  
Range("G" & celda).Value <>  
"CONTRATISTA" Then  
If mescelda = mes And añocelda =  
año Then  
Sheets("Ordenes de trabajo").Select  
Rows(celda & ":" & celda).Select  
Selection.Copy  
Sheets("Plantilla  
programador").Select  
Rows("2:2").Select  
Selection.Insert Shift:=xlDown,  
CopyOrigin:=xlFormatFromLeftOrAbo  
ve  
Range("A2").Select  
Selection.PasteSpecial  
Paste:=xlPasteValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
```

```

Rows(celda & ":" & celda).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Plantilla
programador").Select
Rows("2:2").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteFormats,
Operation:=xlNone, _
SkipBlanks:=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
Sheets("Plantilla
programador").Select
contadorsq = contadorsq +
Range("o2") 'revisar
Range("S2").FormulaLocal =
"=SI.ERROR(BUSCARV(B2;Repetida
s!$A$1:$B$100;2;FALSO);"NO")"
'Identifica ordenes repetidas de la
semana anterior
Range("S2").Select
Selection.Copy
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
End If
End If
celda = celda + 1
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
Loop

```

```

Sheets("Plantilla
programador").Select
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de
trabajo").AutoFilter.Sort.SortFields. _
Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de
trabajo").AutoFilter.Sort.SortFields. _
Add2 Key:=Range("D3"),
SortOn:=xlSortOnValues,
Order:=xlAscending, _
DataOption:=xlSortNormal
With
ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de trabajo").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
celda = 4
Do While contadorsq < 48 And
Range("B" & celda) <> 0
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
noot = Range("B" & celda)
If Range("P" & celda) = "SI" And
Range("G" & celda) <>
"CONTRATISTA" Then

```

```

Sheets("Plantilla
programador").Select

If Range("B2") <> not And
Range("B3") <> not And
Range("B4") <> not And
Range("B5") <> not And
Range("B6") <> not And
Range("B7") <> not And
Range("B8") <> not And
Range("B9") <> not And
Range("B10") <> not And
Range("B11") <> not And
Range("B12") <> not And
Range("B13") <> not And
Range("B14") <> not And
Range("B15") <> not Then

Sheets("Ordenes de trabajo").Select

Rows(celda & ":" & celda).Select

Selection.Copy

Sheets("Plantilla
programador").Select

Rows("2:2").Select

Selection.Insert Shift:=xlDown,
CopyOrigin:=xlFormatFromLeftOrAbove

Range("A2").Select

Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Ordenes de trabajo").Select

Rows(celda & ":" & celda).Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.Copy

```

```

Sheets("Plantilla
programador").Select

Rows("2:2").Select

Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteFormats,
Operation:=xlNone, _

SkipBlanks:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

contadorsq = contadorsq +
Range("o2") 'revisar

Range("S2").FormulaLocal =
"=SI.ERROR(BUSCARV(B2;Repetidas!$A$1:$B$100;2;FALSO);""NO"")"
'Identifica ordenes repetidas de la
semana anterior

Range("S2").Select

Selection.Copy

Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

End If

End If

celda = celda + 1

Sheets("Ordenes de trabajo").Select

Loop

celda = 4

Do While contadorsq < 48 And
Range("B" & celda) <> 0

Sheets("Ordenes de trabajo").Select

ActiveWorkbook.Worksheets("Ordenes de
trabajo").AutoFilter.Sort.SortFields. _

```

```

Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de
trabajo").AutoFilter.Sort.SortFields. _
Add2 Key:=Range("A3"),
SortOn:=xlSortOnValues,
Order:=xlDescending, _
DataOption:=xlSortNormal
With
ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de trabajo").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
If Range("p" & celda) = SI And
Range("G" & celda) <>
"CONTRATISTA" Then
noot = Range("B" & celda)
Sheets("Plantilla
programador").Select
If Range("B2") <> noot And
Range("B3") <> noot And
Range("B4") <> noot And
Range("B5") <> noot And
Range("B6") <> noot And
Range("B7") <> noot And
Range("B8") <> noot And
Range("B9") <> noot And
Range("B10") <> noot And
Range("B11") <> noot And
Range("B12") <> noot And

```

```

Range("B13") <> noot And
Range("B14") <> noot And
Range("B15") <> noot Then
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
Rows(celda & ":" & celda).Select
Selection.Copy
Sheets("Plantilla
programador").Select
Rows("2:2").Select
Selection.Insert Shift:=xlDown,
CopyOrigin:=xlFormatFromLeftOrAbo
ve
Range("A2").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
Rows(celda & ":" & celda).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Plantilla
programador").Select
Rows("2:2").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteFormats,
Operation:=xlNone, _
SkipBlanks:=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
contador = contador + Range("o2")
'revisar

```

