



“Repotenciación de una baroladora a través de un control semiautomático para láminas de acero de 2400mm de longitud con espesores desde 2mm hasta 6mm en la empresa IMCOMSA en Latacunga parroquia San Buenaventura en el año 2020”

Chauca Romero, Melany Denisse.

Departamento de Eléctrica y Electrónica.

Carrera de Tecnología en Electromecánica.

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnología en Electromecánica.

Ing. Sarzosa Ante, David de Jesús.

Latacunga

03 de Septiembre del 2020



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, "Repotenciación de una baroladora a través de un control semiautomático para láminas de acero de 2400mm de longitud con espesores desde 2mm hasta 6mm en la empresa IMCOMSA en Latacunga parroquia San Buenaventura en el año 2020" fue realizado por la Señorita **Chauca Romero Melany Denisse** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de Septiembre del 2020

Firma:

Ing. Sarzosa Ante, David de Jesús

CC 0502594849

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Baroladora.pdf (D78166675)
Submitted: 8/25/2020 8:43:00 PM
Submitted By: sadavid@espe.edu.ec
Significance: 5 %

Sources included in the report:

TESIS LEON- RAMOS ..pdf (D15551725)
PROYECTO T. NAVAS S JUAN.pdf (D26401220)
<https://www.infootec.net/calculo-condensador-motor-electrico/>
<https://blog.laminasyaceros.com/blog/propiedades-mec%C3%A1nicas-del-acero>
<https://automatismoindustrial.com/d-automatizacion/1-2-control-de-potencia-aparamenta-electrica/29-2/>
<https://automatismoindustrial.com/d-automatizacion/1-2-control-de-potencia-aparamenta-electrica/contactores/>
<https://docplayer.es/112421648-Escuela-politecnica-del-ejercito.html>
<https://docplayer.es/35216016-Automatismos-y-cuadros-electricos-i-1-jose-sanchez-gallardo-automatismos-electricos-i-generalidades.html>

Instances where selected sources appear:

24





DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Chauca Romero Melany Denisse** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: "Repotenciación de una baroladora a través de control semiautomático para láminas de acero de 2400mm de longitud con espesores desde 2mm hasta 6mm en la empresa IMCOMSA en Latacunga parroquia San Buenaventura en el año 2020" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 03 de Septiembre del 2020

Firma:

Chauca Romero, Melany Denisse

C.C.: 1724690886



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Chauca Romero Melany Denisse, con cédula de ciudadanía n°1724690886, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: "Repotenciación de una baroladora a través de un de control semiautomático para láminas de acero de 2400mm de longitud con espesores desde 2mm hasta 6mm en la empresa IMCOMSA en Latacunga parroquia San Buenaventura en el año 2020" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 03 de Septiembre del 2020

Firma

Chauca Romero, Melany Denisse

C.C.: 1724690886

DEDICATORIA

A Dios por ser quien me acompaña a lo largo de la vida y me da sabiduría para afrontar los problemas que se me han presentado durante mi vida estudiantil y personal.

A mi familia que, con su apoyo incondicional eh sabido salir adelante. Mis padres José y Mercedes que con su empeño y sacrificio me han sacado adelante día a día, por su comprensión, amor, paciencia y todos los valores inculcados en mi porque me han hecho una persona fuerte y perseverante.

A mis hermanas por su amor y apoyo durante toda la carrera

Melany Chauca

AGRADECIMIENTO

A la universidad de las Fuerzas armadas en especial a mi carrera Tecnología en Electromecánica y sus docentes que han sabido inculcar valores y todos sus conocimientos a lo largo de la carrera.

A dios, mis padres y hermanas por ser mi guía y mi ejemplo en el transcurso de mi vida.

De igual manera al director de carrera Ing. Javier Culqui por sus enseñanzas, mi tutor Ing. David Sarzosa por las enseñanzas impartidas en este proyecto.

Melany Chauca.

RESUMEN

La presente monografía tiene como objetivo repotenciar una máquina baroladora para planchas metálicas, controladas por un sistema semiautomático permitiendo mejorar un proceso de curvado de láminas más eficiente. Para el estudio de la máquina se ha establecido 4 capítulos en los cuales el Capítulo II, conforma el marco teórico, el cual proporciona la información suficiente para el/los lectores acerca de los conceptos fundamentales y específicos que nos orientaran al trabajo a realizar, el capítulo III está conformado por las alternativas y cálculos respectivos de los materiales o elementos que se van a implementar en la máquina así también como el diseño de los planos de la máquina mediante un programa CAD, el capítulo IV está compuesto de las pruebas realizadas en la baroladora como cilindros y curvas de láminas de acero de 2mm y 3mm de espesor al igual que de diferentes longitudes.

Palabras Clave.

- **REPOTENCIACIÓN**
- **BAROLAR**
- **PROCESOS DE MANUFACTURA.**

ABSTRACT

The present monograph aims to repower a sheet metal bending machine, controlled by a semi-automatic system allowing to improve a more efficient sheet bending process. For the study of the machine, four chapters have been established in which Chapter II forms the theoretical framework, which provides sufficient information for the reader(s) about the fundamental and specific concepts that will guide us in the work to be done, Chapter III consists of the respective alternatives and calculations of the materials or elements to be implemented in the machine as well as the design of the machine drawings by means of a CAD program. Chapter IV consists of the tests carried out in the roll former as cylinders and curves of 2mm and 3mm thick steel sheets as well as of different lengths.

Keywords.

- **REPOWERING**
- **BAROLAR**
- **MANUFACTURING PROCESSES.**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	1
CERTIFICACION	2
INFORME URKUND	3
AUTORÍA DE PUBLICACIÓN.....	4
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
INDICE DE CONTENIDOS.....	10
CAPÍTULO I.....	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.1. Antecedentes.....	19
1.2. Planteamiento del Problema.....	20
1.3. Justificación	20
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo General	21
1.4.2. Objetivos Específicos	21
1.5. Alcance	22
CAPÍTULO II.....	23

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	23
2.1. Descripción General de la Empresa.....	23
2.1.1. Ubicación.....	23
2.1.2. Materiales de la Empresa	24
2.2. Fundamentos Básicos de las Baroladoras Industriales.....	24
2.3. Métodos de Barolado.....	26
2.4. Baroladora de 3 Rodillos.	26
2.4.1. Baroladora Piramidal.	27
2.4.2. Aplicaciones.....	28
2.4.3. Parámetros de una Baroladora.	28
2.4.4. Parámetros de la Geometría de la Baroladora.	29
2.5. Sistemas de Transmisión de Potencia	29
2.5.1. Sistema de Engranaje.....	29
2.5.2. Transmisión de Potencia mediante Engranés.	30
2.6. Resistencia de los Materiales Metálicos.....	31
2.6.1. Propiedades Relevantes de los Aceros.....	31
2.7. Sistema Eléctrico y de Control de la Baroladora.	33
2.7.1. Introducción a la Protección Eléctrica.....	34
2.7.2. Magnitudes Características de una Aparamenta Eléctrica.	34
2.7.3. Aparamenta Eléctrica.....	34
2.7.4. Clasificación de la Aparamenta Eléctrica.....	35
2.7.5. Seccionador	37

	12
2.7.6. Interruptor Termomagnético.....	38
2.8. Conductores eléctricos.....	39
2.8.1. Tipos de conductores eléctricos.....	39
2.9. Contactores Electromagnéticos.....	40
2.9.1. Ventajas de los contactores electromagnéticos.....	41
2.9.2. Componentes del Contactor Electromagnético.....	41
2.9.3. Designación de Componentes.....	42
2.10. Relés Térmicos.....	44
2.10.1. Características del Relé térmico.....	45
2.10.2. Tipos de relés térmico.....	46
2.10.3. Partes del Relé térmico.....	46
2.11. Capacitores.....	47
2.12. Normativas vigentes.....	48
2.13. Razones de la automatización.....	50
CAPÍTULO III.....	53
3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y CÁLCULOS.....	53
3.1. Alternativas para la Semiautomatización.....	53
3.2. Realización de un circuito eléctrico automático.....	53
3.3. Cálculo de elementos mecánicos y eléctricos de la baroladora.....	54
3.4. Cálculo de sistema mecánico de la máquina.....	55
3.4.1. Diagrama de cuerpo libre.....	55
3.4.2. Cálculo de la Fuerza de Barolado.....	58

3.4.3. Cálculo de Fuerza motriz de Barolado.....	59
3.4.4. Cálculo del Torque del Motor.....	60
3.4.5. Cálculo de la velocidad del motor.....	62
3.5. Cálculo de sistema eléctrico de la máquina.....	64
3.5.1. Cálculo de conductores por capacidad de corriente.....	64
3.6. Selector de 2 Posiciones.....	66
3.7. Selección de un contactor.....	67
3.8. Selección de Capacitor.....	68
3.9. Levantamiento de Planos de la Baroladora.....	69
3.9.1. Diseño de las bases para los rodillos o placas laterales.....	70
3.9.2. Diseño de los ejes o rodillos de la baroladora.....	70
3.9.3. Diseño del soporte para rodillo superior.....	71
3.9.4. Diseño de la base de la máquina baroladora.....	72
CAPÍTULO IV.....	73
4. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	73
4.1. Introducción.....	73
4.2. Comprobación del Motorreductor de la baroladora.....	73
4.3. Prueba realizada en el motorreductor.....	75
4.4. Prueba de la Base de los Rodillos.....	76
4.5. Funcionamiento de los rodillos.....	79
4.6. Funcionamiento del Soporte para el Rodillo Móvil.....	80
4.7. Funcionamiento del Tablero de Control de la Baroladora.....	82

4.8. Resultados de las Pruebas de Funcionamiento..... 83

CAPÍTULO V..... 88

5. ANÁLISIS DE COSTOS..... 88

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 91

6.1. Conclusiones..... 91

6.2. Recomendaciones..... 92

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 93

8. ANEXOS 96

Anexo A. Identificación de la máquina baroladora.

Anexo B. Estructura de la máquina baroladora.

Anexo C. Implementación del sistema de transmisión mediante engranes.

Anexo D. Implementar el sistema eléctrico mediante un tablero de control.

Anexo E. Adaptar los elementos eléctricos en el tablero de control,

Anexo F. Planos de las piezas de la máquina

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tipos de engranajes.</i>	30
Tabla 2. <i>Aparamenta de protección por ruptura</i>	37
Tabla 3. <i>Capacidad de Interruptores Termomagnéticos.</i>	39
Tabla 4. <i>Tipos de contactores y características</i>	41
Tabla 5. <i>Clases principales Norma ISO/IEC-81346-2.</i>	44
Tabla 6. <i>Partes de la norma IEC-60947.</i>	49
Tabla 7. <i>Colores ppara lámparas de señalización.</i>	50
Tabla 8. <i>Propiedades de los aceros.</i>	56
Tabla 9. <i>Momento límite de una lámina de acero</i>	56
Tabla 10. <i>Coeficientes de fricción de materiales.</i>	57
Tabla 11. <i>Nomenclatura para cálculo de torque del motor.</i>	61
Tabla 12. <i>Sección de conductores.</i>	65
Tabla 13. <i>Descripción del conductor eléctrico.</i>	66
Tabla 14. <i>Mediciones tomadas de las tres líneas del motor.</i>	74
Tabla 15. <i>Costos Primarios</i>	88
Tabla 16. <i>Costos Secundarios.</i>	90
Tabla 17. <i>Costo Total</i>	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación..</i>	24
Figura 2. <i>Materiales de la empresa</i>	24
Figura 3. <i>Tolva Cilíndrica</i>	25
Figura 4. <i>Proceso de barolado</i>	26
Figura 5. <i>Baroladora de 3 Rodillos</i>	27
Figura 6. <i>Proceso de laminado</i>	28
Figura 7. <i>Diagrama de esfuerzos de fluencia</i>	32
Figura 8. <i>Diagrama de un seccionador</i>	37
Figura 9. <i>Tipos de interruptores termomagnéticos</i>	38
Figura 10. <i>Tipos de conductores</i>	40
Figura 11. <i>Partes del contactor electromagnetico</i>	42
Figura 12. <i>Tipos de bobinas en relés</i>	43
Figura 13. <i>Contactos del contactor y relé</i>	43
Figura 14. <i>Contactos de relé auxiliar</i>	44
Figura 15. <i>Relé Térmico</i>	45
Figura 16. <i>Partes de un relé térmico</i>	47
Figura 17. <i>Simbología de capacitores</i>	47
Figura 18. <i>Capacitor</i>	48
Figura 19. <i>Diagrama de estudio de la automatización</i>	51
Figura 20. <i>Representación del diagrama de conexión eléctrico</i>	54
Figura 21. <i>Diagrama de cuerpo libre</i>	55
Figura 22. <i>Longitud entre rodillos</i>	58
Figura 23. <i>Sistema de engranes</i>	62
Figura 24. <i>Selector de dos posiciones</i>	67
Figura 25. <i>Diseño estructural de la baroladora</i>	69

Figura 26. <i>Base de los rodillos o placas laterales</i>	70
Figura 27. <i>Rodillo de la baroladora</i>	71
Figura 28. <i>Soporte para el rodillo superior</i>	71
Figura 29. <i>Base de la máquina baroladora</i>	72
Figura 30. <i>Motorreductor</i>	73
Figura 31. <i>Medición en una línea del motor</i>	74
Figura 32. <i>Diagrama de circuito eléctrico</i>	75
Figura 33. <i>Estudio de esfuerzos</i>	76
Figura 34. <i>Baroladora antes de la modificación</i>	78
Figura 35. <i>Baroladora modificada</i>	79
Figura 36. <i>Base de los rodillos baroladores</i>	80
Figura 37. <i>Estudio de esfuerzos</i>	82
Figura 38. <i>Funcionamiento del sistema eléctrico</i>	83
Figura 39. <i>Pruebas de funcionamiento</i>	84
Figura 40. <i>Colocacion de una lámina de 3mm</i>	85
Figura 41. <i>Barolado de la lámina de 3mm</i>	85
Figura 42. <i>Proceso de barolado de una lámina de 3mm</i>	86
Figura 43. <i>Curvado de una lámina de 3mm</i>	87

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. <i>Momento límite de una lámina de acero</i>	57
Ecuación 2. <i>Fuerza necesaria para barolado</i>	58
Ecuación 3. <i>Fuerza Motriz</i>	59
Ecuación 4. <i>Componente en x de la fuerza para barolado</i>	59
Ecuación 5. <i>Fuerza de rozamiento</i>	60
Ecuación 6. <i>Fuerza de rozamiento en X</i>	60
Ecuación 7. <i>Torque del motor</i>	62
Ecuación 8. <i>Velocidad del motor por engranes</i>	63
Ecuación 9. <i>Relación de transmisión</i>	63
Ecuación 10. <i>Velocidad de entrada</i>	63
Ecuación 11. <i>Velocidad de salida</i>	64
Ecuación 12. <i>Intensidad de corriente</i>	64
Ecuación 13. <i>Caída de tensión</i>	65
Ecuación 14. <i>Reactancia inductiva</i>	68
Ecuación 15. <i>Cálculo de capacitor</i>	69

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

Repotenciación de una baroladora a través de un control semiautomático para láminas de acero de 2400mm de longitud con espesores desde 2mm hasta 6mm en la empresa IMCOMSA en Latacunga parroquia San Buenaventura en el año 2020.

1.1. Antecedentes

En la actualidad existen varios métodos y formas de manufacturar y barolar materiales dúctiles y maleables los cuales requieren mucho esfuerzo físico, al igual que también existen máquinas que permiten esta actividad, una de ellas es la máquina baroladora de láminas de acero cuyo principio de funcionamiento es la transmisión mecánica mediante sistemas de engranaje en los cuales se encuentran montados piñones de la baroladora, que en su movimiento arrastran el material dándole forma circular.

