



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“REHABILITACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA DE
ELECTROEROSIÓN MARCA TOPEDM Y LA PRENSA DE
EXCÉNTRICA MARCA SMERAL DEL TALLER DE CAD - CAM
DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”**

**FERNÁNDEZ SÁNCHEZ JOSÉ MIGUEL
GRANIZO VALLES BRAYAM ALEXANDER**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-04-19

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**FERNÁNDEZ SÁNCHEZ JOSÉ MIGUEL
GRANIZO VALLES BRAYAM ALEXANDER**

Titulado:

**“REHABILITACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA DE
ELECTROEROSIÓN MARCA TOPEM Y LA PRENSA DE EXCÉNTRICA
MARCA SMERAL DEL TALLER DE CAD - CAM DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Guamán Mendoza
DIRECTOR

Ing. Carlos Álvarez Pacheco
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FERNANDEZ SANCHEZ JOSE MIGUEL

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “REHABILITACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA DE ELECTROEROSIÓN MARCA TOPEDM Y LA PRENSA DE EXCÉNTRICA MARCA SMERAL DEL TALLER DE CAD - CAM DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”

Fecha de Examinación: 2016-12-08

RESUSLTADO DE LA EXAMINACIÓN

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Carlos Álvarez Pacheco ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendariz Puente.
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GRANIZO VALLES BRAYAM ALEXANDER

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “REHABILITACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA DE ELECTROEROSIÓN MARCA TOPEDM Y LA PRENSA DE EXCÉNTRICA MARCA SMERAL DEL TALLER DE CAD - CAM DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”

Fecha de Examinación: 2016-12-08

RESUSLTADO DE LA EXAMINACIÓN

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Carlos Álvarez Pacheco ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendariz Puente.
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud los fundamentos teóricos – científicos y los resultados de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Fernández Sánchez José Miguel

Cédula de identidad: 1721562500

Granizo Valles Brayam Alexander

Cédula de identidad: 060457357-6

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, José Miguel Fernández Sánchez y Bryan Alexander Granizo Valles, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Fernández Sánchez José Miguel

Cédula de identidad: 1721562500

Granizo Valles Brayam Alexander

Cédula de identidad: 060457357-6

DEDICATORIA

Dedico de manera especial este trabajo de titulación a mis padres Miguel Fernández y Julia Sánchez, pues fueron ellos el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mi la base de responsabilidad y deseos de superación, quienes durante mis estudios me apoyaron de manera incondicional en la parte económica y moral para así cumplir con una meta en mi vida.

A mis hermanas por el apoyo que siempre me brindaron durante el transcurso de mi carrera Universitaria.

José Miguel Fernández

El presente trabajo de titulación lo dedico a toda mi familia principalmente a mi padre que ha sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos oportunos y recursos para lograrlo, en el tengo el espejo en el cual me quiero reflejar sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlo cada día más.

A mi madre y mis hermanos que me han ofrecido amor y calidez de familia.

Brayam Alexander Granizo

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de ser profesional y una persona fructífera en la sociedad.

Al Ing. Ángel Guamán Mendoza e Ing. Carlos Álvarez Pacheco, por haberme dado su apoyo incondicional para la elaboración del presente documento, en especial a nuestros compañeros, amigos y personas que de alguna manera nos apoyaron para hacer posible una etapa de nuestras vidas.

José Miguel Fernández

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de la vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Ángel Guamán e Ing. Carlos Álvarez, por brindarme su amistad y asesoramiento del trabajo de titulación, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente documento.

Brayam Alexander Granizo

CONTENIDO

Pág.

1	MARCO REFERENCIAL	
1.1	Tema.....	2
1.2	Antecedentes	2
1.3	Planteamiento del problema.....	4
1.4	Justificación.....	4
1.4.1	<i>Justificación teórica..</i>	4
1.4.2	<i>Justificación metodológica.</i>	5
1.4.3	<i>Justificación práctica</i>	5
1.5	Objetivos	5
1.5.1	<i>Objetivo general</i>	5
1.5.2	<i>Objetivos específicos</i>	6
1.6	Planteamiento de la hipótesis	6
1.6.1	<i>Determinación de variables.</i>	6
1.6.1.1	<i>Tipo de elementos</i>	6
1.6.1.2	<i>Costo de elementos</i>	6
1.6.1.3	<i>Tiempo empleado.</i>	6
2	MARCO TEORICO	
2.1	Maquina electroerosionadora	10
2.1.1	<i>Tipos de dieléctricos.</i>	15
2.1.2	<i>Electrodos.</i>	15
2.1.3	<i>Tipos de mecanizado por electroerosión.</i>	16
2.1.4	<i>Electroerosión por penetración.</i>	16
2.1.5	<i>Electroerosión por hilo.</i>	17
2.1.6	<i>Electroerosión por perforación</i>	19
2.1.7	<i>Aplicaciones y Generalidades</i>	20
2.1.8	<i>Ventajas de la electroerosión</i>	20
2.1.9	<i>Desventajas de la electroerosión.</i>	21
2.2	Prensa de Excéntrica o Troqueladora.....	21
2.2.1	<i>Tipos de prensas.</i>	23
2.2.1.1	<i>Prensa de excéntrica</i>	23

2.2.1.2	<i>Prensa excéntrica de volante frontal</i>	23
2.2.1.3	<i>Prensas excéntricas inclinables</i>	24
2.2.1.4	<i>Prensa de balancín</i>	25
2.2.1.5	<i>Prensa de fricción</i>	25
2.2.2	<i>Tecnología en la fabricación de troqueles</i>	25
2.2.2.1	<i>Diseño de la pieza</i>	25
2.2.2.2	<i>Grado de dificultad de la pieza</i>	26
2.2.3	<i>Mecanizados</i>	26
2.2.3.1	<i>Por arranque de viruta</i>	26
2.2.3.2	<i>Sin arranque de viruta</i>	26
2.2.4	<i>Usos más frecuentes del troquelado</i>	26
2.2.4.1	<i>Curvado y doblado de piezas</i>	27
2.2.5	<i>Embutido</i>	28
2.2.5.1	<i>Estampado y extrusión (forjado, acuñado)</i>	29
2.2.6	<i>Ventajas del troquelado</i>	29
2.2.7	<i>Desventajas del troquelado</i>	30
2.2.8	<i>Clasificación de los troqueles</i>	30
2.2.8.1	<i>Por el proceso de transformación</i>	30
2.2.8.2	<i>Por la operación que realiza la matriz</i>	31
2.2.8.3	<i>Por los ciclos de producción</i>	31

3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.1	Mantenimiento industrial.....	33
3.1.1	<i>Funciones del mantenimiento industrial</i>	34
3.1.1.1	<i>Funciones primarias del mantenimiento</i>	34
3.1.1.2	<i>Funciones secundarias del mantenimiento</i>	35
3.2	Tipos de Mantenimiento.....	36
3.2.1	<i>Mantenimiento a rotura</i>	36
3.2.2	<i>Mantenimiento programado o planificado</i>	37
3.2.3	<i>Mantenimiento correctivo</i>	38
3.2.4	<i>Mantenimiento preventivo</i>	38
3.2.5	<i>Mantenimiento predictivo</i>	39
3.3	Operación de mantenimiento mecánico.....	40

3.3.1	<i>Clasificación de las operaciones de mantenimiento mecánico</i>	41
3.4	Estrategias de mantenimiento industrial	42
3.5	Mantenimiento mecánico de máquinas	43
3.6	Tipos de fallo según la probabilidad asociada a la edad de la máquina.....	43
3.7	Tipos de fallos mecánicos	44
3.7.1	<i>Fallo estructural.</i>	44
3.7.2	<i>Fallo funcional</i>	45
3.8	Técnicas de análisis de averías.....	46
3.8.1	<i>Análisis de modos de fallas de sus efectos(AMFE).</i>	47
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1	Máquina Electroerosionadora	49
4.1.1	<i>Instalación eléctrica</i>	50
4.1.2	<i>Tipos de instalaciones</i>	50
4.1.2.1	<i>Instalación de baja tensión</i>	50
4.1.2.2	<i>Instalación de alta tensión</i>	50
4.1.3	<i>Tipos de cables</i>	50
4.1.3.1	<i>Cable thhn</i>	50
4.1.3.2	<i>Cable thw</i>	52
4.1.3.3	<i>Cable ttu</i>	53
4.1.4	<i>Elementos de seguridad y protección</i>	54
4.1.4.1	<i>Caja de protección general</i>	56
4.1.4.2	<i>Puesta a tierra</i>	58
4.1.5	<i>Selección de cables</i>	59
4.2	Prensa de Excéntrica	64
4.2.1	<i>Red de distribución de aire</i>	64
4.2.2	<i>Tipos de redes de distribución de aire</i>	65
4.2.2.1	<i>Red de distribución abierta</i>	65
4.2.2.2	<i>Red de distribución cerrada</i>	65
4.2.3	<i>Calculo del diámetro de tubería principal</i>	66
4.2.4	<i>Instalación de filtro de aire</i>	70
4.2.5	<i>Aislamiento del compresor</i>	71
4.2.6	<i>Análisis PM prensa de excéntrica</i>	73

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones 74

5.2 Recomendaciones..... 75

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

PLANOS

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Operacionalización conceptual	7
2. Operacionalización conceptual	8
3. Esquema de pasos a seguir del análisis P-M.....	47
4. Esquema de plantilla AMFE.....	48
5. Datos técnicos de cables	61
6. Análisis AMFE electroerosionadora.....	63
7. Longitud equivalente ficticia de la tubería	68
8. Análisis PM prensa de excéntrica.....	73

LISTA DE FIGURAS

Pág.

1. Partes principales de una electroerosionadora	11
2. Máquina para electroerosión.....	13
3. Sistema de electroerosión	14
4. Detalle de electroerosión por penetración	17
5. Electroerosión por hilo.....	18
6. Detalle de electroerosión por hilo	18
7. Electroerosión por penetración	20
8. Maquina troqueladora o prensa excéntrica	22
9. Prensa excéntrica de volante frontal	24
10. Prensa excéntrica inclinables	24
11. Arrollado de chapas	27
12. Curvado de chapas	28
13. Embutido de chapas	28
14. Estampado y extrusión de chapas	29
15. Instalación eléctrica inexistente	49
16. Cable THHN	50
17. Cable THW	52
18. Cable TTU	53
19. Fusible.....	55
20. Magnetotérmicos	55
21. Interruptor diferencial	56
22. Caja de protección general.....	58
23. Puesta a tierra.....	59
24. Esquema de instalación eléctrica implementada	62
25. Instalación eléctrica averiada.....	64
26. Red de distribución abierta	65
27. Red de distribución cerrada	66
28. Filtro de aire.....	70
29. Aislamiento de compresor	71
30. Esquema de instalación neumática implementada.....	72

LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Dibujo Asistido por Computador
CAM	Manufactura Asistida por Computador
CNC	Control Numérico Computarizado
CGP	Caja general de protección
PMI	Punto Muerto Inferior
P-M	Análisis Físico
AMFE	Análisis de Modos de Fallas y de sus Efectos
IPR	Índice de Prioridad de Riesgo
THHN	Nylon Termoplástico De Alto Calor (Thermoplastic High Heat Nylon)
THW	Termoplástico Resistente al Calor y Agua (Thermoplastic, Heat and Water Resistant)
TTU	Chaqueta Termoplástica Subterránea (Thermoplastic Jacket. Underground)
AWG	Calibre de Cables Americano (American Wire Gauge)

LISTA DE ANEXOS

- A. Ponderación de gravedad.
- B. Ponderación de probabilidad.
- C. Ponderación de la capacidad de detección.
- D. Datos técnicos de la maquina Electroerosionadora.
- E. Datos técnicos de la Prensa de Excéntrica.
- F. Datos técnicos de operación de la Prensa de Excéntrica.
- G. Especificación técnica del filtro hidráulico de la máquina de Electroerosión.
- H. Plantilla de Análisis de modo de fallas.
- I. Plantilla de Análisis P - M

RESUMEN

El presente trabajo de titulación rehabilitación y puesta a punto de la máquina de electroerosión marca Topedm y la prensa de excéntrica marca Smeral del taller de CAD-CAM de la Escuela de Ingeniería Industrial, es rehabilitar dichas máquinas, las mismas que estuvieron por más de una década fuera de uso por falta de mantenimiento programado y a su vez la gestión de los recursos necesarios. Para llevar a cabo la rehabilitación fue necesario el mantenimiento correctivo de máquinas y la reposición de cada uno de los elementos averiados o faltantes y la implementación de instalaciones eléctricas y neumáticas para cada máquina para así lograr su rehabilitación y puesta a punto. Para la identificación de los elementos averiados se procedió al despiece de las máquinas y luego identificar si cada uno de los elementos estaban o no en capacidad de entrar en operación, basándose en el mantenimiento correctivo fue necesario el uso de fichas técnicas como AMFE y P-M, las mismas que ayudaron a determinar sus fallos para proceder a la respectiva reposición de todos los elementos y conseguir el perfecto funcionamiento de ambas máquinas. El resultado de este trabajo fue lograr la rehabilitación de las máquinas y dejarlas listas para entrar en operación. Una vez terminado el trabajo de titulación se concluye que, luego de haber hecho las respectivas conexiones y reposiciones de elementos, y realizar las respectivas pruebas de funcionalidad para comprobar que todo quede en perfecto funcionamiento las maquinas cumplen con los requerimientos de funcionalidad y operación. Se recomienda no operar dichas maquinas sin el equipo de protección personal y el conocimiento necesario de las máquinas.

PALABRAS CLAVE: <DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADOR (CAD)>, <MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADOR (CAM)>, <ANALISIS DE MODO DE FALLAS Y SUS EFECTOS (AMFE)>, <FENOMENOS-MECANISMOS (P-M)>, <DISYUNTOR>, <ARCO ELECTRICO>, < DIFERENCIAL ELECTRICO>, <PUNTO MUERTO INFERIOR (PMI)>

ABSTRACT

This research named titration rehabilitation and set-up of the machine of electroerosion brand Topedm and the press of eccentric brand Smeral of the workshop of CAD-CAM of the school of Industrial Engineering, is to rehabilitate the machines. The same ones that for more than a decade were out of use due to lack of programming maintenance and in the management of the necessary resources. In order to carry out the rehabilitation it was necessary the corrective maintenance of machines and the replacement of each of the damaged or missing elements and the implementation of electrical and pneumatic installations for each machine in order to achieve its rehabilitation and set-up. For the identification of the damaged elements, the machines were exploded and then identified if each if the elements were or were not able to enter into operation, based on corrective maintenance, it was necessary to use technical data sheets such as AMFE and P-M, the same ones that helped to determine their failures to proceed to the respective replacement of all the elements and get the perfect operation of both machines. The result of this work was to achieve the rehabilitation of the machines and leave them ready to go into operation. Once the titration work is finished, it is concluded. That after having made the respective connections and replacements of elements, and perform the respective tests if functionality to check that everything is in perfect operation. It is recommended not to operate these machines without the personal protection equipment and the necessary knowledge of the machines.

KEY WORDS: <COMPUTER AIDED DRAWING(CAD)>, <COMPUTER AIDED MANUFACTURING(CAM)>, <FAULT MODE ANALYSIS AND ITS EFFECTS(AMFE)>, <MECHANICAL PHENOMENA(P-M)>, <DISYUNTOR>, <ELECTRIC ARC>, <ELECTRIC DIFFERENTIAL>, <LOWER DEAD CENTER(PMI)>

INTRODUCCIÓN

La máquina herramienta es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a piezas sólidas, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias. El moldeado de la pieza se realiza por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta, por estampado, corte o electroerosión.

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 consideran que las auténticas máquinas herramienta nacieron cuando se eliminó la actuación directa del hombre en el proceso de dar forma, troquelar o mecanizar los distintos tipos de materiales.

Las máquinas del taller de CAD-CAM, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que se rehabilitó son la máquina de Electroerosión marca Topedm y la Prensa de Excéntrica marca Smeral, las mismas que estuvieron fuera de uso por más de una década por distintas razones, una de ellas la falta de mantenimiento programado, en el caso de la máquina electroerosionadora es una máquina que carecía de la debida instalación eléctrica y reposición de varios componentes tanto eléctricos como electrónicos los mismos que se procedió a implementar para poder entrar en operación.

La prensa de excéntrica o troqueladora, al igual que la máquina de electroerosión carecía de instalación eléctrica, la misma que por el pasar de los años se ha deteriorado, instalación neumática y varios elementos mecánicos y neumáticos razones por lo que no se podía operar dicha máquina y para lograr su operación fue necesario hacer sus debidas instalaciones tanto eléctricas como neumáticas y la reposición de sus diferentes elementos. Por lo que fue imprescindible ejecutar este proyecto para así contribuir al taller, la institución y el conocimiento de los estudiantes.

CAPITULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 Tema

Rehabilitación y puesta a punto de la Máquina de Electroerosión marca Topedm y la Prensa de Excéntrica marca Smeral del Taller de Cad - Cam de la Escuela de Ingeniería Industrial.

1.2 Antecedentes

Los talleres de CAD-CAM de la Escuela de Ingeniería Industrial se localizan en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la misma que se encuentra ubicada en la avenida Pedro Vicente Maldonado y 11 de noviembre, en años anteriores este taller era conocido como taller de CEDICOM,

En la actualidad el taller de CAD-CAM de la Escuela de Ingeniería Industrial, en el cual se realizan prácticas relacionadas con las cátedras vinculadas al CAM, cuenta con maquinaria como son, un centro de mecanizado de 5 ejes, un centro de mecanizado de 3 ejes, un torno convencional CNC, una maquina electroerosionadora y una prensa de excéntrica las mismas que han estado fuera de operatividad por más de una década por la falta de mantenimiento programado en dichas maquinas e instalaciones del taller tanto eléctricas como neumáticas a la vez la gestión de recursos para repotenciar el taller. El continuo avance de tecnología y progreso de la educación requiere la repotenciación de las máquinas que se encuentran fuera de uso, para así facilitar los conocimientos y destrezas prácticas de los estudiantes, además de contribuir con dicho taller y el mejoramiento del mismo.

El proceso de la electroerosión consiste en la generación de un arco eléctrico entre una pieza metálica y un electrodo de grafito. Separando a ambos hay un medio dieléctrico, eléctricamente aislante. El mismo que puede variar dependiendo el material a ser mecanizado como dieléctrico se puede usar agua o hidrocarburos, ente los más comunes

diésel, pero también se puede utilizar acetites, petróleo y solo en micromecanizados por lo general agua. La intensidad del campo eléctrico es mayor que la resistencia del dieléctrico, al menos en algún punto, y la corriente rompe, permitiendo el flujo eléctrico entre los electrodos. Es el mismo efecto que la ruptura de un condensador eléctrico. La chispa calentará la superficie de la pieza hasta una temperatura en que volatiliza el metal, la temperatura de este arco eléctrico que se forma entre la pieza y el electrodo puede variar entre 30000 y 50000°C, la cual arrancará partículas de la pieza, y logrará finalmente reproducir en la pieza las formas del electrodo.

La electroerosión se diferencia de la mayoría de las operaciones de mecanizado por arranque de viruta en que el electrodo extrae el material sin tener contacto físico con la pieza de trabajo. Esta característica elimina la fuerza propia de la herramienta que se ejerce, por ejemplo, con una fresadora o una rectificadora y, por tal razón, con la electroerosión se pueden producir formas que romperían las herramientas de corte convencionales o que estas podrían romper.

Se conoce como troquelado al conjunto de operaciones las mismas que sin producir viruta somete a una lámina plana a determinadas transformaciones con la finalidad de obtener una pieza de forma geométrica propia. La acción ejercida entre un troquel o punzón y una placa base o matriz actúa como fuerza de cizallamiento en el material a troquelar y cuando el troquel o punzón ha penetrado excediendo el límite de elasticidad de la lámina se obtiene una nueva pieza.

