

Trabajo de Diploma

En opción al título de

Ingeniero Mecánico

**Título: Fabricación del colector de
refrigerante de la mesa de la
Rectificadora Plana Modelo 3E711B**

Autor (es): Amauris Castillo Rodríguez

Tutor (es): M.Sc. Rafael A. Castillo Díaz

Ing. Amauris Gilbert Hernández

Moa, 2015

“Año 57 de la Revolución”





Declaración de Autor

Yo: Amauris Castillo Rodríguez.

Autor de este trabajo de diploma, mis tutores M.Sc. Rafael A. Castillo Díaz y el Ing. Amauris Gilbert Hernández certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Amauris Castillo Rodríguez

M.Sc. Rafael A. Castillo Días

Ing. Amauris Gilbert Hernández



Agradecimientos

Al ISMM por permitir desarrollarme en mi formación integral, tanto académica como en lo personal, y permitiéndome ingresar en la carrera de Ingeniería Mecánica.

A la Revolución por haberme permitido estudiar para serle más útil y poder servirle mejor.

A todas aquellas personas que de una manera u otra hayan contribuido a la realización de este trabajo.

A mis tutores M.Sc. Rafael A. Castillo Díaz y Amauris Gilbert Hernández por ayudarme durante la realización de este trabajo y en todo momento de la vida que lo he requerido.



Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mi familia, en especial a mi Esposa e Hijos, por soportar mí largas horas de ausencia, por su paciencia, dedicación y apoyo incondicional para que lograra esta meta.

A mis padres con profundo cariño, respeto y admiración, que siempre me han apoyado y ayudado en mi formación y que constantemente están exigiendo lo mejor de mí como ser humano.

A mis hermanos que me alientan y ayudan en los momentos difíciles para que yo pueda seguir adelante.

Pensamiento

En el mismo hombre suelen ir unidos un corazón y un talento grande, pero todo hombre tiene el deber de cultivar su inteligencia, por respeto a sí mismo y al mundo.

José Martí

[...] nuestro deber es mucho. Seamos dignos de lo que de nosotros se espera.

José Martí

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo realizar la reparación de la rectificadora 3E711B del laboratorio docente de Máquinas Herramientas del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, el cual se emplea para las prácticas docentes e investigaciones de la carrera de ingeniería mecánica. Para realizar el proceso de reparación inicialmente se realizó un detectado de las piezas rotas o desgastadas de la máquina. Las que fueron fabricadas por procesos de soldadura y corte de metales, seleccionando herramientas, máquinas y electrodo. Se estableció el ciclo de mantenimiento con las tareas a realizar, obteniéndose como aceite hidráulico para el funcionamiento de la máquina el AWS 46 y practicándosele una reparación mediana. Se realiza una valoración económica mostrando que el costo de la reparación asciende a 770,2649 CUC y 281,488 CUP y por último se hace una valoración del impacto que puede causar al medio la contaminación de este trabajo.

Summary

This work aims at accomplishing the reparation of the rectifying machine 3E711B of machinate tool teaching laboratory of Superior Mining Metallurgic Institute, which uses itself for teaching practices and investigations of the race of mechanical engineering. It came true in order to accomplish the process of reparation initially one detected of the pieces broken or worn down of the machine. The ones that were made out of by processes solder and court of metals, selecting tools, machines and electrode. The cycle of maintenance with the tasks was established to realize, Obtaining like hydraulic oil for the functioning of the machine the AWS 46 and practicing to him a medium reparation. A cost-reducing assessment showing that the cost of the reparation goes up to 770.2649 CUC and 281.488 CUP comes true and finally an assessment plucks up the impact that can cause the contamination of this work to the midway.



Contenidos

Introducción	1
Capítulo 1- Marco teórico de la investigación	4
1.1. Introducción	4
1.2. Antecedentes	4
1.3. Laboratorio de Máquinas Herramientas.....	5
1.4. Máquinas rectificadoras.....	6
1.4.1. Partes de la rectificadora plana y principio de funcionamiento	7
1.4.2. Principales parámetros técnicos de la rectificadora plana 3E711B	9
1.5. El mantenimiento	11
1.5.1- Políticas del mantenimiento.....	11
1.5.2- Objetivos del mantenimiento	12
1.5.3- Mantenimiento preventivo planificado.....	12
1.5.4.- Ventajas del mantenimiento preventivo planificado	12
1.5.5.- Diagnóstico técnico.....	13
1.5.6. Establecimiento de los consumos de piezas de recambios	14
1.5.6.1. Clasificación de las piezas de recambios.....	15
1.5.7. Preparación de las superficies para el pintado de máquinas herramientas.....	16
1.5.8. Factores que influyen en la selección del lubricante	17
1.5.8.1. Lubricación con aceite.....	19
1.5.8.2. Elección del aceite apropiado	19
1.5.8.3. Viscosidad del aceite recomendada	20
1.6. Conclusiones del capítulo.....	20
Capítulo 2: Materiales y métodos	21
2.1. Introducción	21
2.2. Defectado de la máquina herramienta	21
2.2.1. Herramientas utilizadas en el despiece y ensamble de la rectificadora	22
2.3. Material para la construcción del conducto de evacuación de refrigerante	24
2.4. Tecnología de fabricación del colector.....	24
2.4.1. Tecnología de doblado	25
2.4.2. Tecnología de maquinado por taladrado	28



2.4.3. Características de la soldadura a utilizar	30
2.4.3.1. Máquina empleada en la soldadura	30
2.4.3.2. Pasos a seguir para la soldadura	30
2.4.3.3. Tecnología de soldadura	30
2.5. Determinación del ciclo de mantenimiento del equipo	34
2.5.1. Lubricación de máquinas herramientas	36
2.6. Conclusiones parciales del capítulo	39
Capítulo 3: Análisis de los resultados, valoración económica e impacto medio ambiental.....	40
3.1. Introducción	40
3.2- Resultados de la tecnología de doblado y maquinado	40
3.3.- Resultados del proceso de soldadura del colector	42
3.3.1. Tipo de electrodo seleccionado para la soldadura.....	43
3.3.- Tiempos de la tecnología de maquinado	45
3.3. Propuesta del ciclo de mantenimiento y sus tareas	45
3.3.1. Acciones a realizar en cada operación de este ciclo de mantenimiento	46
3.3.2. Sección del tipo de aceite	47
3.3.3. Reparación de la máquina rectificadora Modelo 3E711B	50
3.4. Valoración económica.....	51
3.5. Impacto ambiental	52
3.7 Conclusiones parciales del capítulo.....	55
Conclusiones generales	56
Recomendaciones.....	57
Referencias Bibliográficas.....	58

Introducción

El desarrollo industrial del siglo XIX fue posible por el desarrollo y empleo de diversos tipos de máquinas y procesos de trabajo, aplicados a la fabricación de piezas metálicas de todo tipo de máquinas, estructuras y componentes. La fabricación de barcos, trenes, automóviles, aviones y todo tipo de maquinaria, solamente es posible utilizando máquinas herramienta.

Solamente con máquinas herramienta se pueden fabricar otras máquinas y componentes de acero, pero quizás el rasgo más característico sea que es la única que tiene capacidad de auto reproducirse. Todas las máquinas, componentes y productos metálicos que existen en el mercado han sido producidos, utilizando máquinas herramienta.

Los ingenieros, obreros y estudiantes de diferentes niveles contribuyen con su actividad laboral a encontrar soluciones y desarrollar productos. Todos ellos en nuestro socialismo tienen responsabilidades importantes, pues sus ideas, conocimientos y habilidades determinan de manera decisiva los aspectos técnicos - económicos de la industria o proceso.

En las diferentes ramas de la industria se utilizan las máquinas herramientas para realizar las más diversas operaciones al maquinar diferentes materiales. El proceso de fabricación y recuperación de piezas es muy importante para el país, ya que a raíz del período especial se vio en la necesidad de autofinanciarse por sí mismo, por eso se ha dado a la tarea de buscar vías y soluciones. El proceso de fabricación y recuperación de piezas es utilizado ampliamente para poder echar andar las empresas y equipos con que contamos, además es una de las vías más económicas para resolver problemas técnicos que podemos emplear, es por ello que las máquinas herramientas son muy utilizadas.

Los procesos mecánicos involucrados en la producción requieren de una mayor eficiencia, es decir, mayor fiabilidad. La facilidad de implementar sistemas de detección de sus parámetros mecánicos representativos es fundamental, con el objetivo de detectar posibles fallos con el suficiente tiempo de antelación y

prever su solución sin consecuencias graves para la máquina.

Teniendo en cuenta la responsabilidad esencial sobre las características, tanto técnicas como económicas y la importancia de un proceso de desarrollo eficiente, ajustado a plazos y costes limitados, es muy importante tener definido un procedimiento o metodología de mantenimiento que permita alcanzar de una forma segura soluciones adecuadas.

Las máquinas herramientas rectificadoras, tornos, fresadoras, taladros, ya sean de cualquier tipo o marca, requieren de un mantenimiento para su buen funcionamiento.

Situación problemática: la no existencia en explotación de una máquina herramienta para el acabado superficial de piezas planas en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM), que permita ponerla en disposición de la docencia y las investigaciones que lleva a cabo el Departamento de Ingeniería Mecánica. Esta rectificadora plana modelo 3E711B se encuentra en mal estado técnico por la falta de mantenimiento especializado mecánico y eléctrico desde su puesta en explotación en el año 96. Se encuentra deteriorado el colector del líquido refrigerante de la mesa por el paso de los años y el aceite hidráulico se encuentra contaminado por el paso de los dos últimos eventos meteorológico (ciclones) que destruyeron la cubierta del laboratorio en un período menor a 6 años. Además de presentar problemas otros agregados y su instalación.

Problema a investigar: deficiente estado técnico de la rectificadora plana modelo 3E711B del laboratorio de Máquinas Herramientas que impide su uso en el proceso docente e investigativo del Departamento de Ingeniería Mecánica.

Objeto de estudio: rectificadora plana modelo 3E711B.

Campo de acción: proceso de manufactura de piezas y de mantenimiento.

Objetivo General: fabricación del colector de líquido refrigerante de la mesa y mantenimiento especializado de la rectificadora plana modelo 3E711B del laboratorio

de Máquinas Herramientas que permita ponerla en función del proceso docente e investigativo en el Departamento de Ingeniería Mecánica.

Objetivos Específicos:

- 1- Construir del colector de refrigerante de la mesa de la rectificadora plana modelo 3E711B,
- 2- establecer el sistema de mantenimiento para la rectificadora plana modelo 3E711B.

Hipótesis: fabricando el colector del refrigerante de la rectificadora plana modelo 3E711B y dando mantenimiento especializado, es posible restituir sus capacidades tecnológicas poniéndola al servicio de la docencia y las investigaciones del ISMMM.

El cumplimiento del objetivo planteado y la verificación de la hipótesis se logran a través de las **tareas de trabajo** siguientes:

1. Revisión bibliográfica para la sistematización de los conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio,
2. tecnología y elaboración del colector de refrigerante de la mesa de la rectificadora plana modelo 3E711B,
3. selección del tipo de aceite, mantenimiento especializado e instalación eléctrica de la rectificadora plana modelo 3E711B,
4. análisis de los resultados, evaluación económica y ambiental.

Capítulo 1- Marco teórico de la investigación

1.1. Introducción

El surgimiento del trabajo fue el principal paso impulsor en la evolución de la especie humana. Con cada invento o innovación se buscaba humanizar aún más cada trabajo que se llevaba a cabo. Con ello, surgieron las máquinas herramientas convencionales las cuales son muy utilizadas en la industria mecánica, estas máquinas han ido evolucionando según las necesidades del hombre al pasar de los años con el fin de explotar al máximo sus capacidades de trabajo. Por lo que hoy día existen una gran variedad de máquinas herramientas convencionales.

El objetivo del capítulo es establecer el marco teórico de la investigación a través del análisis de los antecedentes y las bibliografías necesarias para una comprensión adecuada relacionada con la fabricación de piezas y el mantenimiento de las rectificadoras.

1.2. Antecedentes

La máquina herramienta es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias.

El término máquina herramienta se suele reservar para herramientas que utilizan una fuente de energía distinta del movimiento humano, pero también pueden ser movidas por personas si se instalan adecuadamente o cuando no hay otra fuente de energía.

Muchos historiadores de la tecnología (Mukherjee y Ray, 2006) consideran que las auténticas máquinas herramienta nacieron cuando se eliminó la actuación directa del hombre en el proceso de dar forma o troquelar los distintos tipos de herramientas. Por ejemplo, se considera que el primer torno que se puede considerar máquina herramienta fue el inventado alrededor de 1751 por Jacques de Vaucanson, puesto que fue el primero que incorporó el instrumento de corte en una cabeza ajustable mecánicamente, quitándolo de las manos del operario.

Plantea Byrne et al. (2003) que las máquinas herramienta pueden utilizar una gran variedad de fuentes de energía. La energía humana y la animal son opciones posibles, como lo es la energía obtenida a través del uso de ruedas hidráulicas.

Sin embargo, el desarrollo real de las máquinas herramienta comenzó tras la

invención de la máquina de vapor, que llevó a la Revolución Industrial. Hoy en día, la mayor parte de ellas funcionan con energía eléctrica.

Fernández et al. (2007) expone que fue en París en 1843 que los franceses fabricaron la primera muela artificial, iniciándose el proceso de sustitución de las piedras de arenisca. Para el rectificado de piezas cilíndricas fue utilizado en primera instancia el torno; acoplando en su carro longitudinal un cabezal porta-muelas, weighted grinding lathe. En 1870 “Brown Sharpe”, fabrica y ofrece al mercado la primera rectificadora universal, que no alcanzó tal cualidad hasta que en 1880 se le añadió un dispositivo para el rectificado interior. La misma empresa desarrolla el rectificado de superficies planas, construyendo una pequeña rectificadora en 1880 para piezas pequeñas y una rectificadora puente en 1887 para piezas grandes.

El verdadero desarrollo del rectificado de producción con herramientas abrasivas no se inicia hasta finales del siglo XIX. Dos circunstancias favorecieron este desarrollo, por un lado la exigencia de la industria del automóvil que solicita piezas de acero templado y acabado con un alto grado de calidad y por otro lado el descubrimiento en 1891 por parte de Edward Goodrich Acheson del carburo de silicio (carborundum). El descubrimiento de Acheson permitió disponer de una potente herramienta para desarrollar grandes velocidades de corte, propiciando la construcción de máquinas más potentes y precisas para dar respuesta a las nuevas exigencias de calidad. Para finales del siglo XIX, la empresa inglesa Churchil y las americanas Norton, Landis, Blanchar, Cincinnati, etc., habían desarrollado prácticamente todos los tipos rectificadoras que, en su arquitectura y componentes mecánicos, se utilizan en nuestros días (Fernández et al. 2007).

La importancia de las máquinas en la producción es indiscutible e inmensa, pues aumentan y aceleran los procedimientos, perfeccionan los trabajos, abaratan los objetos, ahorran esfuerzos penosos, hacen al hombre dueño de la producción, facilitan el comercio, extienden el consumo, satisfacen muchas necesidades y promueven el bienestar universal (Escaño et al., 2007).