Debido a la transacción del tema se han realizado trabajos similares:

Experiencias como la de Luis Gustavo Cocha Ajila – Darwin Efraín Jumbo Sarango (2015) con su trabajo de investigación cuyo tema es. “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA BAROLADORA SEMIAUTOMATICA PARA PLANCHAS DE 2400MM DE LONGITUD, CON ESPESORES DESDE 2MM HASTA 12MM”

Se puso en evidencia que las personas han buscado cada vez una mayor eficiencia de procesos de manufactura en un lapso corto de tiempo, logrando de manera eficiente grandes resultados en las industrias.

Experiencias como la de Gustavo Alonso León Pico con su trabajo de investigación cuyo tema es: “DISEÑO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA DE TUBOS Y PERFILES ACCIONADA POR UN MOTOR ELÉCTRICO”

Uno de los aspectos importantes para el correcto funcionamiento de una baroladora es su estructura, mecanismo y cada uno de los componentes de su estructura, además, se debe tomar en cuenta los cálculos necesarios para del dimensionamiento de su transmisión de potencia.

1.2. Planteamiento del Problema

IMCOMSA es una empresa que, con excelente calidad en sus productos y servicios, atiende a la industria en sus necesidades de aceros inoxidable especiales como láminas de acero, herramientas y otros materiales especializados a través de una operación enfocada al cliente y realizada por un equipo de personas capacitadas contribuyendo al progreso de sus clientes y del país. Misma empresa cuenta con diversos procesos de manufactura y manipulación de materiales dúctiles y maleables, dichos procesos se realizan en una baroladora la cual funciona de forma manual y requiere de esfuerzos físicos provocando posibles daños a los empleados de dicha empresa.

Los empleados y dueño de la empresa tienen perdida de eficacia al momento de realizar un proceso de manufactura.

Los empleados al realizar todo el proceso manualmente tenían a largo plazo daños ergonómicos por ser las láminas de acero muy pesadas.

De no solucionarse lo mencionado seguirá habiendo esfuerzos de parte de los empleados y el dueño de la empresa generando perdida de eficacia en su productividad.

Por lo propuesto es trascendente que se realice la repotenciación de una baroladora de láminas de acero de 2400mm de longitud desde 2mm hasta 6mm de espesor para una mejor eficacia al momento de realizar trabajos con láminas en menor tiempo y con un mejor resultado.

1.3. Justificación

Debido a los requerimientos de la empresa se pretende optimizar los procesos de laminado en acero para una mejor producción de manufactura dentro de la empresa

(Produce en la actualidad una extensa gama de productos y partes de máquinas que parten de formas cilíndricas, cónicas, elípticas, anillos, arcos entre otras).

Ayuda en la protección de los empleados en procesos de manufactura.

Disminución de daños en su salud por mala posición ergonómica y exceso de fuerza al manipular láminas de acero.

Se logrará una producción en menor tiempo y con una mejor calidad en procesos terminados.

Se beneficiarán de la presente tesis los empleados de la empresa IMCOMSA ya que contarán con una baroladora semiautomática la cual disminuirá en gran porcentaje el esfuerzo físico, disminuirá la manipulación hombre maquina en procesos de manufactura, el tiempo de productividad será más corto generando más ingresos a la empresa generando una mejor protección en sus actividades a realizar cumpliendo la misión y visión de la empresa que es satisfacer las necesidades de los clientes mediante su excelente calidad en sus productos y servicios.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Repotenciar una baroladora para doblar láminas de acero de 2400mm de longitud con espesores desde 2mm hasta 6mm mediante un control semiautomático en la empresa IMCOMSA de la ciudad de Latacunga.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer un análisis teórico y cálculo de los elementos mecánicos y eléctricos de la baroladora.
- Seleccionar la mejor alternativa para el sistema de control semiautomático de la baroladora de láminas de acero.
- Implementar el sistema eléctrico para satisfacer las necesidades de operario de la baroladora facilitando su manipulación.

- Realizar las pruebas de funcionamiento en la baroladora para obtención de resultados.

1.5. Alcance

El alcance del proyecto es el cálculo de transmisión de potencia de la baroladora, cálculo de material eléctrico para el desarrollo del sistema de control semiautomático de la máquina para láminas de acero de 2400mm de longitud con espesores desde 2mm hasta 6mm y pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Descripción General de la Empresa.

IMCOMSA- Distribuidora de Aceros Inoxidables en Ecuador es una empresa ecuatoriana líder en el mercado, con la mejor experiencia en aceros inoxidables tales como: materiales para cerrajerías, construcciones de estructuras, aceros inoxidables y accesorios de aceros inoxidables en Latacunga.

IMCOMSA se caracteriza por ser una empresa regional comprometida a contribuir con el desarrollo y bienestar de la comunidad ofreciendo variedad de productos de calidad para proporcionar la satisfacción de sus clientes.

El objetivo de la empresa es mantener los precios bajos para obtener numerosas ventas, identificar demandas de productos para así satisfacer las necesidades de los productos dentro del mercado.

Siendo una empresa con años de experiencia en el campo de acero inoxidables desarrolla continuamente trabajos de soldadura y ventas de insumos para aceros y seguridad laboral para mantenerse dentro del estándar del mercado.

2.1.1. Ubicación

IMCOMSA, está ubicada en la región central del Ecuador, provincia de Cotopaxi, parroquia San Buenaventura Av. Miguel Iturralde s/n Km. 3 Vía a Mulalo Sector San Silvestre, ciudadela Buenaventura. (Ver Fig. 1).

Figura 1.

Ubicación.



Nota: Ubicación geográfica de la empresa IMCOMSA en el sector de San Buenaventura provincia de Cotopaxi.

2.1.2. **Materiales de la Empresa**

Los materiales que distribuye la empresa son de acero inoxidable tales como: láminas de acero, tubería cuadrada, tubería redonda, tubería rectangular, platinas de acero, accesorios, abrasivos y soldadura para aceros inoxidables. (Ver Fig. 2).

Figura 2.

Materiales de la empresa.



Nota: A: Láminas con diseños para puertas, B: Ángulos, tubos cuadrados y redondos.

2.2. **Fundamentos Básicos de las Baroladoras Industriales.**

El barolado de láminas en la actualidad es considerado un gran aporte a la producción de partes de máquinas que cuentan con formas cilíndricas, cónicas, elípticas, arqueadas entre otras.

Son muy usadas en las industrias metalmecánicas siendo una gran ventaja ya que facilitan el redondeado de láminas rectas. Un ejemplo de estos procesos industriales son los recipientes de alta presión en los cuales son alojados fluidos internos a presión.

El barolado se usa para formar cilindros para tanques horizontales y verticales como los tanques de gas, tanques de almacenamiento de agua e hidrocarburos, moldes cilíndricos para construcción, columnas de hormigón, ductos de ventilación en mega infraestructuras, turbinas, tubos de escape entre otras aplicaciones. (Ver Fig.3) (Ochoa Suarez, 2001)

Figura 3.

Tolva Cilíndrica



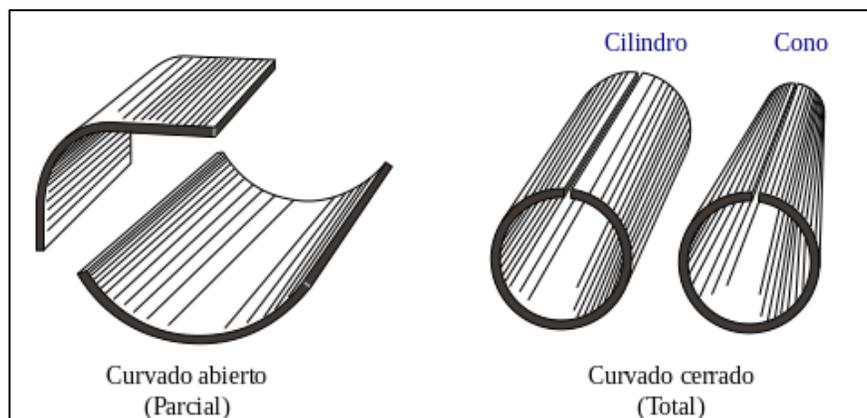
Nota: Ejemplo de aplicaciones en un proceso de barolado de una lámina a un depósito cilíndrico. (Ochoa Suarez, 2001).

La forma cilíndrica ayuda a ganar resistencia y se requieren según su aplicación. La tolva es similar a un embudo de tamaño superior al normal que es destinado al depósito y canalización de distintos materiales. (Ver Fig.4).

Se puede barolar cualquier tipo de lámina dependiendo la capacidad de la máquina a utilizar. Gracias al barolado de láminas se construyen actualmente gran variedad de estructuras e infraestructuras de metal. (Montalvan Moreno, 2012)

Figura 4.

Proceso de barolado.



Nota: A continuación, podemos observar la deformación de una lámina de acero de manera cilíndrica y curva. (Montalvan Moreno, 2012)

2.3. Métodos de Barolado.

El barolar es un método que consiste en la deformación de láminas de acero que son pasados por rodillos. Existen varios métodos de barolado ya que se doblan laminas, perfiles y tubos de acero para lo cual depende independientemente el material a barolar el equipo que se vaya a utilizar por lo cual hablaremos acerca de la baroladora de 3 rodillos. (Ochoa Suarez, 2001)

2.4. Baroladora de 3 Rodillos.

Una baroladora es una máquina que permite realizar el proceso de curvado de planchas metálicas mediante rodillos, este proceso se lo realiza con el empleo de fuerza mecánica. (Ver Fig. 5).

Figura 5.

Baroladora de 3 Rodillos o piramidal.



Nota: A continuación, podemos observar una baroladora de 3 rodillos de transmisión de potencia manual.

2.4.1. Baroladora Piramidal.

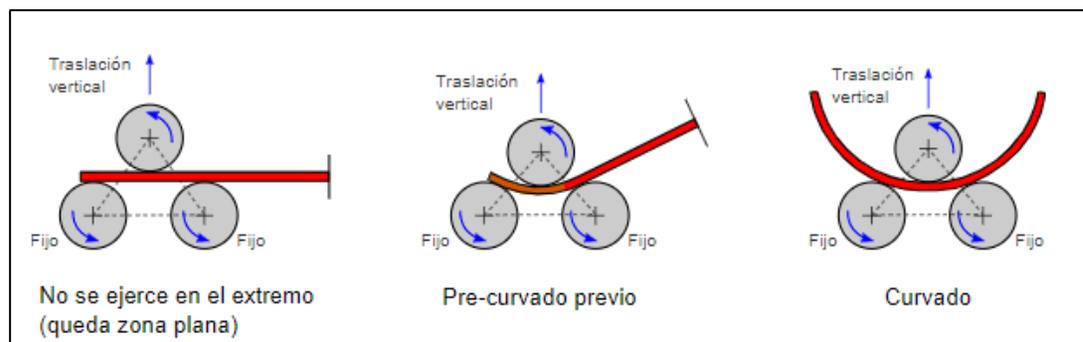
Este tipo de baroladoras están constituidas por 3 rodillos de igual diámetro en forma de pirámide.

El movimiento que se transmite a los rodillos es mediante un motor el cual transmite movimiento a los rodillos inferiores que generalmente se encuentran fijos ya que el rodillo superior gira entorno a la fricción que se le aplique con el material a deformar.

El rodillo superior es el que se eleva para que el material ingrese y este es regulado al diámetro de la lámina a barolar, este rodillo tiene como desventaja las limitaciones a barolar y no poder realizar un predoblado por encontrarse los rodillos en posición piramidal. (Ver Fig.6). (León Pilco & Ramos Cedeño, 2015).

Figura 6.

Proceso de laminado



Nota: A continuación, podemos observar el proceso de deformación de una lámina plana en curvaturas.

2.4.2. Aplicaciones

Las baroladoras son máquinas que nos ayudan a dar de forma segura y fácil el doblado de las láminas de acero mismas que se ocupan como elementos para obras civiles, industrias, partes de maquinarias, entre los cuales se destacan algunos elementos como: tanques para almacenamiento de petróleo, intercambiadores de calor, túneles, canalizaciones, palas para retroexcavadoras, tanqueros, entre otros. (León Pilco & Ramos Cedeño, 2015).

2.4.3. Parámetros de una Baroladora.

Una baroladora tiene una forma simétrica semejante a un triángulo isósceles, sus parámetros de trabajo son: geometría de la máquina, la interacción de cada uno de los rodillos con la pieza de trabajo, las propiedades del material y su geometría. (Montalvan Moreno, 2012).

Además, es prioridad cumplir con el desempeño general de la baroladora para obtener las propiedades de uso adecuado, algunos criterios esenciales que deben cumplir son:

- Seguridad (la seguridad al operario de la máquina).
- Desempeño (verificar que cumpla con los requisitos al momento de barolar).

- Facilidad y rapidez en manufactura.
- Facilidad al momento de dar mantenimiento.
- Fácil operación.
- Bajo costo de operación y mantenimiento.
- Accionamiento suave y con poca vibración.
- Usar materiales de accesibles en el mercado.
- Apariencia y ubicación adecuadas de componentes.

2.4.4. Parámetros de la Geometría de la Baroladora.

Los parámetros de la baroladora se encuentran relacionados con el radio de sus tres rodillos (dos inferiores y un superior), la distancia entre centros que existe entre estos tres, radio de curva que va a generar en el proceso de laminado y el ángulo de simetría. (Mejía Ordoñez, 2011).

2.5. Sistemas de Transmisión de Potencia

2.5.1. Sistema de Engranaje.

El engrane es un conjunto mecánico compuesto de dos o mas ruedas dentadas cuyos dientes son enlazados entre si, transmiten un movimiento circular con la ayuda de piñones de engrano los cuales son ruedas de menor o mayor diametro. Se denomina tren de engranajes al conjunto de engranes, es decir el conjunto de dos o mas ruedas que tienen sus dientes en constante contacto y firan en su mismo eje. (Garríz, José; Vinyals, Jaime;, 2009).

Los engranajes son sistemas mecánicos que se utilizan para proporcionar potencia en diferentes ejes a mover. Existe una diversidad de engranajes, cada uno de ellos tienen diferentes características, los mismo que podemos diferenciar a continuacion. (Ver Tabla 1). (León Pilco & Ramos Cedeño, 2015).

Tabla 1.

Tipos de engranajes.

Tipos de Engranaje	Disposición espacial de ejes	Contacto entre dientes	Fuerza de contacto	Característica principal
Cilindros rectos	paralelos	lineal	Tangencial y radial	Rodadura
Cilindros helicoidales	Paralelos o se cruzan	puntual	Tangencial, radial y axial	Rodadura-deslizamiento
Cilindros rectos	Se cortan	lineal	Tangencial, radial y axial	Rodadura
Cilindros espirales	Se cortan	Puntual	Tangencial, radial y axial	Rodadura-deslizamiento
Sin fin	Se cruzan	Puntual	Tangencial, radial y axial	Gran deslizamiento

Nota: En la presente tabla podemos distinguir los diferentes tipos de engranes (León Pilco & Ramos Cedeño, 2015).

2.5.2. Transmisión de Potencia mediante Engranajes.

Los engranajes son mecanismos utilizados en la transmisión de movimiento rotatorio y movimiento de torsión entre ejes. Este sistema de engranes posee grandes ventajas a los diferentes sistemas de transmisión.

Reducción de espacio, relación de transmisión más estable disminuyendo la posibilidad de resbalamiento, mayor capacidad de transmisión de potencia.