El troquelado o matricería se identifica en una variedad de procesos y productos tales como, por ejemplo: la industria automovilística requiere de una infinidad de cortes, estampados, doblados, etc. La industria alimenticia requiere una variedad de recipientes elaborados con diferentes materiales. La industria relojera. Las máquinas de escribir, de coser, de sumar, de calcular e inclusive los aparatos de computación están compuestos por partes elaboradas con procesos de manufactura que requieren el empleo de matrices.

Donde quiera que estemos encontramos aparatos matizados, muchos llevamos sobre nuestra propia persona, por ejemplo, anillos, relojes, la hebilla de nuestro cinturón, la armadura de las gafas, algunas de nuestras joyas e inclusive los broches de nuestro saco. Dentro de nuestro hogar los aparatos eléctricos, el asiento de la bombilla de luz, los

cerrojos de las puertas, las ollas, la estufa, el tostador, las cucharas, el corta uñas, el abrelatas, el cepillo con el que nos lavamos los dientes, los esferos etc.

1.3 Planteamiento del problema

El proceso de mecanizado de materiales es cada vez más diverso, conforme pasan los años la tecnología y la industria crece a pasos agigantados, en periodos cortos de tiempo la tecnología nos entrega nuevos procesos los cuales nos ayudan a tener un mejor material, un mejor acabado, mejores características, en los materiales que día a día hacemos uso quienes estamos inmersos en el campo industrial, en el caso de los estudiantes de una carrera de tercer nivel la cual está relacionada con el campo industrial es necesario que los estudiantes tengan conocimientos de todos los tipos de procesos de manufactura que actualmente existen y es mucho más fácil adquirirlos en la misma universidad al tener en un taller de CAD-CAM, con máquinas fuera de uso no permiten a los estudiantes adquirir conocimientos prácticos, sino solo teóricos lo cual es fundamental en la globalización actual en la que vivimos.

Razón por la cual es de gran necesidad la puesta en marcha de las máquinas de electroerosión y prensa de excéntrica del taller de CAD – CAM, las cuales carecen de instalaciones tanto neumáticas e instalaciones eléctricas y también la debida reposición de elementos internos en cada una de ellas lo cual no permite su operatividad, y luego hacer sus debidas instalaciones y reposiciones deberán quedar listas para ser utilizadas en el taller, con lo cual se lograra un gran aporte para el mejoramiento de la calidad estudiantil de la institución.

1.4 Justificación

1.4.1 *Justificación teórica.*- Las máquinas herramientas pueden tener un alto costo y en muchas ocasiones suele haber dificultades para adquirirlas, ya que en este tipo de máquinas que realizan trabajos de precisión en procesos de manufactura en diversos materiales, además de la dificultad de la obtención de partes para la reposición de elementos para el mantenimiento correctivo, también la necesidad de mano de obra especializada para realizar el mantenimiento.

Por dicho motivo se pretende rehabilitar las máquinas de electroerosión y prensa excéntrica mediante este proyecto, con la finalidad de aportar al taller de CAD-CAM para el uso de las futuras generaciones.

1.4.2 *Justificación metodológica.*- Para lograr los objetivos planteados, el punto de partida será los conocimientos referentes al mantenimiento correctivo, fichas de análisis de fallos y la reposición de los diferentes tipos de elementos eléctricos y neumáticos que componen las maquinas en cuestión, se analizara cada tipo de elemento y su estado de funcionabilidad, se determinara cuáles son los requerimientos de operatividad de las máquinas.

Basándose en la información obtenida se procederá a hacer uso del método mantenimiento correctivo, que es la reposición sistemática de elementos en una máquina.

1.4.3 *Justificación práctica.*- El proyecto se lleva a cabo para demostrar las habilidades para repotenciar una máquina, que ha pasado durante mucho tiempo sin uso y a su vez la principal finalidad de trabajo es, beneficiar a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Industrial y contribuir al desarrollo técnico científico y el conocimiento del proceso de electroerosión y el manejo de la prensa excéntrica y contribuir con el taller de CAD-CAM.

La electroerosión es un proceso de manufactura mediante el cual podemos dar diferentes tipos de acabados superficiales a los materiales. El proceso de troquelado es un proceso muy útil en la industria por lo que su conocimiento es imprescindible, con estas máquinas ya rehabilitadas los estudiantes de las respectivas cátedras relacionadas con los talleres podrán hacer sus respectivas prácticas estudiantiles, y repotenciar su conocimiento.

1.5 Objetivos

1.5.1 *Objetivo general.*- Rehabilitar y poner a punto la máquina de electroerosión marca Topedm y la prensa de excéntrica marca Smeral del taller de CAD- CAM de la Escuela de Ingeniería Industrial.

1.5.2 *Objetivos específicos*

- Realizar un análisis de las instalaciones eléctricas y neumáticas de las máquinas.
- Identificar los elementos de cada máquina y determinar cuáles son los elementos averiados.
- Reponer todos los elementos que se encuentren averiados, para poner en marcha dichas maquinas herramientas.
- Realizar pruebas de operación y funcionabilidad de cada máquina

1.6 **Planteamiento de la hipótesis**

La máquina de electroerosión marca TOPEM y la prensa de excéntrica marca SMERAL, del taller de CAD-CAM, luego de realizarse el adecuado mantenimiento correctivo, con la debida reposición de instalaciones y elementos averiados, y las pruebas respectivas de funcionamiento, dichas maquinas quedaran en perfecto estado para su respectiva funcionabilidad.

1.6.1 *Determinación de variables.*

1.6.1.1 *Tipo de elementos.*- Mediante la verificación inicial de cada una de las maquinas se determinará, ¿qué tipo de elemento (eléctrico, neumático, mecánico), se deberá reponer en las mismas?

1.6.1.2 *Costo de elementos.*- Este costo dependerá principalmente del tipo de elemento a reponer ya que, en función de la calidad del producto de reposición, dependerá el funcionamiento de las máquinas.

1.6.1.3 *Tiempo empleado.*- Es el tiempo para dar el mantenimiento adecuado a las máquinas y reponer sus elementos necesarios para ponerlas en marcha, estará en función de la facilidad con la que se pueda conseguir los elementos a reponer. (GALLARÁ & PONTELLI, 2009)

1.2.1 Operacionalización conceptual.

Tabla 1. Operacionalización conceptual

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala	Instrumento
Tipos de elementos	Son aquellos elementos o componentes de una máquina que ensamblados correctamente brindan un buen y preciso funcionamiento del equipo siempre y cuando dicho elemento tenga buen estado lo que permita la correcta aplicación, operación del equipo	Utilizable: el elemento se encuentra en buen estado por lo que puede seguir trabajando Defectuoso: el elemento no está totalmente en buen estado, pero podría ser Inservible: el elemento no ayuda al funcionamiento del equipo.utilizado	Evaluación positiva del funcionamiento del elemento Evaluación técnica determina que el elemento tiene fallas Evaluación técnica determina que el elemento no está apto para operar	Criterio técnico-mecánico	Buen estado Reutilizable Inservible	Fichas técnicas Catálogos
Costo de elementos	Es el precio o gasto económico que representa la fabricación o cambio de un elemento dentro de un equipo, con lo que podría ser elevado medio o bajo	Costo elevado: cifras económicamente altas de los elementos de las maquinas Costo medio: cifras accesibles de los elementos de las maquinas Costo bajo: gastos mínimos tomados en cuenta para el funcionamiento de las maquinas Costo medio: cifras accesibles de los elementos de las maquinas Costo bajo: gastos mínimos tomados en cuenta para el funcionamiento de las maquinas	Costo mayor a 500 dólares Costo desde 200 dólares hasta 500 dólares Costos menores a 200 dólares os en cuenta para el funcionamiento de las maquinas	Dólar	Alta Media Baja	
Tiempo empleado	El tiempo es una magnitud con la que se mide la duración que tiene un acontecimiento permitiendo utilizar sucesos en secuencia para la consecución de objetivos los cuales pueden ser a corto mediano y largo plazo	Corto plazo: consecución de una actividad en un periodo menor a 5 días laborables Mediano plazo: consecución de una actividad en un plazo de 5 a 60 días Largo plazo: consecución de una actividad en un plazo mayor a 60 días	Tiempo de trabajo	Días laborables (8 horas)	Poco utilizado tiempo Tiempo utilizado Mucho tiempo utilizado	Calendario Cronograma de actividades

Fuente: Autor

1.2.2 Operacionalización Conceptual.

Tabla 2. Operacionalización conceptual

Objetivos	Indicador	Fuente de información	Instrumento de medida
Fin: Rehabilitación y puesta a punto de la máquina de electroerosión “marca topedm” y la prensa excéntrica “marca smeral” del taller de cad-cam de la Escuela de Ingeniería Industrial.		Talleres de Cad - Cam de la EII	
Propósito: Realizar la debida reposición de elementos eléctricos y neumáticos, para rehabilitar la máquina de electroerosión marca “Topedm” y la prensa excéntrica marca “Smeral” del taller de CAD- CAM de la Escuela de Ingeniería Industrial.	Correcto y preciso funcionamiento de las maquinas a rehabilitar		Informes de pruebas de funcionamiento Informes de prácticas en las maquinas rehabilitadas en el taller de Cad – Cam de la Escuela de Ingeniería Industrial
Componentes: Realizar un análisis de las instalaciones eléctricas y neumáticas y mecanicas de las maquinas. Identificar los elementos de cada máquina y determinar cuáles son los elementos averiados.	Estado actual en el que se encuentran los componentes de las maquinas a rehabilitar Elementos utilizables Elementos defectuosos Elementos inservibles		Pruebas mecánicas, eléctricas y neumáticas de funcionamiento de los elementos
Reponer todos los elementos que se encuentren averiados, para poner en marcha dichas maquinas herramientas.	Número de elementos inservibles y defectuosos que necesitan ser cambiados o corregidos para las maquinas a rehabilitar		Pruebas mecánicas, eléctricas y neumáticas de funcionamiento de los elementos
Realizar pruebas de operación y funcionabilidad de cada maquina	Correcto o incorrecto funcionamiento de las maquinas rehabilitadas		Informes de pruebas de funcionamiento
Actividades: Realizar una limpieza en general de las maquinas a rehabilitar Realizar un desarmado técnico de las maquinas a rehabilitar	Tiempos de la actividad Tiempos de la actividad Lista de elementos		

<p>Realizar un chequeo técnico de cada componente de las maquinas a rehabilitar para conocer cual es su estado actual</p> <p>Clasificar los elementos utilizables, defectuosos e inservibles de cada máquina a rehabilitar</p>	<p>Tiempos de la actividad</p> <p>Tiempos de la actividad</p> <p>Lista de elementos</p>		<p>Catálogos técnicos de componentes de las maquinas</p>
<p>Realizar las diferentes actividades de corrección, reparación o sustitución de los elementos en las maquinas a rehabilitar</p> <p>Verificar que la respectiva instalación se encuentre en correcto estado</p>	<p>Tiempos de la actividad</p> <p>Lista de elementos</p>		<p>Inspecciones técnicas de las instalaciones y maquinas a rehabilitar</p>
<p>Poner a prueba a los equipos realizando prácticas en las maquinas ya rehabilitadas</p>			<p>Inspecciones técnicas de las instalaciones y maquinas a rehabilitadas</p>

Fuente: Autor

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO

2.1 Maquina electroerosionadora

El mecanizado por electroerosión es un proceso no convencional de mecanizado de metales por el cual una herramienta descarga miles de chispas sobre una pieza metálica. Este proceso es aplicable a piezas resistentes a los procesos comunes de mecanizado, a condición de que sean eléctricamente conductoras, por lo general, no ferrosas, del tipo de acero, titanio, súper aleaciones, latón y muchos otros metales.

En lugar de cortar el material, la electroerosión lo funde o vaporiza, generando una línea de corte sumamente precisa y con escasa formación de escoria. La aceptación general del mecanizado por electroerosión ha posibilitado no sólo una multiplicidad de aplicaciones, sino también ha dado lugar a una oferta que abarca una diversidad de máquinas electroerosionadora.

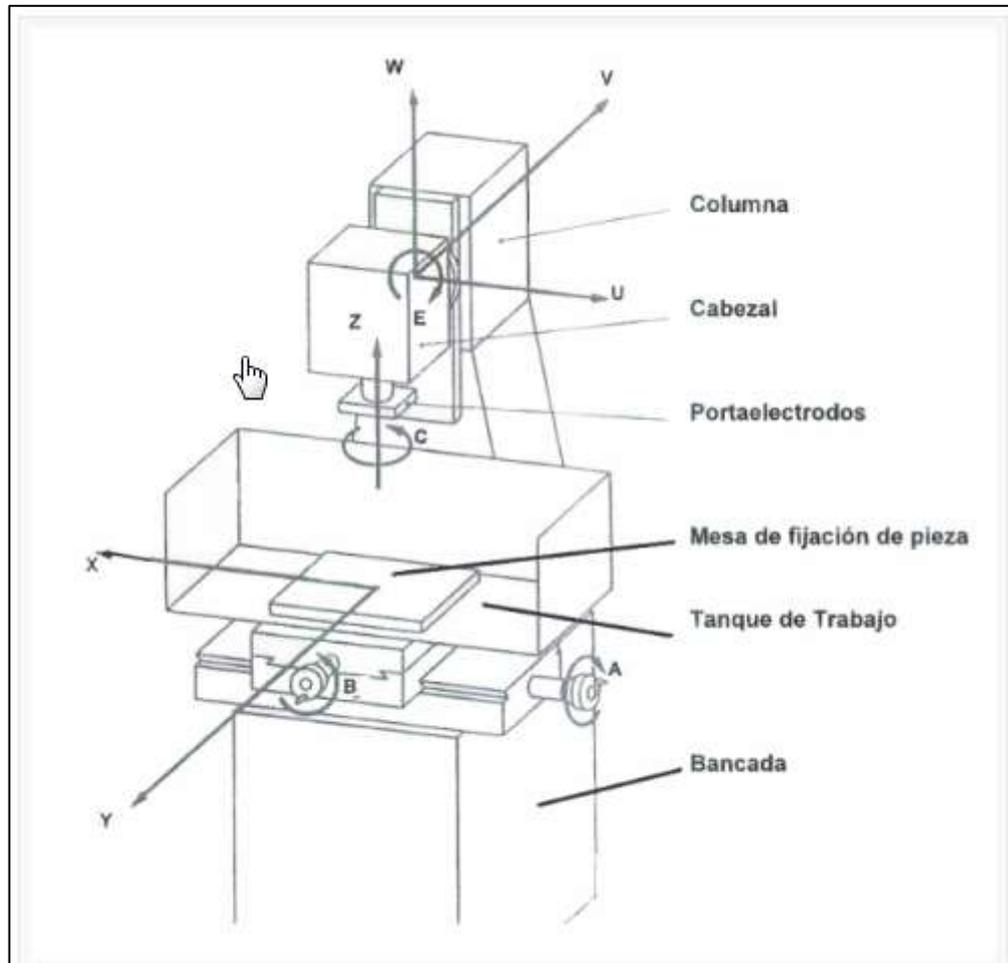
En los comienzos, todas las máquinas para electroerosión se basaban en el método más antiguo, es decir, el de electroerosión por penetración. No obstante, con el advenimiento del control numérico computarizado CNC a fines de los años 70, la aparición de las primeras máquinas para electroerosión por hilo las fue ubicando en el lugar de privilegio del que gozan actualmente, aunque ambos tipos de máquinas son hoy completamente automatizados y cuentan con CNC.

De acuerdo con el fundamento diferente de los procesos de electroerosión por penetración y por hilo, las máquinas que emplean cada uno de estos procesos pueden obtener una cavidad tridimensional mediante un electrodo (penetración) o bien cortar la pieza según parámetros introducidos en el equipo de CNC (hilo).

Sin embargo, a pesar de sus diferencias que también incluyen la naturaleza del fluido dieléctrico y el número de ejes, las máquinas para electroerosión responden, en general, a un diseño que comprende los mismos componentes básicos.

Veamos cuáles son en el siguiente esquema típico.

Figura 1. Partes principales de una electroerosionadora



Fuente: (DEMAQUINASYHERRAMIENTAS.COM, 2014)

En la figura de arriba observamos, en primer lugar, el sistema de ejes que responde a la norma alemana VDI 3402, la cual define los distintos ejes de cualquier máquina para electroerosión.

También podemos apreciar un armazón general que, en algunos casos como el de la figura, aunque no necesariamente, adopta la conocida forma de “cuello de cisne” que ya hemos visto en otro tipo de máquinas. Dicho armazón constituye el esqueleto de la máquina, tiene que ser robusto y debe servir de sujeción para la mesa de trabajo, el tanque de dieléctrico, el generador de potencia y todos los elementos y dispositivos necesarios para el proceso de electroerosión, por ejemplo, los que se emplean para accionar los sistemas de portaelectrodo (penetración) o de movimiento y guía del hilo (hilo).

Una parte integrante de ese armazón es la columna, donde normalmente se encuentra alojado el generador de potencia o generador de impulsos. Este componente es esencial para cualquier máquina electroerosionadora, por cuanto es el que origina el diferencial eléctrico entre el electrodo y la pieza mediante una descarga en forma de pulsos de duración efímera, ya que puede producir varias decenas de miles de pulsos por segundo. Existen varios tipos, pero, por lo común, el generador de potencia está compuesto por:

- Un circuito
- Un sistema de encendido y apagado transistorizado de alta frecuencia
- Una resistencia o equipo de protección eléctrica
- Un estabilizador oscilante

Las máquinas más modernas no incorporan el generador de potencia en el armazón, sino en un gabinete aparte junto al armazón. Esto obedece a razones de diseño y al hecho de mantener la máquina libre de fuentes de calor que podrían producir distorsiones en las partes mecánicas.

Otro componente fundamental que distinguimos en la figura es el cabezal, que gobierna el sistema de mecanizado automático, posibilitando los movimientos sobre los ejes, y cuyas características son diferentes según el tipo de electroerosión empleado. En el sistema por penetración, el cabezal aloja los servomotores de control que mantienen la separación o gap constante y que actúan sobre el portaelectrodos para asegurar el desplazamiento vertical del electrodo sobre el mismo eje. En el sistema por hilo, el cabezal aloja los motores de paso, ya que cuenta con un sistema de rodillos y boquillas por donde pasa el hilo y también cumple la función de tensionar el hilo.

La mesa de trabajo o mesa de fijación de la pieza es, como lo indica su nombre, la unidad en la que se monta la pieza para su mecanización. Dependiendo del diseño de la máquina, el elemento móvil puede ser esta mesa o bien el electrodo. Alrededor de la mesa de fijación se ubica el tanque de trabajo, que contiene el fluido dieléctrico y cuyo volumen depende del tamaño de la pieza y la potencia del generador de impulsos, pudiendo variar de unos 30 a 3.000 litros. En las máquinas por penetración, el fluido dieléctrico siempre

cubre la pieza, mientras que en las máquinas por hilo la pieza puede o no estar sumergida totalmente y en ambos casos hay presencia permanente de chorros de fluido dieléctrico.

El tanque de trabajo descansa sobre la bancada, una pieza rígida que es la parte inferior del armazón y es en la que se encuentran las guías de los ejes X e Y, reguladas por servomotores. Además de todos los componentes que acabamos de mencionar, las electroerosionadoras, tanto por penetración como por hilo cuentan con otros dispositivos esenciales, como la unidad de filtrado. Esta unidad limpia el fluido dieléctrico de los residuos del material arrancado durante el proceso de electroerosión. Está provista de un sistema de filtrado y enfriamiento del dieléctrico, como así también de los dispositivos necesarios para asegurar la circulación del dieléctrico, impulsado por bombas hidráulicas, hacia el tanque de trabajo y ejecutar los distintos tipos de limpieza de la zona de trabajo.