1.3. Laboratorio de Máquinas Herramientas

El Laboratorio de Máquinas Herramientas pertenece al Departamento de Mecánica y se encuentra ubicado en la Facultad de Metalurgia Electromecánica, al final del pasillo del primer piso en mismo lado del Departamento de Mecánica. Fue creado a principio de los

años 90 para dar respuesta a las necesidades de las prácticas docentes de las asignaturas de corte tecnológico, es decir, de fabricación. En aquel entonces terminaba el plan de estudio B y comenzaba el C, el laboratorio tributaba a las asignaturas de Máquinas Herramientas, Conformado, Tecnología de Construcción de Maquinarias y a las Introducciones de Ingeniería Mecánica II y III, además de contribuir con otras asignaturas de otras carreras del instituto.

Actualmente sigue cumpliendo el mismo objetivo, aunque ya no son las mismas asignaturas de aquellos años pues el plan de estudio ha cambiado. Sigue respondiendo a las disciplina de proceso tecnológico pero ahora a las asignaturas de Tecnología de Maquinado, Introducción a la Ingeniería Mecánica y Proceso Tecnológico I y II.

El laboratorio cuenta con diez máquinas herramientas de fabricación del antiguo campo socialista, dentro de las cuales se encuentran dos tornos, uno modelo 16D20 de la URSS y el otro es modelo C11MT fabricado por una colaboración entre Cuba y Bulgaria. Hay además un taladro vertical de columna modelo 2H135, dos fresadoras una vertical modelo 6T12-1 y la otra horizontal modelo 6T82-1, un recortador modelo 7305, una següeta mecánica modelo 8725, una afiladora de herramienta universal modelo 3M642, dos rectificadoras una para el rectificado cilíndrico exterior e interior modelo 3K12M y otra que es objeto de estudio la rectificadora plana modelo 3E711B.

1.4. Máquinas rectificadoras

A lo largo de la historia las rectificadoras por su gran utilidad han desempeñado una importante labor en la esfera de la industria. El rectificado es uno de los métodos de corte de metales por arranque de virutas el cual emplea una herramienta abrasiva constituida por granos cortantes de un material abrasivo. Estos granos son de elevada dureza y poseen una elevada resistencia térmica. Este es un método de corte súper rápido realizado por toda la masa de granos abrasivos dispuestos en la superficie exterior de la herramienta o muela abrasiva.

Según Martínez et al. (2007) las rectificadoras pueden emplearse para rectificar piezas endurecidas o no, con tolerancias muy pequeñas y con los acabados superficiales exigidos por muchos trabajos, incluso de $R_a = 0,2 - 0,1 \mu m$.

Nikolaev (1980) clasifica las máquinas rectificadoras en dependencia del tipo de trabajo que realizan en:

- 1- Rectificadoras de superficies cilíndricas exteriores.
- 2- Rectificadoras de superficies cilíndricas interiores.
- 3- Rectificadoras planas.
- 4- Rectificadoras especiales.

La máquina objeto de estudio pertenece a las rectificadoras planas, como su nombre lo dice se utiliza para dar acabado a superficies planas y se agrupan en dos grandes grupos (Nikolaev, 1980):

- 1- Máquinas que trabajan con la periferia de la muela denominadas rectificadoras planas horizontales.
- 2- Máquinas que trabajan con la parte frontal de la muela denominadas rectificadoras planas verticales.

1.4.1. Partes de la rectificadora plana y principio de funcionamiento

La rectificadora plana más común es la de husillo horizontal con una mesa de movimiento alternativo, la cual consta de una rueda abrasiva giratoria montada en un husillo horizontal y una mesa rectangular que se mueve hacia uno y otro lado de la rueda. La combinación de estos dos movimientos es lo que permite el proceso de corte, por lo que constituye su principio de funcionamiento. Posee un plato magnético montado sobre la mesa que suministra un método rápido y fácil para sostener la pieza mientras se rectifica. Esto trae como consecuencia que solo puedan rectificarse piezas que contengan material de hierro. Esta máquina puede ser observada en la figura 1.1 y las partes principales según el manual técnico de explotación son:

- 1- Bancada: posee forma de caja, es una estructura de hierro fundido que soporta o es base los diferentes mecanismos de la máquina y que en la parte superior se encuentran las guías de rodamientos de carro- soporte por la cuales se desplaza la mesa. En su parte interior se ubica las líneas del equipo hidráulico y de lubricación
- 2- Columna: asegura el desplazamiento vertical del cabezal de la muela por dos guías de rodamientos cerradas. La superficie está compuesta por la misma columna y unas placas fijadas con tornillos. Las ventanas u orificios de la columna se encuentran tapadas con las protecciones.
- 3- Husillo: es un árbol donde en el extremo delantero se monta la muela abrasiva (herramienta) que gira a una velocidad de 30 m/s y en la parte posterior se encuentra la transmisión.

- 4- Sistema hidráulico: compuesto por la bomba hidráulica principal del husillo, conductos para el trasiego del aceite, cilindro hidráulico, filtros, ventilador de refrigeración del aceite, válvulas electromagnéticas y mecánicas; que permiten el movimiento de vaivén de la mesa, además de la bomba de lubricación del husillo, sus conductos y válvulas.
- 5- Panel eléctrico: se encuentran todos los agregados eléctricos necesarios para el funcionamiento de la máquina como los transformadores, los relés, fusibles, circuitos electrónicos y otros.
- 6- Sistema de refrigeración: está compuesto por el dispositivo de separación magnética de la viruta (reductor con motor), el depósito, el colector y la bomba con su motor. Este sistema permite que el líquido que se utiliza para refrigerar la pieza y la herramienta, que tiene como objetivo evitar deformaciones en la pieza, no se pierda y pueda ser utilizado nuevamente al hacerlo recircular.
- 7- Calzos antivibratorios: son el soporte de la máquina y evitan que las vibraciones provocadas por la máquina interfieran en el funcionamiento de otras máquinas y viceversa.
- 8- Mesa: realiza movimiento de vaivén y es donde se coloca la base magnética o bridas para la colocación de la pieza.
- 9- Motores principales: para el accionamiento del circuito de la mesa y de la muela abrasiva.



Figura 1.1. Partes principales de la rectificadora plana.

- A.- La manivela de avance de la rueda mueve a ésta hacia arriba o hacia abajo para ajustar la profundidad de corte.
- B.- La manivela de recorrido de la mesa mueve a ésta hacia uno y otro lado (longitudinalmente) debajo de la rueda rectificadora. Puede hacerse funcionar manual o automáticamente.
- C.- La manivela de avance transversal se emplea para mover la mesa hacia adentro o hacia afuera (transversalmente), ya sea manual o automáticamente.
- D.- Los topes o perros de inversión de la mesa se utilizan para regular la longitud de recorrido de la mesa.
- E.- La palanca de inversión de recorrido de la mesa se usa para invertir la dirección en la que viaja la mesa.

1.4.2. Principales parámetros técnicos de la rectificadora plana 3E711B

La rectificadora plana modelo 3E711B objeto de estudio posee determinados parámetros técnicos que son necesarios conocer para su explotación y mantenimiento, entre las que tenemos según su (Manual de explotación técnica, 1988):

1- Dimensiones máximas de la pieza a maquinar, (mm):

Largo: 630

Ancho: 200

Alto: 370

2- Distancia entre las ranuras de la mesa, (mm): 50

3- Cantidad de ranuras: 3

4- Desplazamiento manual longitudinal máximo de la mesa, (mm): 700

5- Desplazamiento manual transversal máximo de la mesa, (mm): 250

6- Velocidad de desplazamiento longitudinal del carro soporte, (m/min):

Máximo: 32

Mínimo: 2

7- Velocidad de desplazamiento transversal del carro soporte, (m/min):

Máximo: 1,5

Mínimo: 0,01

10- Distancia máxima entre el eje del husillo y la superficie especular de la mesa, (mm): 495

11- Velocidad de desplazamiento rápido del carro soporte (m/min): 1,5

- 12- Diámetro del extremo del husillo portamuela, (mm): 40
- 13- Dimensiones de la muela abrasiva, (mm):
Diámetro exterior máximo: 250
Diámetro exterior mínimo: 160
Ancho: 40
Diámetro interior de la muela: 76
- 12- Velocidad de corte máxima, (m/s): 35
- 13- Potencia del motor de la muela (kW): 4
- 14- Número de revoluciones del motor de la muela (rev/min): 2300
- 15- Velocidad de desplazamiento no regulado del cabezal de la muela, (m/min): 0,3
- 16- Velocidad de desplazamiento regulado del cabezal de la muela, (m/min):
Máximo: 0,1
Mínimo: 0,002
- 17- Valor de la dimensión del limbo de avance transversal fino, (mm): 0,001
- 18- Avance transversal automático en cada carrera de la mesa “regulación continua”, (mm/carr):
Máximo: 30
Mínimo: 0,3
- 19- Bomba de accionamiento hidráulico:
Tipo: 8-12-33
Caudal (l/min): 8/35
Número de revoluciones (rev/min): 1000
Potencia del motor del accionamiento hidráulico (kW): 3
- 20- Bomba de enfriamiento:
Tipo: A45
Caudal (l/min): 45
- 21- Dimensiones máximas sin tener en cuenta el equipo adicionado y la carrera de las partes móviles, (mm):
Longitudinal: 2000
Anchura: 1770
Altura: 1920

22- Dimensiones máximas incluyendo el equipo adicionado y la carrera de las partes móviles, (mm):

Longitudinal: 2820

Anchura: 1770

Altura: 1920

23- Masa de la máquina sin el equipo adicionado, (kg): 2550

24- Masa de la máquina con el equipo adicionado, (kg): 3020

1.5. El mantenimiento

El mantenimiento industrial es la totalidad de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a garantizar y mejorar los indicadores técnico-económicos del subsistema productivo como son: seguridad, fiabilidad, vida útil, disponibilidad técnica, rendimiento, calidad y costos de mantenimiento en el proceso productivo, con el fin de producir bienes y servicios.

En esta definición se encuentran reflejados los principios que se consideran básicos en el mantenimiento industrial (Gotz, 1988.):

- Los objetivos del mantenimiento están subordinados a las exigencias de la producción principal.
- Las funciones de mantenimiento tienen que fundamentarse en conocimientos técnicos, organizativos y económicos.
- La organización del mantenimiento tiene carácter sistémico.

1.5.1- Políticas del mantenimiento

En la industria se han aplicado a través del tiempo diferentes políticas de mantenimiento, de forma general, las políticas actuales de mantenimiento se pueden clasificar según (Navarrete 1986) en:

- Política correctiva: la acción concreta tiene lugar esencialmente al producirse la avería o en el momento que se detectan condiciones de funcionamiento que afectan de manera importante el servicio que presta la maquinaria.
- Política preventiva: es un conjunto de medidas de carácter técnico-organizativas, mediante las cuales se lleva a efecto varios servicios técnicos a la maquinaria de forma planificada, para evitar la aparición de averías imprevistas.

- Política predictiva: este tipo de política se basa en la detección de los defectos en etapas tempranas tomando las medidas necesarias antes de que se produzcan los fallos. La detección se fundamenta en un diagnóstico del estado técnico de la maquinaria sin necesidad de interrumpir el proceso productivo.
- Política alternativa.

1.5.2- Objetivos del mantenimiento

Los objetivos del mantenimiento según Navarrete (1986) son:

- Asegurar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos así como lograr el alcance de la vida útil de los equipos.
- Contribuir a lograr la calidad del producto, la buena presentación y la correcta operatividad de los equipos.
- Contribuir con el retorno óptimo del capital invertido en el equipo durante su funcionamiento.
- Contribuir a la seguridad del usuario y del personal de mantenimiento así como la protección del medio ambiente.

1.5.3- Mantenimiento preventivo planificado

El Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) no es más que la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica sobre la base de un plan establecido y no a demanda del operario o usuario.

Las características principales de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno. Con la aplicación correcta del MPP se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de la instalación y de las máquinas.

1.5.4.- Ventajas del mantenimiento preventivo planificado

La ventaja del mantenimiento preventivo planificado se resume de la siguiente manera según (Gotz, 1988).

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada del equipo o máquina.

- Mayor duración de los equipos o instalaciones.
- Disminución de la existencia en el almacén y por lo tanto su costo, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de las actividades.

1.5.5.- Diagnóstico técnico

El diagnóstico técnico estudia y establece los síntomas de un estado de fallo; por lo cual un fallo incipiente es un suceso que sólo se refleja en el funcionamiento de la máquina a través de los síntomas y un fallo desarrollado es aquel que provoca la pérdida de la capacidad inherente del funcionamiento de la máquina o aquel suceso que no permite que se satisfagan las prestaciones especificadas (Zaldívar, 2006).

A los efectos del trabajo el procedimiento integral de análisis de fallo estará generalizado a los sucesos, independientemente que reflejen fallos incipientes o desarrollados.

Procedimiento general integral para la solución de fallos.

El procedimiento consiste en una serie de actividades a desarrollar de formas lógicas y organizadas por un grupo natural de trabajo que se crea o convoca si ya está formado al ocurrir un suceso que es necesario analizar cómo se observa en la figura 1.2 (Hernández, 2012).

Secuencia de actividades:

- 1- Registro del suceso, por parte del personal designado a dichos efectos.
- 2- Activación o creación de un grupo de trabajo, formado por especialistas que tengan relación estrecha con el suceso.
- 3- Desarrollo de reuniones de trabajo, para la búsqueda de la existencia de teorías científicas ampliamente comprobadas que expliquen el suceso ocurrido.
- 4- En caso de no conocerse teoría alguna o no tener certeza de las existentes, se formulan la hipótesis de trabajo.
- 5- Formulación de hipótesis de trabajo, con la condición que sean de forma inobjetable la comprobación de su validez.
- 6- Desarrollo de reuniones de trabajo para la búsqueda de la información competente requerida por las teorías o hipótesis a comprobar.