Es un sistema reversible capaz de transmitir potencia en ambos sentidos por lo que es ideal para una baroladora de 3 rodillos. (Paguayo, 2019).

Los engranes son denominados ruedas conductoras y ruedas conducidas. Para la transmisión de potencia dentro de las baroladoras se pueden emplear engranes rectos o helicoidales. (Paguayo, 2019).

2.6. Resistencia de los Materiales Metálicos.

Los materiales poseen resistencia, se tratan de los esfuerzos internos y las deformaciones que son producidos por cualquier esfuerzo. Así mismo se relaciona con la forma que toma por la fuerza ejercida en el material deformado. (Fuentes Espinoza, 1982).

2.6.1. Propiedades Relevantes de los Aceros.

Los materiales de acero son indispensables en las construcciones siendo una aleación de hierro carbono as más usadas, estos materiales pueden llegar hasta 2% de carbono con la finalidad de mejorar sus propiedades. Una característica muy importante de los aceros es adquirir un temple ya que con esto aumenta su dureza flexibilidad, ductilidad y resistencia de cualquier acero. (Zapata, 2019).

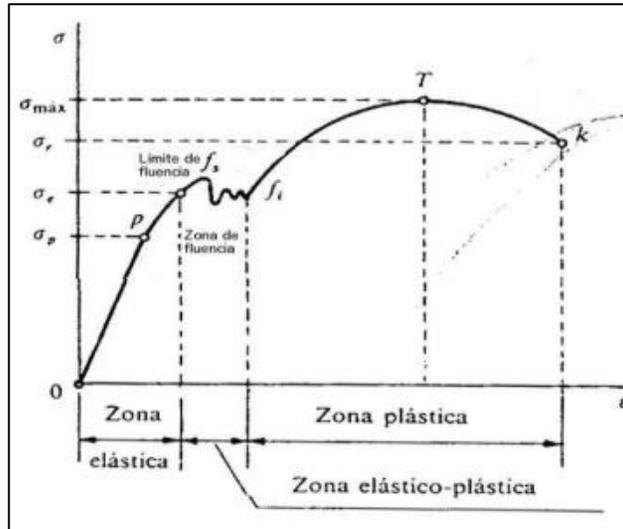
Desde los puntos más estudiados de los aceros las propiedades más importantes son:

Propiedades mecánicas: se refiere a la resistencia, la ductilidad y la dureza de los materiales y esto a su vez dependen de la aleación y composición del propio acero.

El esfuerzo de fluencia: se conoce como fluencia a la deformación irreversible de un material, este esfuerzo de fluencia se sitúa encima del límite elástico, además consiste en un alargamiento rápido sin necesidad que su tensión cambie. A continuación, podemos observar el diagrama correspondiente a la deformación de los materiales. (Ver Fig. 7). (Rodríguez Galbarro, 2018).

Figura 7.

Diagrama de esfuerzo de fluencia.



Nota: En la figura 7. Se muestra los esfuerzos aplicables en los diferentes aceros y sus composiciones.

El módulo de elasticidad: es la elasticidad que posee cada material después de una deformación por lo que la energía elástica permanece en la parte doblada de los materiales.

Se puede concluir que los factores que intervienen en la restitución elástica son:

A menor espesor de lámina, mayor restauración elástica

A mayor radio de barolado, mayor es la restauración elástica.

Al doblar láminas en menos pasadas de barolado, menor será la restitución elástica. (Rodríguez Galbarro, 2018)

La Ductilidad: es la elongación que sufre una estructura sin llegar a su rotura, las especificaciones de cada material estipulan su estiramiento hasta ciertos límites por porcentajes mínimos y máximos. (Rodríguez Galbarro, 2018)

La disposición de soldadura: los aceros de disposición o fácil soldadura son aquellos que sin dificultad se pueden hacer piezas soldadas, libres de grietas y son

integras en diversas condiciones de trabajo. La facilidad de soldadura en aceros depende de su composición química y proceso de soldado a utilizar. (Rodríguez Galbarro, 2018)

Los procesos de soldadura usados comúnmente son el SMAW (soldadura por arco de electrodos recubiertos), el SAW (soldadura de arco con electrodos sumergidos), el GMAW (soldadura de arco de gas metálico) y el FCAW (soldadura de arco con flujo recubierto).

Fragilidad: se refiere a la facilidad con la que el acero puede ser roto al ser sometido a cierto esfuerzo. (Rodríguez Galbarro, 2018)

Maleabilidad: es la propiedad que tiene el acero para ser laminado, es decir que las aleaciones de acero inoxidable son más maleables que otras. (Rodríguez Galbarro, 2018)

Propiedades físicas: corresponden a la densidad, conductividad eléctrica y térmica.

Cuerpo: hacen referencia al peso, volumen, masa y densidad del acero.

Térmicas: tiene tres aspectos fundamentales en las aleaciones de acero: su capacidad de conducir temperatura (conducción), su potencia de consumir calor (convección) y capacidad de emanar rayos infrarrojos en el medio (radiación).

Magnéticas: es la capacidad que posee para actuar como un campo magnético. Mientras más alto es el porcentaje de hierro en una aleación de acero, mayor será su capacidad de actuar como un imán. (Nayive Prim, 2019).

2.7. Sistema Eléctrico y de Control de la Baroladora.

El sistema eléctrico contara con un motorreductor de 220V el mismo que tendrá una inversión de giro, quiere decir que girara en sentido horario y antihorario, para esto se empleara luces piloto y un selector el cual a actuará a la par con las luces piloto indicando la primera posición (horario) y la segunda posición (antihorario) del motor.

2.7.1. Introducción a la Protección Eléctrica.

Los sistemas de protección se resumen en dar protección a las personas y los equipos, reducir la influencia de las fallas en equipos y conductores. (Cervantes Vega, Juan R., 2000).

2.7.2. Magnitudes Características de una Aparamenta Eléctrica.

Tensión nominal. máxima tensión asignada por el fabricante del material que está construidos los elementos de protección.

Corriente nominal: máxima corriente que se puede mantener sin que supere su máxima temperatura sin producir ningún tipo de deterioro al sistema eléctrico. Existen valores normalizados, por ejemplo, para interruptores automáticos y diferenciales: 6A, 10A, 16A, etc.

Máxima intensidad térmica: máxima corriente que puede circular por un dispositivo eléctrico durante un tiempo prolongado de funcionamiento sin producir calentamiento excesivo que genere deterioros al sistema eléctrico. (Mujal, 2014).

2.7.3. Aparamenta Eléctrica.

Se denomina Aparamenta eléctrica a los equipos, aparatos y materiales que son conectados a un circuito eléctrico con el fin de asegurar una o varias funciones como: maniobra, regulación, protección, control, medida y seccionamiento de conexión los cuales incluyen accesorios, canalizaciones eléctricas utilizadas en las instalaciones independientemente de su tensión (Alta tensión, Media tensión y Baja tensión). El conocimiento previo de los elementos de la Aparamenta electiva nos garantizan una correcta instalación y mantenimiento.

La aplicación de la aparamenta eléctrica es la conexión y la desconexión de elementos eléctricos. (Enríquez Harper, Gilberto;, 2003).

2.7.4. Clasificación de la Aparamenta Eléctrica

La aparamenta eléctrica se clasifica por su función, tensión, emplazamiento, tipos de protección y utilización, dentro de cada una de ellas existen subclasificaciones que explicaremos a continuación: (Calvo Saez, 2016)

Por su función:

- Maniobra
- Protección de medida
- De regulación
- De control
- Bobinas
- Capacitores

Por su tensión:

- Baja tensión (BT) 0 – 600V
- Media tensión (MT) $>600 \leq 40\text{Kv}$
- Alta tensión (AT) $\geq 40\text{Kv}$

Por su emplazamiento:

- De montaje interior
- Y de montaje exterior (intemperie)

Por su tipo de protección:

- Abierto
- Cerrado o envolvente

Por su utilización:

- Instalaciones domésticas
- Instalaciones industriales
- Redes eléctricas de generación, distribución y transporte.

Aparamenta de Maniobra: tiene por objetivo establecer o interrumpir la corriente en uno o varios circuitos bajo condiciones previas de servicio sin presentar daños a los elementos eléctricos y sin perturbar las funciones de los mismos. (Calvo Saez, 2016)

- Seccionador
- Interruptor
- Contactor
- Dentro de los contactores tenemos:
 - Contactores electromagnéticos
 - Contactores neumáticos
 - Contactores electroneumáticos
 - Contactores de retención

Aparamenta de protección: tienen como objetivo evitar o reducir en lo posible los efectos perjudiciales de las averías.

- Interruptor automático
- Auto seccionador
- Fusible
- Seccionador de fusible
- Rupto.fusible

Dentro de la aparamenta de protección podemos encontrar la técnica de corte y la tensión a la que se realiza la ruptura: (Ver Tabla 2).

Tabla 2

Aparamenta de protección por ruptura.

Técnica de corte	Tensión de corte en Kv
Aire	0 – 24 Kv
Aceite	3 – 245 Kv
Aire comprimido	12 – 245 Kv
SF6	12 – 765 Kv
Vacío	3 – 36 Kv
Estática	0 – 24 Kv

Nota: A continuación, se muestra los diferentes elementos de protección por ruptura.

(Calvo Saez, 2016)

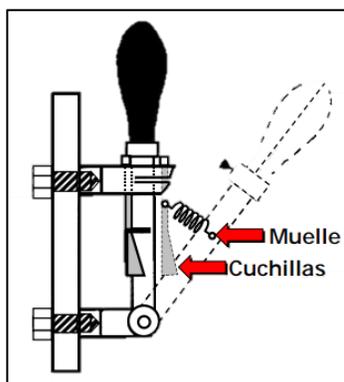
2.7.5. Seccionador

Dispositivo mecánico de conexión que aseguran la posición abierto y cerrado para su accionamiento, físicamente son constituidos por cuchillas y elementos aislantes. Estos dispositivos son accionados manualmente por los operarios. (Sarmiento, 2018).

Dentro de las partes tenemos el muelle y las cuchillas que son las encargadas de hacer contacto en el accionamiento del circuito. A continuación, podemos observar detalladamente las partes constitutivas de un seccionador. (Ver Fig. 8).

Figura 8.

Diagrama de un seccionador.



Nota: En la Figura 8. Se muestra el diagrama de un seccionador además de sus partes más importantes.

2.7.6. Interruptor Termomagnético.

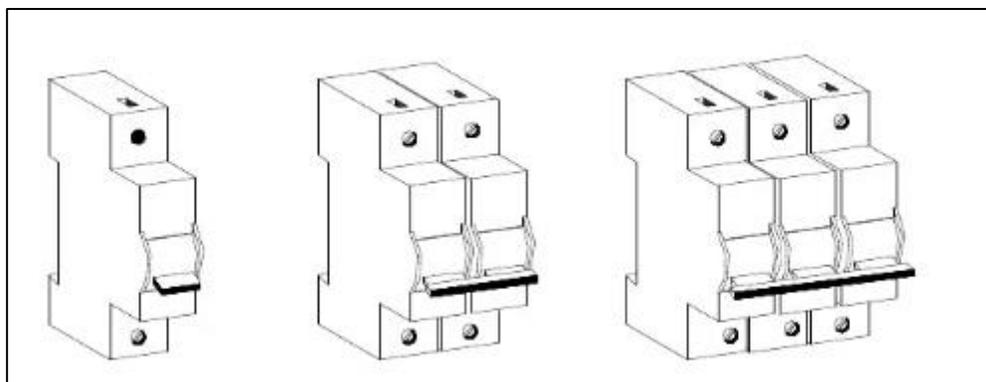
El interruptor termomagnético también es conocido como “Breaker”, es un dispositivo diseñado para conectar y desconectar un circuito por medios NO automáticos que desconectan un circuito automáticamente por un valor determinado de sobrecorriente.

Su modo de operación es cerrar y abrir un circuito eléctrico el cual lo realiza por una palanca interna que indica su posición (ON)(OFF).

Su principal característica es que se conecta en serie en función a otros elementos eléctricos ya que su función es proteger contra sobrecargas en conjunto con el elemento térmico y su calentamiento. (Ver Fig. 9). (Mujal, 2014).

Figura 9.

Tipos de interruptores termomagnéticos.



Nota: A) Unipolar, B) Bipolar, C) Tripolar

Según las barras colectoras de los Interruptores termomagnéticos, la elaboración de los diferentes tableros de distribución eléctrica y según la conexión a realizar los interruptores se fabrican con diferentes capacidades medidas en Amperios (A). (Ver Tabla 3). (Harper, 2005).

Tabla 3.

Capacidad de Interruptores Termomagnéticos.

Tipo de Interruptor termomagnético	Capacidad (A)
Un polo	15A - 20A – 40A – 50A
Dos polos	15A – 20A – 30A – 40A – 50A – 70A
Tres polos	100A – 125A – 150A – 175A – 200A – 225A – 250A – 300A – 350A – 400A

Nota: En la Tala 3 se muestran los diferentes tipos de interruptores y sus respectivas magnitudes. (Harper, 2005).

2.8. Conductores eléctricos.

Según las normas de instalaciones eléctricas se establecen ciertos valores normalizados de alimentación trifásica, se puede tomar como 480, 440 y 220V y en alimentación monofásica de 127V.

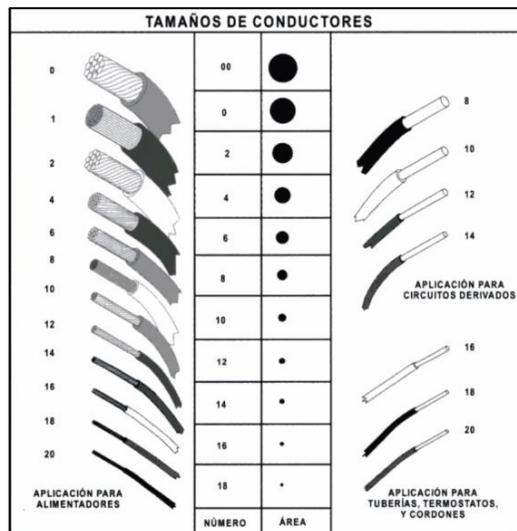
Los conductores eléctricos deben tener buena conductividad y cumplir con algunos requisitos que requiera la instalación que se va a realizar en cuanto a propiedades mecánicas y eléctricas es por eso que los conductores y aislantes son de diferente material y composición. (Enríquez Harper, 2004).

2.8.1. Tipos de conductores eléctricos

Los tipos de conductores varían en el diámetro de los hilos del cable, mientras más hilos tenga más flexible será, además, la resistencia eléctrica del cable aumenta con el número de hilos que posee. Los hilos más pequeños son de 0,13mm que tienen baja demanda, mientras que un conductor formado por un hilo mide >0,7mm y <2,1mm. Las normas corresponden al sistema americano de designación de conductores y calibres de conductores AWG (American Wire Gage). (Ver Fig. 10). (Erazo Bastidas, 2000).

Figura 10.

Tipos de conductores.



Nota: En la Figura 10. Se observan las diferentes dimensiones o calibres de conductores. (Erazo Bastidas, 2000).

2.9. Contactores Electromagnéticos

Es un aparato mecánico de conexión mediante un electroimán de funcionamiento total, para grandes potencias de interrupción, energizando la bobina del contactor este cambia de posición estableciéndose a través de los polos un circuito de red de alimentación y el receptor.