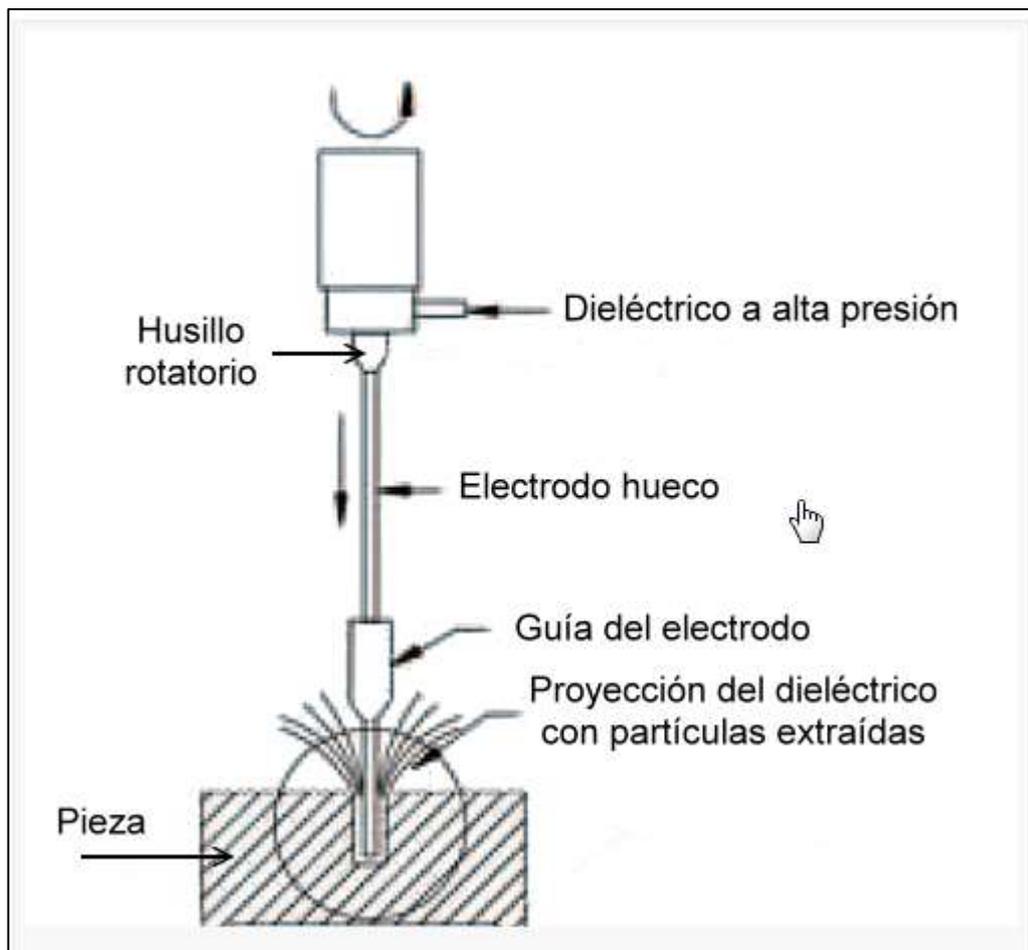
Figura 2. Máquina para electroerosión



Fuente: Autor

Finalmente, las máquinas para electroerosión por perforación, también provistas con CNC, se están imponiendo lentamente en el trabajo de producción que comprende la perforación de orificios de pequeño diámetro, particularmente para aspas de turbinas, inyectores de combustible, conductos de venteo de moldes plásticos o de enfriamiento en herramientas de corte, etc. Si bien las máquinas de electroerosión por penetración también pueden perforar orificios, son mucho más lentas que estas perforadoras diseñadas específicamente para esta función

Figura 3. Sistema de electroerosión



Fuente: (DEMAQUINASYHERRAMIENTAS.COM, 2014)

El principio de funcionamiento de una máquina para electroerosión por perforación es el mismo que en el sistema por penetración. Una chispa producida en un gap entre el electrodo y la pieza, y cuya dimensión es mantenida por un servomotor, erosiona un material conductor. Como el electrodo es hueco, el dieléctrico fluye a través de este y la rotación ayuda a producir la concentricidad y facilitar el proceso de limpieza. Puesto que

las partículas removidas son conductoras, es esencial eliminarlas del orificio perforado para evitar cortocircuitos entre el electrodo y la pieza.

2.1.1 *Tipos de dieléctricos.*- En la actualidad se utilizan dos familias de dieléctricos: Agua e Hidrocarburos.

Agua: Se utiliza como dieléctrico en micromecanizados y en general en máquinas de corte por hilo.

Hidrocarburos: Se dividen en aceites e petróleos.

- Aceites. Los más utilizados como dieléctricos son los aceites minerales. Su punto de inflamación oscila entre 120 y 150 °C.
- Su viscosidad es elevada, variando entre 6 y 20 cSt, haciéndose aconsejable para trabajos de desbaste.
- Petróleo: Posee un punto de inflamación que oscila entre 75 y 80 °C. Su viscosidad es menor que la de los aceites y oscila alrededor de 2 cSt.
- Todas las características lo hacen aconsejable para trabajos de acabado, en las cuales la temperatura es baja y el gap es pequeño.

Los factores que afectan al mecanizado son:

- Temperatura del dieléctrico.
- Grado de limpieza.
- Presión de limpieza.

2.1.2 *Electrodos.*- El electrodo es una herramienta de un material conductor para la erosión por penetración de una pieza metálica.

El electrodo se reproduce en la pieza ampliada en la magnitud del gap.

En un principio se puede utilizar todos los materiales conductores de electricidad para la fabricación de electrodos.

En la atención al problema del desgaste conviene acordar la preferencia de los que son buenos conductores de electricidad y calor, además que deben poseer una temperatura de fusión elevada.

Los materiales más utilizados son:

- Cobre.
- Grafito.
- Cobre-magnesio.
- Aluminio.
- Cobre al telurio.
- Latón.
- Acero.

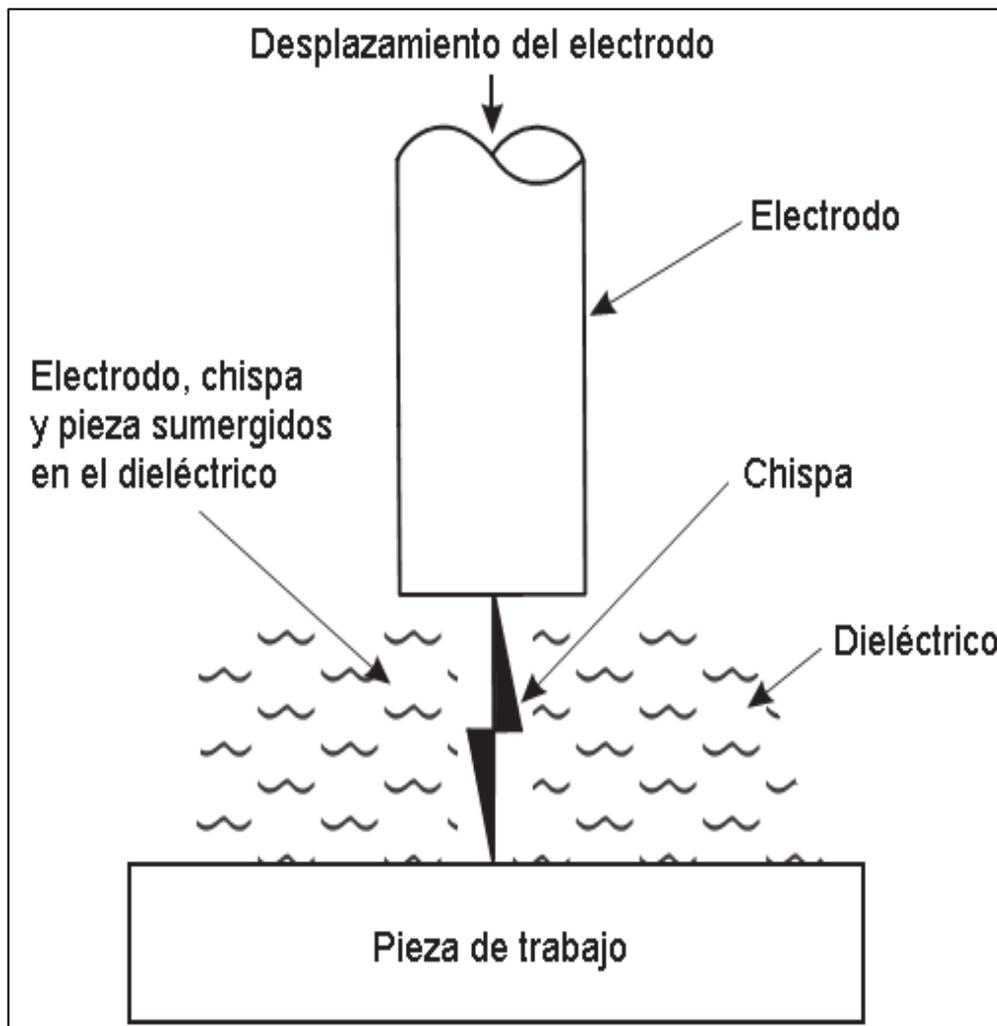
2.1.3 *Tipos de mecanizado por electroerosión.*- La expansión del mecanizado por electroerosión en los últimos años ha dado origen a los tres tipos principales que se enumeran a continuación, aunque los más utilizados son los dos primeros.

- Electroerosión por penetración
- Electroerosión por hilo
- Electroerosión por perforación

2.1.4 *Electroerosión por penetración.*- En este proceso, el electrodo se une al cabezal de la máquina que está conectado a un polo por lo general, el polo positivo de una fuente de alimentación pulsada.

La pieza de trabajo se conecta al polo negativo y se ubica de manera que haya un hueco entre esta y el electrodo. Posteriormente, el hueco se inunda con fluido dieléctrico. Cuando se conecta la fuente de alimentación, el hueco es atravesado por miles de impulsos de corriente continua por segundo formando chispas y dando comienzo al proceso de erosión

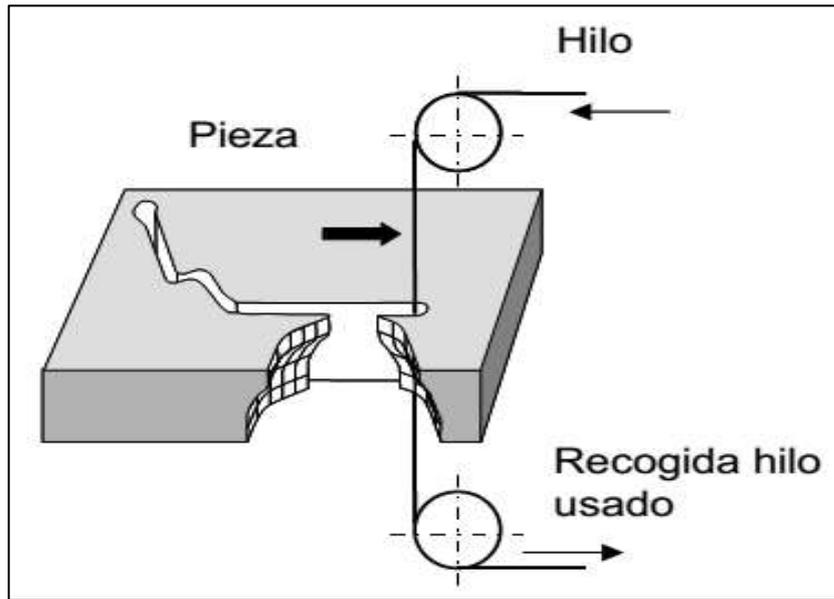
Figura 4. Detalle de electroerosión por penetración



Fuente: (DEMAQUINASYHERRAMIENTAS.COM, 2013)

2.1.5 *Electroerosión por hilo.*- El principio de funcionamiento del sistema por hilo es el mismo que el tipo de penetración, ya que emplea una serie de descargas de corriente continua que forman chispas entre el hilo y la pieza de trabajo, ambos en contacto con el fluido dieléctrico. En algunos casos, el hilo y la pieza se sumergen totalmente en el dieléctrico, aunque esto puede provocar corrosión electrolítica en algunos materiales.

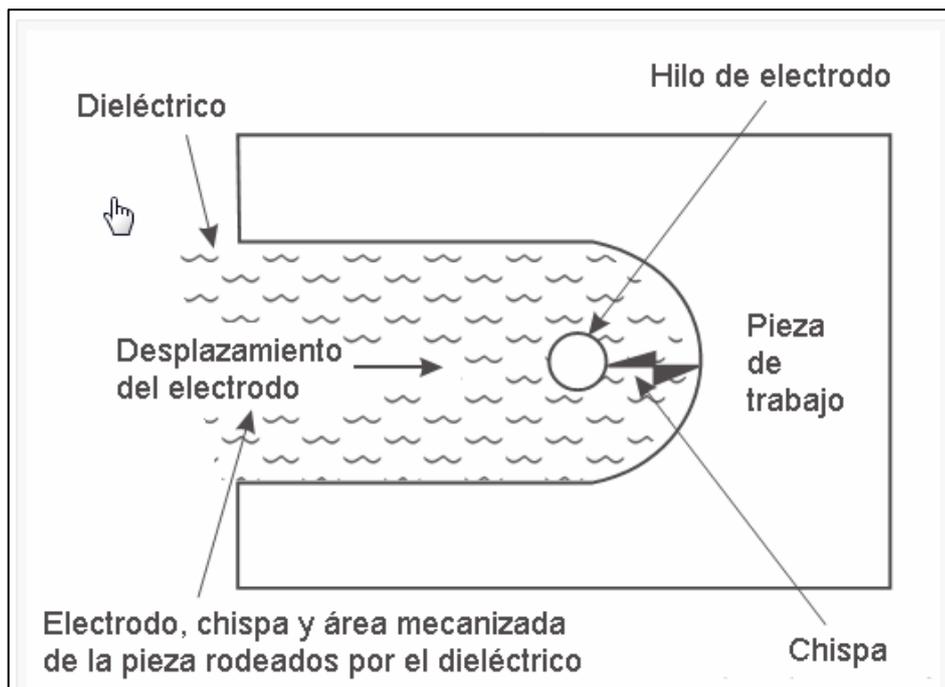
Figura 5. Electroerosión por hilo



Fuente: (DEMAQUINASYHERRAMIENTAS.COM, 2013)

La diferencia fundamental entre la electroerosión por hilo y la electroerosión por penetración es que la forma del electrodo no influye directamente en la forma de la pieza a obtener, puesto que lo único que se pretende es realizar un corte en la pieza y no obtener una copia con la forma del electrodo.

Figura 6. Detalle de electroerosión por hilo



Fuente: (DEMAQUINASYHERRAMIENTAS.COM, 2013)

El proceso es particularmente útil para cortar detalles finos en matrices pre-endurecidas de estampado y troquelado. Un mecanismo de alimentación continua suministra hilo nuevo, de manera que el desgaste del electrodo no es un problema. Los diámetros típicos de hilo van de 0,005 cm a 0,035 cm. Estos hilos producen una entalla un poco más grande que su propio diámetro, por ejemplo, un hilo de 0,03 cm deja una entalla de 0,04 cm. Los hilos para electroerosión pueden funcionar durante largos períodos sin atención del operador. Entre las características principales de la electroerosión por hilo están.

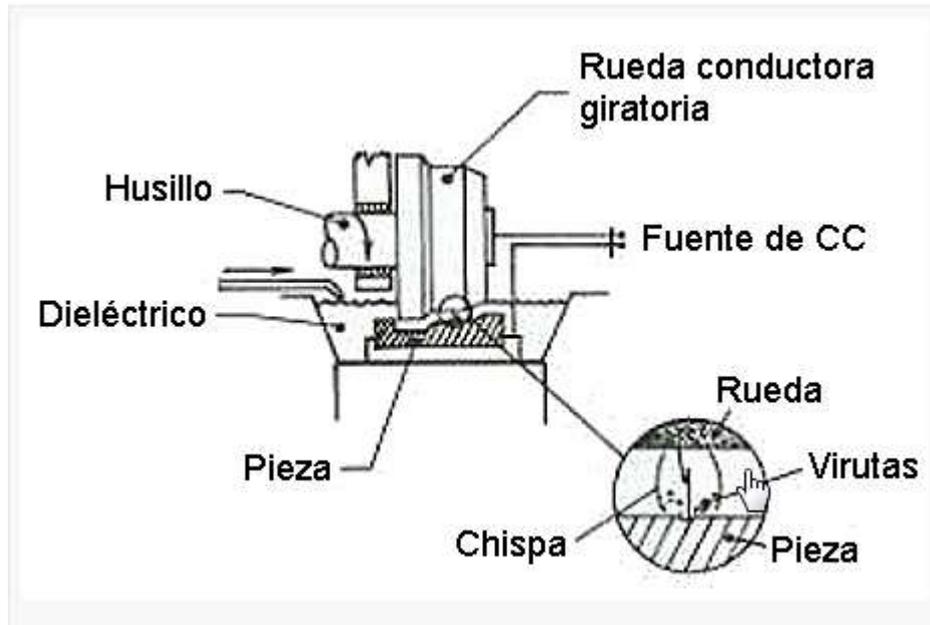
- Se generan geometrías únicamente pasantes en la pieza, en función de la trayectoria recorrida por el hilo, pudiendo realizarse cortes rectos y cortes cónicos.
- El fluido dieléctrico es agua desionizada.
- Dado que el hilo es muy delgado, la energía utilizada es limitada y las tasas de extracción son bajas.
- Velocidad de corte en aceros: hasta 500 mm²/min.
- Capacidad de extracción de metal: aprox. 350 cm³/hora.
- Rugosidad mínima en aceros: menos de 0,3 μm (cortes de repaso).
- Aplicaciones: conjuntos punzón-matriz, insertos para moldes, componentes electrónicos, como así también para medicina y relojería.

2.1.6 Electroerosión por perforación.- Este tipo de electroerosión está diseñado para la perforación de orificios pequeños (de entre 0,015 cm y 0,65 cm aprox.) pero muy profundos, con una relación de profundidad a diámetro de 30 a 1, o superior. Para ello, se emplean electrodos rotatorios concéntricos de hasta 30 cm de largo que giran a 100 rpm y perforan la pieza de trabajo.

Básicamente los electrodos realizan las mismas funciones que un taladro de columna, excepto que a) la extracción del material se realiza mediante descargas eléctricas sin contacto directo entre electrodo y pieza, b) la dureza del material es irrelevante y c) la precisión del orificio terminado es muy superior a lo que cualquier taladro podría

producir. A medida que se generan las descargas eléctricas, la rotación ayuda al lavado y provee un desgaste parejo del electrodo.

Figura 7. Electroerosión por penetración



Fuente: (DEMAQUINASYHERRAMIENTAS.COM, 2013)

2.1.7 *Aplicaciones y Generalidades.*- La electroerosión se utiliza para producir piezas muy pequeñas y precisas, así como grandes piezas tales como matrices de estampado para automóviles y componentes para el fuselaje de aviones. Todos los materiales que se someten a mecanizado por electroerosión deben ser eléctricamente conductores o semiconductores, sin zonas de corte no conductoras. Estos materiales incluyen aceros endurecidos y con tratamiento térmico, carburo, diamante policristalino, titanio, aceros laminados en caliente y en frío, cobre, bronce y aleaciones de altas temperaturas.

2.1.8 *Ventajas de la electroerosión*

- Es un proceso sin contacto que no genera vibración ni fuerzas de corte, lo que permite la producción de piezas muy pequeñas, frágiles y de formas complejas.
- Se pueden obtener tolerancias más estrictas, detalles intrincados y acabados de calidad superior en una amplia gama de materiales que son difíciles o imposibles de fabricar con los procesos tradicionales.

- Se producen bordes sin rebabas.
- Se pueden trabajar metales muy duros porque el proceso vaporiza el metal en lugar de cortarlo.
- Pueden mecanizarse materiales explosivos o inflamables, porque el proceso tiene lugar dentro de un fluido.
- Las máquinas electroerosionadoras dotadas de una función de conocimiento de proceso permiten producir piezas complejas con una mínima intervención del operador.

2.1.9 Desventajas de la electroerosión.

- No puede aplicarse en materiales no conductores.
- Posee bajas tasas de remoción del metal en comparación con métodos tradicionales del mecanizado por arranque de viruta.
- Se requiere un tiempo de elaboración para producir formas específicas de electrodos de grafito. Además, el grafito es un material frágil, por lo que la manipulación de los electrodos debe ser muy cuidadosa.
- Después del proceso suele quedar una capa superficial de metal fundido, frágil y de extrema dureza, que debe eliminarse en las piezas que requieran resistencia a la fatiga.
- El acabado superficial rugoso no es perfecto, ya que es más rugoso sobre las caras planas que sobre las paredes verticales.