```
Range("S2").FormulaLocal =  
"=SI.ERROR(BUSCARV(B2;Repetidas;$A$1:$B$100;2;FALSO);""NO"")"  
'Identifica ordenes repetidas de la  
semana anterior
```

```
Range("S2").Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Selection.PasteSpecial  
Paste:=xlPasteValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False
```

```
End If
```

```
End If
```

```
celda = celda + 1
```

```
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
```

```
Loop
```

```
'
```

---

---

---

---

---

```
' Contratistas
```

```
semanacontratista = 48
```

```
celda = 4
```

```
horassemana = 0
```

```
mes = Range("A1")
```

```
año = Range("B1")
```

```
Do While contadorcn < 48 And  
Range("B" & celda) <> 0
```

```
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
```

```
mescelda = Month(Range("D" &  
celda))
```

```
añocelda = Year(Range("D" & celda))
```

```
If Range("P" & celda) = "SI" And  
Range("G" & celda) =  
"CONTRATISTA" Then
```

```
If mescelda = mes And añocelda =  
año Then
```

```
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
```

```
Rows(celda & ":" & celda).Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Sheets("Plantilla  
programador").Select
```

```
Rows("2:2").Select
```

```
Selection.Insert Shift:=xlDown,  
CopyOrigin:=xlFormatFromLeftOrAbove
```

```
Range("A2").Select
```

```
Selection.PasteSpecial  
Paste:=xlPasteValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False
```

```
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
```

```
Rows(celda & ":" & celda).Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Selection.Copy
```

```
Sheets("Plantilla  
programador").Select
```

```
Rows("2:2").Select
```

```
Selection.PasteSpecial  
Paste:=xlPasteFormats,  
Operation:=xlNone, _
```

```
SkipBlanks:=False, Transpose:=False
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```

Sheets("Plantilla
programador").Select

contadorcn = contadorcn +
Range("o2") 'revisar

Range("S2").FormulaLocal =
"=SI.ERROR(BUSCARV(B2;Repetida
s!$A$1:$B$100;2;FALSO);""NO"")"
'Identifica ordenes repetidas de la
semana anterior

Range("S2").Select

Selection.Copy

Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

End If

End If

celda = celda + 1

Sheets("Ordenes de trabajo").Select

Loop

Sheets("Plantilla
programador").Select

Sheets("Ordenes de trabajo").Select

ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de
trabajo").AutoFilter.Sort.SortFields. _

Clear

ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de
trabajo").AutoFilter.Sort.SortFields. _

```

```

Add2 Key:=Range("D3"),
SortOn:=xlSortOnValues,
Order:=xlAscending, _

DataOption:=xlSortNormal

With
ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de trabajo").AutoFilter.Sort

.Header = xlYes

.MatchCase = False

.Orientation = xlTopToBottom

.SortMethod = xlPinYin

.Apply

End With

celda = 4

Do While contadorcn < 48 And
Range("B" & celda) <> 0

Sheets("Ordenes de trabajo").Select

noot = Range("B" & celda)

If Range("P" & celda) = "SI" And
Range("G" & celda) =
"CONTRATISTA" Then

Sheets("Plantilla
programador").Select

If Range("B2") <> noot And
Range("B3") <> noot And
Range("B4") <> noot And
Range("B5") <> noot And
Range("B6") <> noot And
Range("B7") <> noot And
Range("B8") <> noot And
Range("B9") <> noot And
Range("B10") <> noot And
Range("B11") <> noot And
Range("B12") <> noot And
Range("B13") <> noot And

```

```

Range("B14") <> not And
Range("B15") <> not Then

Sheets("Ordenes de trabajo").Select
Rows(celda & ":" & celda).Select
Selection.Copy

Sheets("Plantilla
programador").Select
Rows("2:2").Select

Selection.Insert Shift:=xlDown,
CopyOrigin:=xlFormatFromLeftOrAbove

Range("A2").Select

Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Ordenes de trabajo").Select
Rows(celda & ":" & celda).Select

Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy

Sheets("Plantilla
programador").Select
Rows("2:2").Select

Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteFormats,
Operation:=xlNone, _
SkipBlanks:=False, Transpose:=False