Dependiendo de la red de alimentación los contactores electromagnéticos serán monofásicos, bifásico o trifásicos. Además, podrán abrirse o cerrarse otros contactos simultáneamente de circuitos eléctricos de control y señalización. (López López & López Toro, 2003)

Se relaciona con el poder de ruptura que tiene los diferentes contactores estos se dividen en AC y DC, los contactores en AC se dividen en 4 tipos, a continuación, presentaremos sus tipos y características de cada uno. (Ver Tabla 4).

Tabla 4*Tipos de contactores y características*

Tipo de contactor	Constantes de corte	Características
AC-1	K=1	Cargas puramente resistivas o ligeramente inductivas, para calefacción eléctrica o iluminación incandescente.
AC-2	K= 2,5	Motores asíncronos de rotor bobinado, para mezcladoras, centrifugas.
AC-3	K= 1	Motores asíncronos de rotor de cortocircuito para aparatos de aire acondicionado, compresores y ventiladores
AC-4	K= 6	Motores asíncronos para trabajos pesados, cortocircuitos durante el arranque, inversiones de giro.

2.9.1. Ventajas de los contactores electromagnéticos

- Interrumpir las corrientes polifásicas elevadas, utilizando una baja intensidad.
- Es controlada de forma manual y automática.
- Es robusto y fiable ya que sus mecanismos no son delicados, pueden usarse en ambientes con polvo ya que no afecta a su circuito de potencia y control.
- Se adapta a la tensión de alimentación (diferentes de bobinas).
- No afectan las vibraciones producidas por maquinarias ya que no disponen de piezas móviles en su interior.
- Eliminación de arcos eléctricos entre los contactos. (López López & López Toro, 2003)

2.9.2. Componentes del Contactador Electromagnético.

El principal componente de un contactor electromagnético es el electroimán además del circuito magnético y la bobina. (Ramón Vaello, José;, 2014)

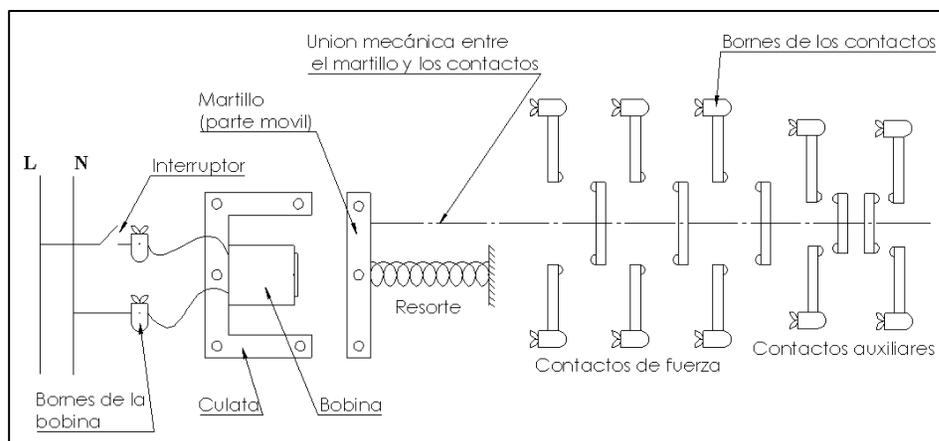
Características del circuito magnético de C.A.

- Chapas de acero al silicio unidas por remache o soldadura.
- Circuito laminado para reducir corrientes de Foucault que son originadas en la masa metálica.
- Anillos de desfase que generan parte del circuito al flujo alterno principal.
- Los polos o contactos principales.
- Contactos auxiliares para enclavamientos de los contactores y señalizaciones.
- Contactos de cierre NA, de apertura NC, dobles contactos NA/NC y temporizados NA/NC.

A continuación, se presentan las partes internas de un contactor electromagnético. (Ver Fig. 11).

Figura 11.

Partes del Contactor Electromagnético.



Nota: A continuación, se puede observar las partes internas del contactor.

2.9.3. Designación de Componentes.

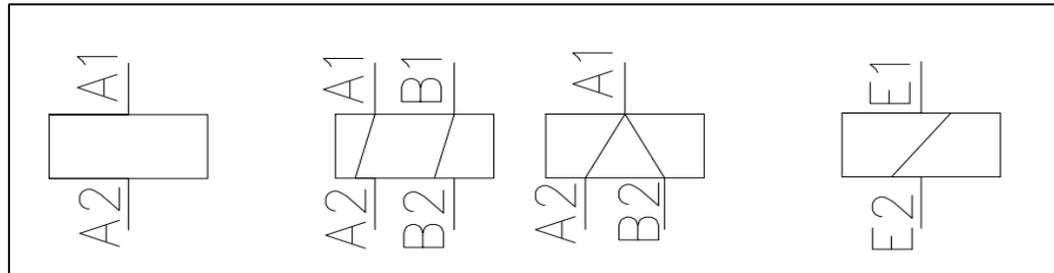
Los contactores y relés están compuestos por sistemas de control y maniobra, la bobina y circuitos de contactos que actúan como receptores. Los contactos con respecto a los circuitos de potencia se llaman contactos principales y los que intervienen en el circuito de mando se llaman auxiliares.

Para la designación de bornes y relés se aplican las siguientes normas:

Bobinas: Los bornes de las bobinas normalmente son designadas de forma alfanumérica. (Ver Fig. 12).

Figura 12.

Tipos de bobinas en Relés.



Nota: A. Bobina de relé B. bobina con dos arrollamientos. C. bobina con retención.

Circuitos principales (circuitos de potencia). Son los contactos principales de los contactores y relés térmicos. Son designados por números de una sola cifra. (Ver Fig. 13).

Figura 13.

Contactos del contactor y relé.



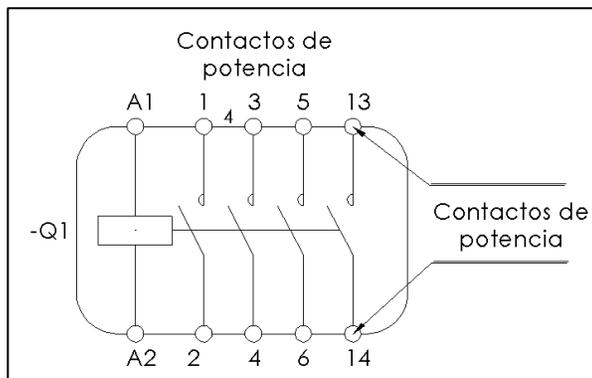
Nota: Contactos principales y su numeración en bornes terminales.

Circuitos auxiliares (circuito de mando o maniobra). Los bornes auxiliares de los contactores y relés se designan por números de dos cifras.

- Las cifras corresponden en función a su apertura (1-2) y cierre (3-4).
- Para funciones de temporización se utiliza: de apertura (5-6) y cierre (7-8).
- Designación de bornes para los contactos de un relé auxiliar. (Ver Fig. 14)

Figura 14.

Contactos de relé auxiliar.



Nota: a continuación, se observan los datos de posición en bornes del relé auxiliar.

Se utilizan códigos de letras en los diagramas de circuitos eléctricos tanto de mando como de potencia, estas letras nos permiten identificar con facilidad que tipo de elementos posee un diagrama y la identificación rápida del mismo, la clasificación de los diferentes elementos eléctricos será detallada. (Ver Tabla 5).

Tabla 5.

Clases principales Norma ISO/IEC-81346-2

Letra	Definición
A	Dos o más propósito de tareas
F	Protección directa contra condiciones peligrosas o no deseadas
M	Abastecimiento de energía mecánica para propósitos de conducción.
Q	Conmutación controlada o variación de un flujo de energía, señales o material

Nota: Nomenclatura para identificación de elementos eléctricos en diagramas de circuitos.

(Sarmiento, 2018)

2.10. Relés Térmicos

Los relés térmicos con elementos eléctricos utilizados para proteger a los motores contra sobrecargas débiles y prolongadas indirectamente, esto quiere decir que protege

ante calentamientos del motor a través de su consumo. Son utilizados principalmente en motores ya que garantizan su vida útil y el trabajo constante de las máquinas, evitando paradas innecesarias y un arranque rápido y con seguridad.

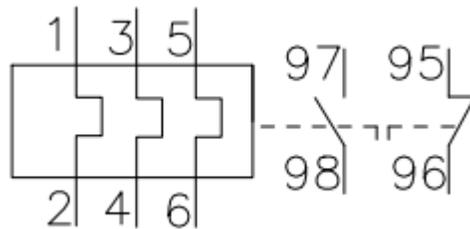
El relé térmico está compuesto por una lámina bimetálica constituido por una aleación de hierro, níquel y latón de diferentes coeficientes de dilatación con la finalidad de deformarlo conforme se aplique el calor haciendo que la placa actúe sobre el contacto.

Es importante tomar en cuenta que al relé térmico se le debe ajustar a la intensidad nominal del motor que viene especificado en las placas del motor. (Ramón Vaello, 2017)

A continuación, se muestra un relé térmico y el símbolo utilizado en diagramas eléctricos con su respectiva numeración en bornes. (Ver Fig.15).

Figura 15.

Relé Térmico.



Nota: A: Simbología de un relé con numeración en sus bornes principales, B: Aspecto físico de un relé. (Ramón Vaello, José;, 2014).

2.10.1. Características del Relé térmico

- Pueden ser utilizados tanto en corriente alterna (AC) como en corriente directa (DC).
- Cuando el relé se dispara o actúa le permite a la máquina un reinicio rápido y sin riesgo alguno.

- Tiene función de parada y testeo.
- Protegen a los motores ya que impiden sobrecargas mínimas y recalentamientos.
- Evitan en mayor cantidad las paradas de producción.
- Permiten un re arranque manual en máquinas por seguridad y técnica con personal calificado.
- Permiten el arranque automático cuando se tratan de máquinas simples.
- Tienen diferente coeficiente de dilatación dependiendo de la utilización que se le va a dar. (Ramón Vaello, José, 2014)

2.10.2. Tipos de relés térmico.

Existen tres tipos de relés térmicos con ciertas características que diferencian el uno del otro y los describimos a continuación:

Relés Tripolares: es utilizado para cualquier tipo de fase, es decir, monofásico, bifásico y trifásico.

Relé compensado: son resistentes a temperatura ambiente entre 40°C y 60°C.

Relé Diferencial: es el que detecta las variaciones dentro de las fases.

Relé temporizador: son creados para abrir y cerrar contactos luego de un periodo determinado, de este tipo hay tres:

- Los temporizadores a la conexión.
- Los temporizadores a la desconexión.
- Los temporizadores relacionados a la conexión y desconexión.

2.10.3. Partes del Relé térmico.

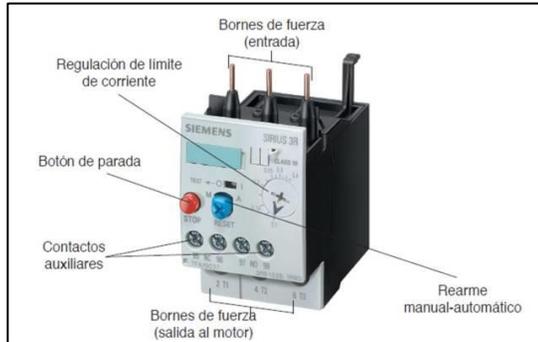
Los relés térmicos están integrados por dos láminas con distinto coeficiente de dilatación, provocando que se curven cuando se calienta, al ser atravesado por una corriente eléctrica. Es esa curvatura la que detona un mecanismo de disparo, haciendo que se corte la alimentación eléctrica que transita de la bobina al contactor. El conductor

eléctrico del relé, está integrado por un alma de cobre, que contiene un hilo o varios hilos que están trenzados.

A continuación, se detallan las partes principales de un relé térmico. (Ver Fig.16).

Figura 16.

Partes de un relé térmico.



Nota: en la Figura 16 se muestra a detalle las partes constitutivas de un relé térmico. (López López & López Toro, 2003).

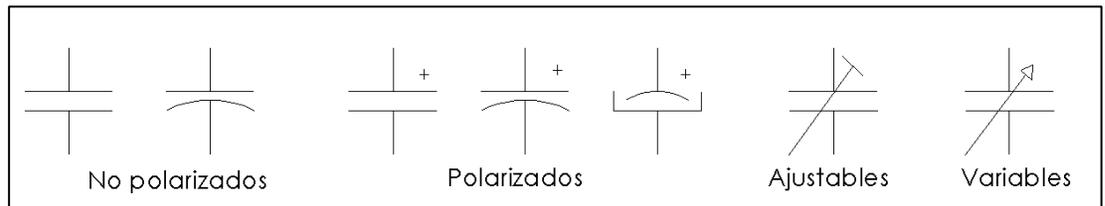
2.11. Capacitores.

Los capacitores o condensadores son elementos lineales y pasivos que pueden almacenar y liberar energía, son compuestos por dos placas conductoras que en el medio se encuentran separadas por material dieléctrico. (Cinjordiz, 2016)

La simbología utilizada para este elemento eléctrico es la siguiente: (Ver Fig. 17).

Figura 17.

Simbología de capacitores.



Nota: Simbología de los diferentes tipos de capacitores y su representación.

Los condensadores son de dos tipos y se clasifican según el funcionamiento que se vaya a aplicar dentro del circuito.

Condensador de funcionamiento: Este tipo de condensador funciona permanentemente con el motor, es decir mientras el motor esté en funcionamiento este condensador estará trabajando de igual manera.

Condensador de arranque: Este tipo de condensador está diseñado para que su trabajo sea intermitente, es decir, solo entrará en funcionamiento cuando arranque el motor ya que necesitará de un impulso extra para que el motor sea puesto en marcha. (Ver Fig. 18). (Cinjordiz, 2016)

Figura 18.

Capacitor.



Nota: en la Figura 18. Podemos ver un capacitor utilizado para puesta en marcha del motor. (Cinjordiz, 2016).

2.12. Normativas vigentes.

Al momento de desarrollar un proyecto existe una variación de normas que especifican la documentación eléctrica. Estas normas incluyen símbolos y reglas numéricas que nos ayudaran a identificar los distintos aparatos, diseñar los esquemas de conexión con los equipos eléctricos.

Los sistemas automáticos son sistemas formados generalmente por dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos. (Ramón Vaello, José;, 2014)

Las instituciones oficiales de normalización son:

- **IEC (Comité Internacional Electrotécnico):** elabora normas internacionales sobre las tecnologías eléctricas, electrónicas y relacionadas conocidas como electrotecnologías. (Ramón Vaello, José;, 2014)
- **ISO (Organización Internacional de Normalización):** establece más de 20 mil estándares que abarcan productos manufacturados, seguridad alimentaria, agricultura y salud. (Ramón Vaello, José;, 2014)
- **ISA (Sociedad Internacional de Automatización):** desarrolla estándares ampliamente utilizados, muchas de las normas han sido adoptadas por los estándares de la IEC. La norma más popular es la ISA-5.1 para la representación de la instrumentación en la industria. (Ramón Vaello, José;, 2014)

Hay importantes normas internacionales que definen con precisión las especificaciones técnicas para uso de aparataje eléctrico. La norma IEC-60947 constituye el primer paso significativo de un estándar internacional. (Ver Tabla 6).

Tabla 6.

Partes de la norma IEC-60947.

Partes	Características
IEC-60947 Parte 1	Reglas generales
IEC-60947 Parte 2	Interruptores automáticos y disyuntores
IEC-60947 Parte 3	Interruptores-seccionadores, seccionadores y fusibles
IEC-60947 Parte 4	Contactores y arrancadores- motores
IEC-60947 Parte 5	Aparatos de conmutación para el circuito de mando, contactores auxiliares, interruptores de posición, unidades de mando y de señalización y detectores.
IEC-60947 Parte 6	Aparatos de función múltiple, aparatos de control y protección (integral)

Nota: Descripción para automatizar un sistema eléctrico bajo normativas vigentes.