2.2 Prensa de Excéntrica o Troqueladora

Con la producción de piezas y componentes de mecanismos en las diferentes industrias nace la matricera que es la encargada de estudiar y desarrollar las técnicas de diseño y fabricación de utillajes adecuados para obtener piezas en serie, que generalmente son de chapa metálica, sin arranque de viruta o de algún otro material a transformar.

La prensa mecánica o prensadora es una máquina que acumula energía mediante un volante de inercia y la transmite bien mecánicamente (prensa de revolución total) o neumáticamente (prensa de revolución parcial) a un troquel o matriz mediante un sistema de biela-manivela. (MORENO & FLOREZ, 2009)

La fuerza generada por la prensa varía a lo largo de su recorrido en función del ángulo de aplicación de la fuerza. Cuanto más próximo esté el punto de aplicación al PMI (Punto Muerto Inferior) mayor será la fuerza, siendo en este punto (PMI) teóricamente infinita. Como estándar más aceptado los fabricantes proporcionan como punto de fuerza en la prensa de reducción por engranajes 30° y en las prensas de volante directo 20° del PMI.

Ha de tenerse en cuenta que la fuerza total indicada por los fabricantes se refiere a la proporcionada en funcionamiento «golpe a golpe», es decir, embragando y desembragando cada vez, para funcionamiento continuo (embragado permanente) ha de considerarse una reducción de fuerza aproximada del 20 %. La necesidad de flexibilizar los procesos y automatizarlos ha hecho que se adopten en estas máquinas los convertidores de frecuencia (variadores de velocidad) y debe tenerse en cuenta que las variaciones de velocidad afectan a la fuerza suministrada. Por tanto, una variación de velocidad sobre el estándar del fabricante del 50 % significa una disminución de fuerza disponible del 75 %.

Figura 8. Máquina troqueladora o prensa excéntrica



Fuente: Autor

2.2.1 *Tipos de prensas.*- Por su sistema de transmisión, pueden clasificarse en «prensas a volante directo», «prensas de reducción», «prensas de doble reducción», «prensas de reducción paralela» y «prensas de cinemática especial». Por su estructura se pueden clasificar en «prensas de cuello de cisne y «prensas de doble montante (dentro de estas existen las monoblock y las de piezas armadas por tirantes).

Por su velocidad se clasifican en «prensas convencionales» (de 12 a 200 golpes minuto en función de su tamaño), «prensas rápidas» (de 300 a 700 golpes por minuto) y «prensas de alta velocidad» (de 800 hasta 1600 golpes por minuto); las más rápidas son de fabricación japonesa y suiza.

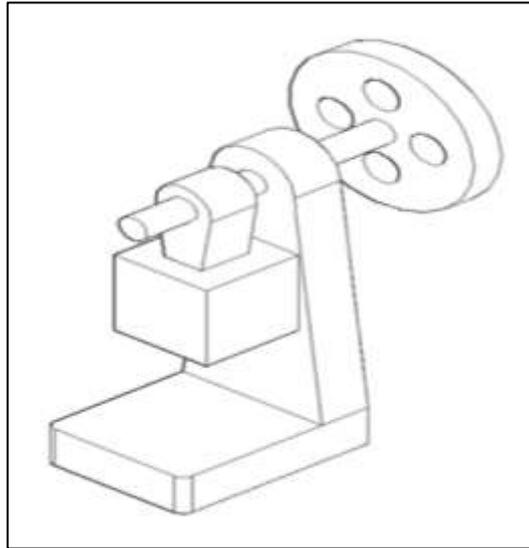
Otro tipo de prensas aparecidas recientemente son las "servoprensas", en estas prensas se elimina el embrague y el volante de inercia obteniendo toda su energía de uno o varios servomotores conectados al eje principal mediante reductoras planetarias o epicicloidales, o mediante palancas articulas. La aparición de estas máquinas ha impulsado también el desarrollo de prensas híbridas de distintos tipos (con servo y volante y embrague). (FLORIT, 2008)

2.2.1.1 *Prensa de excéntrica.*- Son las de uso general puesto que se adaptan mejor a la mayoría de los trabajos de matricería, presentan dificultades para la embutición profunda. En éstas, el volante acumula una cantidad de energía que cede en el momento que se libera el cabezal para cortar, doblar o embutir.

En el eje del volante hay una excéntrica que funciona por medio de una biela, dándole movimiento alternativo al cabezal que se desliza por las guías, en éste se acopla el conjunto superior de la matriz y en la mesa el conjunto inferior por medio de tornillos y bridas. Estas prensas pueden ser de volante lateral o frontal, inclinables o fijas. (FLORIT, 2008)

2.2.1.2 *Prensa excéntrica de volante frontal.*- Es la que tiene la excéntrica en el extremo del eje, situando la biela, cabezal y guías regulables al frente del cuerpo de la máquina, ésta puede tener mesa fija cuando es de poca potencia y va montada sobre una mesa o banco.

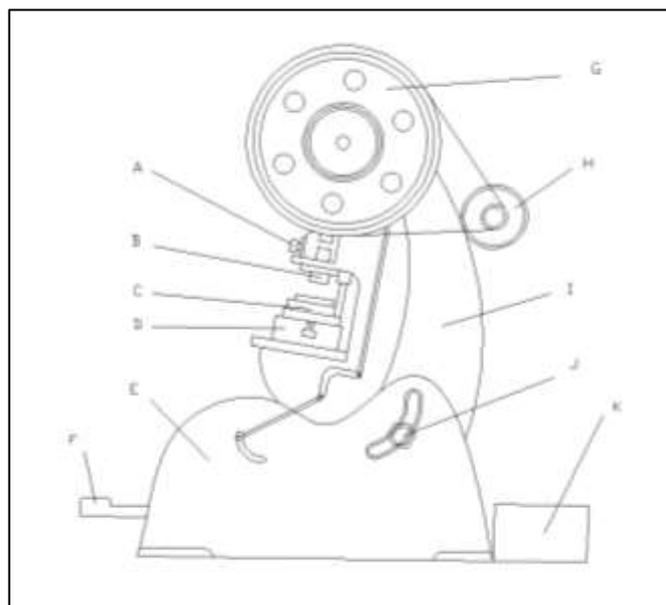
Figura 9. Prensa excéntrica de volante frontal



Fuente: Autor

2.2.1.3 *Prensas excéntricas inclinables.*- Este tipo de prensas es generalmente utilizado en las matrices de doble efecto. Dispone de un disco central con acción de un muelle permitiendo la acción del expulsor adaptado en la matriz. El ángulo de inclinación de la prensa varía entre 25° y 30° para permitir una buena visión de la matriz al operador y facilitar la salida de las piezas en combinación de un pico de aire comprimido que las dirige a un deslizador cayendo a un recipiente.

Figura 10. Prensa excéntrica inclinables



Fuente: Autor

En donde:

A: Tornillo prisionero que sujeta el vástago de la matriz

B: Conjunto móvil de la matriz

C: Conjunto fijo de la matriz

D: Mesa de la prensa

E: Bastidor de la prensa

F: Pedal de accionamiento del embrague

G: Volante acumulador de energía

H: Motor eléctrico

I: Cuello de cisne inclinable

J: Tornillo regulador de la inclinación

K: Recipiente recogedor del producto

2.2.1.4 *Prensa de balancín.*- La que se basa en el método del tornillo sin fin (husillo). La fuerza que es ejercida sobre el objeto vana en consonancia con el diámetro de; husillo por el diámetro del volante más los contrapesos de este accionamiento manual. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.1.5 *Prensa de fricción.*- Motorizada, se basa de iguala manera en el método del usillo sin fin, los volantes tangenciales siempre en funcionamiento y con palanca de manso para poder desplazarlos lateralmente, de esta manera se consigue que friccionen con el volante horizontal que a su vez hace girar el husillo en sentido ascendente según tenga el volante tangencial en contacto con el volante horizontal. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.2 *Tecnología en la fabricación de troqueles*

2.2.2.1 *Diseño de la pieza.*- Primero se debe iniciar con el plano de la pieza que se desea producir, pues con esto se crea la necesidad de obtener un troquel que optimice la producción de la pieza, por ello es diseño de la piezas debe sr lo más claro y detallado posible ya que todas sus dimensiones y detalles deben ser reflejados en su fabricación, ideal contemplar toda clase de tolerancias de ser necearías.

En muchas ocasiones y en aras de tener más certeza de esta fase se opta por el método de

realizar piezas y prototipo, cuyo proceso de fabricación debe ser muy exacta, se pueden obtener por procesos de arranque de viruta, modelos o algún otro, esta fase permite que luego de tener el prototipo este se analizado en su funcionalidad aprecia, ensamble y necesidades inicialmente planteadas. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.2.2 *Grado de dificultad de la pieza.*- La complejidad de la pieza depende de varios factores que son la forma, material, tamaño, exigencias de calidad, acabado, si es pieza de ensamble interno, si es pieza de imagen, entre otras, dependiente de estos factores se hace más o menos complejo el troquel que se proyecte y por ende los costos de fabricación del mismo como de la pieza misma. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.3 *Mecanizados*

2.2.3.1 *Por arranque de viruta.*- Son todos los mecanizados realizados por maquinas convencionales y/o CNC donde se produce desprendimiento de viruta ocasionado este por contacto directo de herramientas de corte con el material a procesar. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.3.2 *Sin arranque de viruta.*- Cubre toda la clase de mecanizados realizados por maquinas donde el desprendimiento de material no es la gran viruta si no partículas muy pequeñas o polvillo, los cuales normalmente se realizan después de un mecanizado por arranque de viruta, es por ello que se le llaman mecanizados finales. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.4 *Usos más frecuentes del troquelado.*- Estas prensas se emplean en operaciones de corte, estampación, doblado y embuticiones pequeñas. No son adecuadas para embuticiones profundas al aplicar la fuerza de forma rápida y no constante.

No obstante, el desarrollo de prensas con cinemática compleja (prensas de palanca articulada o prensas link drive) ha hecho posible que puedan usarse para embuticiones más profundas y con aceros de alta resistencia elástica, ya que este tipo de prensas mecánicas reduce su velocidad cerca del PMI pudiendo deformar la chapa sin romperla. Actualmente la aparición de servoprensas, también conocidas como prensas eléctricas, ha hecho posible emular cualquier ciclo de funcionamiento con estas máquinas pudiendo

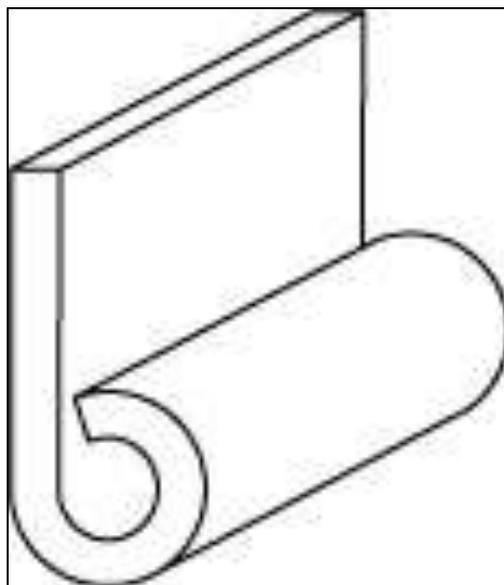
usarse incluso en sustitución de prensas hidráulicas, prensas de palanca acodadas, prensas link-drive, prensas de acuñar, etc. (MORENO & FLOREZ, 2009)

De acuerdo al trabajo que se tenga que realizar así son diseñadas y construidas las troqueladoras. Existen matrices simples y progresivas donde la chapa que está en forma de grandes rollos avanza automáticamente y el trabajo se realiza de forma continua; no requiere otros cuidados que cambiar de rollo de chapa cuando se termina éste e ir retirando las piezas troqueladas, así como vigilar la calidad del corte que realizan.

Cuando el corte se deteriora por desgaste del troquel y de la matriz, se desmontan de la máquina y se rectifican en una rectificadora plana estableciendo un nuevo corte. Una matriz y un troquel permiten muchos reafilados hasta que se desgastan totalmente.

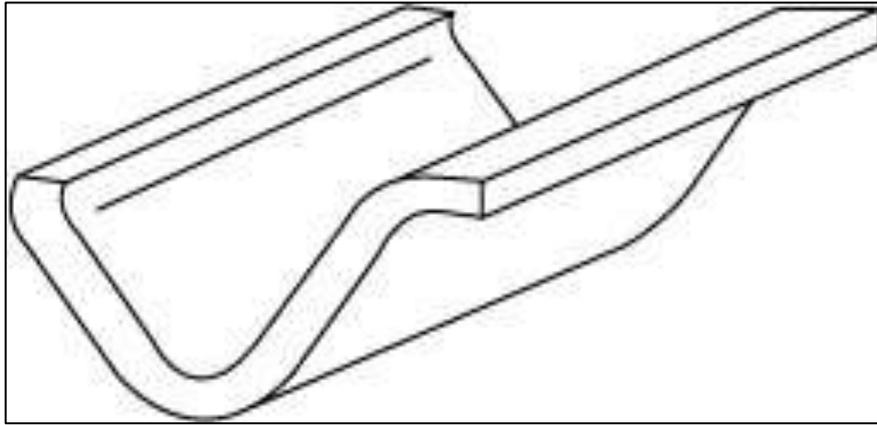
2.2.4.1 *Curvado y doblado de piezas.*- El doblado y curvado son operaciones que consisten en obtener una pieza de chapa con generatrices y bordes rectilíneos, sin someter el material a grandes desplazamientos moleculares en el transcurso de la operación. Aquí en este tipo de mecanizado con troqueladoras se identifican las operaciones de formado como: curvado, arrollado, aplanado, doblado, rebordeado unas de las más utilizadas dentro de la industria principalmente la industria automovilística. (MORENO & FLOREZ, 2009)

Figura 11. Arrollado de chapas



Fuente: Autor

Figura 12. Curvado de chapas

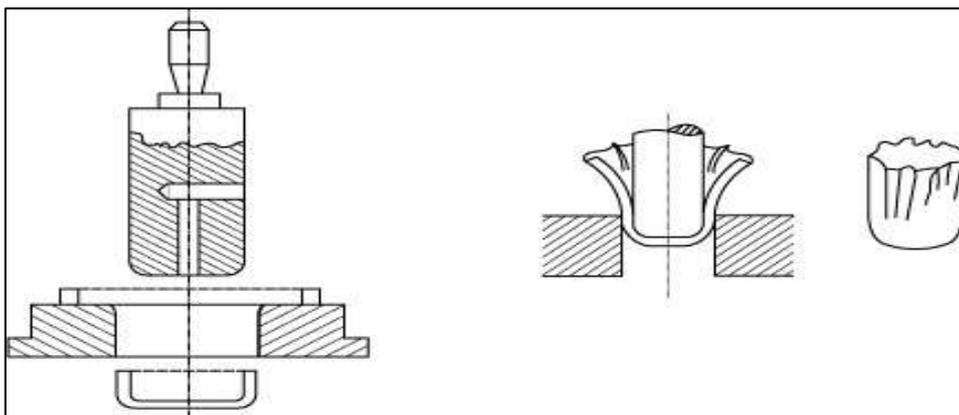


Fuente. Autor

2.2.5 *Embutido*.- Es una operación que consiste partiendo de una pieza denominada “recorte” en obtener una pieza hueca de superficie no desarrollable y del mismo espesor que el primitivo recorte. Es una transformación de superficie por desplazamiento molecular. Si ha habido estirado se puede constatar por una disminución del espesor. (MORENO & FLOREZ, 2009)

Esta dimensión superficial se compone de la superficie del fondo más de la pared lateral. El área de la pieza a recortar (disco en el caso de piezas cilíndricas) tiene que ser igual a la de la pieza a obtener, determinando así el diámetro o área de desarrollo. Del mismo modo se determina el diámetro del recorte (desarrollo) para piezas embutidas que vayan provistas de bridas, un talón cilíndrico o fondo hemisférico. Los diámetros así calculados proporcionan piezas embutidas tan altas que es necesario recortar en ellas el reborde

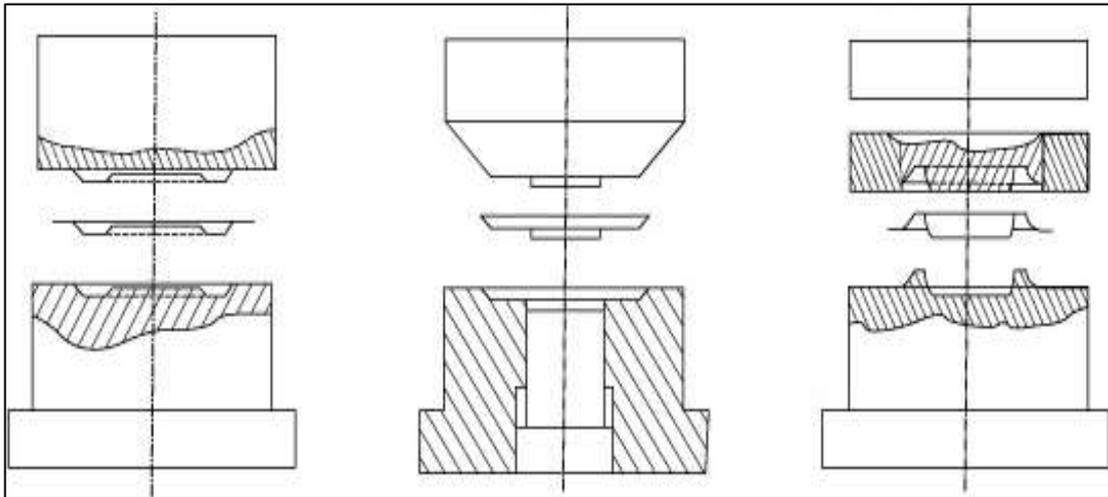
Figura 13. Embutido de chapas



Fuente: Autor

2.2.5.1 *Estampado y extrusión (forjado, acuñado).*- Se emplea para la fabricación de monedas, medallas, utilajes para poner sellos, marcas, etc. Es decir que se provoquen altos o bajos relieves en las piezas. La extrusión se emplea para la fabricación de perfiles de aluminio, por ejemplo. (MORENO & FLOREZ, 2009)

Figura 14. Estampado y extrusión de chapas



Fuente: Autor

2.2.6 *Ventajas del troquelado.*

- Las dimensiones siempre son precisas.
- Los consumos son controlados.
- Se evita el uso de elementos cortantes.
- Mejora la estética del producto fabricado.
- El producto troquelado facilita su aplicación en el proceso
- Se garantiza la inter – cambiabilidad de piezas entre si
- La aplicación es más rápida, lo que permite un ahorro de tiempo.
- Mayor economía respecto a la forma de producción
- Las piezas obtenidas tienen gran uniformidad de características mecánicas y dimensionales. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.7 Desventajas del troquelado.