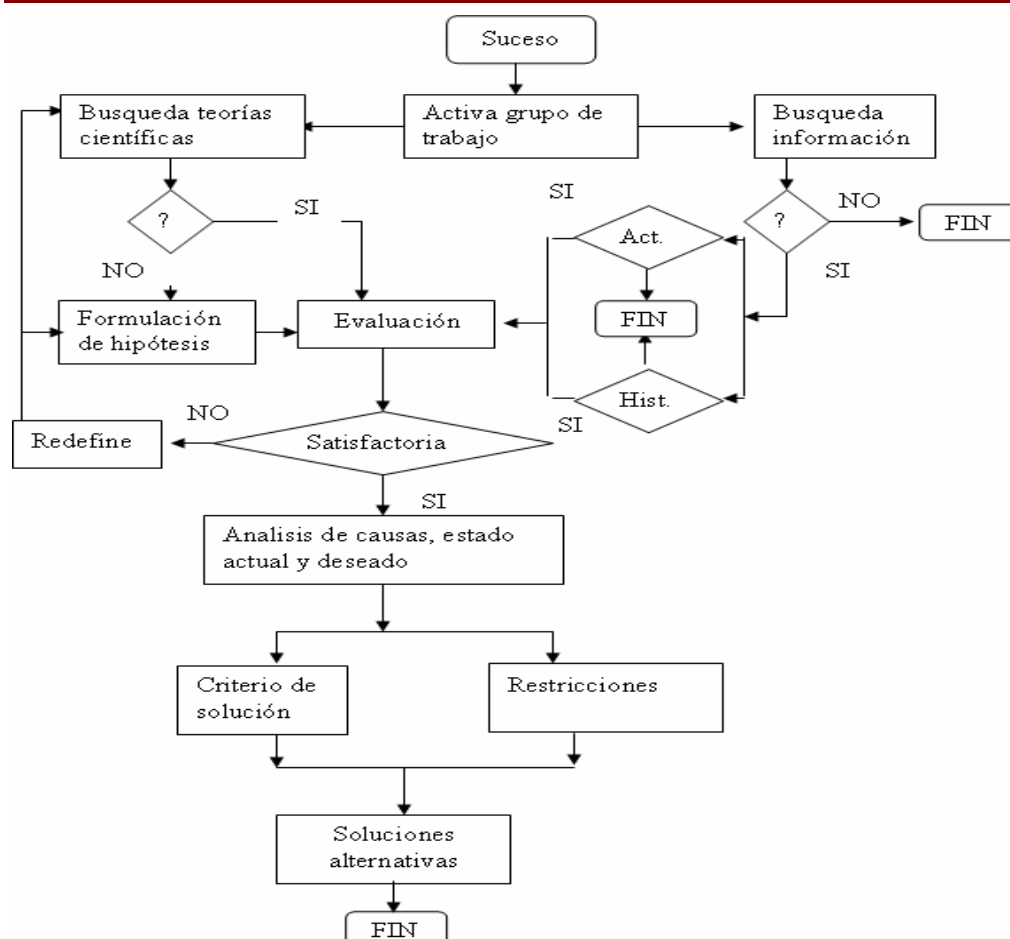


Figura 1.2. Procedimiento general integral para la solución de fallos.

En los materiales se presentan discontinuidades, tanto microscópicas como macroscópicas. Dentro de las microscópicas se encuentran las inclusiones y los defectos de fabricación, mientras que en las macroscópicas, están los orificios, empalmes, chaveteros, cantos vivos (Frómeta 1982). Los esfuerzos fluctuantes se concentran en estas discontinuidades, que actúan como multiplicadores de tensiones pudiendo ocurrir fluencia plástica local y originarse la rotura del elemento de máquina o mecanismo.

Cualquier carga que varíe con el tiempo puede causar falla por fatiga. El carácter de estas cargas llega a variar de manera importante de una a otra aplicación. En maquinarias rotativas, las cargas tienden a ser de amplitud uniforme a lo largo del tiempo y a repetirse con alguna frecuencia. En equipos de servicio, las cargas tienden a ser, a lo largo del tiempo, bastante variables en amplitud y frecuencia e incluso pueden ser de naturaleza aleatoria (Callister, 2002).

1.5.6. Establecimiento de los consumos de piezas de recambios

Sobre este particular se abordan los elementos esenciales de tres determinantes o factores

que inciden en la previsión de los recambios, como son la ineficiencia en el logro de la calidad del proceso tecnológico, el trabajo del ejecutor y la calidad con que se efectúa la reparación de los conjuntos y máquinas.

Las normas de consumo deben ser calculadas sobre bases científicas, teniendo en cuenta las características tecnológicas y de explotación de las máquinas, así como de las condiciones organizativas y materiales que conforman el consumo de recursos.

El avance periódico de su comportamiento y la corrección de sus desviaciones en el tiempo, es la mejor prueba de su dinamismo, por lo que no se puede pensar en una norma estática sino, al contrario, en una que permita la mejor caracterización de las condiciones reales de explotación y, a la vez, de su perfeccionamiento.

Zaldívar (2006) plantea que la continua exigencia de la calidad de la producción, implica un aumento del valor de uso de los productos, las materias primas y materiales, tanto para la fabricación de las piezas nuevas como las recuperadas, es también una vía para lograr la progresividad de las normas de consumo.

Cuando se está ante la necesidad de determinar los módulos de piezas de recambios, surge la duda de cuál será el método correcto de determinarlo pues se conoce que una propia máquina, por la complejidad y diversos factores de explotación a los que están sometidos, hacen que no se puedan establecer con la mayor certeza y objetividad cual es el módulo exacto para cada pieza o conjunto independiente. Por tal motivo se aplican, fundamentalmente, métodos matemáticos de pronósticos, que si bien son utilizados para otros casos, son factibles de hacerlos extensivos para este caso.

Cuando se trata el tema de establecer una estrategia dinámica del módulo de piezas para la etapa de explotación, es menester considerar por su incidencia el sistema diseñado de mantenimiento, diagnóstico y reparación. Unido a este análisis, por su trascendencia, merece señalarse la cuantía de pérdidas y mermas de los recursos materiales involucrados en estas actividades.

1.5.6.1. Clasificación de las piezas de recambios

Dentro de todas las piezas que conforman una máquina, se debe partir del hecho de reconocer que no todas de igual forma deciden la fiabilidad de la máquina, sino que unas son más significativas que otras, de ahí que se hable de piezas críticas, por su valor económico (complejidad, comercialización, precio) y consumo preponderante.

Sobre esta base, autores como Mikaelian (1998) establecen una clasificación de piezas, en tres grupos como son:

1. Piezas críticas de rápido desgaste (poca fiabilidad).
2. Piezas que no se desgastan o fiables (absolutamente fiables).
3. Piezas de desgaste lento (fiabilidad media).

Por otra parte, Gotz (1988) plantea la división de las piezas en clases, en dependencia de la probabilidad de sobrevida y la vida útil proyectada, clasificándola de las formas siguientes:

- Piezas durables.
- Piezas de desgaste I.
- Piezas de desgaste II.
- Piezas de rápido desgaste.

El establecimiento de esta clasificación es de interés, toda vez que a partir de criterios de expertos, se puede conocer y disponer de información valiosa respecto a valores de orientación, para fijar el “stop” necesario que se pueden prever en los talleres móviles, así como en los puntos de reparación de las empresas. A pesar de los esfuerzos desarrollados en tal sentido, no se logra una adecuada organización pues existe un grupo de renglones de piezas y tornillería que son de rápido consumo y deben estar situados en los lugares más cercanos.

Es obvio que el cálculo más importante del módulo de piezas de recambio debe ser previsto para aquellas piezas de desgaste I, II y rápido desgaste, considerando conveniente la utilización de valores de orientación, pues se conoce que con frecuencia los modelos matemáticos son en extremo engorrosos.

1.5.7. Preparación de las superficies para el pintado de máquinas herramientas

El acero es una de las aleaciones más utilizados por la industria, interviene en la construcción de estructuras, instalaciones industriales y marinas, puentes, buques a causa de su tenacidad y resistencia mecánica; pero el mismo no es estable, basta la presencia de la humedad y el oxígeno del aire para que comience a oxidarse. La presencia de CO₂ y SO₂ como contaminante atmosférico aceleran su oxidación. En zonas del litoral también pueden estar presentes los cloruros (atmósfera marina) que actúan en el mismo sentido. Se comprenderá, por tanto, la necesidad de protegerlo para su conservación.

Según Feliú y Morcillo (1982) el método más utilizado para la protección de estructuras e instalaciones industriales ha consistido en la aplicación de pinturas. La diversidad de los ambientes a los que pueden estar sometidas dichas estructuras e instalaciones ha obligado a desarrollar pinturas capaces de protegerlas con éxito en las condiciones más severas que puedan presentarse.

1.5.8. Factores que influyen en la selección del lubricante

Antes de intentar decidir el tipo de lubricante requerido para una aplicación particular se debe hacer un estudio de los verdaderos requerimientos de lubricación de los elementos, junto con otros factores relevantes, incluyendo los siguientes (Orhan et al., 2006):

- 1. Tipo de Mecanismo:** es el factor sencillo más importante. En casos que el suministro sea de aceite y abundante se puede fijar una lubricación hidrodinámica necesaria para separar las superficies metálicas. De otra manera, donde solo sea posible una película de lubricante muy fina (límite) la lubricación dependerá de la adhesión molecular del aceite o de la reacción química y el lubricante y el metal, también hay casos donde el movimiento es oscilatorio, intermitente o alternativo, no pudiendo desarrollarse una película continua.
- 2. Materiales de los elementos a lubricar:** algunos materiales se seleccionan sobre la base de fricción especial u otras propiedades pero pueden ser más susceptibles de lo usual al ataque de los productos de oxidación o de los mismos lubricantes, o de los aditivos especiales empleados en los mismos (explicar efecto de aditivo E.P y oxidación). La selección del lubricante debe tener esto en cuenta.
- 3. Cargas actuantes:** Tienden a forzar el lubricante fuera de las superficies, se requiere, por tanto, alta viscosidad y más alta untuosidad. Deben emplearse aditivos E.P especialmente en aquellos casos donde el mecanismo no puede desarrollar por sí mismo una película continua. Las cargas de impacto en algunos engranajes y cojinetes de baja velocidad tienden a salpicar el aceite por tanto se requiere mayor untuosidad y alta viscosidad.
- 4. Velocidad:** En el desarrollo de una película compleja en cojinetes inundados concurren altas velocidades, de hecho, el grueso de la película aumenta con el incremento de la velocidad de rotación, por tanto, la lubricación puede ser eficiente con aceites de baja viscosidad aunque pueden ser necesarias concesiones con respecto a la velocidad para suplir las condiciones de arranque. En otros cojinetes donde, por ejemplo: sólo son posibles

condiciones de lubricación límite, las otras velocidades pueden romper la película por lo que se deben emplear aceites de mayor viscosidad y propiedades adhesivas.

Las bajas velocidades ofrecen un desarrollo más difícil de las películas hidrodinámicas, por tanto, son necesarios aceites de mayor viscosidad para garantizar la separación de las superficies.

5. **Temperatura:** La temperatura afecta, fundamentalmente, de tres formas al lubricante:

- a. Con elevadas temperaturas, aumenta el grado de oxidación y deterioro.
- b. Si la temperatura es muy alta puede existir peligro de fuego y serán necesarios aceites con alto punto de inflamación. Debe también considerarse el grado o intensidad de evaporación (aceites con alta volatilidad).
- c. Aumento de la temperatura durante la operación reduce la viscosidad (en aceites) y la consistencia (en grasas), se debe empezar con lubricante de mayor viscosidad o consistencia de forma que cuando se alcance la temperatura de trabajo se tenga el valor requerido en esas propiedades cuando el mecanismo trabaje en un amplio rango de temperaturas se requiere lubricante con elevado índice de viscosidad.

6. **Método de aplicación:** El método de aplicación debe ajustarse a las condiciones de operación y al lubricante que se va a emplear, en otras palabras, debe ser el idóneo para ser aplicado a la superficie de trabajo y de cumplir su función cuando llegue al punto de contacto. Este aspecto, aunque obvio, es a menudo pasado por alto. El grado de estabilidad requerido varía con la prolongación del tiempo que el aceite esté en uso. (Si la renovación se producirá en un intervalo corto=aceite con estabilidad inferior, cuando el intervalo de renovación es largo se requiere mayor estabilidad y untuosidad).

7. **Otros factores:** Deben tenerse en cuenta la inevitable contaminación del lubricante, naturaleza de los productos que se procesan, limpieza del medio, enfriamiento y costo, etc. Todo lo anteriormente dicho puede resumirse de la siguiente manera:

- a) Para bajas cargas, bajas temperaturas y altas velocidades: lubricante poco viscoso.
- b) Para altas cargas, altas temperaturas y bajas velocidades: lubricante viscoso.
- c) Para variaciones amplias de temperatura de operación: aceite con alto IV.
- d) Para largos períodos de empleo: aceite estable a la oxidación.
- e) Para condiciones de lubricación límite: aceites con aditivos de untuosidad.
- f) Condiciones de lubricación hidrodinámica: aceptable aceite con baja viscosidad.

g) Para cargas muy pesadas o de impacto emplear lubricantes con aditivos EP.

Una consideración cuidadosa de todos estos factores hace posible una lista de las propiedades que un lubricante debe poseer para ser usado.

Desafortunadamente, a veces es imposible combinar todas las propiedades en un solo lubricante y existen muchos casos en que los pasos dados para mejorar una propiedad conducen a un deterioro definido en una o más de las otras propiedades deseables, en tales casos debe llegarse a una solución de compromiso y seleccionar un lubricante que si no satisface el total de requerimientos, cumpla con la mayoría o, al menos, con las especificaciones más importantes sin quedar muy corto con el resto.

La eficacia con que un aceite cumple su función (lubricante, refrigerante, hidráulica, aislante, etc.) depende de su estado de degradación y contaminación que en definitiva condiciona completamente la vida útil de las máquinas.

1.5.8.1. Lubricación con aceite

Un sistema de lubricación con aceite resulta adecuado si los elementos de máquina próximos deben lubricarse con aceite o cuando sea necesario evacuar calor mediante el lubricante. La evacuación de calor puede ser necesaria en el caso de elevadas velocidades de giro, altas solicitaciones a carga o si la aplicación de rodamientos está sometida a calor desde afuera (FAG, 2003).

En la lubricación con aceite por pequeñas cantidades (lubricación con cantidades mínimas), como por ejemplo lubricación por goteo, por neblina de aceite o por aceite y aire es posible dosificar la cantidad de aceite exactamente. Esto ofrece la ventaja de que el rozamiento por chapoteo se evita y el rozamiento del rodamiento puede mantenerse bajo. Al usar aire como medio portante de la lubricación puede conseguirse una alimentación dirigida y una corriente favorable para la obturación.

La lubricación por inyección de aceite con grandes cantidades facilita la alimentación precisa de todos los puntos de contacto en rodamientos altamente revolucionados y una buena refrigeración.

1.5.8.2. Elección del aceite apropiado

Para la lubricación de los rodamientos pueden usarse por regla general aceites minerales o sintéticos. Los más usados son los aceites de base mineral. Estos aceites minerales deben satisfacer como mínimo las exigencias de la norma DIN 51501. Aceites especiales, muchas

veces aceites sintéticos, se emplean en el caso de condiciones de servicio extremas o si las exigencias a la estabilidad del aceite bajo condiciones difíciles (temperatura, radiación, etc.) son elevadas (FAG, 2003).

Aceites especiales, muchas veces aceites sintéticos, se emplean en el caso de condiciones de servicio extremas o si las exigencias a la estabilidad del aceite bajo condiciones difíciles (temperatura, radiación, etc.) son elevadas.

1.5.8.3. Viscosidad del aceite recomendada

El tiempo de funcionamiento a la fatiga alcanzable y la seguridad contra el desgaste son tanto mayores cuanto mejor estén separadas las superficies de contacto por una película lubricante. Ya que el espesor de la capa lubricante aumenta con la viscosidad del aceite, debe elegirse a ser posible un aceite de elevada viscosidad de servicio (FAG, 2003).