(Ramón Vaello, 2017).

Para realizar la automatización de máquinas eléctricas industriales y de sistemas eléctricos, cada elemento a utilizar tiene su estandarización, es por eso que cada componente tiene su símbolo característico y valores determinados para su correcto uso, así también existen elementos de señalización que nos muestran de forma visual el estado de la máquina es por ello que las lámparas tienen su debida función y utilización en un circuito eléctrico que especificaremos a continuación. (Ver Tabla 7). (Ramón Vaello, 2017)

Tabla 7.

Colores para lámparas de señalización.

Color	Estado de servicio	Ejemplos de utilización
Rojo	Estado normal	Indicación que la máquina ha parado por medio de un elemento de protección.
Amarillo	Atención o precaución	Un valor (intensidad, temperatura, etc.) se aproxima a su valor límite admisible.
Verde	Máquina preparada para puesta en marcha	Funciona todos los dispositivos auxiliares necesarios bajo parámetros adecuados.

Nota: Colores característicos bajo normativa para la automatización industrial. (Ramón Vaello, 2017).

2.13. Razones de la automatización.

La principal razón para la automatización de máquinas dentro de las empresas es:

Costos: Al reducir costos por mano de obra la empresa genera ingresos extras asegurando mayor producción dentro del área de trabajo.

Calidad y cantidad: la calidad al momento de realizar un trabajo tiene gran importancia para recomendaciones a futuros trabajos a lo cual se debe tomar en cuenta la velocidad con la que se ejecuta los movimientos. Por otra parte, se pretende reducir la fatiga del operador de la máquina y reducir accidentes.

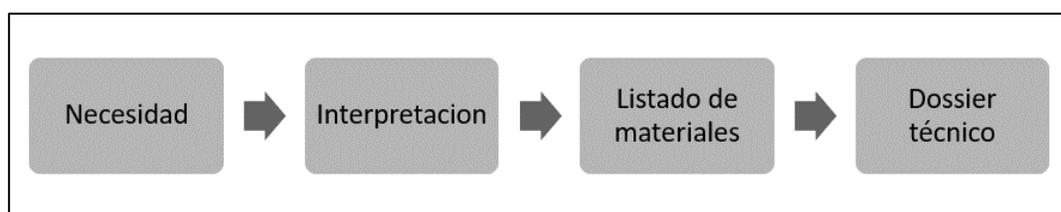
Seguridad: al existir lugares de trabajo de difícil acceso o sucios se reduce en gran porcentaje la seguridad del operador para lo cual la automatización es la solución al problema que se presente.

Estudio de la automatización de una máquina.

Toda automatización va relacionado a fases de estudio, siendo así vamos a realizar un diagrama de procesos (Ver Fig. 19) y explicar cada fase a continuación.

Figura 19.

Diagrama de estudio de la automatización.



Nota: Diagrama de estudio para ver la factibilidad de la automatización de la máquina baroladora.

Necesidad: Se recopila las necesidades dentro del área de trabajo para buscar posibles soluciones.

Interpretación de la necesidad: Precisar las necesidades del operario y buscar la mejor alternativa para la empresa.

Listado de materiales: Realizar un listado de todos los materiales empleados en el sistema mecánico y eléctrico.

Dossier técnico: toda información recopilada sobre esquemas, listado de materiales, conductores y aparatos utilizados para la puesta en marcha de la máquina.

Identificación de necesidades.

Automatización: En la actualidad toda máquina debe tener procesos más eficientes siendo así, los procesos manuales en los que requieren de fuerza humana no son adecuadas, por lo cual es necesario que las maquinas tengas cuenten con máquinas semiautomáticas que ayuden en gran parte a la mejora de procesos.

Mantenimiento: el mantenimiento a realizar de la maquina será asequible ya que se consideraron materiales dentro del mercado y de bajo costo para alargar la vida útil de la maquina y mejor funcionamiento.

Facilidad de operación: se pretende hacer que la maquina sea de fácil operación y evitar contratiempos en los procesos de curvas.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y CÁLCULOS.

3.1. Alternativas para la Semiautomatización.

La mejor alternativa para la semiautomatización de la baroladora por los parámetros dados y las necesidades planteadas anteriormente es la implementación de:

- Sistema eléctrico.
- Sistema mecánico.

3.2. Realización de un circuito eléctrico automático.

En un circuito eléctrico automático hay dos circuitos muy importantes que hay que tomar en cuenta para que un sistema funcione como son: el circuito de maniobra y el de potencia que es el que alimenta a motores o diferentes fuentes de energía.

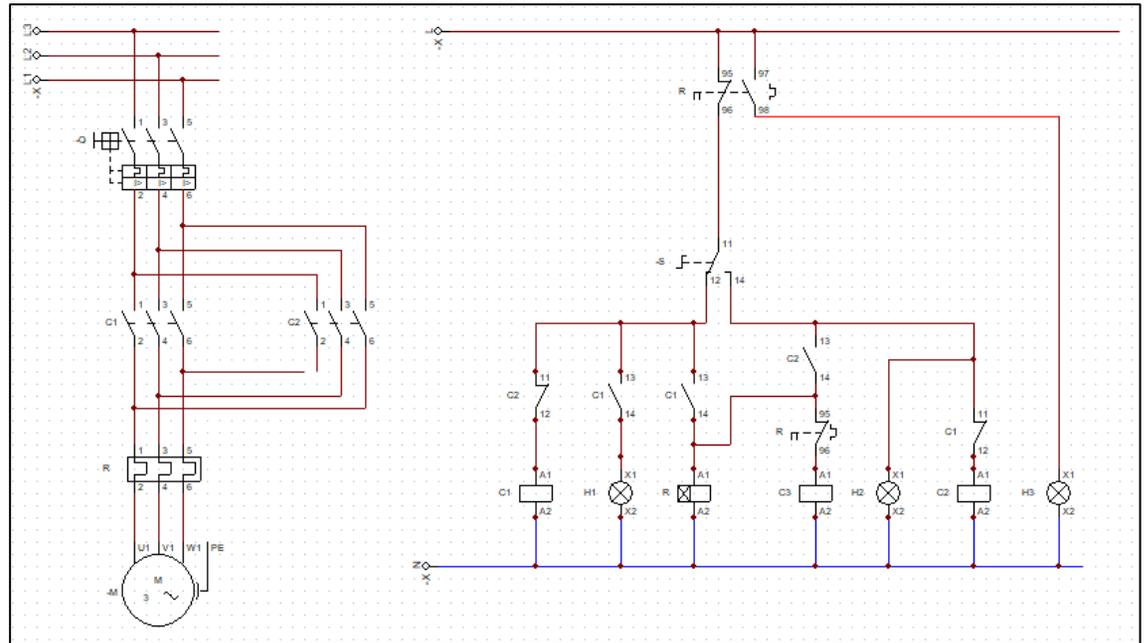
Dichos circuitos se representan por separado y con diferentes elementos, son representados de manera unifilar y multifilar. (Ver Fig.20).

El diagrama del circuito consta de Interruptores Termomagnéticos, relé térmico, contactores, un temporizador, luces piloto y un seccionador. El propósito del circuito es dar al motor una inversión de giro manipulado por el operario de la máquina mediante un selector, este circuito consta de dos capacitores de arranque el cual trabaja en conjunto con un Timer el cual interactúa en el accionamiento de la máquina junto con un pedal móvil instalado por el requerimiento del operario que al ser pulsado active la máquina y pueda manipularla a cierta distancia, el relé térmico es accionado cuando exista un sobrecalentamiento del motor haciendo la función de un paro de emergencia más eficiente al momento de trabajar, además, cuenta con una señalización color rojo que bajo las normas de instalaciones industriales nos indica que la máquina ha parado por medio de un elemento de protección (Relé térmico). Los contactores funcionan en función al sentido (horario y antihorario) de rotación del motor y ejes móviles de la baroladora, las

luces piloto color verde la cual nos indica que todos los dispositivos auxiliares necesarios están funcionando bajo parámetros adecuados y nos señalan el sentido de giro del motor.

Figura 20.

Representación del diagrama de conexión eléctrico.



Nota: Diagrama del sistema eléctrico implementado en la máquina baroladora mediante el software CadeSimu.

3.3. Cálculo de elementos mecánicos y eléctricos de la baroladora.

El proyecto tiene como objetivo repotenciar una baroladora para doblar láminas de acero de 2400mm de longitud con espesores desde 2mm hasta 6mm mediante un sistema de control semiautomático para reducir los tiempos de deformación de estas láminas y aumentar la productividad económica de la empresa, dentro de los parámetros de diseño tanto de la máquina como del material a barolar influyen cálculos que nos permitirán mediante fórmulas conocer la fuerza con la que se deforma una lámina de acero por un estudio de esfuerzos y dimensionar correctamente los elementos mecánicos y eléctricos para que la máquina se encuentre en condiciones de soportar el trabajo requerido dentro de un proceso industrial.

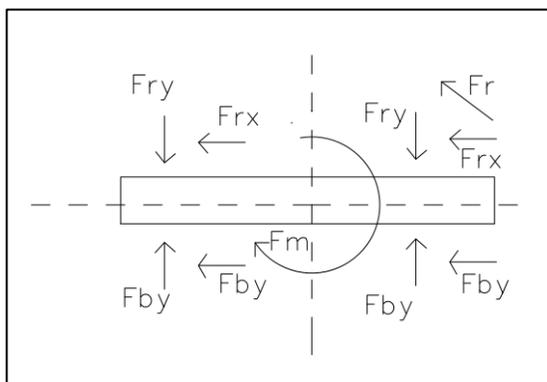
3.4. Cálculo de sistema mecánico de la máquina.

3.4.1. Diagrama de cuerpo libre.

Se realiza un diagrama de cuerpo libre para tener una referencia de las fuerzas que intervienen en las láminas de acero dentro del proceso de barolado en la (Ver Fig. 21) podemos observar todas las fuerzas que se van a aplicar en la lámina.

Figura 21.

Diagrama de cuerpo libre.



Nota: Diagrama de cuerpo libre de una lámina de acero aplicada las fuerzas respectivas para su deformación.

Según la normativa de los aceros para pruebas en materiales de aleaciones metálicas ASTM (Sociedad Americana para prueba de Materiales) que se encarga de la regulación de los aceros estructurales, nos dice que cada tipo de acero tiene un límite de fluencia o límite elástico por lo que se toma en cuenta los aceros de baja aleación debido a que son el tipo de láminas más utilizadas dentro de la industria y las más usadas al momento de realizar un proceso de barolado.

El límite elástico, resistencia a la tracción y el alargamiento por rotura de los distintos tipos de acero son algunas características de estos, estos varían en su composición de construcción y sus valores son límites superiores e inferiores, estos valores tienen como unidad de medida el Mega pascal (Mpa), los valores podemos ver con más detalle a continuación. (Ver Tabla 8). (Pérez, Juan, 2009).

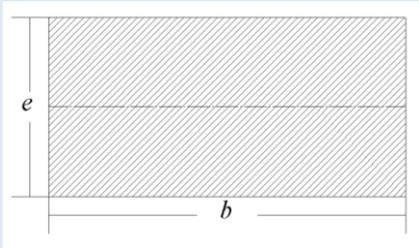
Tabla 8.*Propiedades de los aceros.*

Denominación	Propiedades mecánicas		
Tipo de acero	Limite elástico en Mpa	Resistencia a la tracción en Mpa	Alargamiento a la rotura en % c
Aceros de baja aleación	250-280	300- 360	20-18
Aceros de alta aleación	280 - 550	360-560	18-15

Nota: en la tabla 8 se muestra un resumen de las propiedades de los aceros. (Pérez, Juan, 2009).

A continuación, se detalla mediante una ecuación obtenida de (Córdova Alarcón, 2012). el momento límite de deformación de una lámina de acero. (Ver Tabla 9).

Tabla 9.*Momento límite de una lámina de acero.*

Perfil	Sección Transversal	Momento límite
Lámina Rectangular		$M_L = \frac{\delta y (b \cdot e^2)}{4}$

Nota: Momento límite aplicado en una lámina rectangular de acero. (Córdova Alarcón, 2012)

Donde:

M_L : Momento límite.

δy : Limite elástico de la lámina.

b: Longitud del material a barolar.

e: Ancho del material a barolar.

Para el cálculo del momento límite de deformación se consideró una lámina de acero de baja aleación para realizar el proceso de barolado teniendo un límite elástico ($\bar{\sigma}_y$) de 250-280 Mpa tomando él cuenta el valor mínimo para el cálculo y los valores de *b* y *e* son estandarizados en la fabricación de láminas de acero donde *b*=2400mm de largo y *e*=1220mm de ancho.

Ecuación 1. *Momento límite de una lámina de acero*

$$M_L = \frac{\bar{\sigma}_y(b \cdot e^2)}{4}$$

$$M_L = \frac{250(2400 \cdot 1220^2)}{4}$$

$$M_L = 2.2326 \times 10^{11} \text{ N*mm}$$

A continuación, se indica el coeficiente de fricción estático y cinético de diferentes materiales que están compuestos los aceros en los cuales utilizaremos el coeficiente de fricción estático del **acero- acero** por la composición de las láminas a barolar. (Ver Tabla 10).

Tabla 10.

Coefficientes de fricción de materiales.

Materiales	Coefficiente de fricción estática μ_s	Coefficiente de fricción cinética μ_k
Zinc – hierro colado	0,85	0,21
Latón – acero	0,51	0,44
Acero - acero	0,74	0,57

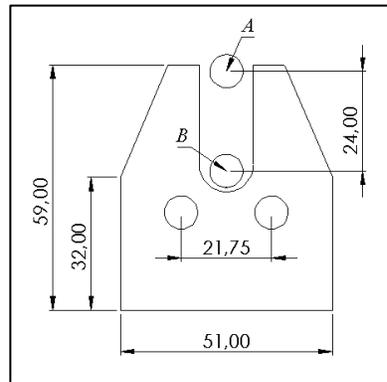
Nota: Aleaciones de los diferentes aceros y sus coeficientes de fricción para cálculos posteriores. (Fuentes Espinoza, 1982).

3.4.2. Cálculo de la Fuerza de Barolado.

El cálculo de fuerza para el barolado de láminas parte de los límites del rodillo móvil superior (Punto A) con relación a los rodillos inferiores (Punto B), este valor es de 24 cm de distancia entre el límite superior e inferior el cual nos ayudara con el cálculo respectivo. (Ver Fig. 22).

Figura 22.

Longitud entre rodillos.



Nota: Longitud máxima entre rodillos superiores e inferiores de la máquina baroladora.

En la Fig. 22 podemos observar la base de los rodillos de la baroladora, la cual consta de 59cm de altura, 51cm de ancho, la separación de los rodillos inferiores es de 21,75cm.

Por el estudio del diagrama de esfuerzos en una lámina de acero se obtiene la siguiente ecuación que nos ayudará a obtener la fuerza necesaria para el proceso de barolado.

Ecuación 2. Fuerza necesaria para barolado

$$F_b = \frac{M_L}{\frac{1}{2}L(\sqrt{3}-\mu s)}$$

Donde:

F_b : Fuerza necesaria para barolar.

M_L : Momento limite.

μs : Coeficiente de fricción acero-acero. (Ver Tabla 10).

L: Distancia máxima entre rodillos. (Ver Fig. 22).