- Por cada pieza es necesario una matriz (troquel o estampa)
- El tiempo en la construcción de moldes es elevado
- La mano de obra requerida debe ser altamente calificada lo cual eleva costos
- Las herramientas y equipos requeridos para la construcción de matrices son más caros que otros procesos
- Limitantes en el espesor del material, ya que en el troquelado se lleva a cabo en espesores de 0,025 a 9mm.
- Cuando el material es con una estrecha tolerancia tiene un costo mayor.
- Para el troquelado fino puede decirse, que las cantidades mínimas para considerar, están entre 10000 y 20000 piezas, ya que la calidad y costo de la herramienta requiere una cantidad razonable de piezas para justificar el gasto. (MORENO & FLOREZ, 2009)

Clasificación de los troqueles.-Existen un sin número de clasificaciones para los troqueles y dependen de diferentes variables o condiciones de las mismas, se clasifican en tres grandes grupos, según el proceso de transformación, según la operación que realiza el troquel y por ultimo según los ciclos de producción. Cada vez que deseamos diseñar y ensamblar una pieza a un sistema determinado, se debe establecer el proceso de transformación para producirlo. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.7.1 *Por el proceso de transformación.*- Se toma en cuenta básicamente la forma en que procesan la chapa, hay troqueles axiales y progresivos, a continuación se detallan cada uno de estos:

- Axiales: son troqueles diseñados para procesar piezas donde el material es alimentado uno a uno, y normalmente este troquel está compuesto por un punzón y una matriz, normalmente denominada troquel básico. (MORENO & FLOREZ, 2009)

- **Progresivos:** son troqueles que por su diseño pueden ejecutar en un solo accionamiento de la maquina diferentes operaciones de troquelado por la existencia de varios punzones y adicionalmente a ello al presentación del material a troquelar está dada en tramos de gran longitud a fin de facilitar su alimentación en forma transversal. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.7.2 *Por la operación que realiza la matriz*

- **Corte:** Son troqueles que utilizados para la fabricación o procesamiento de piezas donde existe separación de materiales por cizallamiento o punzonado.
- **Doblado:** son aquellos troqueles utilizados para la fabricación o procesamiento de piezas planas o cilíndricas donde existen modificaciones en forma longitudinales a materiales de gran ductilidad.
- **Embutido:** son troqueles que se utilizan para generar formas de distinta geometría i gran profundidad en materiales con un buen coeficiente de elasticidad.
- **Estampado y acunado:** troqueles que se emplan para grabar por impacto toda clase de logotipos textos o formas geométricas en alto o bajo relieve. (MORENO & FLOREZ, 2009)

2.2.7.3 *Por los ciclos de producción*

- **De pruebas:** cada vez que se desea comprobar algún tipo de pieza a fabricar en cuanto a su resistencia mecánica, geometría o desempeño, se diseñan y fabrican troqueles para realizar dichos ensayos y determinar en laboratorio si es factible la fabricación en serie de la pieza,. (MORENO & FLOREZ, 2009)
- **De prototipos:** es un tipo de troquel básico que consiste en fabricar una o varias piezas para ensamblar en un modelo prototipo con la finalidad de determinar la correcta intercambiabilidad de partes y corregir los problemas que se presenten antes de entrar a la producción, la inversión de recurso en este tipo de troqueles es limitado, debido a que si no se surte el efecto requerido se descarga o modifica, intervienen en este tipo de proceso operaciones manuales tales como corte con cizallas manuales, tijera, repujados, etc. (MORENO & FLOREZ, 2009)

- **De producción:** después de haber realizado todas las pruebas con los troqueles de prueba o los de prototipos se procede a fabricar los troqueles de producción, los cuales son diseñados y calculados de acuerdo a las necesidades preestablecidas, estos troqueles son los progresivos, aciales de corte, doblado, embutido, estampados. (MORENO & FLOREZ, 2009)

CAPITULO III

3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.1 Mantenimiento industrial

Este tipo de mantenimiento abarca muchos aspectos diferentes, está relacionada con el objetivo de toda industria y a su vez depende de la situación del mercado en el que se encuentra. Siendo el objetivo principal de la industria el generar riqueza en el entorno en el que se desarrolla y para ello además de otras consideraciones, se debe procurar maximizar los beneficios, por ende se puede decir que el mantenimiento ayuda a dicho objetivo. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

Sin embargo, como se ha mencionado, la importancia relativa del mantenimiento para lograr el objetivo anterior depende de la situación del mercado. En un mercado en auge y crecimiento, en el que se puede vender tanto como se produzca, las industrias tratan maximizar su capacidad de producción llegando a funcionar todo el tiempo disponible. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006). En tal situación, el mantenimiento es un aspecto fundamental para conseguir una producción máxima, ya que una parada larga causada por la avería de una máquina crítica puede afectar a la producción de toda la planta durante horas (incluso días) y conllevar grandes pérdidas económicas por lo que se podría haber producido y no se produjo (coste de oportunidad). Por el contrario, en un mercado en declive la producción es más relajada; no se trabaja contrarreloj y una avería provoca pérdidas muchos menores. En consecuencia, la eficiencia con que se lleve a cabo el mantenimiento posee mucha menos relevancia.

Desde un punto de vista amplio, puede decirse que el mantenimiento industrial es una disciplina con la que, antes o después, se relacionan todas las demás disciplinas involucradas en el proceso de producción industrial. Pero precisamente esta dilatada interrelación hace que la función mantenimiento constituya uno de los pilares fundamentales que condiciona la eficiencia de cualquier industria moderna. En cierto sentido, el resto de disciplinas involucradas dependen en mayor o menor medida del mantenimiento; de tal forma que cualquier intento de producción sin mantenimiento

resulta caótico, aunque el resto de tareas se realicen con gran perfección. Esto es tanto más así cuanto mayor sea la intención de maximizar la productividad. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.1.1 Funciones del mantenimiento industrial.- El mantenimiento industrial está definido por las funciones que le son atribuidas, y pueden ser clasificadas en dos grandes grupos atendiendo a la dedicación por parte del grupo de mantenimiento. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.1.1.1 Funciones primarias del mantenimiento.- Aquellas actividades que el departamento de mantenimiento debe realizar diariamente, las cuales se pueden agrupar en:

- **Mantenimiento del equipo industrial:** Esta es la principal actividad atribuida al grupo de mantenimiento. Consiste en la realización de las reparaciones necesarias en la maquinaria de producción de forma rápida y económica. Esto incluye la anticipación a los fallos y el empleo de técnicas de mantenimiento preventivo donde sea posible.
- **Inspección y lubricación de equipos:** Esta es una operación esencial complementaria a la reparación de las máquinas. Consiste en el examen regular de las mismas con el fin de detectar y subsanar posibles causas de fallo antes de que éste ocurra. También consiste en la limpieza, lubricación y puesta a punto periódica de los elementos de las máquinas, con el fin de optimizar su funcionamiento y durabilidad. Aunque en algunas industrias esta tarea es asignada a otros grupos de trabajo ajenos al de mantenimiento (incluso externos a la industria de que se trate), la implicación del grupo de mantenimiento en el proceso proporciona generalmente un incremento de la estandarización y un mejor seguimiento.
- **Mantenimiento de edificios y terrenos:** reparación de propiedades externas a las plantas también son tareas habitualmente asignadas al departamento de mantenimiento.

- **Gestión de la información relativa a mantenimiento:** es tarea del grupo de mantenimiento realizar una gestión sobre la información obtenida de las intervenciones, con la finalidad de disponer un historial de casos y soluciones que permitan en el futuro afrontar los problemas que surjan de la forma más eficiente posible.
- **Modificación de las instalaciones y realización de instalaciones nuevas:** Esta tarea compete o no al Departamento de Mantenimiento dependiendo generalmente del tamaño de la industria. En industrias pequeñas (con una única planta), esta tarea es habitualmente subcontratada a otras empresas, que siguen las prescripciones de la primera. Sin embargo, las grandes industrias (especialmente las que cuentan con múltiples plantas) en continua expansión suelen disponer de un grupo de instalación que puede depender del Departamento de Mantenimiento o ser independiente y trabajar en íntima colaboración con éste.(SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.1.1.2 *Funciones secundarias del mantenimiento.*- Existe también algunas otras funciones que pueden ser atribuidas al departamento de mantenimiento, entre las cuales tenemos las siguientes:

- **Gestión de almacenes de mantenimiento:** gestión de los almacenes de repuestos de máquinas es generalmente atribuidas al grupo de mantenimiento ya que este realiza su función en íntima relación con estos almacenes.
- **Seguridad de las plantas:** las funciones de seguridad de las plantas industriales, se incorpora al departamento de ingeniería de mantenimiento, incluyendo la gestión del personal de seguridad, de los equipos de prevención y protección contra incendios y tratamiento de las recomendaciones de seguridad laboral.
- **Eliminación de residuos:** la gestión de los residuos que son producidos por la planta son gestionados por el departamento de mantenimiento.
- **Otras:** es necesario delimitar con gran concreción la autoridad y responsabilidad del grupo ante cada una de las funciones que pueden presentarse. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.2 Tipos de Mantenimiento

Los tipos de mantenimiento surgieron como consecuencia de su evolución misma. El orden cronológico se corresponde con el grado de complejidad y efectividad del mantenimiento. A las formas más primitivas siguen otras más elaboradas. Sin embargo, aquellas no se dejan de usar, sino que complementan a las posteriores.

Las fallas no son algo deseado y por lo tanto el control que tengamos sobre su ocurrencia determina la primera gran división: la falla nos toma por sorpresa o bien, sabiendo que ocurrirá, nos anticipamos realizando acciones para evitarla.

Así surgen primeramente el Mantenimiento a Rotura y luego el Mantenimiento Programado o Planificado. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.2.1 *Mantenimiento a rotura.*- Esta clase de mantenimiento tiene por objetivo intervenir para reparar de manera inmediata la paralización de la maquinaria. Este mantenimiento se caracteriza por ser inoportuno y desorganizado, razón por la cual carece de ser planificado. Es de esta manera como surgen los principios del mantenimiento; dando lugar a intervenciones inoportunas asignando medios y recursos no planificados, con el único objetivo de mantener el funcionamiento de los equipos. (GONZÁLEZ, 2011)

El mantenimiento a rotura es una operación reactiva, es decir una vez que ocurre el hecho, por lo que en muchos casos puede ser de costo elevado o a su vez pueden aparecer pérdidas de producción, retrasos en las entregas de productos terminados cuando se aplica este tipo de mantenimiento en muchas ocasiones solo se aplican medidas parche, las cuales solo permiten seguir operando una maquina hasta terminar una jornada laboral o en su efecto hasta llevar a cabo el verdadero mantenimiento en la maquinaria cuando esta tenga un turno libre. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

La ventaja fundamental de este método es la rapidez de la puesta en funcionamiento de la máquina y que las diferentes piezas se usan hasta que fallan, agotando de este modo su vida útil.

Sin embargo, las desventajas que presenta este método son numerosas, pudiéndose destacar las siguientes:

- En este tipo de mantenimiento no se busca la causa origen de la avería (que no necesariamente se encuentra en la pieza que ha fallado) por lo que, tras la reparación, la avería se volverá a repetir en un corto espacio de tiempo.
- El trabajo de mantenimiento no puede ser planificado, dado que no se sabe cuándo se va a producir el fallo (imposibilidad de previsión). Así, el fallo puede producirse cuando el personal técnico de mantenimiento no está en la planta (durante la noche, por ejemplo) lo que retrasa la reparación y puesta en servicio.
- Obliga a la existencia de repuestos suficientes para cubrir las eventuales reparaciones y evitar largas paradas esperando a los repuestos lleguen a la planta, lo que incrementa el coste de material inmovilizado y de almacén.
- Si la reparación no es rápida el fallo de la máquina puede dar lugar a una pérdida económica importante al producirse una parada de producción, especialmente en máquinas críticas dentro de la línea.
- Las averías, al ser imprevistas, pueden ser graves para la máquina, ya que el fallo de un elemento puede dar lugar al fallo de otro elemento conectado al mismo. Las averías imprevistas pueden dar lugar a siniestros con consecuencias graves para el personal o el resto de las instalaciones. Así, este tipo de mantenimiento no reduce el riesgo de daños en los trabajadores ni en las instalaciones.

3.2.2 Mantenimiento programado o planificado.- Como se conoce este tipo de mantenimiento cambió el ritmo de la industria y su productividad, ya que en este caso lo primero que existe es la planificación, basada en el tipo de maquinaria, el tipo de elementos que componen una máquina, el tiempo de vida útil de cada elemento de una máquina en función al trabajo que se realice y por ende se tiene asignada una determinada fecha, de intervención a su vez asignado recursos, quien o quienes intervendrán y bajo qué parámetros se trabajara. (GONZÁLEZ, 2011)

El objetivo del mantenimiento programado o planificado es, llevar de una manera gestionada las paradas de la maquinaria para su respectiva reparación y evitar las paradas inoportunas de la maquinaria y con ello pérdidas económicas. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.2.3 Mantenimiento correctivo.- Este mantenimiento es algo parecido al mantenimiento a rotura, pero en este caso no solo se intenta reparar el equipo, sino diagnosticar y reparar la causa real que ocasiono el desperfecto del equipo. Este método de mantenimiento tiene una gran característica que lo diferencia del mantenimiento a rotura, por lo que es considerado mejor ya que, en este caso se busca la causa original que provoco el fallo y lo corrige con lo que se mitiga la aparición a corto plazo de un nuevo fallo en el equipo.

Este mantenimiento es factible, usarlo únicamente cuando exista una buena disponibilidad de componentes a ser corregidos en un equipo, a su vez se debe tener en cuenta, la agilidad con la que se llevara a cabo la reposición de componentes, el factor económico y no debe afectar en ningún punto al proceso de producción de la planta. Por lo que este método es beneficioso aplicarlo en máquinas sencillas, y de preferencia cuando existan varias de estas en la planta. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.2.4 Mantenimiento preventivo.- Consiste en prevenir un fallo, se basa en el establecimiento de una rutina para la sustitución de un componente se realiza sistemáticamente independientemente del estado de la pieza, basándose en el número de ciclos realizados en el tiempo de trabajo de la máquina y en la información histórica del tiempo medio entre fallos.

Además este tipo de mantenimiento también incluye las operaciones preventivas que se ejecutan aprovechando alguna coyuntura que permita la obtención un beneficio al realizar en ese momento la sustitución de la pieza a la que se aplica prevención.

La ventaja del método preventivo frente al mantenimiento correctivo es que la planificación de mantenimiento es más sencilla, ya que produce frente a un menor número de imprevistos y paradas no programadas de producción, además de reducir la

necesidad de almacenamiento de repuestos, que ajusta la adquisición de los mismos a los periodos planificados de inspección.

3.2.5 Mantenimiento predictivo.- También llamado mantenimiento basado en la condición que corrige las desventajas del mantenimiento preventivo, cambiando las sustituciones periódicas por inspecciones periódicas en las que no se sustituyen piezas, sino solo se analiza el estado de la maquina define la medidad de un aserie de parámetros objetivos.

La medida de los parámetros se realiza sin necesidad de parar la máquina ni interrumpir la producción, la evaluación de estos parámetros se realiza de forma continua, que da lugar al mantenimiento predictivo online o continuo, es decir la medida se realiza con una periodicidad definida.

Algunos de los parámetros que sin utilizados en el análisis e una maquina son el nivel de ruido, nivel de vibración, el nivel de partículas metálicas en el lubricante, la temperatura u otros parámetros característicos del funcionamiento de cada máquina en concreto.

Las ventajas más destacadas de este tipo de mantenimiento son:

- Los períodos de vida de las piezas pueden agotarse al máximo, disminuyendo el número de intervenciones y evitando los fallos inesperados.
- Se reduce la necesidad de almacenamiento de piezas, pues las que hayan de sustituirse pueden adquirirse con la suficiente antelación.
- La inspección con técnicas adecuadas permite detectar el origen de los problemas de la máquina y no sólo sus síntomas y, además, sin necesidad de parar su funcionamiento.
- La información histórica sobre la evolución de los parámetros permite un mejor conocimiento de las máquinas, de su funcionamiento y de sus modos de fallo.
- Cuando ha de realizarse la reparación ésta es más rápida ya que se ha detectado previamente el punto en el que ha de trabajarse.

- Mejora la seguridad de la planta al reducirse la probabilidad de producción de accidentes como consecuencia de fallos imprevistos.

Sin embargo, la introducción de este método de mantenimiento no está exenta de inconvenientes. Algunos de ellos son:

- La necesidad de una mayor formación del personal en las diferentes técnicas de inspección y en la interpretación de los valores de los parámetros obtenidos, de forma que se evite la aparición de fallos o la realización de paradas innecesarias como consecuencia de una mala interpretación de los parámetros.
- La inversión necesaria en diferentes equipos de medida y registro de parámetros y en la elaboración de una base de datos adecuada.
- La falta de experiencia sobre el valor de los parámetros que indica un estado peligroso de la máquina, especialmente en las etapas iniciales, con las consiguientes dudas sobre el momento en que la parada para reparación es obligada.
- El posible aburrimiento de los operarios por la toma de datos que normalmente se van repitiendo, sin producirse cambios en grandes períodos de tiempo, antes de que aparezca una situación crítica.

3.3 Operación de mantenimiento mecánico

En primer lugar la clasificación de las operaciones de mantenimiento se pueden distinguir por su objetivo, excluyendo las operaciones de ampliación y reconstrucción de maquinaria, existen otras operaciones de corrección, cuya finalidad es subsanar alguna deficiencia en los elementos y ensamblajes que componen la máquina, operaciones de sustitución de elementos cuando éstos están demasiado dañados para poder ser reparados. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

Por otro lado, las operaciones de mantenimiento también se pueden distinguir por el momento en que se realizan con relación al momento del fallo., así también existen operaciones que se realizan antes del fallo cuyo objetivo suele ser prevenir dicho fallo y operaciones que se realizan tras el fallo, que tiene por objetivo reparar el fallo y devolver

a la máquina al estado de funcionamiento. Teniendo en cuenta estas consideraciones, las operaciones de mantenimiento mecánico se clasifican habitualmente en (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006):

3.3.1 *Clasificación de las operaciones de mantenimiento mecánico*

- **Operaciones de mantenimiento de reparación tras el fallo:** Son operaciones que se realizan como reacción ante el fallo de una máquina. Normalmente estas operaciones están destinadas a devolver a la máquina a las condiciones de servicio.
- **Operaciones de mantenimiento correctivo tras el fallo:** estas operaciones se llevan a cabo también tras el fallo, el objetivo es la búsqueda y subsanación de la causa origen del fallo, que no necesariamente se encuentra en la pieza que ha fallado.
- **Operaciones de mantenimiento preventivo:** Son operaciones de sustitución o corrección de componentes destinadas a prevenir el fallo de la máquina. Existen dos tipos de operaciones de mantenimiento preventivo: las planificadas y las de oportunidad.
- **Operaciones de mantenimiento predictivo o de análisis del estado de la máquina:** Son operaciones cuyo objetivo es estimar el estado de funcionamiento de la máquina y la cercanía en el tiempo de un posible fallo. Estas operaciones suelen estar destinadas a medir uno o varios parámetros de la máquina y utilizar la información histórica para evaluar la situación de la máquina y su evolución hacia un fallo potencial.
- **Operaciones de mantenimiento correctivo basado en el estado de la máquina:** Son operaciones de corrección que se realizan para subsanar deficiencias que están a punto de provocar un fallo en la máquina. Se realizan, por tanto, antes del fallo y la necesidad de realizar estas operaciones suele estar indicada por los resultados del análisis del estado de la máquina. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.4 Estrategias de mantenimiento industrial

La estrategia de mantenimiento de una industria identifica cómo la industria se enfrenta a la necesidad de mantenimiento inevitablemente asociada a la actividad productiva. Las mejores estrategias de mantenimiento son aquellas que involucran los cuatro tipos de operaciones vistas en el apartado anterior. Esto es debido a que, aunque se implante un sistema basado en el apartado 1.3, siempre existirá un porcentaje de incertidumbre que hará imposible eliminar completamente las averías. Así, las operaciones de mantenimiento ante fallo y correctivo, posteriores a las averías, siempre serán necesarias. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

Dependiendo de los tipos de tareas involucrados en el programa de mantenimiento se pueden distinguir cuatro diferentes estrategias:

- **Estrategias básicas:** Son estrategias que involucran exclusivamente operaciones de mantenimiento ante fallo y de mantenimiento correctivo. Son poco eficientes ya que no buscan reducir los costes de mantenimiento ni maximizar la productividad. Suelen estar implantadas en industrias pequeñas y poco evolucionadas o, a veces, en industrias que están inmersas en un mercado en profunda crisis y que persiguen sobrevivir más que producir de manera eficiente.
- **Estrategias moderadamente intensivas:** Son estrategias basadas en operaciones de mantenimiento correctivo y preventivo, con una evolución intermedia de este último. Estas estrategias poseen un programa de mantenimiento modesto, lo que implica que la recolección de la información de mantenimiento está poco sistematizada, los programas y las rutas de mantenimiento están poco elaborados y la periodicidad de sustitución de componentes no ha sido optimizada ni está sujeta a una evolución continua. Se obtiene beneficio del mantenimiento, pero podría obtenerse un beneficio mayor reduciendo el número de averías y alargando la vida en funcionamiento de los componentes.
- **Estrategias intensivas:** Cuentan con todos los tipos de operaciones de mantenimiento. Las máquinas poco críticas suelen llevar asociadas operaciones de mantenimiento correctivo en mayor medida y preventiva en menor medida.