Sin embargo los aceites viscosos no sólo presentan ventajas. Al aumentar la viscosidad aumenta el rozamiento del lubricante. A temperaturas bajas e incluso normales pueden aparecer problemas con la alimentación y evacuación del aceite (tapón de aceite).

1.6. Conclusiones parciales del capítulo

- 1- La bibliografía consultada, aporta información sobre los sistemas de reparación y mantenimiento en las máquinas herramientas, pero son escasas las informaciones que aportan sobre defectos y fallos en la rectificadora 3E711B.
- 2- La máquina herramienta se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales, donde existe una clasificación en cuanto a máquinas y maquinarias.
- 3- En las máquinas herramienta el movimiento de las mismas se puede realizar manual o mecánicamente, sin embargo lo más común para poder realizar el movimiento de los órganos de las mismas son las transmisiones mecánicas.
- 4- En la actualidad existen varias clasificaciones de mantenimiento, sin embargo el objetivo fundamental del mismo es realizar un conjunto de actividades que permitan a un componente, equipo o sistema que continúe desempeñando las funciones que se esperan de él, dentro de su contexto operacional.

Capítulo 2: Materiales y métodos

2.1. Introducción

El procedimiento metodológico fundamental para resolver un problema en ingeniería consiste en representarlo de una manera adecuada, de tal forma de lograr una sustitución del sistema real (equipo, proceso), por uno más adecuado para el tratamiento formal. Por lo general, las herramientas lógico matemáticas nos brindan un marco útil para representar mediante un sistema de símbolos y reglas, el comportamiento de los sistemas reales.

En este capítulo se plantea como objetivo: Realizar el defectado de los elementos defectuoso que componen la rectificadora plana modelo 3E711B y a partir de los mismos el establecimiento de las metodologías de su reparación o fabricación.

2.2. Defectado de la máquina herramienta

El Laboratorio de Máquinas Herramientas del ISMMM se construyó como una facilidad temporal mientras se terminaba el taller que acogería estas máquinas, utilizándose paneles prefabricado de interiores, de división de cuartos de edificios multifamiliares y recortarías de acero para cerrar estos paneles. Todo esto provoca que las máquinas herramientas ubicada en el laboratorio estén expuestas a la humedad y el polvo, siendo la rectificadora plana modelo 3E711B (figura 2.1) una de ellas.

Esta máquina no ha sido sometida al cambio de aceite desde su puesta en marcha en el año 1996 soportando el paso del evento meteorológico llama IKE y el Sandy. Durante el paso del primero se perdió el 70 % de la cubierta del laboratorio cayendo parte del tejado y de residuos sólidos sobre ellas, afectando el colector, el motor del separador magnético de refrigerante, además de cableado y las bandejas por donde pasa su instalación. Estando expuesta a las inclemencias del tiempo producto al paso de estos eventos y a la reparación del techado del laboratorio provocando que el aceite se contaminara con agua y se oxidara.

La máquina en su conjunto cinemático presenta las siguientes dificultades:

1. Ausencia de tapa del motor del recolector de viruta del sistema de refrigeración.
2. Ausencia del conducto de evacuación de refrigerante (colector).
3. Mal estado de algunas de las mangueras que permiten el sistema de lubricación y refrigeración y del cableado de la máquina.
4. Vástago del cilindro hidráulico y guías de la bancada con óxidos.
5. Dar mantenimiento a los componentes del sistema hidráulico filtros, tuberías, bombas y cilindro con aceites contaminado.
6. Depósito de refrigerante muy oxidado producto al largo tiempo con agua,
7. No existencia de breque para la conexión del registro hasta la máquina.
8. Cambios de las correas del mecanismo de transmisión principal.
9. Falta de tornillería y existencia de una gran parte en mal estado,
10. Mantenimiento al sistema eléctrico de la rectificadora (panel de control).
Mantenimiento de los relex y botones.
Recuperación de un breque o adaptación de bornes al sistema principal.
8. Reparación y ajuste del dispositivo de la piedra que se coloca en el husillo.
9. Ajuste del sistema de mando de la rectificadora plana (esquema cinemático).
10. Cambio de aceite (del M-5A por uno nuevo que se suministre o se produzca en Cuba).

2.2.1. Herramientas utilizadas en el despiece y ensamble de la rectificadora

Una reparación técnicamente bien realizada dará años de servicio a la rectificadora sin problemas, una reparación efectuada sin tomar en cuenta los aspectos técnicos básicos expresados y tratando de ahorrar gastos necesarios ocasionará pérdidas económicas y de tiempo.

La selección adecuada de las herramientas evitará pérdidas de tiempo durante el arme y desarme de la rectificadora, es necesario plantear que la selección inadecuada o manejo incorrecto de las herramientas ocasionan de forma general pérdida en la geometría de las piezas que han de ajustarse o desarmarse. En la tabla 2.1 se relacionan las herramientas que han de emplearse durante la sustitución de los elementos de la rectificadora.

Tabla 2.1. Herramientas a emplear en el desarme y arme de la rectificadora.

No	Herramientas y accesorios
1	Calibrador palmer o pie de rey.
2	Cinta métrica.
3	Martillo.
4	Nivel de precisión.
5	Cinzel.
6	Escuadra.
7	Llaves inglesas y españolas.
8	Centrapunzón
9	Martillo de goma.
10	Llaves hexagonales.
11	Brocas
12	Tijera de mano.
13	Juego de limas.
14	Juego de Terrajas.
15	Llave de tubo
16	Micrómetro.
17	Lijas

Para el logro de una reparación integrada y confiable se requiere de un proceso cuidadoso de revisión de equipos y sistemas, realizar un diagnóstico de cada operación a ejecutar, lo cual se convierte en un proceso general que busca caracterizar el estado actual y predecir el comportamiento futuro de equipos y sistemas. Para la reparación de la máquina, se tuvo en cuenta diferentes procesos, los cuales se relacionan en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Procesos realizados en la reparación de la rectificadora.

No	Operación
1	Defectado de las piezas
2	Desmontaje de las piezas
3	Mantenimiento de las piezas
4	Corte de las chapas
5	Taladrado
6	Doblado
7	Soldadura
8	Pulido
9	Pintado
10	Llenado de aceite de los depósitos
11	Prueba

Evidentemente, lo anterior constituyen pasos que no pueden obviarse, al contrario, como todo proceso que requiera un “análisis previo”, esto permitirá indagar en que situación se encuentra un sistema en función de un conjunto de estándares deseados. Para la reparación, debe usarse toda la información disponible, es decir, debe incluir el análisis de historial de fallas, los datos de condición y datos técnicos. De esta forma, se podrán identificar las acciones correctivas y proactivas que puedan efectivamente optimizar costos y minimizar el duro impacto de las fallas en todas sus acepciones.

2.3. Material para la construcción del conducto de evacuación de refrigerante

El colector o sistema de desagüe de la rectificadora como es una pieza de poca importancia, es decir, solo recolectará el líquido refrigerante y lo entregará al depósito. Por lo que no es necesario por su principio de trabajo construirlo con un acero de alta calidad por lo que se utilizara un acero de tipo estructural, es decir, una plancha de acero de bajo contenido de carbono. En este caso se ha decidido construir el colector o conducto de evacuación del refrigerante de un acero AISI 1015. En las tablas 2.3 y 2.4 se pueden observar su composición química y algunas de las propiedades de este tipo de acero.

Tabla 2.3. Composición química del acero AISI 1015

C	Si	Mn	P	S	Cr	Fe
0,15	0,25	0,4	0,05		0,4	Balance

Fuente: Software Materiales (1996).

Tabla 2.4. Principales propiedades del acero AISI 1015.

Parámetros	Unidad	Valor
Densidad	Kg/dm ³	7,85
Módulo de elasticidad	kN/mm ²	218
Conductividad térmica	W/m*k	58
Resistencia eléctrica específica	Ohm*mm ² /m	0,11
Conductividad específica de calor	J/(kg*k)	460
Temperatura para el moldeo en caliente	°C	1150 - 850

Fuente: Software Materiales (1996).

2.4. Tecnología de fabricación del colector

Para la construcción del colector de líquido refrigerante de la mesa se utiliza como ya

se planteó anteriormente una chapa de acero AISI 1015 de tres milímetros de espesor, esta se suministra laminada de 4 m de largo por 1,5 m de ancho. De esta se hace necesario cortar en una cizalla una sección de la plancha con un largo determinado por 1,5 mm de ancho y luego se lleva a 805 mm. A esta plancha se le corta una sección de 35 mm por 350 mm en uno de sus laterales. Esta es la parte principal y de mayor tamaño, del resto de la plancha sobrante se corta para conformar las diferentes piezas, para luego soldarse y formar el colector, las mismas pueden ser observadas en los planos de piezas en los anexos. Para reforzar el cuerpo del colector se le suelda en la parte posterior y en la parte delantera angulares de alas iguales de 20 mm.

La plancha más grande es doblada y taladrada para conformar el cuerpo del colector por lo que se hace necesario establecer las metodologías de cálculos de ambos procesos, además del proceso de soldadura para la conformación final del colector.

2.4.1. Tecnología de doblado

Para seleccionar la máquina herramienta necesaria para el proceso de doblado y el tamaño de la pieza para conformar es necesario conocer un grupo de parámetros del proceso como suele ser la fuerza, distancia entre los apoyos, desarrollo de la pieza y otros que exponemos a continuación según (Lobjois, 2004).

1.- Radio mínimo ($r_{\min}$) de la pieza: es el menor radio con que se puede doblar una pieza sin que se produzcan grietas o arrugas. Tecnológicamente es mal útil tener el radio mínimo del punzón.

$$r_{\min} = \frac{h}{2} \left(\frac{1}{\delta} - 1 \right), \text{ mm} \quad 2.1$$

Dónde:

h.- espesor de la pieza, mm

δ .- elongación de rotura, %

2.- Fuerza de doblado (F): fuerza necesaria a aplicar a la pieza para logra el estado plástico total de la deformación de la misma. A través el método de Ohler para $h \leq 3$ mm.

$$F = \frac{\sigma_d b h}{3}, \text{ N} \quad 2.2$$

$$\sigma_d = 3 \sigma_u \quad 2.3$$

Dónde:

b – ancho de la pieza a doblar, mm

σ_u – tensión de rotura del material a doblar, kPa

3.- Momento máximo ($M_{\max}$) para provocar la deformación del estado plástico total en el doblado libre.

$$M_f = \sigma_f \frac{b h^2}{4}, \text{ Nm} \quad 2.4$$

Dónde:

σ_f – tensión de fluencia del material a doblar, kPa

4.- Elongación máxima (E_r).

$$E_r = \frac{h}{2r}, \text{ mm} \quad 2.5$$

Dónde:

r- radio de curvatura de la pieza, mm

5.- Cálculo de desarrollo (L) o dimensión de la chapa a partir de la cual se construye la pieza por doblado.

$$L = a + b + \frac{2\pi\alpha}{360}(r + y) + \frac{2\pi\beta}{360}(r + y) \quad 2.6$$

$$L = a + b + \frac{\alpha}{57.3}(r + y) + \frac{\beta}{57.3}(r + y) \quad 2.7$$

Dónde:

r- radio interior de la pieza, mm

y- línea del plano neutro que no sufre deformación, mm

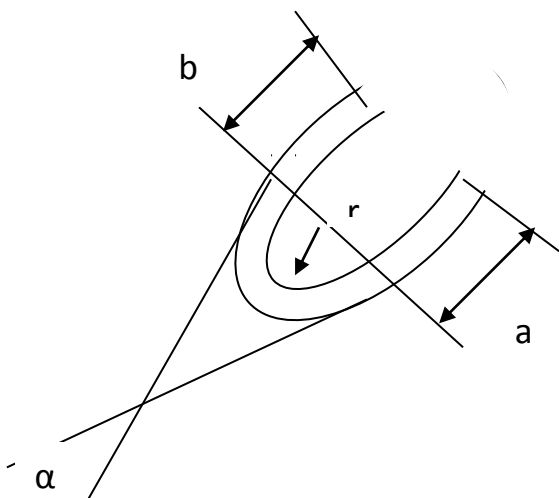


Figura 2.1. Parámetros de la chapa para realizar el desarrollo.

Nota: cuando se da el ángulo interior de la pieza entonces el ángulo (α) se determina como $180 - \alpha$.

La determinación de la línea neutra (y) se realiza en dependencia del espesor de la chapa y el radio de la pieza a través de la siguiente tabla 2.5.

Tabla 2.5.- Relación entre los parámetros de la pieza para determinación de la línea neutra.

r/h	Y
0,2	$0,345 \times h$
0,5	$0,387 \times h$
1	$0,421 \times h$
2	$0,451 \times h$
3	$0,465 \times h$
4	$0,470 \times h$
5	$0,478 \times h$
10	$0,487 \times h$
>10	$0,5 \times h$

El ángulo β se puede determinar por el monograma de la página 186 para valores fijos de α y siempre que se tenga la relación de r/s , también se pueden determinar por las expresiones siguientes.

$$\text{Para } \alpha = 30^\circ \quad \beta = 0,69 \, r/s - 0,23 \, [^\circ]$$

$$\text{Para } \alpha = 60^\circ \quad \beta = 0,64 \, r/s - 0,65 \, [^\circ]$$

Para $\alpha = 90^\circ$ $\beta = 0,434 \text{ r/s} - 0,36 \text{ } [^\circ]$

Para $\alpha = 120^\circ$ $\beta = 0,33 \text{ r/s} - 0,58 \text{ } [^\circ]$

2.4.2. Tecnología de maquinado por taladrado

La pieza más grande del colector que constituye el cuerpo de la pieza presenta 5 orificios de diámetro 8 mm para su fijación en la bancada de la mesa, por lo que se hace necesario establecer los parámetros de corte del proceso.

El método a utilizar es expuesto por un grupo de bibliografías por diferentes autores como (Casillas, 1989), (Manual de corte en frío de los metales, 1980), (Quesada, 1988), (Gerling, 1987), (Sandvik, 2000) Y (Kalpakjian y Schmid, 2007). El método de cálculo que se utilizará para determinar los parámetros de corte se basa en el uso de tablas estandarizadas suministradas por fabricantes de herramientas de corte, método analítico.

La metodología utilizada es la expuesta en el (Manual de corte en frío de los metales, 1981) y se expone a continuación.

1.- Primeramente se determina la herramienta que se va a utilizar en dependencia del equipamiento tecnológico y el material a elaborar y las condiciones en la que se realiza el proceso. En este caso se utilizará una taladradora 2H135 y una broca de material HSS.

2.- Luego se selecciona el avance (S_{rec}) para el taladrado en dependencia de las operaciones, si es de acabado o de desbaste, del tipo de material a trabajar y tipo de herramienta antes seleccionados. Este avance se escoge según la carta C – 2 hoja 1 del (Manual del tecnólogo para el corte de metales en frío, 1981).

3- Luego este avance seleccionado se normaliza por los valores existentes en el pasaporte de la máquina (S_m) que se va a utilizar.