Application.CutCopyMode = False

contadorcn = contadorcn +
Range("o2") 'revisar

Range("S2").FormulaLocal =
"=SI.ERROR(BUSCARV(B2;Repetida

```

```

s!$A$1:$B$100;2;FALSO);""NO""")
'Identifica ordenes repetidas de la
semana anterior

Range("S2").Select

Selection.Copy

Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

End If

End If

celda = celda + 1

Sheets("Ordenes de trabajo").Select
Loop

celda = 4

Do While contador < 48 And
Range("B" & celda) <> 0

Sheets("Ordenes de trabajo").Select

ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de
trabajo").AutoFilter.Sort.SortFields. _
Clear

ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de
trabajo").AutoFilter.Sort.SortFields. _
Add2 Key:=Range("A3"),
SortOn:=xlSortOnValues,
Order:=xlDescending, _
DataOption:=xlSortNormal

With
ActiveWorkbook.Worksheets("Ordene
s de trabajo").AutoFilter.Sort

```

```
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
```

```
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
If Range("p" & celda) = SI And
Range("G" & celda) =
"CONTRATISTA" Then
noot = Range("B" & celda)
Sheets("Plantilla
programador").Select
```

```
If Range("B2") <> noot And
Range("B3") <> noot And
Range("B4") <> noot And
Range("B5") <> noot And
Range("B6") <> noot And
Range("B7") <> noot And
Range("B8") <> noot And
Range("B9") <> noot And
Range("B10") <> noot And
Range("B11") <> noot And
Range("B12") <> noot And
Range("B13") <> noot And
Range("B14") <> noot And
Range("B15") <> noot Then
```

```
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
Rows(celda & ":" & celda).Select
Selection.Copy
```

```
Sheets("Plantilla
programador").Select
Rows("2:2").Select
Selection.Insert Shift:=xlDown,
CopyOrigin:=xlFormatFromLeftOrAbove
```

```
Range("A2").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
```

```
Sheets("Ordenes de trabajo").Select
Rows(celda & ":" & celda).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
```

```
Sheets("Plantilla
programador").Select
Rows("2:2").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteFormats,
Operation:=xlNone, _
SkipBlanks:=False, Transpose:=False
```

```
Application.CutCopyMode = False
contadorcn = contadorcn +
Range("o2") 'revisar
```

```
Range("S2").FormulaLocal =
"=SI.ERROR(BUSCARV(B2;Repetidas!$A$1:$B$100;2;FALSO);" & ""NO" & "")"
'Identifica ordenes repetidas de la
semana anterior
```

```
Range("S2").Select
Selection.Copy
```

```

Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

End If
End If
celda = celda + 1
Sheets("Ordenes de trabajo").Select

Loop

'Repuestos
Sheets("Plantilla
programador").Select
celdarepuestos = 2
Do While Range("B" &
celdarepuestos) <> 0
celdarepuestos = celdarepuestos + 1
Loop
numfilas = celdarepuestos + 1
celdarepuestos = celdarepuestos - 1

Sheets("Repuestos").Select
agregarceldas = 0
Rows("2:2").Select
Do While agregarcelda <= numfilas
'AGREGA CELDAS A EL RESUMEN
DE LOS CRONOGRAMAS
Selection.Insert Shift:=xlDown,
CopyOrigin:=xlFormatFromLeftOrAbove

```

```

agregarcelda = agregarcelda + 1
Loop

Range("A2") = "PROGRAMADO EL:"
Range("C2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=TODAY()"
Range("C2").Copy
Range("B2").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("C2").Select
Selection.ClearContents
Range("B2").Select
Selection.NumberFormat = "m/d/yyyy"

Sheets("Plantilla
programador").Select 'pega el número
de orden
Range("B1:" & "B" &
celdarepuestos).Copy
Sheets("Repuestos").Select
Range("A3").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

```

Sheets("Plantilla programador").Select 'pega el nombre de equipo

Range("F1:" & "F" & celdarepuestos).Copy

Sheets("Repuestos").Select

Range("B3").Select

Selection.PasteSpecial  
Paste:=xlPasteValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Sheets("Plantilla programador").Select 'pega el nombre de proceso

Range("H1:" & "H" & celdarepuestos).Copy

Sheets("Repuestos").Select

Range("C3").Select

Selection.PasteSpecial  
Paste:=xlPasteValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Sheets("Plantilla programador").Select 'pega el numero de centro de costos

Range("J1:" & "J" & celdarepuestos).Copy

Sheets("Repuestos").Select

Range("D3").Select

Selection.PasteSpecial  
Paste:=xlPasteValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Sheets("Plantilla programador").Select 'pega el nombre de repuesto

Range("M1:" & "M" & celdarepuestos).Copy

Sheets("Repuestos").Select

Range("E3").Select

Selection.PasteSpecial  
Paste:=xlPasteValues,  
Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

Range("A3:E3").Select

Selection.Font.Bold = True

With Selection.Interior

.Pattern = xlSolid

.PatternColorIndex = xlAutomatic

.Color = 15773696

.TintAndShade = 0

.PatternTintAndShade = 0

End With

Range("A2:B2").Select

With Selection.Interior

.Pattern = xlSolid

.PatternColorIndex = xlAutomatic

.Color = 15773696