Datos:

$$M_L = 2.2326 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

$$\mu_s = 0,74$$

$$L = 240 \text{ mm}$$

$$F_b = \frac{2232600 \text{ N} \cdot \text{mm}}{\frac{1}{2} 240 (\sqrt{3} - 0,74)}$$

$$F_b = 18754,08 \text{ N}$$

$$F_b = 1,875 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

3.4.3. Cálculo de Fuerza motriz de Barolado.

A continuación, se realiza el cálculo de la fuerza motriz en función de la fuerza del barolado tomando en cuenta el diagrama de esfuerzos (Ver Fig. 21) obtenemos la siguiente ecuación.

Ecuación 3. *Fuerza Motriz.*

$$F_m = F_{rx} + F_{bx}$$

Donde:

F_m: Fuerza motriz.

F_{rx}: Componente X de F_m.

F_{bx}: Componente X de F_b.

Ecuación 4. *Componente en x de la fuerza para barolado.*

$$F_{bx} = F_b \cdot \text{sen}30^\circ$$

$$F_{bx} = 1,875 \times 10^3 \cdot \text{sen}30^\circ$$

$$F_{bx} = 937,5 \text{ N}$$

Cálculo de la Fuerza de Rozamiento.

A continuación, realizamos el cálculo de la fuerza de rozamiento entre el material y el rodillo móvil de la baroladora mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 5. Fuerza de rozamiento.

$$Fr = \mu s * Fb$$

Donde:

Fr: Fuerza de rozamiento.

μs : Coeficiente de fricción acero-acero. (Ver Tabla 11).

Fb: Fuerza necesaria para barolar.

$$Fr = (0.74) * 1,875 \times 10^3$$

$$Fr = 1387.5 \text{ N}$$

Fuerza motriz necesaria para barolar:

Ecuación 6. Fuerza de rozamiento en X.

$$Fr_x = Fr * \text{sen}60^\circ$$

$$Fr_x = 1387.5 * \text{sen}60$$

$$Fr_x = 1201.61 \text{ N}$$

$$F_m = Fr_x + F_{bx}$$

Donde:

Fm: Fuerza motriz

Fr_x: Componente X de Fr

F_{bx}: Componente X de Fb

$$F_m = (1201.61 \text{ N}) + (937.5 \text{ N})$$

$$F_m = 2139.1 \text{ N}$$

3.4.4. Cálculo del Torque del Motor.

Ya que los rodillos inferiores serán los motrices y poseen la misma geometría de construcción, se procede a obtener el promedio de la fuerza motriz para de esta manera determinar el torque requerido para los rodillos.

El valor de la fuerza motriz anteriormente calculada nos permite encontrar el torque máximo del motor. A continuación, se muestra la nomenclatura correspondiente para el cálculo de torque requerido del motor. (Paco, 2014) (Ver Tabla 11).

Tabla 11.

Nomenclatura para cálculo de torque del motor.

Nomenclatura	Descripción
Hp	Potencia nominal del motor
5252	Constante de $33000/2\pi$
T	Torque requerido
RPM	Revoluciones por minuto del motor.

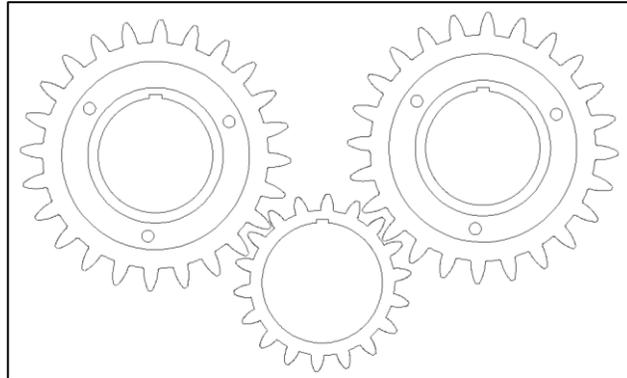
Nota: Valores predeterminados para el cálculo de torque del motor mediante una formula general.

Mediante un estudio sobre la eficiencia del motor se estableció que la transmisión de potencia del motor hacia los rodillos no podía ser por cadenas ni por tornillo sin fin ya que habría una pérdida de fuerza y torque, mientras que si la transmisión de potencia del motor a los rodillos es por engranes la fuerza de transmisión sería más efectiva y menos costosa a largo plazo. Estos engranes serán ubicados de la siguiente manera: dos engranes en los rodillos fijos de la baroladora y uno en el eje del motor eléctrico.

Estos engranes fueron empleados de acuerdo a su función siendo que la rueda conductora (22 dientes) con relación a las ruedas conducidas (34 dientes) el par motor se mantiene mientras que respecto a la velocidad esta disminuye. (Ver Fig. 23).

Figura 23.

Sistemas de engranes.



Nota: Diseño del sistema de engranes utilizado en la baroladora para la transmisión de potencia.

A partir de la formula general para calcular el torque en motores se obtiene la siguiente ecuación y datos:

$$Hp = 7.5Hp.$$

$$Rpm = 1755rpm$$

Ecuación 7. *Torque del motor.*

$$T = \frac{Hp * (5252)}{RPM}$$

$$T = \frac{7.5 * (5252)}{1755rpm}$$

$$T = 22.44 \text{ lb} - \text{ft}$$

El conjunto de motor y reductor juega un papel importante dentro del accionamiento de la baroladora ya que el reductor será el eje de transmisión que conducirá a los rodillos de la baroladora por medio de los tres engranes.

3.4.5. Cálculo de la velocidad del motor.

El motor entrega 1755rpm directamente por el cual realizaremos el cálculo de rpm en los diferentes engranes de diferentes diámetros, siendo la rueda conductora de 34 dientes y la conducida de 22 dientes.

La ecuación general para reducir velocidades mediante mecanismos de transmisión es la siguiente:

Ecuación 8. *Velocidad del motor por engranes.*

$$i = \frac{N_e}{N_s} = \frac{Z_e}{Z_s}$$

Donde:

N_s = velocidad de salida.

N_e = velocidad de entrada.

Z_e = número de dientes de la rueda conductora.

Z_s = número de diente de la rueda conducida.

Ecuación 9. *Relación de transmisión.*

$$i = \frac{Z_e}{Z_s}$$

$$i = \frac{34}{22}$$

$$i = 1.54$$

A continuación, realizamos el cálculo de velocidades de entrada y velocidad de salida del motor teniendo en cuenta la velocidad inicial en rpm (V_1) y el número de dientes de la rueda conducida.

Donde:

V_e : Velocidad de entrada

V_s : Velocidad de salida.

Ecuación 10. *Velocidad de entrada.*

$$V_e = \frac{V_1}{Z_e}$$

$$V_e = \frac{1755rpm}{22}$$

$$V_e = 79.77rpm$$

Ecuación 11. *Velocidad de salida.*

$$V_s = \frac{V_e}{Z_e}$$

$$V_s = \frac{79.77rpm}{34}$$

$$V_s = 2.35rpm$$

3.5. Cálculo de sistema eléctrico de la máquina.

3.5.1. Cálculo de conductores por capacidad de corriente.

Mediante los datos de placa proporcionados por el motor podemos realizar el cálculo de la intensidad, sección de los conductores y su caída de tensión con las siguientes ecuaciones. (Franco, 2003).

$$P = 5595W$$

$$V = 230V$$

Ecuación 12. *Intensidad de corriente.*

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$$

Donde:

P= Potencia del motor en W

V= Voltaje nominal

$\cos \varphi = 0.9$

$$I = \frac{5595}{\sqrt{3} * 230 * 0.9}$$

$$I = 15.60A$$

Según el Reglamento Electrotécnico para circuitos de baja tensión de España ITC-BT-47 los conductores de conexión que alimentan a un motor deben estar dimensionados para un factor de seguridad de 125% de la intensidad a plena carga del motor. (Ministerio de Ciencia y Tecnología., 2002).

$$I = 15.60A * 1.25$$

$$I = 19.5A \rightarrow 20A$$

Para la sección de conductores tomaremos en cuenta que el amperaje obtenido en el cálculo anterior es de 20A, se selecciona el que más se aproxime al valor y posteriormente se realiza la comprobación de caída de tensión. (Ver Tabla 12).

Tabla 12.

Sección de Conductores.

SECCION DE CONDUCTORES			
mm^2	Amp	mm^2	Amp
0,75	10	10	50
1	12	16	68
1.5	15.5	25	87
2.5	21	35	110

Nota: sección de conductores para el amperaje requerido en un sistema eléctrico.

(Enríquez Harper, Gilberto;, 2012).

Calculamos la caída de tensión que tendrán las líneas y comprobamos que no exceda el 5% de la tensión nominal ya que si se incrementa más del 5% la frecuencia incrementará la velocidad del motor reduciendo la eficiencia del trabajo para ello mediante la siguiente ecuación realizaremos la comprobación. (Enríquez Harper, Gilberto;, 2012).

Ecuación 13. Caída de tensión.

$$\delta = \frac{p}{V} * \rho * \frac{L}{S}$$

Donde:

δ : Caída de tensión.

ρ = la conductividad del cobre a 70°C es de 1/48 $\Omega mm^2/m$.

L= 5m (Distancia desde la alimentación a la máquina).

S= 2.5 mm^2 (Ver Tabla 12).

El 5% de la tensión nominal (230V) es 11.5V.

Sustituyendo la Ecuación 3.14 tenemos.

$$\delta = \frac{5595W}{230V} * \frac{1}{48} * \frac{5m}{2.5mm^2}$$

$$\delta = 1.01V$$

La sección $2.5mm^2$ cumple la caída de tensión ya que el valor $1.01V < 11.5V$.

Se considero un conductor eléctrico flexible de cobre 12AWG para los circuitos de marcha ya que nos ayuda a una mejor manipulación dentro del tablero y tiene mejor resistencia eléctrica, las características del conductor se describen a continuación: (Ver Tabla 13).

Tabla 13.

Descripción del conductor eléctrico.

DESCRIPCION	DETALLE
Material y calibre	Cobre 12 AWG
Temperatura de servicio (°C)	75 °C
Corriente permisible (A)	25A
Voltaje máximo (V)	600V

Nota: Material constitutivo del conductor de cobre 12 AWG utilizado en el tablero de control de la máquina baroladora.

Además, se adquirió un conductor eléctrico flexible de calibre 16AWG para poder maniobrar de mejor manera el circuito de mando dentro del tablero eléctrico y poder colocar los terminales respectivos para seguridad de conexión dentro del tablero.

3.6. Selector de 2 Posiciones.

Se toma en consideración un selector de dos posiciones ya que se debe realizar una inversión de giro del motor el cual permitirá con facilidad realizar esta acción. La función del selector dentro del circuito eléctrico nos permitirá tener un control ON-OFF de la máquina de rápido accionamiento facilitando así su manipulación. (Ver Fig. 24).

Figura 24.

Selector de dos posiciones.



Nota: Selector de dos posiciones para cambio de sentido de giro del motor. (López López & López Toro, 2003).

3.7. Selección de un contactor.

Tenemos en cuenta que tenemos un motor trifásico con caja reductora de 7,5Hp con los siguientes datos:

- Tensión: 230V / 450V
- Frecuencia: 60Hz
- Amperaje: 21A / 10,5A

Para esto hay que tener en cuenta las veces que abre el contactor siendo así seleccionamos al AC-4 ya que posee características para motores asíncronos y trabajos pesados, cortocircuitos durante el arranque e inversiones de giro.

El motor tiene un consumo de 21A esta intensidad es multiplicada para el factor de seguridad de 1.25

$$I = 21A * 1.25$$

$$I = 26.25A \rightarrow 30A$$

Tenemos como respuesta 26.25A este valor es modificado al inmediato superior, es decir 30A ya que el contactor absorberá el arranque.

3.8. Selección de Capacitor.

Se coloca un condensador de arranque ya que podemos conectar un motor eléctrico a una línea monofásica, por lo tanto, es posible hacer funcionar un motor eléctrico a una alimentación monofásica. (Cinjordiz, 2016).

Necesitaremos saber algunos datos del motor ubicados en la placa del motor tales como:

P: Potencia del motor (KW)

Fp: Factor de potencia

I: intensidad medida en Amperios.

V: tensión medida en Voltios.

La tensión de trabajo del motor será 230V, el coseno de phi varía entre 0.8 y 0.85 la intensidad será de 21A.

Una vez obtenido estos valores por la placa del motor podemos encontrar la reactancia inductiva.

Ecuación 14. Reactancia inductiva.

$$X_L = \frac{V}{I}$$

Donde:

X_L : Es la reactancia inductiva medida en ohmios

I: intensidad medida en Amperios.

V: tensión medida en Voltios.

$$X_L = \frac{230V}{21A}$$

$$X_L = 10.95\Omega$$

Y por último calcularemos la capacidad del condensador en microfaradios.

Ecuación 15. *Cálculo de capacitor.*

$$C = \frac{1}{2 * \pi * f * X_L}$$

$$C = \frac{1}{2 * \pi * 60 * 10.9\Omega}$$

$$C = 243 \mu f$$

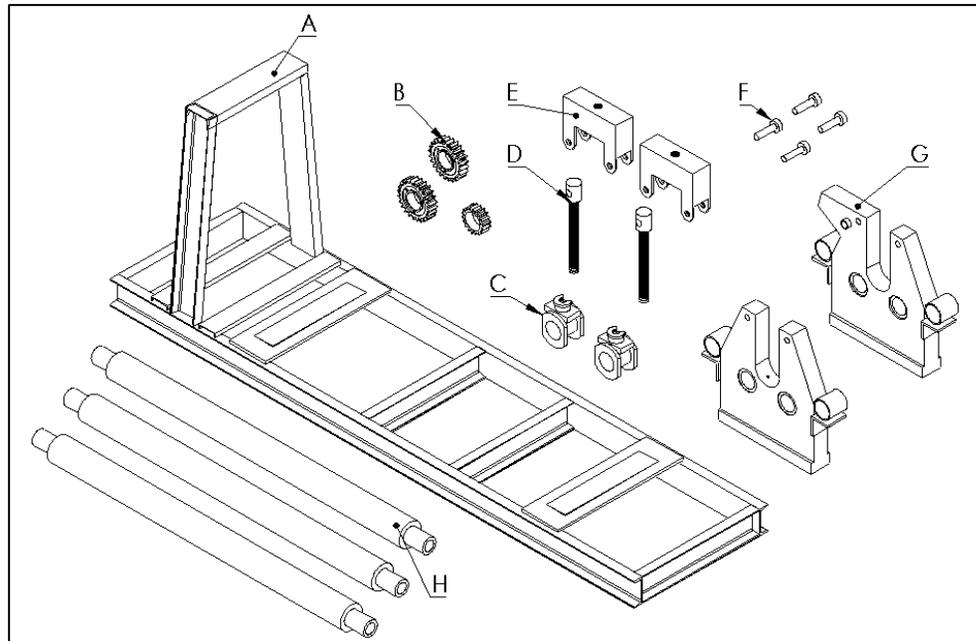
3.9. Levantamiento de Planos de la Baroladora.

Para el diseño de la máquina baroladora se tomaron las respectivas medidas cumpliendo con los parámetros y detalles de cada pieza.

En la siguiente figura se detallan las partes o piezas de la máquina, estas piezas fueron elaboradas en el programa de SolidWorks. (Ver Fig. 25).

Figura 25.

Diseño estructural de la baroladora.



Nota: Levantamiento de planos de la máquina baroladora con medidas reales.

La Baroladora tendrá los siguientes componentes:

- Base de la baroladora.
- Tres engranes.