4- Luego se determina la velocidad de corte (V_c) por tablas en dependencia de diferentes factores como son tipo de herramienta que se utiliza y los ángulos de esta, también depende del tipo de operación que se vaya a hacer, si es de desbaste, de semiacabado, de acabado y del material a trabajar. Esta velocidad de corte se escoge según la carta C – 4 hoja 1 del (Manual del tecnólogo para el corte de

metales en frío, 1981). La ecuación que determina la velocidad de corte se puede observar a continuación.

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000}, \text{ m/min} \quad 2.8$$

Dónde:

d- diámetro de la broca a utilizar, mm

n- número de revoluciones de trabajo de la máquina, rev/min

5- Con la velocidad de corte seleccionada se despeja el número de revoluciones (n_{calc}) y se determina por la ecuación 2.9.

$$n = \frac{V \times 1000}{\pi \times d}, \text{ rev/min} \quad 2.9$$

Luego de calcular el número de revoluciones se normaliza (n_{maq}) el mismo por el pasaporte de la máquina herramienta a utilizar.

6- Se calcula la velocidad real (V_r) a partir de la ecuación 2.7 con el número de revoluciones real utilizado por la máquina herramienta.

7- Se calcula la potencia de corte que se necesita para ejecutar la operación y se compara con el de la máquina para ver si se puede efectuar el corte. Esta potencia recomendada se escoge según la carta C – 6 hoja 1 y 3 del (Manual del tecnólogo para el corte de metales en frío, 1981).

$$N_{\text{corte}} = N_{\text{tabla}} * \frac{n_m}{100} * K_n, \text{ kW} \quad 2.10$$

Dónde:

N_{tabla} – potencia de corte recomendada por tabla, kW

K_n – coeficiente de corrección que depende de la dureza del material

8- Se calcula el tiempo de maquinado (T_m), siendo el tiempo de realización de la operación. En este caso para la fabricación del soporte y el colector los taladrados a realizar son pasantes.

$$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{ns}, \text{ min} \quad 2.11$$

Dónde:

s- avance de la máquina, mm/rev

l- longitud de trabajo o del orificio, mm

l_1 - longitud de la herramienta antes de entrar en contacto con la pieza, mm

l_2 - longitud de salida de la herramienta en la pieza, mm

2.4.3. Características de la soldadura a utilizar

La soldadura a utilizar es la de arco eléctrico SMAW, esta permite soldar en todas las posiciones (vertical, horizontal, de cabeza, etc.). Para la soldadura se puede utilizar la gama de electrodos de la serie 60 y 70. Es más recomendable para chapas finas utilizar los de la serie 60 además de que la composición de la chapa es de bajo contenido de carbono.

2.4.3.1. Máquina empleada en la soldadura

La soldadura que se realiza es manual por arco eléctrico y la máquina a emplear modelo mDM - m2 401 ubicada en la parte del Taller de Mantenimiento del Instituto Superior Minero Metalúrgico, la misma es de marca rusa y trabaja con:

Tensión (220 V); intensidad de corriente (96 A); corriente alterna. La intensidad de corriente se regula manualmente hasta (150 A) y se da en dependencia del diámetro del electrodo y del modelo de este. La tensión de trabajo es de 38 V.

2.4.3.2. Pasos a seguir para la soldadura

- Eliminar de la pieza la humedad que posee.
- Limpiar la pieza y dejarla libre de grasa, óxido, polvo y suciedades que imposibiliten su soldadura.
- Utilizar disco abrasivo para eliminar las irregularidades presentes en la superficie, facilitando el depósito del cordón.
- Soldadura de las piezas.
- Limpiar nuevamente la pieza como en el segundo y tercer paso.

2.4.3.3. Tecnología de soldadura

Antes de realizar la soldadura de la pieza es necesario realizar la tecnología de

soldadura y para esto se usa la expuesta por (Fernández et al. 2007). En esta metodología es necesario hacer el cálculo cantidad de electrodo, del costo de la soldadura y consumo en las soldaduras de unión. Los datos utilizados son los expuestos por el autor en las tablas de la 1 a la 4.

1. Cálculo del costo de soldadura: contempla las variables principales, así como la incidencia de cada proceso de soldadura a través de los distintos consumibles que participan y los rendimientos que afectan a cada uno de ellos.

$$C_{sk} = \frac{M}{J} + \frac{C}{D * B} + \frac{G * Q}{D} + \frac{E * U * I}{1000 * D} + \frac{A}{D * B} + F * R \quad 2.12$$

Dónde:

C_{sk} - costo total por kg de metal depositado, (\$)

M- costo del material de aporte, \$/kg

C- costo de mano de obra directa, \$/kg

A- costos indirectos (mano de obra indirecta, segura, flete mecanizado), \$

G- costo del gas de protección, \$

Q- caudal de gas, m³/h

E- costo de la energía eléctrica, \$/kWh

D- velocidad de posición, kg/h

B- Factor de marcha u operatividad, %

J- rendimiento del material o eficiencia del proceso, %

R- relación fundente/alambre, adimensional

A- costo indirecto, \$

El tiempo de servicio al puesto de trabajo será igual (3 – 5) % del tiempo operativo, el tiempo de descanso del obrero se tomara entre (5 – 15) % del tiempo operativo y para el gasto de MOI se toma aproximadamente un 30 % del tiempo operativo, excepto para el tratamiento térmico.

2. Cantidad de electrodo (C_E): .

$$C_E = \frac{(S * L_C)}{10^6} * \delta * 1,2 * p, \text{ kg} \quad 2.13$$

Dónde:

δ - peso específico del material, kg/dm³

L_C - longitud a soldar, mm

S.- área de la sección transversal de la pieza, mm²

p- número de pasadas, adimensional

10⁶ - factor de conversión, adimensional

3.- Cálculo de consumos en la soldadura de unión: la base de cálculo del material necesario para llenar la junta es la determinación de la sección transversal de dicha junta. El valor de la sección S, dependerá, del tipo de junta y chaflán a utilizar.

$$t_0 = \delta * F * L_C / K_H * I, \text{ min} \quad 2.14$$

Dónde:

K_H - coeficiente de depósito que toma valores de (8,9 – 9,5)

I.- intensidad del arco, A

F .- área de la sección transversal del cordón, mm²

Este valor se determina en dependencia de la cantidad de pasadas, para la primera pasada se determina $F_1 = (6-8)d_{electr}$ y para las demás pasadas $F_2 = (8-12)d_{electr}$.

4.- Cálculo del ciclo térmico del arco de soldadura: Durante la soldadura, hay ciclos de calentamiento y enfriamientos no uniformes en la soldadura y en el material base adyacente, lo que causa complejas tensiones térmicas, los esfuerzos resultantes de estas tensiones producen fuerzas internas que causan la contracción del material. Se presentan la contracción transversal en las juntas a tope, cambio angular en la junta tope, cambio angular en una junta en T y distorsión longitudinal en la junta filete.

En los procesos de soldadura por arco eléctrico se manifiestan dos potencias del arco:

1.-Potencia térmica completa (Q_c), es la cantidad de calor necesaria para fundir el metal a soldar se llamará efecto térmico del arco de soldadura.

$$Q_c = 0,24 * k * I_{arco} * U_{arco}, \text{ Cal/s} \quad 2.16$$

Dónde:

0,24.- coeficiente de conversión de las magnitudes eléctrica

U_{arco} - tensión de corriente con que trabaja la máquina, V

K - coeficiente que calcula la influencia que resulta de la sinusoide de las curvas de voltaje y la corriente sobre la potencia del arco

Para corriente directa K = 1

Para corriente alterna K = 0,7 - 0,97

2.- Potencia térmica efectiva (Q_e), es la cantidad de calor expresada en caloría introducido por la fuente de calor a la pieza por unidad de tiempo.

$$Q_e = 0.24 * k * I_{arco} * U_{arco} * \eta, \text{ Cal/s} \quad 2.17$$

Donde:

η .- rendimiento del proceso que toma valores de (0,6 – 0,85)

2.4.4. Tiempos de los procesos tecnológicos (Tpu)

No es más que el tiempo que se invierte en la producción de una unidad, donde no solo se tienen en cuenta los tiempos de maquinado y soldadura, si no los tiempos auxiliares de preparación de la herramienta, limpieza del puesto de trabajo, estudio de la tarea técnica, necesidades personales como la alimentación y otras (Fernández et al., 2004).

$$T_{pu} = T_m + T_{aux} + T_{pt} + T_{dnp} + T_{pco} + T_{pct}, \text{ min} \quad 2.18$$

Donde:

T_m - tiempo de maquinado o soldadura de la pieza, min

T_{aux} – tiempo auxiliar, min

Este tiempo auxiliar se determina por la ecuación 2.23 que mostramos a continuación:

$$T_{aux} = (0,18 \dots 0,25) T_m = 0,25 * T_m, \text{ min} \quad 2.19$$

T_{pt} - tiempo de servicio al puesto de trabajo, min

Este tiempo de servicio al puesto de trabajo se determina como:

$$T_{pt} = (0,04 \dots 0,08) T_m = 0,07 * T_m, \text{ min} \quad 2.20$$

Tdnp - tiempo de descanso y necesidades personales, min

El mismo suele descontarse de la jornada laboral y se obtiene con una relación en por ciento del tiempo de maquinado y se puede observar en la ecuación 2.21.

$$Tdnp = (0,17 \dots 0,25) Tm = 0,25 Tm, \text{ min} \quad 2.21$$

Existen otros tiempos a tener en consideración como el expresado por la ecuación 2.22 y 2.23.

Tpco- Tiempo por causas organizativas, min

$$Tpco = 2\% * Tm, \text{ min} \quad 2.22$$

Tiempo por causas técnicas:

$$Tpct = (1,6 \%) Tm; \text{ min} \quad 2.23$$

2.5. Determinación del ciclo de mantenimiento del equipo

Por ciclo de mantenimiento se entiende la cantidad y secuencia de los diferentes servicios de mantenimiento que se llevan a cabo en un equipo entre dos reparaciones generales, o entre la puesta en marcha y la primera reparación general, en caso de ser un equipo recién instalado. Esto constituye la parte más importante del mantenimiento preventivo, ya que se aprovecha mejor al equipo, hay seguridad en la producción, ahorro de tiempo, de mano de obra, de materiales, entre otros.

Las rectificadoras pertenecen al grupo cinco según Ferrer, (2014) y el ciclo de mantenimiento que se utiliza para este tipo de máquinas herramientas es el siguiente:

9 Revisiones; 6 Reparaciones Pequeñas, 2 Reparaciones Medianas y 1 Reparación General. Organizado de la siguiente forma:

G-R-P-R-P-R-M-R-P-R-P-R-M-R-P-R-P-R-G

Una vez definido el ciclo de mantenimiento hay que definir el tiempo de duración del ciclo y se podrá conocer el tiempo entre dos servicios consecutivos (T_s) y entre dos reparaciones (T_r). Según (Navarrete, 1986) para ello se utiliza las siguientes expresiones 2.24 y 2.25:

$$Ts = \frac{T}{R + P + M + 1}, \text{ en h} \quad 2.24$$

$$Tr = \frac{T}{P + M + 1}, \text{ en h} \quad 2.25$$

Dónde:

Tr.- tiempo entre dos reparaciones, horas

Ts.- tiempo entre dos servicios de mantenimiento (cualesquiera que sean), horas

T.- duración del ciclo, en horas

R.- cantidad de revisiones, unidimensional

P.- cantidad de reparaciones pequeñas, unidimensional

M.- cantidad de reparaciones medianas, unidimensional

Para determinar o elegir la duración del ciclo de mantenimiento, si no poseemos otra información, podemos utilizar la siguiente recomendación expuesta en la tabla 2.6 (Ferrer, 2014):

Tabla 2.6.- Propuesta de duración del ciclo de mantenimiento en dependencia del grupo.

Grupo	Horas entre las reparaciones generales	
1	de 2880	a 5760
2	5760	7200
3	7200	8640
4	8640	11520
5	11520	14000
6	14000	17280
7	17280	20160
8	20160	20600
9	20600	23040
10	23040	25900
11	25900	29800
12	29800	32400
13	32400	36000
14	36000	43200
15	43200	50400
16	50400	57600
17	57600	64800

Continuación

18	64800	72000
19	72000	66400
20	66400	10800
21	100800	15200
22	115200	29600
23	129600	44000

2.5.1. Lubricación de máquinas herramientas

En la mayoría de los casos que aparecen en la práctica, las condiciones de servicio son tales, que los rodamientos no presentan exigencias demasiado elevadas con respecto a la lubricación. Incluso muchos rodamientos funcionan en la zona de rozamiento mixto. Sin embargo, si se quiere aprovechar íntegramente toda la capacidad de los rodamientos, hay que respetar las siguientes indicaciones.

Las grasas, los aceites y los lubricantes sólidos recomendados por los fabricantes de rodamientos satisfacen las especificaciones indicadas a continuación para los lubricantes de rodamientos. Con éstas y una adecuada elección se facilita una lubricación eficaz en una amplia zona de revoluciones y solicitaciones.

Por esta razón el aceite debe elegirse con una viscosidad tal que se consiga una elevada duración a la fatiga, asegurando al mismo tiempo una alimentación suficiente de los rodamientos con aceite.

La viscosidad mínima requerida del aceite lubricante puede determinarse por dos métodos:

1. Método analítico.
2. Método gráfico empleando carta SKF.

Cuando se seleccionan aceites para rodamientos por las condiciones de servicio se realiza por las gráficas que se presentan a continuación según lo expuesto en (FAG, 2003).

Este diagrama de la figura 2.2 permite determinar la viscosidad relativa del aceite a utilizar para la lubricación de una máquina a partir del diámetro medio de los

rodamientos y la velocidad de rotación de los mismos. Son las dos variables de entrada y donde se cortan se obtiene el valor de la viscosidad relativa.