```
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = True
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
```

```
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
Range("A3:E" & numfilas).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
```

```

.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With

With
Selection.Borders(xlEdgeBottom)

.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With

With Selection.Borders(xlEdgeRight)

.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With

With
Selection.Borders(xlInsideVertical)

.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With

With
Selection.Borders(xlInsideHorizontal)

.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0

```

```

.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With

Range("A3").Select

Sheets("Plantilla
programador").Select 'Contador de
cuantas filas hay

rango = 2

Do While Range("B" & rango) <> 0

rango = rango + 1

Loop

Range("A2:S" & rango).Select
'Arregla el formato de toda la lista

Selection.Borders(xlDiagonalDown).Li
neStyle = xlNone

Selection.Borders(xlDiagonalUp).Line
Style = xlNone

Selection.Borders(xlEdgeLeft).LineSty
le = xlNone

Selection.Borders(xlEdgeTop).LineSty
le = xlNone

Selection.Borders(xlEdgeBottom).Lin
eStyle = xlNone

Selection.Borders(xlEdgeRight).LineS
tyle = xlNone

Selection.Borders(xlInsideVertical).Lin
eStyle = xlNone

Selection.Borders(xlInsideHorizontal).
LineStyle = xlNone

```

```
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
```

```
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
```

```
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
```

```
.LineStyle = xlContinuous
```

```
.ColorIndex = 0
```

```
.TintAndShade = 0
```

```
.Weight = xlThin
```

```
End With
```

```
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
```

```
.LineStyle = xlContinuous
```

```
.ColorIndex = 0
```

```
.TintAndShade = 0
```

```
.Weight = xlThin
```

```
End With
```

```
With
```

```
Selection.Borders(xlEdgeBottom)
```

```
.LineStyle = xlContinuous
```

```
.ColorIndex = 0
```

```
.TintAndShade = 0
```

```
.Weight = xlThin
```

```
End With
```

```
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
```

```
.LineStyle = xlContinuous
```

```
.ColorIndex = 0
```

```
.TintAndShade = 0
```

```
.Weight = xlThin
```

```
End With
```

```
With
```

```
Selection.Borders(xlInsideVertical)
```

```
.LineStyle = xlContinuous
```

```
.ColorIndex = 0
```

```
.TintAndShade = 0
```

```
.Weight = xlThin
```

```
End With
```

```
With
```

```
Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
```

```
.LineStyle = xlContinuous
```

```
.ColorIndex = 0
```

```
.TintAndShade = 0
```

```
.Weight = xlThin
```

```
End With
```

```
With Selection
```

```
.HorizontalAlignment = xlGeneral
```

```
.VerticalAlignment = xlCenter
```

```
.WrapText = False
```

```
.Orientation = 0
```

```
.AddIndent = False
```

```
.IndentLevel = 0
```

```
.ShrinkToFit = False
```

```
.ReadingOrder = xlContext
```

```
.MergeCells = False
```

```
End With
```

```
With Selection
```

```
.HorizontalAlignment = xlCenter
```

```
.VerticalAlignment = xlCenter
```

```
.WrapText = False
```

```
.Orientation = 0
.AddIndent = False
.IndentLevel = 0
.ShrinkToFit = False
.ReadingOrder = xlContext
.MergeCells = False
End With
With Selection
.HorizontalAlignment = xlCenter
.VerticalAlignment = xlCenter
.WrapText = True
.Orientation = 0
.AddIndent = False
.IndentLevel = 0
.ShrinkToFit = False
.ReadingOrder = xlContext
.MergeCells = False
End With

Sheets("Repetidas").Select
Range("A1:B100").ClearContents

Sheets("Plantilla
programador").Select
End Sub
```