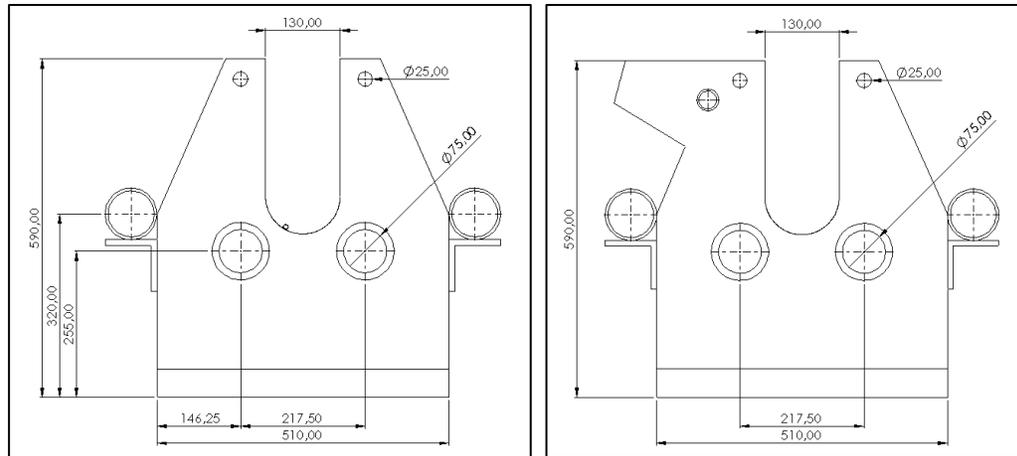
- Soporte para el rodillo móvil superior.
- Tornillo sin fin.
- Tapa de rodillo superior.
- Pasadores para la tapa.
- Bases para los rodillos o placas laterales.
- Tres rodillos de acero.

3.9.1. *Diseño de las bases para los rodillos o placas laterales.*

Las placas laterales nos ayudan de soporte para los rodillos de la baroladora, hay que considerar que las dos bases deben tener las mismas dimensiones tanto en los soportes de los rodillos fijos inferiores como en el rodillo móvil superior. (Ver Fig. 26).

Figura 26.

Base de los rodillos o placas laterales.



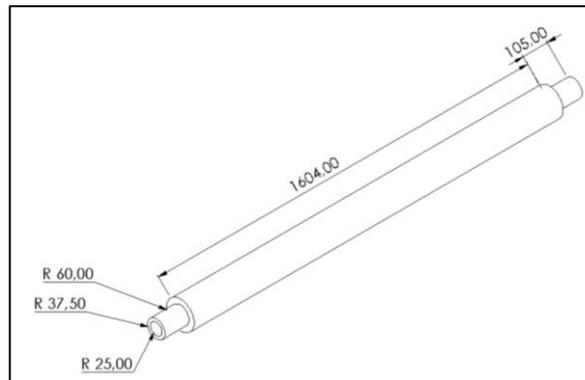
Nota: Planos de las bases de los rodillos A: Delantero, B: Posterior de la baroladora.

3.9.2. *Diseño de los ejes o rodillos de la baroladora.*

Los rodillos son diseñados para aplicar la fuerza necesaria al momento de realizar el barolado de tal forma que el rodillo superior es desmontable. Este rodillo cuenta con un soporte móvil el cual ayuda en su sujeción y movilidad dentro de la base de la baroladora ajustándose al espesor de lámina a barolar. (Ver Fig. 27).

Figura 27.

Rodillo de baroladora.



Nota: Planos del rodillo de la baroladora que van sujetos entre las bases y los soportes.

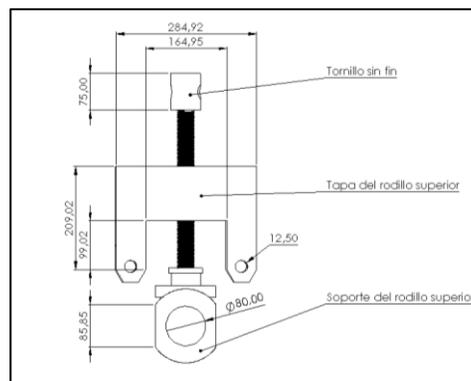
3.9.3. Diseño del soporte para rodillo superior.

Este diseño del soporte del rodillo es la unión de tres elementos mecánicos dentro de la baroladora estos elementos nos ayudan para que el rodillo se encuentre en movimiento entre sus límites superiores e inferiores, estos elementos son:

- Tapa del rodillo superior
- Soporte del rodillo superior
- Tornillo sin fin. (Ver Fig. 28).

Figura 28.

Soporte para el rodillo superior.



Nota: Unión de las tres piezas ubicado en la parte superior de las bases de los rodillos para el rodillo superior.

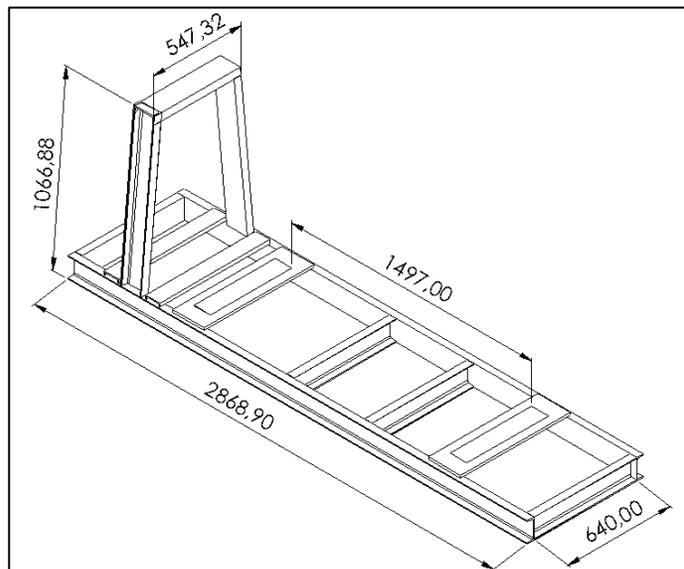
3.9.4. Diseño de la base de la máquina baroladora.

Para el diseño de esta base fue considerado estructuras de acero que soporten el peso y el trabajo que va a ejercer la maquina dentro del proceso industrial.

Esta base se consideró para el acoplamiento del motor reductor en la parte trasera de la base de la baroladora para la transmisión de potencia. (Ver Fig. 29).

Figura 29.

Base de la máquina baroladora.



Nota: Base fija al suelo encargada de soportar las piezas de la baroladora y sistema eléctrico.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS.

4.1. Introducción.

La baroladora fue repotenciada de acuerdo a requerimientos y necesidades de utilización de la máquina dentro de la empresa IMCOMSA, se realizaron modificaciones en su estructura como:

- Disminución de la altura en la baroladora.
- Fijación de las bases de los rodillos en una estructura más compacta a nivel del suelo.

Y en la parte eléctrica:

- Implementación de un tablero de control para el cambio de sistema manual (mediante un volante) a un control semiautomático.

A continuación, se nombran las pruebas realizadas dentro de la empresa en el funcionamiento de la baroladora.

4.2. Comprobación del Motorreductor de la baroladora.

Para la comprobación de las protecciones del motorreductor y su funcionamiento se realizó una prueba indirecta entre los tres cables de conexión del motorreductor denominados (R, S, T) para la verificación de la intensidad en cada línea cuando el motor se encuentra en marcha. (Ver Fig. 30).

Figura 30.

Motorreductor.



Nota: Motorreductor empleado para transmitir movimiento a los ejes fijos inferiores de la baroladora.

La medición de la intensidad lo hacemos mediante una pinza amperimétrica (Ver Fig.31) tomando como referencia la línea del motorreductor (R) que da como resultado 11,6 A.

Figura 31.

Medición en una línea del motor.



Nota: Toma de medidas en la línea R del motorreductor para verificación de los amperajes.

Las medidas tomadas por el amperímetro se comparan con los datos de la placa característica del motorreductor, sus medidas varían entre los 10.5A y 21A lo que nos indica el correcto funcionamiento del motorreductor con todos los elementos de protección, control y mando del circuito, los valores tomados en las pruebas se muestran a continuación en la siguiente tabla. (Ver Tabla 14).

Tabla 14.

Mediciones tomadas de las tres líneas del motor

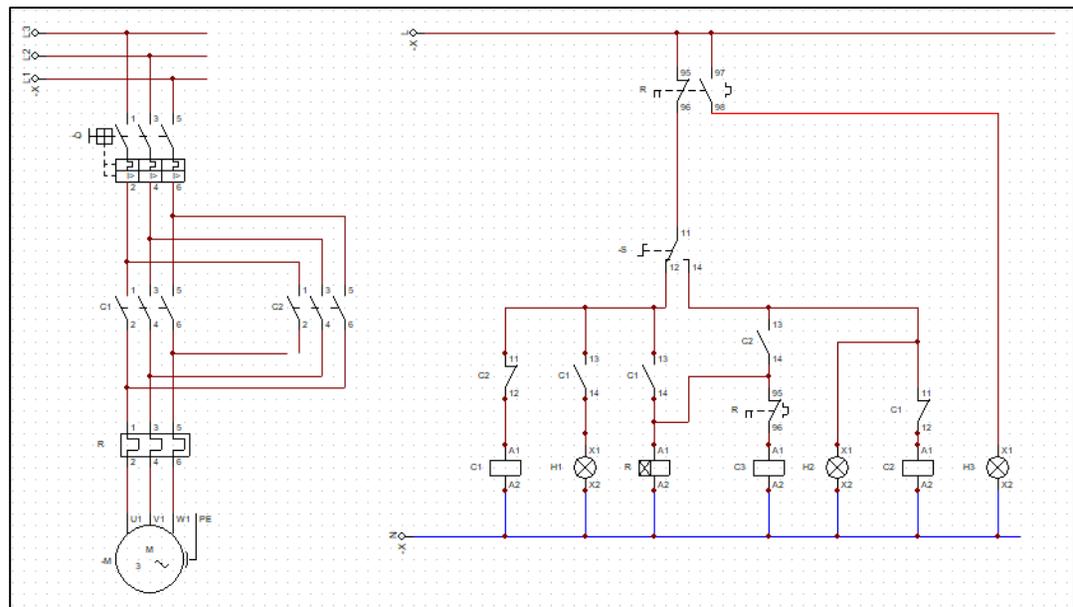
Línea	Amperaje Medido	Voltaje de la Máquina
L1	11.6 A	220V
L2	16.1 A	
L3	10.7 A	

Nota: Medidas tomadas en las tres líneas del motorreductor para ser comparadas.

Posteriormente se armó el circuito de mando y de control (Ver Fig. 32) para verificar de manera segura el cambio de sentido de giro del motor (horario y antihorario) mediante los elementos de protección que son los interruptores termomagnéticos, relé de protección ante sobrecarga, el seccionador empleado en el circuito nos permitirá cambiar de sentido de giro de los rodillos y los contactores que nos ayudaran con el enclavamiento y puesta en marcha del motor.

Figura 32.

Diagrama de circuito eléctrico.



Nota: Diagrama de conexión del sistema eléctrico implementado en la baroladora.

Las pruebas realizadas determinaron que el motor es accionado adecuadamente para la función de barolado a la cual va a trabajar.

4.3. Prueba realizada en el motorreductor.

Durante la prueba del motorreductor se pudo observar que sistema de engranes (engrane conductor 22 dientes y engranes conducidos de 34 dientes) del que estaba compuesto funciona de acuerdo a lo requerido, es decir, que el sistema de engranes de la caja reductora disminuía la velocidad del motor en una relación de 2,35 (la mitad de las revoluciones del motor 1755rpm) este valor nos da 877 revoluciones por minuto (rpm) en

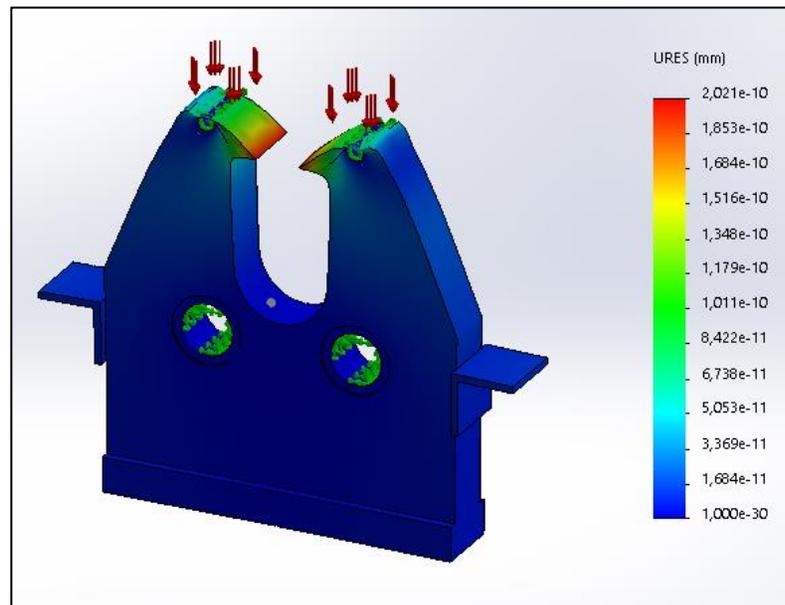
cuanto a la velocidad de salida del motorreductor obteniendo la estabilidad que los rodillos requerían para el barolado de las láminas.

4.4. Prueba de la Base de los Rodillos.

Se realizó un estudio de esfuerzos en la base de los rodillos mediante el programa de SolidWorks el cual nos muestra la siguiente estadística: (Ver Fig. 33).

Figura 33.

Estudio de esfuerzos



Nota: Estudio de esfuerzos aplicado en la base de los rodillos de la baroladora.

La Figura 33 muestra los esfuerzos aplicados dentro de la base de los rodillos porque es donde se aplica mayor presión, en esta pieza es donde se encuentra la tapa del rodillo superior que es la que soporta el movimiento del tornillo sin fin y el soporte del rodillo, este estudio de esfuerzos es identificado por colores y nos muestra la presión aplicada dentro de un material o pieza, los colores utilizados para poder identificar con más claridad el deterioro de una pieza son:

- Verde: Buen estado de la pieza.
- Rojo: Deterioro de la pieza bajo presión.

- El verde como podemos observar indica el buen estado de la pieza bajo una determinada fuerza ejercida mientras que existe un pequeño porcentaje (color rojo) de deterioro y desgaste en la pieza debido al material del que está constituido (acero inoxidable).

La base de los rodillos es la pieza fundamental dentro de la baroladora ya que es la encargada de adaptar los rodillos baroladores y permitir el funcionamiento de barolado, mediante el estudio de esfuerzos realizado podemos concluir que su material de construcción es el adecuado para su funcionamiento y presiones ejercidas entre rodillos.

La base de la máquina tenía una medida de aproximadamente 1m de altura por lo cual se necesitaba de dos personas para elevar la lámina y realizar el barolado.

En la Fig.34 se observa cómo era la baroladora antes de la modificación verificando que la estructura y altura de la base de la máquina no eran las adecuadas para un trabajo óptimo por que generaba lesiones y afectaciones a la columna del operario por la mala ergonomía al manipular la lámina a tal altura mientras se está realizando un proceso de barolado.

Es por eso que los requerimientos para un trabajo óptimo son:

Disminuir la altura de la baroladora 50cm a nivel del suelo para tener mejor maniobrabilidad al momento de colocar una lámina.

Estabilidad de la base de los rodillos para evitar balances cuando se encuentre en funcionamiento.

Figura 34.

Baroladora antes de la modificación.