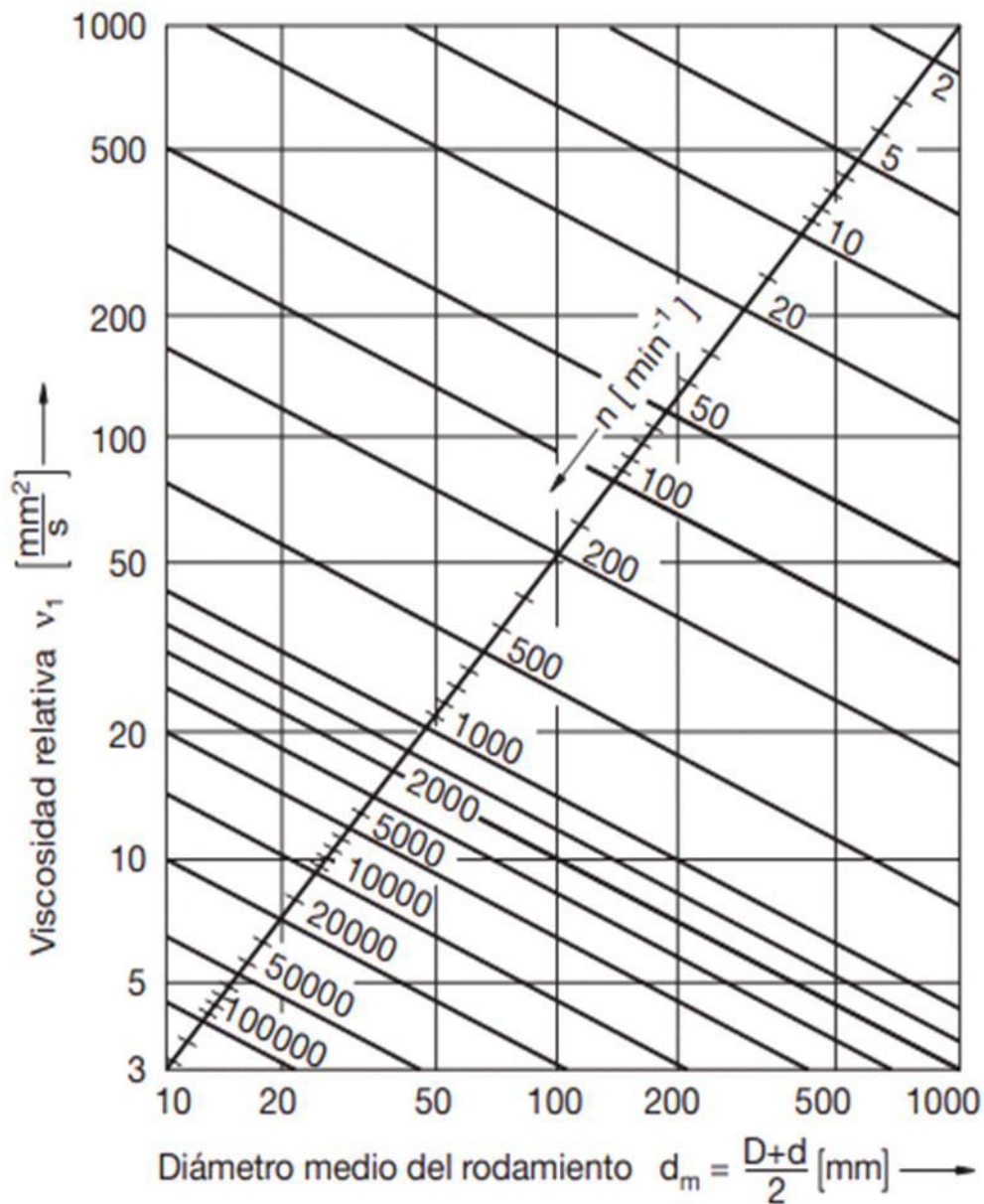


Figura 2.2. Diagrama para determinar la viscosidad relativa.

Si hay varios elementos en una misma máquina que llevan rodamientos y necesitan lubricarse, pero la máquina generalmente utiliza un solo tipo de aceite, debe seleccionarse a partir del rodamiento que menor número de revoluciones trabaje.

Seleccionada la viscosidad relativa en el diagrama anterior, se entra en el siguiente diagrama de la figura 2.3 con este valor y con la temperatura de trabajo del aceite en el equipo, donde se corten estos dos valores se obtiene la curva o el valor de la viscosidad cinemática.

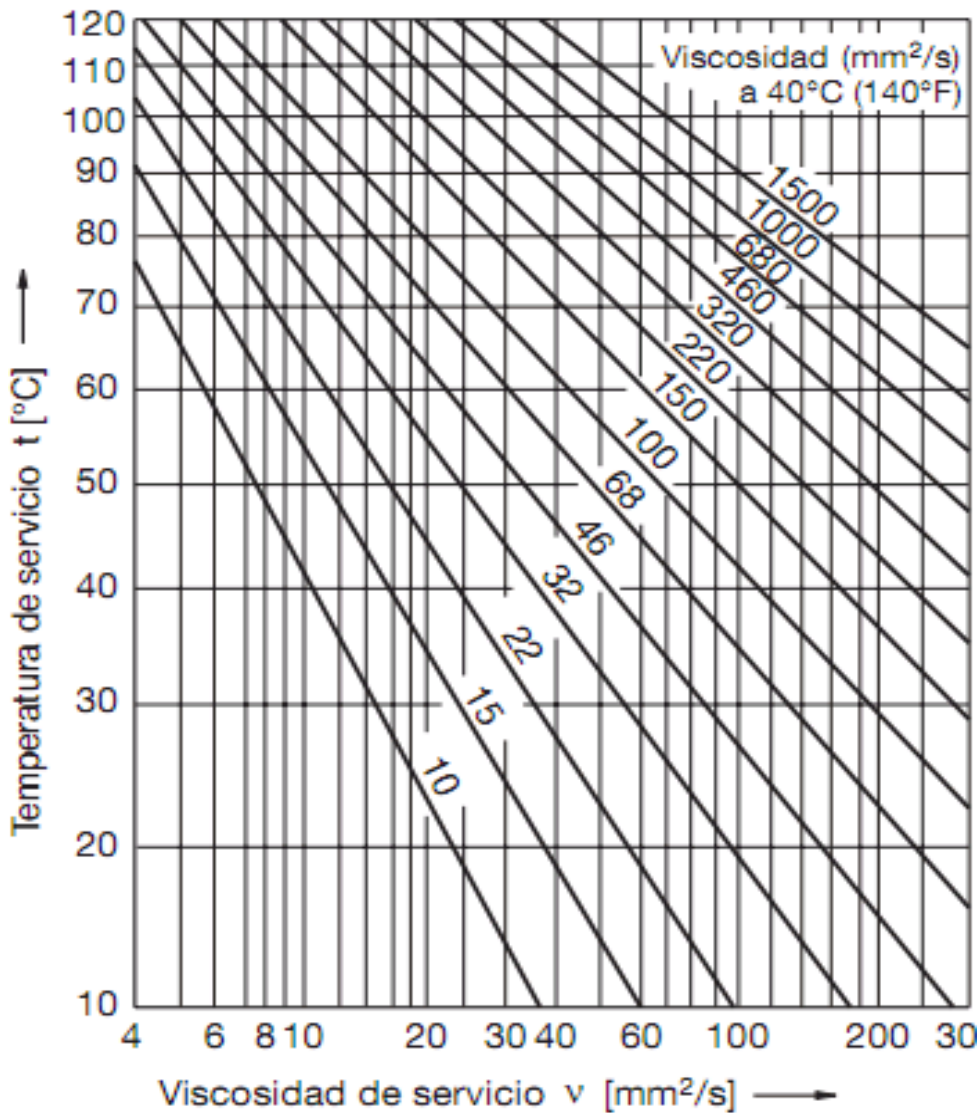


Figura 2.3. Diagrama para la determinación de la viscosidad cinemática.

Obtenido el valor de la viscosidad cinemática se obtiene la clase de viscosidad ISO del tipo de aceite que se necesita en la tabla 2.7, entonces se busca en los manuales de los productores de aceite y se selecciona el tipo de aceite a utilizar en la máquina o equipo.

Tabla 2.7. Determinación de la clase de viscosidad cinemática según norma ISO.

SKF Interactive Engineering Catalogue			
ISO 3448: viscosity classes for lubricating oils			
Viscosity class Kinematic viscosity to ISO at 40 °C			
mm ² /s	mean	min	max
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

2.6. Conclusiones parciales del capítulo

1. Se establece el proceso de defectado de la máquina rectificadoras teniendo en cuenta, las herramientas que se utilizaran el desarme y arme de la misma
2. Se estableció la metodología de cálculo para determinar los diferentes procesos que permitirán realizar las tecnologías de doblado, maquinado y soldadura, así como los tiempos del proceso tecnológico empleado en cada operación.
3. Se establecieron los criterios para el ciclo de mantenimiento de la máquina y la selección del aceite.

Capítulo 3: Análisis de los resultados, valoración económica e impacto medio ambiental

3.1. Introducción

El mantenimiento y la reparación de las máquinas como actividades, constituyen vías para prevenir roturas imprevistas dado que aseguran la fiabilidad de las máquinas durante su explotación. Esto puede traducirse en una reducción de las paradas de las máquinas por la ocurrencia de diferentes tipos de fallos tales como derrames de combustible y lubricantes debido a roturas de tuberías, fracturas de juntas, salideros de estos productos por desapriete o mal ajuste de las uniones, emisiones de gases nocivos a la atmósfera provocados por el mal funcionamiento del sistema de alimentación, accidentes del trabajo.

Al mismo tiempo, durante el cumplimiento de las actividades de mantenimiento y reparación en los talleres se generan residuos y desechos peligrosos que provocan un fuerte impacto sobre el entorno.

El objetivo del capítulo es realizar la valoración de los resultados y a través de ella la fundamentación de los mismos que permitan dar la solución al problema planteado relacionado con la reparación de la rectificadora plana modelo 3E711B.

3.2- Resultados de la tecnología de doblado y maquinado

El colector de refrigerante a construir, como se ha plantado anteriormente, se obtendrá a partir de una chapa por doblado, la sección principal y los refuerzos que se utilizarán para fijar el colector a la máquina. Estas piezas pueden ser observadas en los planos de piezas y en el de ensamble en los anexos, así como sus dimensiones fundamentales.

En (Fedosiev, 1985) en la página 67 aparecen la tensión de rotura (3900 kgf/cm^2) y la tensión de fluencia a la tracción (2500 kgf/cm^2) de los materiales de bajo contenido de carbono, además de la elongación ($\delta = 42 \text{ mm}$). Los principales resultados de los parámetros del proceso de doblado se pueden observar en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Principales parámetros de doblado para la obtención de las piezas del colector.

Parámetros	b mm.	h mm	Y mm	α (°)	B (°)	$r_{\min}$ (mm)	F (kN)	$M_{\max}$ (kNm)	E_r (mm)	L (mm)
Colector	900	3	1,263	90	0,074	1,95	1,053	0,506	0,3	807,4
Soporte CL1-04-02	30	3	1,263	90	0,074	1,95	0,58	0,506	0,5	225,4

Como se puede observar en la siguiente tabla el espesor (h) de la chapa es la misma por lo tanto la línea neutra (Y) se encontrara a la misma distancia. Para realizar las piezas que se encuentran en los planos en anexos es necesario tener los valores de longitud L, es decir su tamaño es mayor que el apreciado por plano y el descrito en el capítulo 2. En estos planos se puede observar que los radios de redondeo de las chapas es de 3 mm.

El doblado se realiza en una dobladora criolla existente en el taller de transporte del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Producto de que las fuerzas y los momentos son pequeños, realizables en esta máquina.

Antes del proceso de doblado de cada chapa debe de practicárseles los orificios que permitirán su fijación en la bancada de la máquina rectificadora. Los orificio a elaborar son de 8 mm de diámetro, la herramienta es de acero rápido (HSS) y se realizara en un taladro 2H135. Los resultados del proceso de corte en las chapas son iguales debido que el diámetro de la broca a utilizar es la misma, se construirán dos soportes (un agujero cada uno) y en la plancha principal del colector (3 agujeros de diámetro 8 mm).

Para la fijación del tubo que posee el colector es necesario elaborar un orificio en la chapa de 45 mm, ver plano de ensamble PE-1-04-0, pero para elabora este orificio se taladra primeramente a 25 mm y luego a 45, los resultados del proceso de corte aparecen en la tabla 3.2.

Antes de realizar el proceso de taladrado se deben trazar los orificios en los lugares que se realizaran, esto lo hace el mismo mecánico que realiza el proceso de taladrado. Para lo cual se usa un centrapunzón, compás, martillo y cal. Primeramente

se pinta la pieza, se mide dónde van los orificios y se traza los orificios con el compás, luego se marca con ayuda del martillo y el centapunzón. Luego se monta en la máquina se fija con un dispositivo y se taladra.

Tabla 3.2. Valores de determinados parámetros para el cálculo del proceso de corte.

Diámetro	K_n	N_{tabla} (kW)	L (mm)	L_1 (mm)	L_2 (mm)	L_{Total} (mm)
8 mm	0,75	0,45	3	2,5	1	6,5
25 mm	0,75	8,2	3	8,1	2	13,1
45 mm	0,75	0,28	3	14	3	20

Los valores de L_1 y L_2 expuestos en la tabla 3.2 son extraídos de la tabla 39 de la página 54 de Quesada, (1988).

Tabla 3.3. Principales parámetros de proceso de corte de taladrado del colector.

Diámetro	S_{rec} mm/rev	S_m mm/rev	t mm	i	V_c m/min	n_{calc} rev/min	n_{maq} rev/min	V_r m/min	N_c kW	Tm min
8 mm	0,16	0,14	3	5	18	716,56	710	17,8	0,28	0,09
25 mm	0,3	0,28	3	1	21	278	250	19,6	1,55	0,19
45 mm	0,32	0,28	3	1	28	198,6	180	25,4	2,62	0,4

Todos los valores de potencia calculados (N_c) son inferiores a los valores de potencia de la máquina taladradora 2H135 (ver anexos) que es de 4 kW por su eficiencia que es de 0,8 %, es decir, son inferiores 3,2 kW. Los orificios se pueden efectuar sin dificultad.

Estos parámetros son utilizados para elaborar la carta tecnológica de la pieza por taladrado, que puede ser observada en los anexos al final del trabajo y para su posterior elaboración de la pieza en la máquina herramienta.

3.3.- Resultados del proceso de soldadura del colector

El colector para su fabricación está compuesto por varias piezas, las mismas pueden observarse en los planos al final del trabajo, en los anexos. Estas piezas deben ser ensambladas por soldadura para lo cual debe seleccionarse el electrodo y los diferentes parámetros del proceso.

3.3.1. Tipo de electrodo seleccionado para la soldadura

El electrodo utilizado para la soldadura es de tipo SFA 5,1 según Norma ASME; en norma AWS es el A 5,1; en general es más conocido como E 6013. Este electrodo posee revestimiento a base de dióxido de titanio (rutilo), para la soldadura en todas posiciones incluyendo la vertical descendente. Tiene buena penetración con un facilísimo encendido y reencendido lo que hace el electrodo ideal para trabajos sobre lámina delgada. Electrodo para propósitos generales. Fabricación de carrocerías, cajas de volteo, depósitos de láminas, dispositivo agrícola y herrería en general (Fernández et al., 2008).

Este electrodo posee las siguientes características según (Fernández et al., 2008):

Excelente funcionamiento en la posición vertical descendente, fácil encendido y reencendido del arco. La escoria normalmente se desprende sola, soldadura de muy baja salpicadura, dejando cordones de impecable apariencia. Gran aceptación por los soldadores por sus originales características. Las propiedades mecánicas, su composición química y dimensiones pueden ser observadas en la tabla 3.3, 3.4 y 3.5.

Tabla 3.3. Propiedades mecánicas según AWS.

Resist a la tensión	Límite elástico	Elongac en 50 mm
4230 kgf/cm ² 60 000 PSI	390 kgf/cm ² 48 000 PSI	17%

Tabla 3.4. Composición química del depósito.

C	Mn	S
0,09	0,43	0,01

Tabla 3.5. Medidas disponibles del electrodo AWS E 6013 a utilizar.