Sobre las máquinas esenciales suelen realizarse operaciones de mantenimiento preventivo; mientras que en las máquinas críticas suele realizarse un seguimiento de la condición de funcionamiento mediante técnicas de mantenimiento predictivo. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.5 Mantenimiento mecánico de máquinas

El mantenimiento industrial involucra una gran cantidad de especialidades desde la de gestión de la producción industrial hasta la energética, pasando por la eléctrica, automática, etc.

Una de estas especialidades es la mecánica y el conjunto de operaciones de mantenimiento relacionadas con ella es llamado mantenimiento mecánico de máquinas. Dentro del mantenimiento mecánico se engloban las acciones destinadas a la reparación o conservación de máquinas y mecanismos, sus elementos y dispositivos, teniendo en cuenta la función para la que fueron diseñados.

El mantenimiento mecánico ha cobrado una creciente importancia desde la revolución industrial hasta la actualidad debido al continuo desarrollo científico. Este desarrollo ha conllevado el avance de la tecnología del equipamiento industrial, caracterizándose este último por una mayor complejidad, sofisticación y velocidad. Consecuentemente, se ha generado la necesidad de profesionales destinados a la cada vez más especializada tarea de conservación (mantenimiento) de los modernos equipos industriales. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.6 Tipos de fallo según la probabilidad asociada a la edad de la máquina

En función de la probabilidad de que aparezcan fallos y de la dependencia de esta probabilidad del momento a lo largo de la vida útil de la máquina, estos fallos pueden clasificarse en:

- **Fallos infantiles:** Suelen ser debidos a defectos en la fabricación de alguna de las piezas o a un incorrecto montaje. La probabilidad de aparición de estos fallos

decrece con el tiempo, por lo que son más probables al inicio de la vida útil de la máquina o durante el período de rodaje inicial.

- **Fallos producidos por el desgaste y envejecimiento:** Estos fallos pueden tener varios orígenes. Algunos de ellos pueden estar vinculados a errores durante la fabricación que dan lugar a un crecimiento progresivo del defecto como grietas, tratamientos térmicos incorrectos, fallos en las soldaduras, acabados superficiales defectuosos, inclusiones de gas en la fundición.
- **Fallos aleatorios:** Los fallos aleatorios pueden tener orígenes diversos y se producen por azar, por lo que su probabilidad de aparición se mantiene constante durante toda la vida de la máquina.

3.7 Tipos de fallos mecánicos

Se entiende por fallo mecánico cualquier cambio en el tamaño, forma o propiedades del material de una estructura, máquina o parte de una máquina que impide que ésta pueda realizar la función para la que fue diseñada. (SÁNCHEZ, PÉREZ, SANCHO, & RODRÍGUEZ, 2006)

3.7.1 *Fallo estructural.*- Aparece por el cambio de tamaño, forma o propiedades mecánicas de una o varias partes de la máquina. El deterioro puede producirse a nivel superficial o en puntos no superficiales.

- **Fallo superficial:** Ocurre cuando la superficie de la pieza se deteriora. Puede estar causado por desgaste debido a un contacto con otros sólidos en el que existe movimiento relativo, por oxidación o corrosión de materiales metálicos, por fatiga superficial, etc. El fallo superficial cambia la geometría de la pieza generalmente creando o incrementando las holguras. Esto provoca, en el mejor de los casos, un decremento de la precisión de trabajo de la máquina y, en el peor de los casos, un fallo no superficial (rotura) debido a la reducción de la sección. Existen técnicas específicas para evitar cada una de las causas que producen el fallo superficial. El desgaste se puede evitar mediante tratamientos de endurecido superficial y con un sistema de lubricación adecuado. La oxidación y la corrosión se pueden evitar

impidiendo que el metal vivo entre en contacto con agua y ácidos o conduzca corriente eléctrica. Finalmente, la fatiga superficial se puede combatir evitando que las tensiones superficiales de contacto sean elevadas, para lo que se requiere que los radios de curvatura sean amplios.

- **Fallo no superficial:** Este tipo de fallo está asociado generalmente con la rotura completa (seccionado) del material. El fallo no superficial puede ser estático o por fatiga. El fallo estático se produce por estar sometiendo al material a un nivel de tensión por encima de su límite de fluencia. En tal caso el material se deforma hasta romperse (el grado de deformación depende de si el material tiene un comportamiento dúctil o frágil). En el caso de máquinas, este fallo se puede evitar con un dimensionamiento adecuado de los elementos resistentes y evitando la aparición de sobrecargas en el funcionamiento de la máquina.
- **Fallo por deformación excesiva:** En ocasiones la deformación de una pieza (aunque no llegue a romperse) provoca que la máquina no pueda realizar su función. En ciertos casos la máquina puede seguir funcionando, pero esta deformación disminuye la calidad de su funcionamiento y acorta la vida útil de algunos componentes. En tales casos, esta deformación constituye una forma de fallo que debe ser prevista y evitada durante el diseño de la máquina. Para ello basta con asegurar la rigidez de los elementos estructurales.

3.7.2 *Fallo funcional.*- Aparece por el disfuncionamiento de alguno de los sistemas que evitan el fallo estructural o por algún tipo de sobrecarga. Así, los fallos funcionales (asociados al fallo mecánico) más comunes son:

- **Fallo en el sistema de lubricación:** Aparece cuando la lubricación es inadecuada en algún punto de la máquina. Su efecto más común es la aparición de contacto metal-metal y el consiguiente rozamiento, desgaste y deterioro superficial.
- **Fallo en los sistemas hidráulico o neumático:** En ciertos casos, un fallo en estos sistemas puede provocar un fallo estructural.
- **Fallo por sobrecarga térmica:** Ocurre cuando alguno de los elementos (fijos o móviles) estructurales se ve sometido a una temperatura elevada durante el

funcionamiento. Este incremento de temperatura provoca un decremento notable en las propiedades mecánicas del material, lo que puede derivar en un fallo estructural.

- **Fallo por sobrecarga:** Se dice que una máquina está funcionando en una situación de sobrecarga cuando la carga resistente que ésta ha de vencer es superior a aquella para la que fue diseñada. El incremento de carga resistente tiene como consecuencia un incremento de las fuerzas internas de los elementos estructurales de la máquina, pudiendo llegar a superar las fuerzas máximas para las que dichos elementos fueron dimensionados. En tales casos puede aparecer un fallo mecánico en las diferentes topologías que se han expuesto.

3.8 Técnicas de análisis de averías

La globalización de la Calidad Total dio paso a la creación y utilización de una gran diversidad de herramientas para resolver problemas los cuales pueden estar dentro de ámbitos calidad, para llevar a cabo la solución de un problema se debe partir de dos pasos fundamentales, identificación y luego el análisis del problema.

En la actualidad existen una gran infinidad de herramientas las cuales se adaptan a la identificación y análisis de problemas. El uso de este tipo de herramientas no depende de los equipos, sino más bien del criterio técnico e ideas que pueden dar quienes intervienen en la evaluación de los equipos.

Análisis fenómeno físico/ variables de proceso (Análisis P-M).-Esta es una técnica la cual permite estudiar las fallas en los equipos y su punto de partida es los fenómenos físicos que intervienen en los mecanismos analizados y la relación que existe con las variables del proceso estos pueden involucrar las 4M, esta es una técnica muy utilizada, ya que sirve para atacar a fallas severas las cuales con otras técnicas no se pueden eliminar.

Cabe recalcar que esta técnica se aplica solo cuando la frecuencia de fallas está por debajo del 0,5%, en el caso de que estas fallas sean superiores a este valor se debe recurrir necesariamente a otras técnicas, este método consta de ocho pasos a seguir para dar solución a una falla.

Tabla 3. Esquema de pasos a seguir del análisis P-M

Pasos a seguir en el análisis P-M	
1°. Definir el problema	Cuidadosamente exponer la anomalía encontrada y sin suposiciones
2°. Ejecutar un análisis físico	Describir el fenómeno en términos físicos
3°. Determinar las condiciones que generan el problema	Determinar lo que ocurre para que produzca la falla
4°. Determinar la incidencia de las variables de proceso 4M	Observar las relaciones causa-efecto asociada a las 4M
5°. Determinar las condiciones óptimas de trabajo	Determinar los niveles de precisión para comparar con los actuales
6°. Determinar el método de investigación	Emplear métodos adecuados y confirmar que factores identificados en 3 y 4 se desvían
7°. Identificar condiciones actuales respecto a las óptimas	Establecer condiciones actuales y comparar con las requeridas
8°. Dotar un plan de mejora	Implementar acciones correctivas

Fuente: (GALLARÁ & PONTELLI, 2009)

3.8.1 *Análisis de modos de fallas de sus efectos (AMFE)*.- Consiste en una técnica participativa misma que se usa para identificar los posibles problemas de un equipo, definir posibles causas y valorar impacto en el caso de que estos se presentaran esta técnica fue desarrollada por la industria aeroespacial en Norteamérica luego la aprovecho la industria automotriz, este método es bastante predictivo ya que en esta técnica se estudian los modos potenciales de fallas y cuál será su efecto, un AMFE, se lo debe hacer antes de poner en operación un equipo con la finalidad de que se mitiguen o eliminen las fallas por errores no considerados en el diseño, construcción o instalación del equipo.

Para la realización de un AMFE, se basa en tasación del riesgo y para esto se basa en tres componentes principales: la probabilidad que se presenta la falla, gravedad de las secuelas en el caso de que apareciera, VER ANEXO (A, B, C) la facilidad para ser detectada. A esta valorización se le conoce con el nombre de Índice de Prioridad de Riesgo, IPR, el mismo que se determina por.

$$IPR = P \times G \times D \quad (1)$$

Tabla 4. Esquema de plantilla AMFE

	Análisis					Control		Correcciones
	Modos de falla	Causa	Probabilidad (P)	Efecto	Gravedad (G)	Controles	Grado de Control (D)	Acciones de mejora
Descripción de la función del elemento	1.Función no se ejecuta	Descripción de las causas probable de cada modo de falla	Valoración de la probabilidad en función de la frecuencia	Descripción de los efectos de los modos de fallas	Valoración de la gravedad de los efectos	Descripción de los métodos de control actuales	Valoración del grado de control y de la capacidad de detección	Acciones de mejora propuestas para cada modo de fallas en función de la valoración IPR
	2.Función ejecutada parcialmente							
	3.Función ejecutada irregularmente							
	4.Función disminuida							
	5.Función sobre desarrollada							

Fuente: (GALLARÁ & PONTELLI, 2009)

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Máquina Electroerosionadora

Es una máquina la cual para entrar en operación necesita una alimentación de 380 VAC, 8,7A, VER ANEXO (D) y una frecuencia de 50/60Hz. Para lograr la rehabilitación de esta máquina, la cual ha estado por más de una década fuera de uso, es necesario hacer una nueva instalación eléctrica de la misma forma para la maquina troqueladora o prensa de excéntrica, la cual permita energizarlas y luego hacer las debidas pruebas de funcionabilidad y así determinar qué elementos necesitan de reposición y cuales podrían estar en buen estado para seguir operando. Esto se lo hace con la ayuda de la hoja AMFE, VER ANEXO (H), en la cual se evalúa cada componente de la máquina y que función cumple en la misma, y según el IPR que dé como resultado se procede a su debido cambio o reparación del mismo. (CAMPRUBÍ, 2007)

Figura 15. Instalación eléctrica inexistente



Fuente: Autor

4.1.1 Instalación eléctrica.- Puede llamarse instalación eléctrica al conjunto de elementos los mismo que permiten llevar o distribuir energía eléctrica desde un punto inicial de suministro hasta los consumidores finales, una instalación eléctrica tiene elementos como: tableros, interruptores, transformadores sensores, dispositivos de control local o remoto. Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (ductos o tubos), oculta (dentro de paneles), ahogadas (en muros, techos o pisos). (DURAN, et al., 2012)

4.1.2 Tipos de instalaciones

4.1.2.1 Instalación de baja tensión.- Se considera una red de baja tensión a aquella instalación eléctrica la cual su tensión es menor a 1000V, para corriente alterna y 1500V, para corriente continua. (DURAN, et al., 2012)

4.1.2.2 Instalación de alta tensión.- Se considera una red de alta tensión a aquella instalación eléctrica la cual su tensión es superior a 1000V, en corriente alterna.

4.1.3 Tipos de cables

4.1.3.1 Cable thhn.- Los conductores tipo THHN, son generalmente utilizados en circuitos de fuerza y alumbrado en instalaciones industriales, este tipo de cables por lo general suelen usarse en lugares contaminados por gasolinas, grasas, aceites, etc. Y cualquier otro tipo de sustancias corrosivas los mismos que pueden ser pinturas o solventes. Este tipo de cables pueden ser utilizados en lugares secos y húmedos con una temperatura máxima de operación de 90°C, y tensión de servicio es de 600V para todas sus aplicaciones. (DURAN, et al., 2012)

Figura 16. Cable THHN



Fuente: (ELECTROCABLES, 2002)

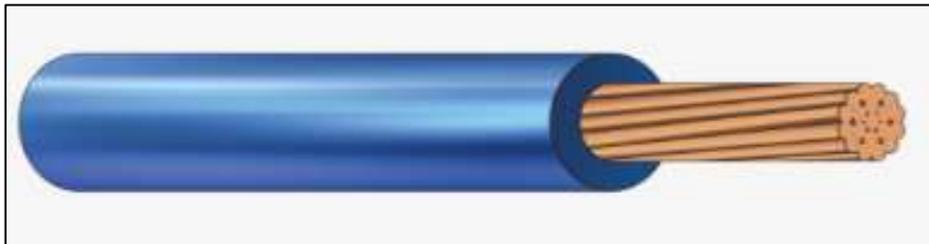
- **Aplicaciones THHN:** Los conductores de cobre tipo THHN o THWN-2 son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, son especialmente aptos para instalaciones especiales por ductos difíciles y usarse en zonas abrasivas o contaminadas con aceites, grasas, gasolinas, etc. y otras sustancias químicas corrosivas como pinturas, solventes, etc., tal como se especifica en el National Electrical Code.

Este tipo de conductor cuando es utilizado como THHN puede ser usado en lugares secos con temperatura máxima de operación de 90 °C, pero si es utilizado como THWN-2 puede ser usado en lugares secos y húmedos con temperatura máxima de operación de 90 °C, así mismo cuando están expuestos a aceites, grasas, pinturas, solventes químicos, etc., su temperatura máxima de operación es 75 °C. En cuanto a su tensión de servicio, para todas las aplicaciones, es de 600 V.

- **Especificaciones THHN:** Los conductores de cobre tipo THHN o THWN-2 deben cumplir con las siguientes especificaciones y normas:
 - ASTM B-3: Alambres de cobre recocido o suave.
 - ASTM B-8: Conductores trenzados de Cobre en capas concéntricas, duro, semiduro o suave.
 - UL - 83: Alambres y cables aislados con material termoplástico.
 - NEMA WC-5: Alambres y cables aislados con material termoplástico
 - (ICEA S-61-402) para transmisión y distribución de energía eléctrica.
- **Construcción THHN:** Los conductores tipo THHN o THWN-2 pueden ser sólidos o cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico Cloruro de Polivinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor, sobre la cual se aplica una cubierta protectora de Nylon o poliamida. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de embalaje.

4.1.3.2 *Cable thw*.- Este tipo de conductores son utilizados en circuitos de fuerza o en circuitos de alumbrado en instalaciones industriales. Este tipo de cables pueden ser instalados en lugares secos y húmedos y su temperatura máxima de operación es de 75°C, y su tensión de servicio es de 600V para todas sus aplicaciones. (DURAN, et al., 2012)

Figura 17. Cable THW



Fuente: (ELECTROCABLES, 2002)

- **Aplicaciones THW:** Los conductores de cobre tipo THW son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales donde se requiera de mayor seguridad, tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es de 75 °C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 600 V.
- **Especificaciones THW:** Los conductores de cobre tipo THW deben cumplir con las siguientes especificaciones y normas:
 - ASTM B-3: Alambres de cobre recocido o suave.
 - ASTM B-8: Conductores trenzados de Cobre en capas concéntricas, duro, semiduro o suave.
 - UL - 83: Alambres y cables aislados con material termoplástico.
 - NEMA WC-5: Alambres y cables aislados con material termoplástico
 - (ICEA S-61-402) para transmisión y distribución de energía eléctrica.
- **Construcción THW:** Los conductores tipo THW pueden ser sólidos o cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico Cloruro de Polivinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de embalaje. (ELECTROCABLES, 2002)

4.1.3.3 *Cable ttu.*- Este tipo de conductores son utilizados en circuitos de fuerza o en circuitos de alumbrado en instalaciones industriales. Estos cables son aptos para ir instalados a la intemperie o enterrados y pueden ser instalados en lugares secos o húmedos y su temperatura máxima de operación es de 75°C, y su tensión de servicio es de 600V para todas sus aplicaciones. (DURAN, et al., 2012)

Figura 18. Cable TTU



Fuente: (ELECTROCABLES, 2002)

- **Aplicaciones TTU 0.6 KV:** Los conductores de cobre tipo TTU-0.6 KV. son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales y comerciales, son especialmente aptos para instalaciones a la intemperie o directamente enterrados, tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es 75 °C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 600 V.
- **Especificaciones TTU 0.6 KV:** Los conductores de cobre tipo TTU-0.6 KV. deben cumplir con las siguientes especificaciones y normas:
 - ASTM B-3: Alambres de cobre recocido o suave.
 - ASTM B-8: Conductores trenzados de Cobre en capas concéntricas, duro, semiduro o suave.
 - NEMA WC-5: Alambres y cables aislados con material termoplástico
 - (ICEA S-61-402) para transmisión y distribución de energía eléctrica.
- **Construcción TTU 0.6 KV:** Los conductores tipo TTU-0.6 KV. son cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico Polietileno (PE) resistente a la humedad y al

calor, sobre la cual se aplica una cubierta protectora de Cloruro de Polivinilo (PVC). Se suministran en color negro siempre y con distintas formas de embalaje.

4.1.4 *Elementos de seguridad y protección.*- Los elementos de seguridad y protección son dispositivos que sirven para proteger las instalaciones eléctricas y a los usuarios de las mismas cuando se ven perturbadas por diferentes factores. Los tres factores más usuales que aparecen dentro de una instalación eléctrica pueden ser (DURAN, et al., 2012, p. 33)

- **Sobrecorrientes:** son aquellas corrientes eléctricas anormalmente altas, producidas por un consumo excesivo de las cargas conectadas al elemento generador
- **Cortocircuitos:** es la conexión directa de los dos polos de un circuito generador que generalmente se produce por accidente o descuido
- **Sobretensiones:** se puede producir por un mal funcionamiento del generador que proporciona mayor voltaje de su valor nominal

Para evitar o al menos minimizar los efectos de estos tres problemas las instalaciones eléctricas deben ser provistas de los adecuados elementos de seguridad y protección como.