Electrodo	Ø X L (mm)	3,2 x 356
Amperaje	A	90-125

3.2.2. Resultados del proceso de soldadura

Como se ha explicado anteriormente el colector se construye a partir de varios elementos, tubo, dos soportes, dos chapas pequeñas (tapas), una grande que es la principal (colector) y 4 angulares de alas iguales de 20 mm. De este último se coloca uno al frente con dimensión de 340 mm y tres de atrás de refuerzo de 590 mm. Esto

puede observarse en los planos de piezas y de ensamble en los anexos, por lo que se determinan los principales parámetros del proceso de soldadura, para la elaboración de la carta tecnológica y su posterior fabricación. El material a utilizar es acero AISI 1015, teniendo como $\delta = 7,85 \text{ kg/dm}^3$.

A continuación en la tabla 3.6 y 3.7 se muestran los resultados de la metodología expuesta en el capítulo 2 en epígrafe 2.4.3.3.

Tabla 3.6. Resultados del proceso de soldadura.

Soldadura	Lc (mm)	S (mm ²)	C _E (kg)	F(mm ²)	k _h	I (A)	t _o (min)
Tapas	680	6	0,039	2,56	0,85	110	16,8
Soporte	448	9	0,038	2,56	0,85	110	9,62
Tubo	153,86	9	0,0134	2,56	0,85	110	4,04
Angular frente	340	9	0,019	2,56	0,85	110	8,4
Angular refuerzo trasero	1750	9	0,15	2,56	0,85	110	46,5
Total			0,2594				85,36

La longitud de los refuerzos es inferior a la longitud total de ellos, debido a que no es necesario soldarlo completamente pues su única función es de reforzar la plancha opar que en caso de esfuerzos no se deforme. Como el electrodo es el mismo se mantiene constante los valores de intensidad y k_h. En el trabajo de soldadura para la conformación del colector se gastaran 0,2594 kg de electrodos y se invertirá un tiempo de 1hora 25 minutos y 36 segundos.

Tabla 3.7. Resultados del costo de soldadura y potencia termica

C _{sk} (\$)	K	η	Q _c (Cal/s)	Q _e (Cal/s)
125,69	0,9	0.8	902,88	767,45

Como se puede ver el costo total de la soldadura es de 125,69, se calculó para la fabricación del colector completo y los valores de Q_c y Q_e igual ya que no varía la corriente de la máquina, ni la tensión, ni los factores para cada caso de la soldadura.

3.3.- Tiempos de la tecnología de maquinado

Que es necesario determinar cuánto tiempo se invierte en la producción de una unidad, ya que este valor es de gran importancia para formar los costos de producción. Los valores de estos tiempos se pueden determinar por operación o por pieza, en este caso se realizan por su comodidad por pieza. Estos tiempos expuestos en el capítulo 2 epígrafe 2.4.4 se pueden observar a continuación. Los resultados pueden ser observados en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Tiempo por unidad para fabricación de piezas.

Tiempo	T_m (min)	T_a (min)	T_{pt} (min)	T_{drip} (min)	T_{pco} (min)	T_{pct} (min)	T_{pu} (min)
2 Soporte	0,036	0,009	0,003	0,009	0,0007	0,0006	0,0583
Colector	0,644	0,161	0,051	0,161	0,0128	0,0104	1,0402
Soldadura del colector	85,36	21,34	6,823	21,34	1,7072	1,366	137,936
TTotal							139,035

El tiempo total para la construcción de un colector para la rectificadora plana es de 139,035 min.

3.3. Propuesta del ciclo de mantenimiento y sus tareas

A partir de lo expuesto en el capítulo dos del ciclo de mantenimiento se obtiene la estructura del mismo, el cual puede ser observado en la figura 3.1. El tiempo del ciclo de mantenimiento (T) según (Ferrer, 2014) pertenece al grupo 5 de la tabla 2.2, siendo de 11.520 a 14.000 horas, en este caso se toma el menor valor.

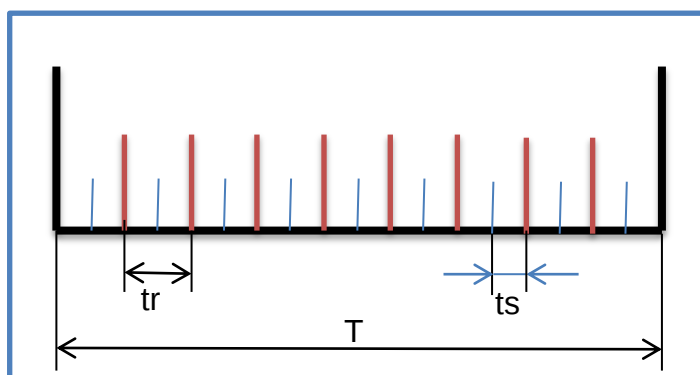


Figura 3.1. Estructura del ciclo de mantenimiento para la rectificadora plana modelo 3E711B.

El resultado del tiempo entre dos servicios de mantenimiento es de $t_s = 640$ horas y el tiempo entre dos reparaciones $t_r = 1.280$ horas. Es decir la primera intervención a la máquina rectificadora se realizará a las 640 horas de trabajo y la primera reparación se hará a las 1280 horas de trabajo de la máquina.

3.3.1. Acciones a realizar en cada operación de este ciclo de mantenimiento

Las acciones a realizar en este ciclo de mantenimiento son:

En las **revisiones**: se comprobara el estado de equipo y se determina los preparativos que hay que hacer para la próxima reparación.

- ❖ Comprobación del funcionamiento de los mecanismos de transmisión de la rectificadora.
- ❖ Comprobación del sistema de lubricación, el sistema hidráulico y limpieza de los filtros.
- ❖ Comprobación de las holguras de los mecanismos, es decir entre la mesa y la bancada, entre la columna y el cabezal donde se encuentra el husillo, huelgo de la bomba de refrigerante y del sistema hidráulico general.
- ❖ Comprobación del grado de desgaste de las partes y piezas.
- ❖ Limpieza de todas las partes de la máquina rectificadora.

En la **reparación pequeña**: en esta se realiza el mínimo volumen de trabajo en un tipo de reparación preventiva, es decir es una reparación para prevenir posibles defectos en el equipo. Durante la reparación pequeña el equipo no funciona y se realizan los siguientes trabajos:

- ❖ Desmontaje parcial del equipo, es decir, desmontaje del cilindro y de la bomba del sistema hidráulico.
- ❖ Limpieza del equipo en forma general, limpieza de las piezas de los mecanismos desmontados Comprobación de las holguras de los árboles del husillo con los rodamientos, de las bombas y cilindro hidráulico, sustitución de los cojinetes desgastados y regulación de los otros.
- ❖ Sustitución de los elementos de fijación rotos, destruidos por la oxidación y desgastados (tornillos, tuercas y otros).

- ❖ Comprobación del aislamiento de los motores y si es necesario sustitución de los mismos.
- ❖ Comprobación o cambio de los límites de posición.
- ❖ Comprobación de la fijación y el sistema de anclaje.
- ❖ Engrase de las transmisiones mecánicas que permiten el desplazamiento manual de la misma. si alguna en mal estado se construye y se sustituye.
- ❖ Determinar las piezas que exigen de su sustitución en la próxima reparación.
- ❖ Se anota los problemas no resueltos y que se resolverán en la próxima intervención.
- ❖ Prueba de marcha del equipo sin carga, comprobación de los niveles de ruido, vibración y del calentamiento y luego se comprueba con carga.

En la **reparación mediana**: es la reparación durante la cual se realizan los mismos trabajos de la reparación pequeña y los siguientes:

- ❖ La rectificadora se desmonta parcialmente.
- ❖ Se sustituyen las paletas bomba, los sellos del cilindro.
- ❖ Se comprueba los huelgos de las transmisiones mecánicas, de desplazamiento de la mesa y el cabezal, se eliminan posibles problemas de alineación de los diferentes elementos de la máquina.
- ❖ Se cambia aceite del sistema.
- ❖ Se da cepillo y se pinta las partes oxidadas de la máquina.
- ❖ Se determinan las piezas a sustituir en la próxima reparación planificada.

En la **reparación general**: es la reparación planificada de máximo volumen de trabajo durante la cual se realiza el desmontaje total de la rectificadora plana, se realizan las operaciones previstas en las reparaciones medianas, las de sustitución o reparación de todas las piezas y todos los mecanismos desgastados, así como la reparación de las piezas básicas y si es necesario la sustitución completa de las piezas de recambio de la rectificadora plana.

3.3.2. Sección del tipo de aceite

La máquina debe arrancar con sus componentes en óptimo estado y con nuevo

lubricante (un excelente historial ayuda a que esto no sea indispensable) y el lubricante debe haber realizado el ciclo de lubricación dentro de la máquina varias veces, pasando por la bomba, las piezas lubricadas y los filtros.

Para la selección del tipo de aceite se hace necesario conocer los tipos de rodamiento que posee el sistema hidráulico, específicamente de la bomba y de los rodamientos de cabezal de la máquina rectificadora que van a ser lubricados, también debe conocerse su velocidad de rotación. Los tipos de rodamientos se exponen a continuación.

Rodamientos del cabezal: designación 33211 (Rodamiento de rodillo cónico)

$D = 100 \text{ mm}$

$d = 55 \text{ mm}$

$B = 35 \text{ mm}$

Designación: 6211 (Rodamiento rígido de bolas)

$D = 100 \text{ mm}$

$d = 55 \text{ mm}$

$B = 21 \text{ mm}$

Rodamientos de la bomba: designación 6204 (Rodamiento rígido de bolas)

$D = 47 \text{ mm}$

$d = 20 \text{ mm}$

$B = 14 \text{ mm}$

Según la metodología expuesta en el capítulo 2 para la selección del tipo de aceite, primeramente hay que determinar la viscosidad relativa del mismo según diagrama expuesto en la figura 2.2 del capítulo 2 los valores obtenidos se pueden observar en la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Determinación de la viscosidad.

Rodamiento	$D_m \text{ (mm)}$	$n \text{ (min}^{-1}\text{)}$	$v_1 \text{ (mm}^2\text{/s)}$
33211	77,5	2300	12
6211	77,5	2300	12
6204	33,5	1000	28

Después de determinada el tipo de viscosidad relativa se busca la viscosidad de

funcionamiento con que deben funcionar estos rodamientos en el diagrama de la figura 2.3, y así se determina el tipo de grado ISO que debe poseer el aceite en la tabla 2.7 del capítulo 2. Como resultado del análisis de los diagramas se obtuvo el tipo de grado ISO a utilizar por cada rodamiento que puede ser observada en la tabla 3.7.

Tabla 3.10. Determinación del grado ISO para la para la selección del tipo de aceite.

Rodamiento	Temperatura (°C)	Viscosidad de funcionamiento (mm ² /s)	Grado de viscosidad ISO
33211	50	17	ISO VG 22
6211	50	17	ISO VG 22
6204	50	38	ISO VG 46

Selección del tipo de aceite.

La selección del tipo de aceite se parte de los grados ISO obtenidos en la tabla 3.7. Este valor del grado ISO se busca en los catálogos de lubricantes de la CASTROL de la serie HYSPIN AWS, que son productos formulados a partir de aceites básicos minerales cuidadosamente seleccionados a los que se le adiciona un grupo de aditivos antioxidantes, anticorrosivos, antidesgaste y antiespumantes cuya viscosidad cubre un rango desde el ligero HYSPIN AWS 10 para uso en equipos que funcionen a altas velocidades, hasta el Hypsin AWS 150 para aplicaciones más pesadas incluyendo trabajos con grandes cargas soportadas durante largos períodos.

Aplicaciones.

Los CASTROL HYSPIN AWS son aceites de alto rendimiento que se utilizan en sistemas hidráulicos donde no existan grandes diferencias de temperatura tanto a lo largo del sistema, como ambientales. Aplicables en bombas hidráulicas de paleta tipo Vickers. También se utilizan como aceites de uso general en sistemas hidráulicos.

Niveles de rendimiento.

- DENISON HF-2
- US STEEL 127
- DIN 51524, parte 2
- BS 5063 HM

El aceite seleccionado es de la serie el HYSPIN AWS con grado ISO 46 de la firma CASTROL. Las principales descripciones técnicas típicas de este tipo de aceite AWS 46 aparecen a continuación.

Gravedad específica 15 °C - 0.87

Viscosidad a 40 °C, cSt - 46

Índice de viscosidad - 95

Punto de inflamación °C (CC) - 220

Punto de congelación °C -- 21

FZG (A/8.3/90) - 12

3.3.3. Reparación de la máquina rectificadora Modelo 3E711B

La máquina es sometida a una reparación mediana en la cual se limpia el depósito y se cambia el aceite hidráulico, se limpian los filtros y el visor de aceite. Se sustituyen los tornillos desgastados o que han perdido su cabeza por oxidación, al igual que las tuercas y se ponen los que faltan (24 tornillos). Se sustituye la corre que va desde el motor al husillo de la máquina.

Se limpia con lija y se ajusta el husillo, luego monta la muela abrasiva balanceada. Se revisa el cilindro hidráulico y se pasa una lija fina a partes del vástago con pequeñas películas de óxido. Se comprueba los huelgos de la mesa, del cabezal y se ajustan.

Se limpia el depósito de refrigerante, se raspa, se pasa cepillo de acero y se pinta. Se desarma el visor de refrigerante y se limpia, luego se vuelve a montar. Se cambia la tapa de protección del ventilador y la bornera del motor de la bomba de refrigerante. Se sustituye una de las mangueras y se conectan al depósito, y al dispositivo que entrega el refrigerante. Se construye un colector de refrigerante y se monta en la máquina.

Se sustituyen los protectores de los cables eléctricos en mal estado que une el armario eléctrico con demás partes del equipo, utilizando unas mangueras polietileno. A partir de dos breques en mal estado se recupera uno, quitando algunos componentes en mal estado y sustituyéndolo por el del otro en buen estado. Se pica

con un disco un soporte de un estante haciéndose dos canaletas y se suelda entre la canaleta principal y el borde del techo para tirar el cableado de las máquinas cumpliendo las exigencias de seguridad contra incendio y personal. Se sustituyen dos botones del panel de control en mal estado. Se hace la conexión de la máquina rectificadora a la red eléctrica.

3.4. Valoración económica

Para valorar la reparación de la máquina rectificadora es necesario determinar los costos producto de la fabricación, los materiales y mano de obra que participan en el proceso. En las tablas 3.1 y 3.2 aparecen los costos por maquinado de las piezas.

Tabla 3.11. Costo de fabricación del colector de la rectificadora por taladrado.

Tipo de material	Precio (CUC*kg)	Peso del semiproducto (kg)	Costo (\$*kg)
Acero AISI 1015	2,37	17,11	40,55
Operario	Tarifas (\$/h)	Tiempo efectivo (h)	Costo (\$*h)
Mecanico de taller A	2,99	0,12	0,3588
Salario Básico (Sb) =suma de los costos = \$0,3588			
Aporte a la seguridad social	Gastos Indirectos		
Ss =0,09 (Sb+Sc) = \$ 0,0032	\$ 1,72		
Salario complementario (Sc)=0,1*Sb= \$ 0,03588			
Máquinas	Tiempo trabajo (h)	Potencia máquina (KW)	Energía consumida (kW*h)
Taladro	0,12	4	0,48
CTaladro =0,24*Ec = 0,1152	Costo de la energía eléctrica Ce = Ctaladro = \$ 0,1152		
Costo Total	CT = Sb+Sc+Ss+Ce+Gi= 40.6659 CUC + 2.39788 CUP		

Se fabrican dos soportes por lo que los valores del costo van a ser el doble de los calculados.

Tabla 3.12. Costo de fabricación de los soportes del colector por taladrado.

Tipo de material	Precio (CUC*kg)	Peso del semiproducto (kg)	Costo (\$*kg)
Acero AISI 1015	2,37	0,102	0,242
Operario	Tarifas (\$/h)	Tiempo efectivo (h)	Costo (\$*h)
Mecanico de taller A	2,99	0,051	0,153
Salario Básico (Sb) =suma de los costos = \$0,153			
Aporte a la seguridad social	Gastos Indirectos		
Ss =0,09 (Sb+Sc) = \$ 0,015	\$ 1,72		
Salario complementario (Sc)=0,1*Sb= \$ 0,0153			
Máquinas	Tiempo trabaio (h)	Potencia máquina (KW)	Energía consumida (kW*h)

Taladro	0,051	4	0,204
CTaladro = $0,24 \cdot Ec = 0,049$	Costo de la energía eléctrica $Ce = C_{taladro} = \$ 0,049$		
Costo Total	CT = $Sb + Sc + Ss + Ce + Gi = 0,291 \text{ CUC} + 1,9 \text{ CUP}$ Pra dos piezas CT = $0,582 \text{ CUC} + 3,8 \text{ CUP}$		

El proceso de maquinado en la taladradora más el gasto de material para la construcción del colector es de 41,2479CUC y 6,198 CUP.

Como hemos visto el costo del proceso de soldadura, es decir de la unión de las diferentes piezas ya se determinó en el epígrafe anterior 3.2.2 y es de 125,69 pesos. En la tabla 3.13 aparecen los costos por concepto de materiales utilizados en la reparación de la rectificadora plana modelo 3E711B.

Tabla 3.13- Costo de los elemento utilizados en mantenimiento de la prensa.

Elementos	U/M	Cantidad	Costo unitario (CUC)	Costo total (CUC)
Pintura verde	L	1	3,97	5,79
Lija	U	3	0,54	1,62
Espray lubricante	U	1	5,09	5,09
Espray teneclin	U	1	5,36	5,36
Correa	U	1	6,12	6,12
Teipe goma	U	1/2	6,57	3,285
Tornillos M 6	U	24	0,153	3,672
Aceite AWS 46	L	208	2,361	680
Aceite soluble	L	10	1,70	17
Presillas metálicas para mangueras	U	2	0,54	1,08
			Total	729,017

Para cubrir las operaciones a realizar durante el mantenimiento de la rectificadora se necesita de un personal calificado. Los mismos se pueden apreciar son:

Tabla 3.14- Costo de salario utilizados en la modernización de la prensa.

Operarios	Tarifa horaria CUP	Cantidad	Total
Técnico eléctrico	2,75	16	44
Mecánico	2,68	30	80,4
Ingeniero mecánico	3,15	8	25,2
		Tota	149,6

El costo total de la reparación mediana a realizar a la rectificadora plana modelo 3E711B es de 770,2649 CUC y 281,488 CUP, que el instituto se ha ahorrado por

concepto de contratación a otra empresa más el plus de ganancia.

3.5. Impacto ambiental

Para determinar impacto medioambiental se analizan las incidencias que tienen los lubricantes residuales en la ejecución del mantenimiento a los turbogeneradores y el ruido asociado con el funcionamiento de estos equipos.

Los residuos de los lubricantes utilizados conllevan a graves daños producto a la contaminación para el hombre y la naturaleza, los aceites usados constituyen un residuo peligroso, el que puede provocar graves daños medioambientales, ya que estos aceites conservan gran parte de los hidrocarburos que contenían previamente a su uso. En muchos países del mundo, tenemos el problema de los residuos de los aceites utilizados para la lubricación de los equipos.

Si se vierten a las aguas, bien directamente o por el alcantarillado, el aceite usado tiene una gran capacidad de deterioro ambiental. En el agua produce una película impermeable, que impide la adecuada oxigenación y que puede asfixiar a los seres vivos que allí habitan.

Como vemos uno de los puntos ambientales donde puede producirse una polución muy importante es en el agua. El lubricante usado que se pierde de los mecanismos, se elimina a través de desagües y alcanza las capas freáticas. El vertido de aceite usado en los cursos de aguas deteriora notablemente la calidad de las mismas, al ocasionar una capa superficial que impide la oxigenación de las aguas y produce la muerte de los organismos que las pueblan.

A estas dificultades debemos añadir los riesgos que implican las sustancias tóxicas contenidas en los aceites usados, vertidos en el agua que pueden ser ingeridas por el hombre o los animales.

La realidad práctica de una acertada estrategia ambiental en condiciones del necesario desarrollo sostenible demanda, tal como reclama la nación cubana, la inmersión armónica de múltiples instrumentos políticos y científicos, tecnológicos, jurídicos, educativos y de gestión, en un sistema integrado, en el cual todos sus

componentes se interrelacionen e influyan mutuamente.

Contaminación acústica.

Este término hace referencia al ruido cuando éste se convierte en un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para las personas, llegando también a afectar a poblaciones de animales.

El ruido puede clasificarse por su duración, intensidad, regularidad, impacto (rapidez con que se eleva la intensidad) o fluctuación, entre otros factores. Existe contaminación acústica natural, como la producida por las erupciones volcánicas, las emanaciones violentas de los géiseres, la corriente de un río o el ruido de una colonia de gaviotas, entre otros ejemplos.

El ruido se mide en decibelios (dB); los equipos de medida más utilizados son los sonómetros. Un informe publicado en 1995 por la Universidad de Estocolmo para la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 dB como el límite superior deseable, si bien las molestias generalizadas en la población ocurren a partir de los 85 dB. Entre 0 y 20 dB se considera que el ambiente es silencioso; hasta 60 dB se considera que hay poco ruido; entre los 80 y los 100 dB se considera que el ambiente es muy ruidoso; y sobrepasando este umbral el ruido se hace intolerable.

Existen medidas destinadas a mitigar o disminuir el nivel de inmisión de ruido (el ruido que recibimos) en zonas donde éste es excesivamente alto. Los turbogeneradores, por su interacción con el medioambiente, es bueno destacar que existe un nivel de ruido alto respecto a las normas internacionales establecidas por el banco mundial sobre medio ambiente, salud y seguridad. Por lo que si no se utilizan los medios de protección adecuados pueden producir daños severos a la salud humana.

Los niveles máximos admisibles de ruido y los aspectos de protección contra el ruido, constituyen los requisitos higiénicos sanitarios que habrá de observarse en los puestos y locales de trabajo, con el objetivo de disminuir los efectos nocivos del ruido sobre los trabajadores que desarrollan su actividad laboral en los mismos

3.7 Conclusiones parciales del capítulo

1. El proceso de corte satisface las máquinas seleccionadas, constituyendo la información para la confección de las cartas tecnológicas
2. Se estableció el ciclo de mantenimiento y las tareas a realizar en cada una de las reparaciones
3. El costo total de la reparación mediana a realizada a la rectificadora plana modelo 3E711B es de 770,2649 CUC y 281,488 CUP.
4. Se ha expuestos los principales elementos contaminantes que pueden afectar el medio ambiente en este trabajo de reparación.

Conclusiones generales

1. Se estableció el proceso de corte y de soldadura constituyendo la información para la confección de las cartas tecnológicas y la fabricación del colector de la rectificadora.
2. Se seleccionó el aceite a utilizar de tipo AWS 46 para la máquina rectificadora modelo 3E711B, realizándosele una reparación mediana y estableciendo el ciclo de mantenimiento con las tareas a realizar en cada intervención.
3. El costo total de la reparación mediana realizada a la rectificadora plana modelo 3E711B es de 770,2649 CUC y 281,488 CUP por concepto de mantenimiento.

Recomendaciones

- 1- No violar el ciclo de mantenimiento de la máquina rectificadora y en esta primera etapa cambia el aceite en la próxima reparación pequeña para evitar la contaminación del aceite y posibles daños al equipo. Pues pueden quedar suciedades producto al largo tiempo sin uso de la máquina.
- 2- La máquina de usarse poco debe de conservar las partes móviles con una película de grasa sólida para evitar la oxidación ya que se encuentra expuesta a la humedad y al polvo por el local encontrarse abierto.
- 3- Tener cuidado y aplicar las medidas de protección personal a la hora de trabajar en la máquina rectificadora.

Referencias Bibliográficas

1. Byrne, G.; Dornfeld, D., y Denkena, B. "Advancing cutting technology," CIRP Annals- Manufacturing Technology, vol. 52, pp. 483-507, 2003.
2. Callister, W. *Materials Science and Engineering. An Introduction*. Fifth Edition. Department of Metallurgical Engineering. University of Utah. John Wiley & Sons, Inc., 2002. 8195 pp. ISBN 0-471-32013-7.
3. Casillas, A. L. *Cálculos de Taller*. Editorial Científico Técnica, Ciudad de la Habana, Cuba, 1989.
4. CASTROL. HYPIN AWS catalog. 2012.
5. Domínguez Ferrer, Eduardo: *Teoría del corte de los metales*. Editorial Pueblo y educación, ciudad de la Habana, 1987.
6. Duffuaa, S; Raouf, A y Dixon, J. *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. México. Editorial Limusa Wiley, 2005.
7. Escaño, J.; Bordons, M.; García, C.; Vilas, C. y Alonso, A., *Control Predictivo basado en Modelo Neuroborroso de un Autoclave Industrial*," in Jornadas de Automática, 2007.
8. FAG. *Lubricación de rodamientos*. Barcelona: TECFA®GROUP. Publ.-No. WL 81 115/4 SB, 2003.
9. Fedosiev, V.I. *Resistencia de materiales*. Editorial MIR, MOSCÚ, 1985.
10. Feliú, S. y Morcillo, M. *Corrosión y protección de los metales en la atmósfera*. Ediciones Bellaterra, Barcelona, 1982.
11. Fernández Columbie, Tomás; Rodríguez González, Isnel y Alcántara Borges, Dayanis. *Electrodos UTP- INFRA para soldadura por arco eléctrico (SMAW)*, ISMM, Moa, 2008.
12. Fernández Columbie, Tomás; Rodríguez González, Isnel; Alcántara Borges, Dayanis. *Tecnología de recuperación de piezas*, Moa 2004.
13. Fernández Columbié, Tomás e Et al. *Proceso Metalúrgico y Tecnológico de la soldadura*. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, 2007.

14. Ferrer Jiménez, B. *Mantenimiento preventivo en reductor de velocidad de grúas indias de extracción de mineral*. Facultad de Metalurgia Electromecánica Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, 2014.
15. Frómeta, Julio y Kovtun, Eugenio. *Reparación de las Piezas Típicas de las Máquinas Herramientas*. Editorial Científico – Técnica, Primera Edición, La Habana, Cuba, 1982.
16. Gerling, H. *Alrededor de las máquinas herramientas*. Editorial Reverté S.A., Barcelona, 1987.
17. Gotz, I., *Conferencias sobre la fiabilidad en máquinas agrícolas*. ISTH Holguín, Cuba, 1988.
18. Hernández Brito, E. *Recuperación del torno C 11 MT del Instituto Superior Minero Metalúrgico*. Facultad de Metalurgia Electromecánica. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, 2012.
19. Ivatsevich, Y; Denischenco, M.; Quesada Estrada, A.; Vázquez, R.; Fuentes, J. *Datos de los Certificados Técnicos de las Máquinas Herramientas. Guía Metodológica*. Instituto Superior Técnico de Holguín, Facultad de Ingeniería, Departamento de TCM, 1988.
20. Kalpakjian, S. y Schmid, S. “*Manufactura, ingeniería y tecnología*” Pearson Educación. ISBN: 970-26-0137-1 Versión en español de la obra “*Manufacturing Engineering and Technology, Fourth Edition*”, 2007.
21. Lobjois, C., *Conformado de las piezas técnicas Equipos, Aplicaciones*. Barcelona España: Ceac, 2004.
22. *Manual del Tecnólogo de corte de los metales en frío*. La Habana. 1981.
23. *Manual de explotación técnica de la rectificadora plana modelo 3E711B*, 1988.
24. Martínez, Federico; Domínguez, Guillermo y Hernández, Fausto. *Tecnología de los Metales II*. Editorial Félix Varela, Ciudad de la Habana, Cuba, 2007.
25. *Materiales. Bohler special steel manual for PC*. Version 1.1. 1996.
26. Mukherjee, I. y Ray, P., *A review of optimization techniques in metal cutting processes*, Computers and Industrial Engineering, vol. 50, 2006.

27. Mikaelian, S., *La fiabilidad de las máquinas*. Tipo de desgaste. Curso de posgrado. Holguín-Cuba. 1988.
28. Navarrete Pérez, Enrique. *Mantenimiento Industrial*. Tomo I, II, III. Editorial ISPJAE, La Habana, 1986.
29. Nikolaev, A. *Máquinas Herramientas*. Editorial pueblo y educación, La Habana, Cuba, 1980.
30. *Normas Cubanas vigentes* NC 02-01-04, NC 01-02-01, NC 02-03-02, NC 02-03-03, NC 02-03-01, NC 02-03-02, NC 02-03-07, NC 02-04-04.
31. Quesada Estrada, Ana M. et al. *Métodos de cálculo de las normas de tiempo de los procesos tecnológicos*. Guía Metodológica. Instituto Superior Técnico de Holguín, Facultad de Ingeniería, 1988.
32. Sandvik coromant. *Productos para el mecanizado del metal, Herramientas para torneear*. Editorial Stibo Graphic, Dinamarca, 2000.
33. Orhan, S., Aktürk, N.; Celik, V., *Vibration monitoring for defect diagnosis of rolling element bearings as a predictive maintenance tool*. Comprehensive case studies NDT&E International. 2006.
34. Zaldívar, M. *El Mantenimiento técnico un reto histórico-lógico en el perfeccionamiento de la actividad gerencial*. Revista Tecnología en Marcha vol 19-1, 2006.

Anexos 1

Características técnicas de la taladradora vertical modelo 2H135 según (Ivatsevich, 1988).

1. Diámetro máximo de los orificios que se labran de acero: 35 mm
2. Rendimiento de la taladradora: 0,8 %.
3. Frecuencia de rotación del husillo en rev/min: 31,5; 45; 63; 90; 125 180; 250; 355; 500; 710; 1 000; 1 400.
4. Avances en mm/rev: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,16.
5. Máxima fuerza axial admisible por el mecanismo de avance de la taladradora: 1 500 kgf (En S.I 15 000 N).
6. Cono en el husillo: Morse 5.
7. Distancia del husillo a la mesa: 750 mm.
8. Potencia del motor eléctrico: 4,0 kW.
9. Dimensiones exteriores de la máquina:
 - Longitudinal: 1245 mm.
 - Ancho: 830 mm.
 - Altura: 2690 mm.
10. Peso de la Máquina: 1450 kg.