- **Fusibles:** son dispositivos más simples, y tienen la misión de evitar sobrecorrientes y cortocircuitos. Por lo general son hilos o láminas de cobre o plomo que suelen ir protegidos en capsulas aislantes. (DURAN, et al., 2012, p. 33)

Son dispositivos de sobrecorriente que se autodestruyen cuando interrumpen el circuito, son de metal fusible a temperaturas relativamente bajas y calibrados de tal manera que se funden cuando se alcance una corriente determinada, debido a que los fusibles se encuentran en serie con la carga, estos abren el circuito cuando se funden. Se dice que todos los fusibles tienen una característica de tiempo inversa, es decir, si un fusible es de 30 A debe conducir 30 A en forma continua, con 10% de sobrecarga (33A) se debe fundir en algunos minutos, con

sobrecarga del 20% (36 A) se funde en menos de 1 minuto y si se alcanza una sobrecarga del 100% (60 A), el fusible se funde en fracciones de segundo , es decir, que a mayor sobrecarga menor tiempo de fusión, es decir de interrupción del circuito. (ENRÍQUEZ, 2005, p. 74)

Figura 19. Fusible



Fuente: (DURAN, et al., 2012)

- **Magnetotérmicos:** son también dispositivos de protección, aunque más sofisticados que los fusibles su misión es evitar sobrecorrientes y cortocircuitos en la instalación eléctrica. (DURAN, et al., 2012, p. 33)

Figura 20. Magnetotérmicos



Fuente: (DURAN, et al., 2012)

También conocidos como Breaker es un dispositivos diseñado para conectar y desconectar un circuito por medios no automáticos y desconectar el circuito

automáticamente para un valor predeterminado de sobrecorriente, sin que se dañe a si mismo cuando se aplica dentro de sus valores de diseño. La operación de cerrar y abrir un circuito eléctrico se realiza por medio de una palanca que indica posición adentro (ON) y fuera (OFF), la característica particular de los interruptores termomagnéticos es el elemento térmico conectado en serie con los contactos y que tiene como función proteger contra condiciones de sobrecarga gradual. (ENRÍQUEZ, 2005, pp. 76-77)

- **Interruptores diferenciales:** son dispositivos de seguridad encargados de prevenir efectos perniciosos para la salud de las personas cuando existen posibles corrientes de fugas a tierra en instalaciones eléctricas. (DURAN, et al., 2012, p. 33)

Figura 21. Interruptor diferencial



Fuente: (DURAN, et al., 2012)

4.1.4.1 *Caja de protección general.*- La caja general de protección o CGP es una caja de material aislante que aloja en su interior los elementos de protección de las líneas generales de alimentación de una instalación eléctrica.

La CGP conecta los puntos de consumo eléctrico a la red de la empresa distribuidora, normalmente en baja tensión. Además de realizar físicamente la conexión, delimita la propiedad y responsabilidad entre la red de tendido eléctrico y el cliente, y contiene fusibles para evitar que averías en la red interior. (DURAN, et al., 2012)

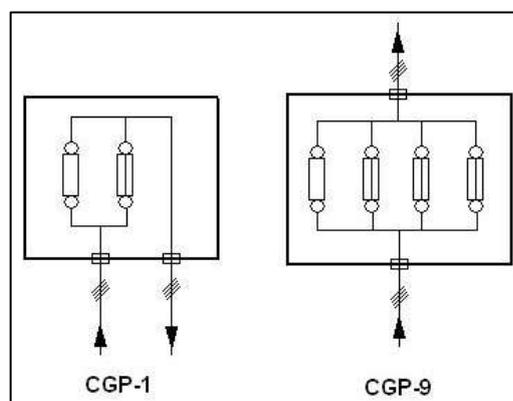
Se instalan preferentemente fuera de los edificios o plantas industriales y en la zona más próxima a la red de tendido eléctrico, en lugares de libre y permanente acceso. Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja general de protección se situará en el límite entre las propiedades públicas y privadas.

Dentro de la CGP se instalan cortocircuitos fusibles en todos los conductores de fase, con poder de corte al menos igual que la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. Dispone también de un borne de conexión para el neutro y un borne de conexión para su puesta a tierra si la caja es metálica.

Su emplazamiento se acuerda entre la compañía suministradora y la propiedad del edificio, eligiéndose por lo general la fachada del inmueble o lugares de uso común de libre y fácil acceso.

Existen diferentes tipos de esquemas de conexión dependiendo de: la colocación de la caja en el edificio, de que se utilicen una o varias cajas y del número de líneas repartidoras que salgan de las cajas. Se denominan: CGP1, CGP7, CGP9, CGP10, CGP12 Y CGP14. (E-DUCATIVA, 2010)

Figura 22. Esquema de CGP1 y CGP9.



Fuente: (E-DUCATIVA, 2010)

Figura 23. Caja de protección general



Fuente: Autor

Una importante medida de seguridad dentro de una caja de protección general es la instalación de interruptores de seguridad o breakers, los mismos que estarán en función de la cantidad de corriente de los consumidores finales. Dichos interruptores de seguridad suelen ser termomagnético, que se encargan de proteger a la instalación de variaciones en la corriente que se pueden provocar.

4.1.4.2 Puesta a tierra.- Puesta a tierra es un mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas y que consiste en conducir eventuales desvíos de la corriente hacia la tierra, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad.

Se establecen princípiame con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Esto quiere decir que cierto sector de las instalaciones está unido, a través de un conductor, a la tierra para que, en caso de una derivación imprevista de la corriente o de una falla de los aislamientos, las personas no se electrocuten al entrar en contacto con los dispositivos conectados a dicha instalación. La puesta a tierra implica el uso de una pieza de metal que se entierra en el suelo y que incluso puede conectarse a los sectores metálicos de una estructura. A través de un cable aislante, esta pieza de metal se conecta a la instalación eléctrica y, mediante las bases de enchufe, a los dispositivos conectados a la electricidad.

A la hora de poner en marcha una instalación de puesta a tierra hay que tener en cuenta que se debe contar con dos elementos fundamentales como son la tierra, que es el terreno donde se va a proceder a disipar las pertinentes energías o electricidad, y la puesta a tierra.

La tierra es, en definitiva, una superficie que pueda disipar la corriente eléctrica que reciba. Lo que se llama puesta a tierra consiste en un mecanismo que cuenta con las piezas metálicas enterradas (denominadas jabalinas, picas o electrodos) y conductores de diferentes clases que vinculan los diversos sectores de la instalación. (DURAN, et al., 2012)

Figura 24. Puesta a tierra



Fuente: Autor

4.1.5 *Selección de cables.*- Para la selección de cables eléctricos a instalarse se debe tomar en primera instancia el amperaje de total de las máquinas y el amperaje de cada máquina, la finalidad de sumar el amperaje total de las máquinas es para determinar el cable principal que va desde la toma principal hasta la caja de control secundaria y el

amperaje de cada máquina es considerado para seleccionar el cable que va desde la caja de control secundaria hasta cada máquina, el amperaje de cada máquina se tiene.

- Máquina electroerosionadora: 8.7A.
- Prensa de excéntrica: 16A.
- Compresor de aire: 24A.

De esto se tiene un amperaje total de 48,7A, este amperaje se toma en cuenta para seleccionar correctamente el cable que ira desde la toma principal hasta la secundaria, en este caso y tomando en cuenta que los cables van dentro de un ducto se toma como referencia la tabla 5, y tomando en cuenta una distancia de 18m, se decide seleccionar el cable número 4.

Maquina electroerosionadora: la misma que está conectada a la caja de control secundaria y con una distancia de 3m, se selecciona el cable número 10. El mismo que va dentro de tubería conduit.

Prensa de excéntrica: de igual forma temando en cuenta que está ubicada a una distancia de 27 m, de la caja de control secundaria se selecciona el cable número 10. El mismo que va dentro de tubería conduit.

Compresor de aire: también conectado a la caja de control secundaria y a una distancia de la misma de 34m se selecciona el cable número 8. El mismo que va dentro de tubería conduit.

Al encontrarse en el taller de CAD-CAM, una instalación eléctrica en condiciones no operables fue necesaria la implementación de una nueva instalación, la misma que se ha tomado en cuenta parámetros técnico como amperajes de las maquinas distancias a las que se encuentran ubicadas y sus debidas protecciones térmicas, con la finalidad de energizar las máquinas. La instalación eléctrica implementada cuenta de: una caja trifásica de 12 puntos, 1 disyuntor de 50 A, 2 disyuntores de 40 A, 1 botonera trifásica de 32 A, 2 conectores tipo hembra-macho de 32 A, 28 m de tubería conduit, cables # 4,8,10, según sus requerimientos.

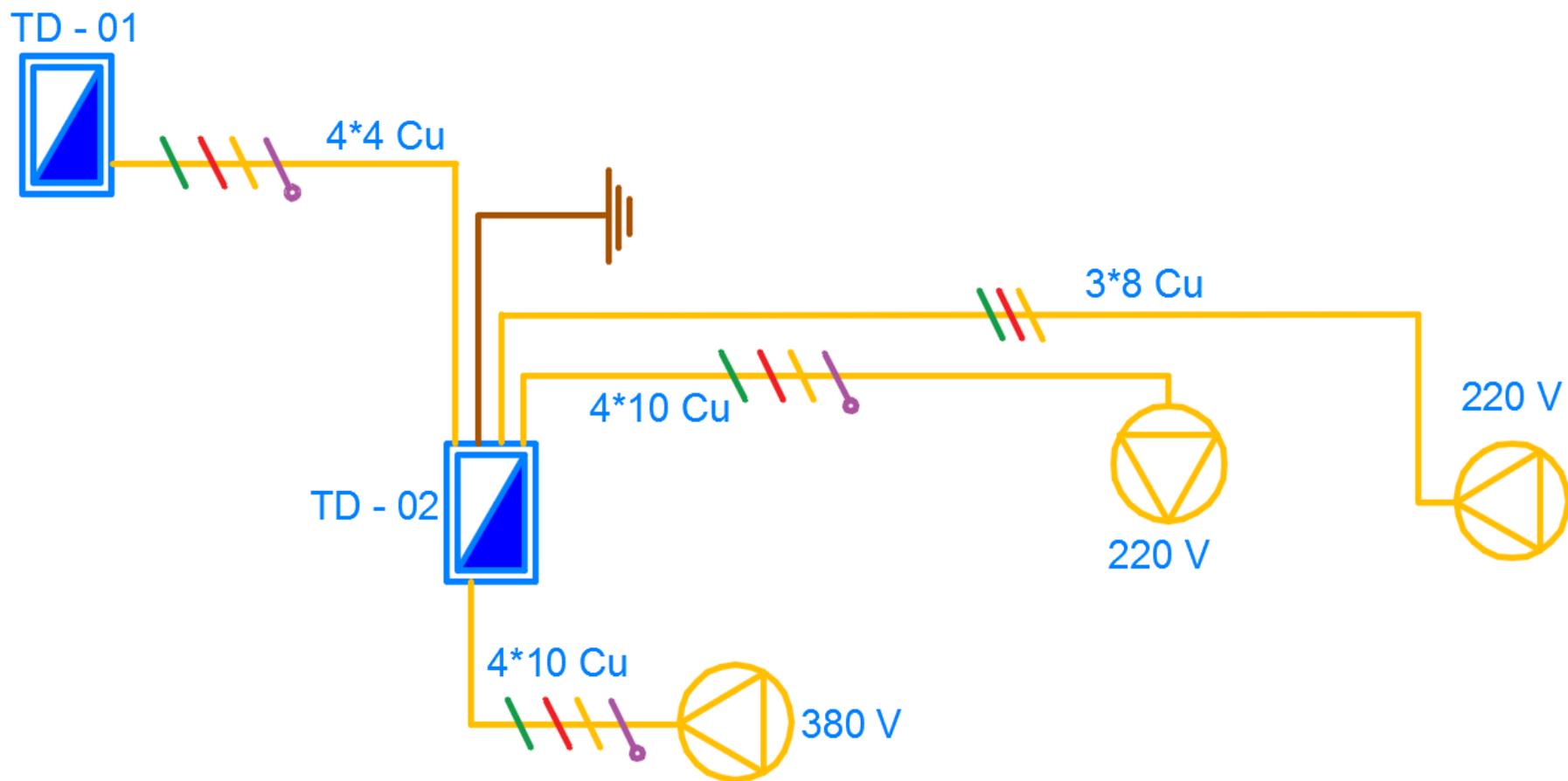
El cable utilizado en la conexión es el tipo THHN, el mismo que es utilizado en instalaciones de fuerza, alumbrado edificaciones industriales, instalaciones comerciales y residenciales, este tipo de cables están diseñados para trabajar en lugares contaminados de grasas, aceites, gasolinas, o químicos corrosivos. Estos cables tipo THHN, puede ser usado en lugares secos y húmedos con un rango de operación de hasta 90°C, a diferencia del tipo THW, que por su recubrimiento solo puede ser usado en ambientes de trabajo de máximo 75°C, y están diseñados para soportar hasta 600 V, y en al caso de estar expuestos a grasas, pinturas o cualquier químico corrosivo su rango de operación es de 75°C.

Tabla 5. Datos técnicos de cables

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (°)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

Fuente: (DHRB, 2011)

Figura 25. Esquema de instalación eléctrica implementada



Fuente: Autor

4.1.2 Análisis AMFE electroerosionadora

Tabla 6. Análisis AMFE electroerosionadora

Análisis							Control			Corrección	Nueva Eval.			
Ítem	Función	Modo de falla potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D	IPR	Acción de mejora	P2	G2	D2	IPR 2
Cable de alimentación al electrodo	Alimentar eléctricamente el electrodo	No hay corriente en el electrodo	Inexistencia del cable	1	No se puede energizar el electrodo	4	Revisión visual de todos los conductores eléctricos antes de operar la máquina	1	4	Dotar el cable de alimentación	0	0	0	0
Pulsador principal del electrodo	Permitir el paso de corriente al electrodo	El pulsador no funciona	Usar el pulsador de forma inadecuada	1	No hay arco eléctrico entre la pieza y electrodo	4	Revisión de sistema eléctrico semestral	5	20	Cambiar el pulsador	1	0	0	0
Filtro hidráulico de dieléctrico	Filtrar el fluido dieléctrico	El dieléctrico no es lo suficientemente filtrado	Dieléctrico demasiado sucio	3	No hay protección dieléctrica entre la pieza y el electrodo	2	Revisar la unidad de filtrado antes de operar la máquina	2	12	Cambiar el filtro	1	1	1	1
Fluido dieléctrico	Refrigerar el electrodo y pieza	Fluido dieléctrico demasiado sucio	Falta de limpieza en el dieléctrico	3	No se refrigera la pieza y el electrodo	2	Revisar la pureza del dieléctrico antes de operar la máquina	1	6	Cambiar el fluido dieléctrico	1	1	1	1
Sensor de fuegos	Detectar llamas durante el mecanizado	No se detecta las llamas durante el mecanizado	Sistema eléctrico averiado	1	Se producen llamas durante el mecanizado	2	Revisión de sistema eléctrico semestral	3	6	Reparar el sensor de fuegos	1	1	1	1
Motor del cabezal vertical	Subir o bajar el cabezal vertical	El motor no funciona	Mala manipulación del motor	1	No se puede operar el cabezal en forma vertical	4	Revisión de motor eléctrico cada año	4	16	Rebobinar el motor	1	1	1	1
Amperímetro	Medir el amperaje de operación del electrodo	El amperímetro no funciona	Falta de mantenimiento a dispositivo	1	No se puede verificar el amperaje de operación del electrodo	1	Revisión de sistema eléctrico semestral	1		Cambiar el amperímetro				0
Unidad de control numérico	Indicar el desplazamiento de los ejes de la mesa de trabajo y el eje vertical	No indica el desplazamiento de los ejes	Mala manipulación de la unidad	1	No se puede visualizar el desplazamiento de los ejes No se puede saber los límites de mecanizado	1	Revisión de unidad de control numérico anual	1		Reparar la unidad de control numérico	1	0	0	0

Fuente: Autor

4.2 Prensa de Excéntrica

Esta máquina cuenta con una instalación eléctrica averiada y carece de instalación neumática, razón por la cual en primera instancia se procede a realizar su debida instalación eléctrica y neumática, además para que esta máquina entre en operación necesita una alimentación eléctrica de 220VAC, 16 A una frecuencia de 60 Hz VER ANEXO (E), de igual forma en esta máquina aplicaremos la hoja de (análisis P -M), VER ANEXO (I), en la cual se detalla los elementos que están averiados, sus efectos en el equipo y a su vez se plantea una solución, para lograr su completo funcionamiento.

Figura 26. Instalación eléctrica averiada



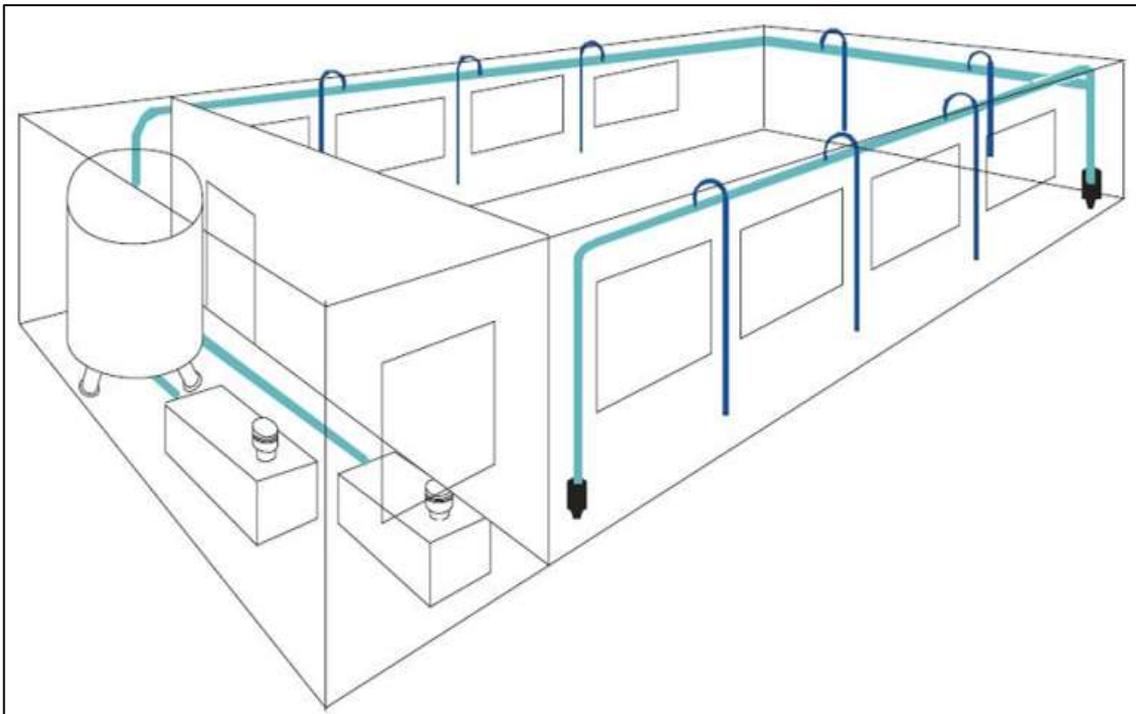
Fuente: Autor

4.2.1 *Red de distribución de aire.*- Se considera red de distribución de aire a los ductos que partiendo de un deposito llevan el aire a presión hasta un puesto de trabajo. Desde el compresor inicia una red principal que en diferentes formas distribuye aire por toda una planta industrial o taller, desde la tubería o ducto principal la misma que está en la parte alta de la planta salen derivaciones o conducciones secundarias las mismas que se encargan de distribuir aire hasta los consumidores finales. (SERRANO, 2009)

4.2.2 Tipos de redes de distribución de aire.-

4.2.2.1 *Red de distribución abierta.*- Este tipo de red se caracteriza por tener una sola línea de distribución principal y de esta salen derivaciones secundarias una gran ventaja de este tipo de distribución es la poca inversión inicial además que se puede instalar con una mínima inclinación para la evacuación de los condensados. (CREUS, 2007)

Figura 27. Red de distribución abierta

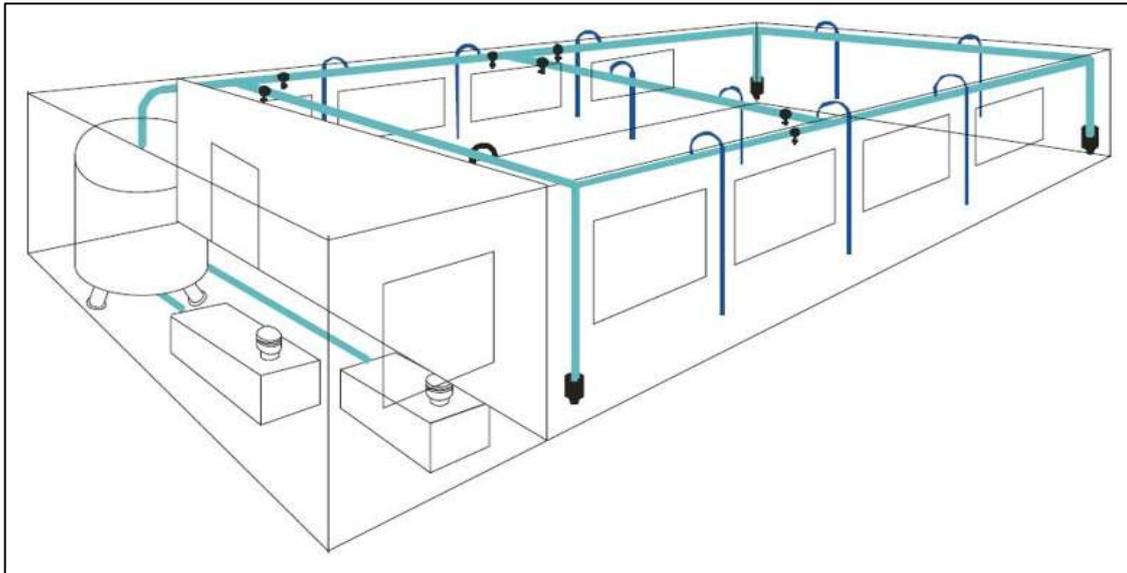


Fuente: Autor

4.2.2.2 *Red de distribución cerrada.*- Este tipo de distribución se diferencia de la distribución abierta, ya que en este caso la línea de distribución principal es un anillo. La inversión inicial es más alta no obstante en este tipo de distribución es más fácil dar labores de mantenimiento debido a que ciertas partes de la distribución pueden ser aisladas sin afectar a la producción.

Un gran problema en este tipo de distribución es la falta de dirección de flujo de aire, ya que en este caso la dirección del flujo de aire dependerá específicamente de los consumos puntuales de aire. (CREUS, 2007)

Figura 28. Red de distribución cerrada



Fuente: Autor

4.2.3 *Calculo del diámetro de tubería principal.*- El diámetro de la tubería actualmente instalada se calculó en base a los requerimientos del consumo de aire de cada máquina para lo cual se tiene.

- Centro de mecanizado de 5 ejes: 180 l/min
- Centro de mecanizado de 3 ejes: 150 l/min
- Prensa de excéntrica: 95 l/min

Consumo total de 425 l/min, este consumo es considerado al estar siendo abastecidas de aire las 3 máquinas al mismo tiempo y tomando en cuenta que es un taller con visión de futuras implementaciones de maquinaria que requiere aire comprimido se decide multiplicar este valor actual por 2, dando así un consumo total de 850 l/min, con lo que se garantiza el cálculo de diámetro de la tubería principal y a su vez el volumen de aire suficiente para las maquinas

En primera instancia se hace el cálculo del diámetro tentativo el cual sirve de referencia a ser tomado en cuenta para las longitudes equivalentes de la tubería principal, para luego ser sumado la longitud equivalente de los accesorios de la misma y encontrar el diámetro

real que debe tener la tubería según el respectivo consumo de las máquinas, para el respectivo cálculo se hace uso de la siguiente formula. (CREUS, 2007)

$$\sqrt[5]{\frac{1.6*10^3 * V^{1.85} * L}{10^{10} * \Delta P * Pmax}} \quad (2)$$

Donde:

V: volumen total (m³/s)

L: longitud de tubería

ΔP : Caída máxima de presión del sistema (bar)

$Pmax$: Presión máxima de trabajo del sistema (bar)

Datos para cálculo de diámetro tentativo de tubería

V: 850 l/min; 0.0141 m³/s

L: 20m

ΔP : 0.1 bar

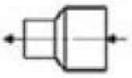
$Pmax$: 10bar

Los valores de los datos se reemplazan en la ecuación y tenemos el diámetro tentativo

$$\sqrt[5]{\frac{1.6*10^3 * 0.0141^{1.85} * 20}{10^{10} * 0.1 * 10}} \quad (3)$$

0.016m equivalente a 16 mm, este diámetro es un diámetro tentativo, es decir se vuelve a reemplazar los datos anteriores y en esta ocasión a la longitud inicial de la tubería que es 20m se le adicionara la longitud equivalente de la tubería la misma que viene dada en la siguiente tabla.

Tabla 7. Longitud equivalente ficticia de la tubería

Denominación	Accesorio	Longitudes equivalentes en metros								
		Diámetro interior del tubo en mm.								
		9	12	14	18	23	40	50	80	100
Válvula esférica		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	1	1,3
Codo		0,6	0,7	1	1,3	1,5	2,5	3,5	4,5	6,5
Pieza en T		0,7	0,85	1	1,5	2	3	4	7	10
Reductor de 2d a d		0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	1	2	2,5

Fuente: (CREUS, 2007)

De la tabla 7, y con el diámetro tentativo que es 16mm como referencia, al no existir en la tabla 16mm, se toma el inmediato superior según la tabla y es 18mm. En este nuevo cálculo se adicionará el valor de longitud ficticia de la tubería, para lo cual se toma en cuenta la cantidad de accesorios que intervienen en la tubería principal y son 4 codos a 90°, 3 T, 1 llave de paso tipo bola, 1 reducción.

Donde:

4 codos a 90°: 5.2m

3 T: 4.5m

1 reducción: 0.5m

1 llave de paso tipo bola: 0.3m

Para el cálculo final de diámetro real de la tubería témenos los siguientes valores

Datos para cálculo de diámetro real de tubería

V: 850 l/min; 0.0141 m³/s

L: 30.5m

ΔP : 0.1bar

P_{max} : 10bar

Estos valores se reemplazan nuevamente en la ecuación y obtenemos el diámetro real de la tubería principal.

$$\sqrt[5]{\frac{1.6 \cdot 10^3 \cdot 0.0141^{1.85} \cdot 30.5}{10^{10} \cdot 0.1 \cdot 10}} \quad (4)$$

0.017m equivalente a 17 mm que es el valor real de la tubería a ser instalada. Al no encontrar el diámetro de 17mm en medida comercial de tubería roscable se opta adquirir el inmediato superior que es 3/4", equivalente a 19.05mm.

Al no haber una instalación de distribución de aire adecuada para las maquinas existentes dentro del taller de CAD- CAM, para complementar la rehabilitación de la prensa de excéntrica o troqueladora marca Smeral fue necesaria implementar un sistema de distribución de aire basándose en cálculos técnicos para su implementación, la cual abastezca de aire a las maquinas dicha instalación consta de, 1 llave de paso principal tipo bola, 5 codos a 90° de 3/4", 1 reducción de 3/4" a 1/2", 3 T de 3/4, 3 bushing de 3/4" a 1/2", 1 llave de purga, 3 llaves de paso de 1/2" tipo bola(tubería secundaria), 2 universales de 3/4", 20 metros de tubería roscable 3/4", 6 metros de tubería roscable 1/2", 12m de manguera flexible de 1/4", en donde la tubería fue pintada de color azul así como se indica en la norma UNE 1063.

En dicha instalación, debido al alto costo de las máquinas, su alto costo de mantenimiento y en calidad de protección general de las maquinas existió la necesidad de incorporar un filtro de aire en dicha instalación con el objetivo de proteger la vida útil de las máquinas.

Figura 29. Filtro de aire



Fuente: Autor

4.2.4 Instalación de filtro de aire.- El aire que comprime un compresor en su interior tiende a calentarse, por motivos de la atmosfera estará sucio y a la vez tendrá cierto grado de humedad.

Dentro de una tubería y su distribución de aire comprimido el vapor de agua o el agua misma se los considera como un contaminante altamente peligroso para las máquinas que sean alimentadas de dicha distribución, el vapor de aire que puede existir en una distribución de aire es directamente proporcional a la temperatura del aire e inversamente proporcional a la presión, es decir mientras más baja sea la temperatura del aire y más alta sea la presión del mismo, mayor será la presencia de agua en el sistema de distribución.

Para evitar que esta agua o vapor de agua llegue a las maquinas lo que podría provocar daños parciales en las máquinas, por lo tanto es imprescindible la instalación de dicho filtro, que es en el cual se acumulara el agua existente en el aire comprimido, cabe recalcar que este filtro fue instalado en la tubería de distribución principal antes de ser entregado a cada máquina con lo que se protege a las 3 máquinas que existen en el taller. (CREUS, 2007)

4.2.5 *Aislamiento del compresor.*- Debido a las características del taller y la necesidad de implementar la instalación de distribución de aire para las maquinas del taller y la prioridad referente a seguridad y confort que tienen las personas que ingresan al taller fue necesario el aislamiento del compresor en la parte externa posterior del taller debido al gran ruido que provoca su operación, logrando con esto disminuir considerablemente el ruido y precautelando así el confort y bienestar de quienes ingresan al taller. (CREUS, 2007)

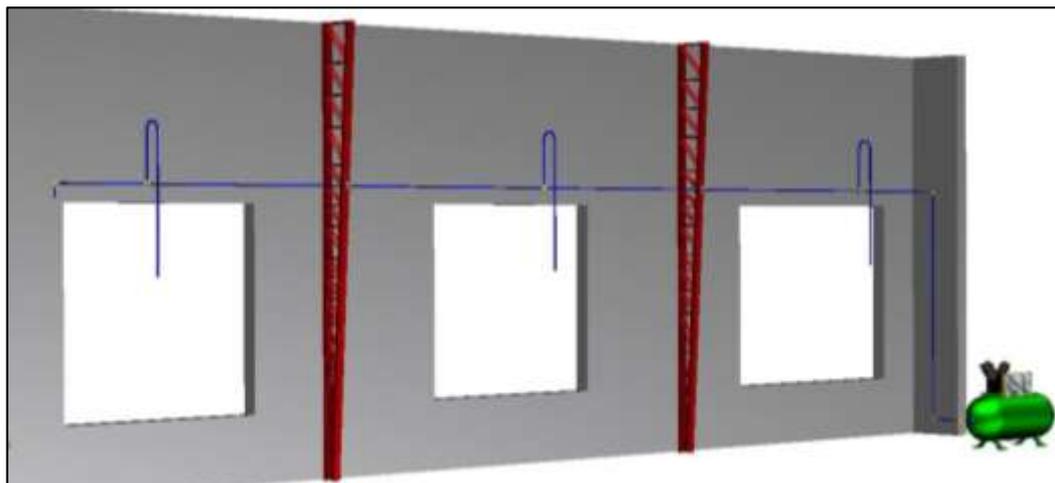
En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos, químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión, y sólo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante. (DECRETO EJECUTIVO, 2393, Art. 4)

Figura 30. Aislamiento de compresor



Fuente: Autor

Figura 31. Esquema de instalación neumática implementada



Fuente: Autor

4.2.6 Análisis PM prensa de excéntrica

Tabla 8. Análisis PM prensa de excéntrica

1	2	3	4	5	6	7	8
Descripción del problema	Principio físico interviniente	Condiciones que generan el fenómeno	Vínculos con las variables del proceso	Condiciones óptimas de trabajo	Determinar método de investigación	Establecer diferencias	Plan de mejora
El aire que llega al volante de inercia presenta poca fuerza y humedad	El aire no es lo suficientemente fuerte y filtrado	Unidad de mantenimiento en mal estado Presión de aire inadecuada	Poca fuerza del punzón de troquel	0,4 MPa de presión para trabajar Aire libre de impurezas	Uso de manómetro a antes del volante de inercia	0.1 MPa de presión	Limpieza de ductos de aire Reposición de unid. De mantenimiento
Botonero on/off no funciona correctamente	Botonero bloqueado	Botonero lleno de suciedad y limallas	No se puede poner en marcha la maquina	Botonero de fácil manipulación		Botonero presenta dificultad para ser accionado	Cambiar botonero
Troquel opera inesperadamente	Pedal se autoenclava sin ser accionado por el operario	Pedal de accionamiento con fallas	Las piezas son troqueladas aun cuando no están listas	El punzón actúa únicamente cuando se presiona el pedal de accionamiento		El troquel trabaja si ser ordenado por el operario	Cambiar pedal de accionamiento
Las piezas troqueladas son defectuosas	El aislamiento del tornillo de ajuste no permite regular la altura de trabajo del troquel	Tornillo de ajuste aislado	La altura de trabajo del troquel no puede ser regulado	La altura de trabajo del troquel se regula según los requerimientos de la pieza a troquelar	Regular cada parámetro de operación de la maquina	Altura de troquel no controlada	Sustituir el tornillo de regulación de troquel

Fuente: Autor

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Luego de haber pasado inactivas por más de una década la máquina de electroerosión y la prensa de excéntrica y debido a su falta de cuidado y mantenimiento mismo de las mismas, las instalaciones eléctricas y neumáticas respectivamente se deterioraron por lo que fue necesario hacer varios cambios en sus instalaciones internas de cada máquina e incluso llevar a cabo la implementación de una nueva instalación eléctrica para energizar las mismas y poder llevar a cabo parte de su rehabilitación.

Al realizar el debido despiece de las máquinas y llevar a cabo el análisis en cada uno de sus elementos, tanto eléctricos como neumáticos que en gran parte dio como resultado estar averiados total y parcialmente, por lo que no era posible operar de manera adecuada las máquinas, principalmente pertenecían a la parte eléctrica y neumática respectivamente.

Para la reposición de cada uno de los elementos tanto eléctricos como neumáticos se debió tomar en cuenta las características mismas de cada uno de ellos, cuál es su función en las máquinas, sus rangos de operación, diseño y a su vez la facilidad con la que pueden ser encontrados en el mercado, ya que al tratarse de maquinaria de la década de los 90, hay restricción al momento de adquirir elementos similares.

Las pruebas de operación y funcionabilidad se realizaron una vez implementada la nueva instalación tanto eléctrica como neumática y la reposición de cada uno de sus elementos averiados en cada máquina y para llevar a cabo las pruebas fue necesario basarse en un manual de operaciones de máquinas similares en cuanto a características ya que manual propio de cada máquina no existe y el uso de plantillas AMFE y P-M, Dichas pruebas de operación dieron como resultado que las maquinas quedan en perfecto estado de operación y se llevaron a cabo con la ayuda de un técnico, con conocimientos los respectivos conocimientos, en el manejo de este tipo de maquinaria.

5.2 Recomendaciones

Al llevar a cabo el despiece de cualquier maquinaria sin importar su tamaño o tipo de la misma, se recomienda tomar en cuenta parámetros tales como, definir un área al contorno de la maquina dentro de la cual solo operará la persona encargada de reparar la máquina, separar elementos eléctricos de elementos no eléctricos, separar los elementos corto punzantes, y elaborar una lista de los elementos que componen la maquinaria.

En el caso de que una maquina empiece a fallar recurrir al manual de operaciones de la misma y en el caso de no haberlo buscar un manual de una máquina de características similares, para luego usar cualquier tipo de plantilla de análisis de fallos en la actualidad existen muchos, para este caso se recomienda utilizar el AMFE y P-M, que son de fácil manejo e interpretación.

No poner en operación las maquinas sin la inspección y la autorización de un técnico con conocimientos de manejo de las mismas, y el uso de equipo de protección personal: gafas, guantes, overol, botas de seguridad, ya que al tratarse de maquinaria especial podrían provocar daños irreparables en las mismas o provocar accidentes de trabajo y perjudicar su propia integridad.

Viabilizar la elaboración de un manual de operación y mantenimiento para la máquina de electroerosión y la prensa de excéntrica del taller de CAD - CAM, ya que no existen y hay muy poco conocimiento en el manejo de las mismas.

GLOSARIO

Aire comprimido. - Aire sometido a una presión mayor a la atmosférica, es una fuente de energía obtenida de compresores.

Averiado. - Es el daño que puede padecer un elemento.

Boquilla. – Pieza cónica y hueca de diversos materiales que se adapta a las tuberías de ciertas máquinas para generar sonido.

Dieléctrico. – Es un medio aislante no conductivo.

Diferencial eléctrico. – Es la diferencia de electricidad entre dos puntos de un mismo sistema

Disyuntor. - Aparato capaz de abrir o interrumpir un circuito eléctrico cuando la intensidad de corriente eléctrica excede un determinado valor.

Electrodo. – Extremo de un conductor en contacto con un medio al que lleva o del que recibe corriente eléctrica.

Escoria. – Residuo esponjoso que queda tras la combustión del carbón

Estabilizador oscilante. – Elemento que suprime la influencia de variaciones de la corriente.

Gap. – Distancia que existe entre el electrodo y la pieza.

Inercia. – Incapacidad que tiene los cuerpos de modificar por si mismos el estado de reposo o movimiento que se encuentran.

Manómetro. – Aparato para la medida e indicación de aire.

Neumática. – Parte de la física que trata las propiedades de los gases desde el punto de vista de su movimiento.

Portaelectrodo. – Dispositivo empleado para sostener un electrodo y a su vez para hacerle llegar corriente eléctrica.

Potencia. – Capacidad para realizar una función o una acción para producir un efecto determinado.

Purga. – Dispositivo automático o mecánico que sirve para liberar el condensado de una red de aire comprimido.

Sensor. – Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas, o químicas llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

Servomotor. – Motor cuyo eje, su rendimiento es controlado.

Transformador. – Aparato que sirve para transformar la tensión de una corriente eléctrica alterna sin modificar su potencia.

Unidad de filtrado. – Dispositivo capaz de eliminar impurezas en un fluido.

BIBLIOGRAFÍA

CAMPRUBÍ, A. *Electro-erosión: fundamentos de su física y su técnica*. Barcelona-España: Marcombo, 2007, pp. 33

CREUS, A. *Neumatica e Hidraulica*. España: Marcombo, 2007, pp. 25-35

DEMAQUINASYHERRAMIENTAS. *Tipos de Mecanizado por Electroerosión* [en línea]. México:2013. [Consulta: 15 de Agosto de 2016] Disponible en: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/tipos-de-mecanizado-por-electroerosion>

DEMAQUINASYHERRAMIENTAS. *Introducción a las Máquinas para Electroerosión* [en línea]. México:2013. [Consulta: 15 de Agosto de 2016] Disponible en: <http://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/maquinas-para-electroerosion#comments>

DHRB. *Thermoplastic Heat and Water Resistant* [blog]. Quito-Ecuador: 2011. [Consulta: 18 de Agosto de 2016] Disponible en: http://dhrb.blogspot.com/2011_09_01_archive.html

DURAN, Jose; et al. *Electrotecnia*. Beclona, España: Marcombo, 2012, pp. 85

E-DUCATIVA. *Instalaciones eléctricas en viviendas: elementos componentes y funcionamiento (I)* [en línea]. España: 2010. [Consulta: 21 Septiembre de 2016] . Disponible en: http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3077/html/21_instalaciones_elctricas_en_viviendas_elementos_componentes_y_funcionamiento_i.html

ELECTROCABLES. *Thermoplastic High Heat Nylon*. [en línea]. España: 2002. [Consulta: 25 Septiembre de 2016]. Disponible en: <http://electrocable.com/productos/cobre/THHN.html>

ELECTROCABLES. *Thermoplastic Heat and Water Resistant.* [en línea]. España: 2002. [Consulta:25Septiembrede2016].Disponible

en:<http://electrocable.com/productos/cobre/THW.html>

ENRÍQUEZ, G. El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales. México: Editorial Limusa, 2005, pp. 74

FLORIT, A. *Tratado de Matriceria.* España: Tecnofisis Global, 2008, pp. 102

GALLARÁ, I., & PONTELLI, D. *Mantenimiento Industrial.* Córdoba: Universitas, 2009, pp. 53

GONZÁLEZ, F. *Teoria practica del mantenimiento industrial avanzado* 4ª ed. España, Argentina: Fundacion Confemetal, 2011, pp. 75

MORENO, H., & FLOREZ, A. *Guias de Laboratorio Troqueleria.* Colombia: ECCI, 2009, pp. 63

SÁNCHEZ, Fabian; et al. *Mantenimiento Mecanico de Maquinas.* Universitat Jaume, 2006, pp. 95

SERRANO, A.. *Neumatica Practica.* Madrid-España: Paraninfo, 2009, pp. 102