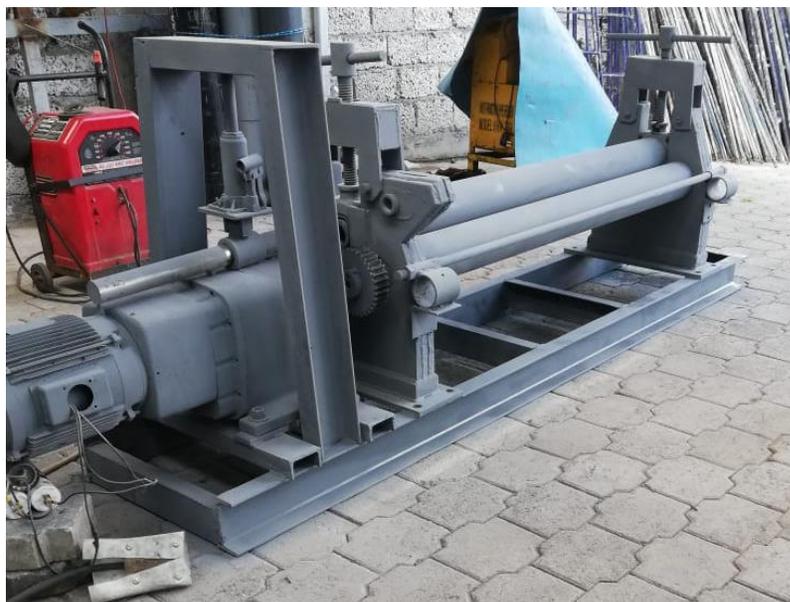


Nota: Baroladora manual de transmisión de movimiento mediante un volante para la deformación de láminas de acero.

De acuerdo al trabajo que realiza la máquina, se optó por reducir la altura de la baroladora a nivel del suelo, haciendo más factible para que el operario maniobrar la puesta de la lámina dentro de los rodillos baroladores, además, se fijaron las bases de los rodillos para que al momento de acercar la lámina a los rodillos inferiores no haya desbalances y la lámina entre sin dificultad a ser deformada cilíndricamente por los tres rodillos baroladores, evitando lesiones en la columna y una mejor postura para el operario. (Ver Fig. 35).

Figura 35.

Baroladora modificada.



Nota: baroladora modificada para brindar seguridad y mejor manejo al realizar un proceso de barolado.

Al momento de realizar las pruebas respectivas de funcionamiento con las láminas de 2mm no hubo dificultad en la puesta en marcha de la máquina ni dentro del proceso de barolado, además, la lámina podía ser sostenida por una sola persona al ingresar el material a los rodillos.

4.5. Funcionamiento de los rodillos.

Los rodillos corresponden la parte fundamental de la máquina ya que son los encargados de deformar láminas de 1220 X 2400mm, estos rodillos son de acero inoxidable y tienen un peso de 1,5ton y una longitud de 160.4cm. Durante las pruebas realizadas los tres rodillos funcionaron sin inconveniente, es decir, los rodillos no tenían rozamiento forzado entre las bases de los rodillos (chavetas) y el rodillo superior, los dos rodillos inferiores giraban a las revoluciones deseadas para aplicar las cargas del material a barolar.

4.6. Funcionamiento del Soporte para el Rodillo Móvil.

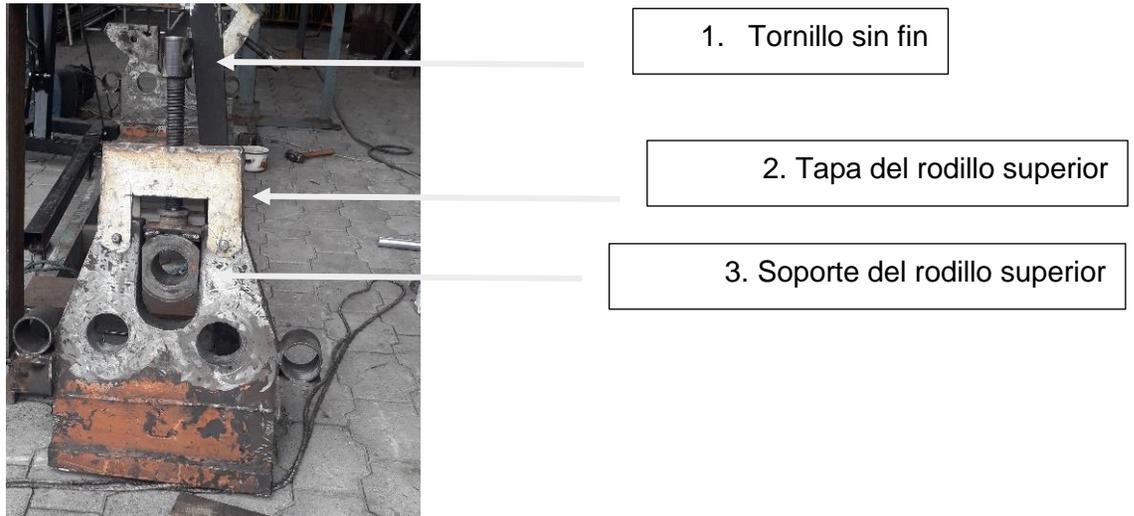
El soporte para el rodillo móvil es la unión de tres piezas (Ver Fig. 36), dichos elementos como el tornillo sin fin (1) que es el que mueve de manera vertical al rodillo superior por la guía de la base de los rodillos, la tapa del rodillo superior (2) que actúa como soporte y movimiento del tornillo sin fin, esta pieza va fijada mediante dos pasadores en la base de los rodillos, el soporte del rodillo superior (3) es el encargado de soportar todo el peso del rodillo (1,5ton), este conjunto de piezas son dos, ubicados uno en cada base de rodillos. (Ver Fig. 36).

Para barolar una plancha de 1220 X 2400mm de $2\text{mm} \leq 6\text{mm}$ se realizan ajustes en el tornillo sin fin ya que es el encargado de ejercer la presión necesaria entre la plancha y los rodillos.

Para barolar pedazos de planchas y realizar cilindros o curvaturas de materiales metálicos se realizan de igual manera ajustes en el tornillo sin fin dependiendo el espesor del material.

Figura 36.

Base de los rodillos baroladores.

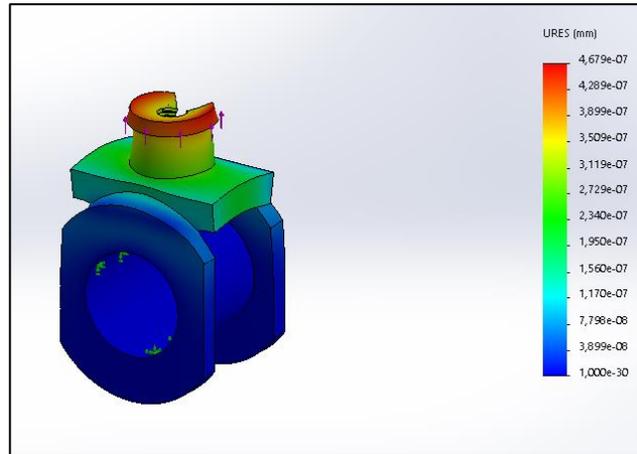


Nota: Piezas constitutivas del soporte del rodillo superior de la baroladora.

Al momento de realizar las pruebas, los tres elementos juntos no tuvieron inconvenientes al realizar el barolado, la función del tornillo sin fin es subir y bajar el rodillo superior para ejercer la presión necesaria al barolar una lámina dependiendo su espesor, por ejemplo: para barolar una lámina de 2mm el rodillo superior en relación a sus 24cm de distancia límite superior e inferior debe ir 3cm sobre el límite inferior para que así la plancha tenga movilidad y pueda ser deformada de manera cilíndrica, la tapa del rodillo superior actúa como soporte del tornillo sin fin haciendo que el mismo tenga movilidad y desplazamiento, el soporte del rodillo superior es el encargado de soportar el peso del rodillo (1,5ton), las tres piezas juntas mueven el rodillo por la base a una medida de desplazamiento de 24cm en el eje de la base de los rodillos.

Para comprobar el funcionamiento del soporte del rodillo superior y la presión ejercida en esta pieza se realizó un estudio de esfuerzos mediante el programa de SolidWorks el cual nos muestra la siguiente estadística. (Ver Fig. 37).

El estudio de esfuerzos realizado en el programa de SolidWorks nos indica la presión aplicada en el soporte del rodillo superior, en esta pieza se ejerce una presión hacia abajo por el peso del rodillo (1,5ton) por lo que se observa una coloración roja en la parte superior la cual nos indica el deterioro o ruptura que puede tener la pieza por la presión aplicada (1387.5 N) ya que el tornillo sin fin es el encargado de aplicar dicha fuerza en conjunto con el rodillo.

Figura 37.*Estudio de esfuerzos.*

Nota: Estudio de esfuerzos aplicado en el soporte del rodillo móvil o superior para identificar anomalías o deformaciones dentro de la pieza.

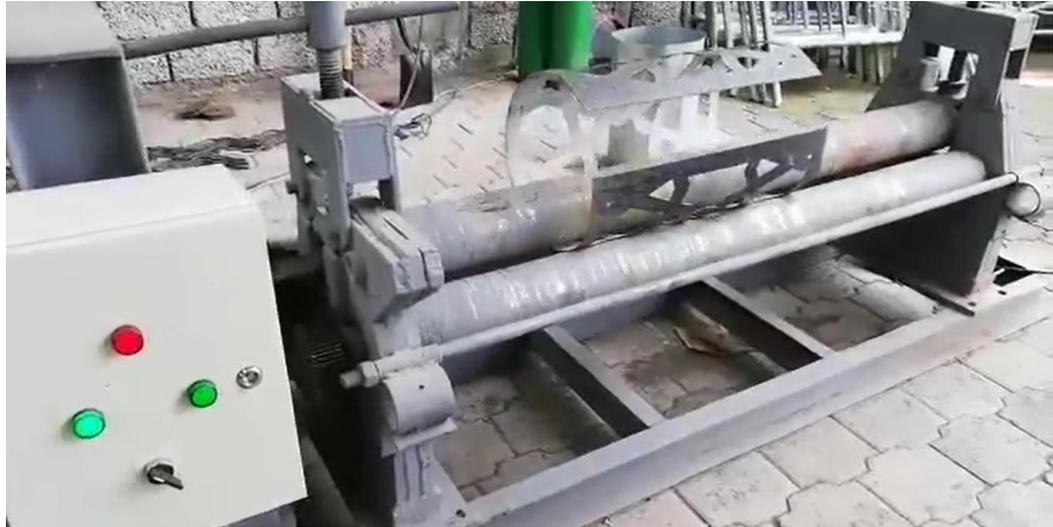
4.7. Funcionamiento del Tablero de Control de la Baroladora.

Al realizar las pruebas respectivas dentro del sistema eléctrico, no se encontraron inconvenientes ya que todos los elementos eléctricos anteriormente calculados fueron dimensionados correctamente.

El tablero de control consta de un seccionador el cual me permite realizar el cambio de sentido de giro del motorreductor, las luces piloto o luces indicadoras que me permite verificar el sentido de giro del motorreductor indicando la luz de la derecha el sentido antihorario y la luz de la izquierda el sentido horario, la luz roja nos indica si el motorreductor se encuentra en sobrecalentamiento generando un paro automático accionado por el relé térmico. El tablero de control de la baroladora funcionaba a la par con el motorreductor, la prueba respectiva se puede observar a continuación. (Ver Fig.38).

Figura 38.

Funcionamiento del sistema eléctrico.



Nota: Comprobación del sistema eléctrico, señalización y tipos de protecciones dentro del tablero.

4.8. Resultados de las Pruebas de Funcionamiento.

Al momento de realizar las pruebas respectivas se realizó con una lámina de acero de 2mm de espesor con la cual se obtuvieron las observaciones que se muestran a continuación:

- El sistema eléctrico empleado en la baroladora funciona correctamente y cumple con los requerimientos establecidos por el operario, dichos requerimientos se mencionan a continuación.
- El sistema empleado debe proteger al motor y todo el circuito del sistema de control.
- Disminución de mantenimientos de los materiales mecánicos y eléctricos a 3 veces por año.
- Seguridad mecánica y eléctrica al momento de realizar un proceso de barolado.
- Fácil manejo de la baroladora al ser puesta en operación.
- La lámina a barolar puede ser colocada por una sola persona.

- El movimiento de los rodillos baroladores son de un material muy resistente (acero inoxidable) logrando así ejercer la presión (1387.5 N) necesaria para barolar las láminas de acero.
- Las bases de los rodillos son estables y no existen desbalances por lo cual es factible al momento de realizar un proceso de barolado.

Durante las pruebas realizadas no se mostraron sobrecalentamientos en la carcasa del motor ni rozamientos en las partes mecánicas. (Ver Fig.39).

Figura 39.

Pruebas de funcionamiento.



Nota: Comprobación de rozamiento entre rodillos superiores e inferiores.

El circuito eléctrico entro en funcionamiento de acuerdo con los requerimientos antes mencionados, es decir, que la máquina mediante un pedal sea accionada para su funcionamiento y rolado de las láminas, la distancia entre bases es de 160.4cm siendo esta la longitud de los rodillos.

Para las pruebas realizadas se utilizó una lámina de acero negro de 1220x1220mm y 3mm de espesor, la cual se colocó entre los rodillos inferiores de la baroladora para posteriormente barolar en una curvatura, se procedió a realizar los ajustes necesarios en el rodillo superior para el espesor de la lámina. (Ver Fig. 40).

A continuación, podemos ver que la baroladora cumple con los requerimientos del operador esto quiere decir que la lámina a barolar pueda ser sostenida por una persona.

Figura 40.

Colocación de una lámina de 3mm.



Nota: Colocación de la lámina entre los rodillos superiores e inferiores para proceso de barolado.

Luego de realizar el ajuste respectivo del rodillo superior con la ayuda del tornillo sin fin nos aseguramos que estos dos se encuentren a la misma altura para proceder a accionar la máquina con la ayuda del seccionador ubicado en el tablero de control el cual nos indicara el sentido de giro del motorreductor como primera posición pondremos el seccionador en sentido antihorario para que la lámina ingrese en su totalidad entre los rodillos, el pedal al ser accionado generará el movimiento del motorreductor en conjunto con los rodillos mediante el sistema de transmisión con una presión inicial ejercida por los rodillos de (1387.5 N), la lámina pasa por los rodillos de manera horaria y antihoraria, las veces necesarias tomando en cuenta que en cada pasada se aplica más presión por parte de los rodillos hasta lograr la curvatura deseada. (Ver Fig. 41- 42).

Figura 41.

Barolado de la lámina de 3mm.



Nota: Proceso de barolado de una lámina de 3mm de espesor de dimensiones de 1220 x 1220 mm en sentido horario.

Figura 42.

Proceso de barolado de una lámina de 3mm.



Nota: Proceso de barolado en una lámina de acero negro en sentido antihorario.

A continuación, se muestra el barolado de una lámina de 1220x1220mm y 3mm de espesor este resultado fue de acuerdo a lo previsto ya que realizó una pequeña curvatura en la lámina demostrando el funcionamiento correcto de la máquina y es capaz de deformar materiales metálicos de diferentes dimensiones y espesores. (Ver Fig. 43).

Figura 43.

Curvado de una lámina de 3mm.



Nota: Proceso de barolado de una lámina de 3mm en forma de curva.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE COSTOS.

El análisis de costos es un factor importante dentro de cualquier proyecto ya que depende de los costos si es factible o no invertir en la repotenciación de la máquina.

Dentro del análisis de costos interviene el dinero que aporta la empresa para la construcción y mejoras de la máquina estos costos se dividen en primarios y secundarios siendo:

Costos Primarios. Los costos relacionados directamente en la construcción de la máquina siendo un factor necesario. (Ver Tabla 15).

Costos Secundarios. Los costos que conforman indirectamente los materiales de la máquina o que van relacionados a ella. (Ver Tabla 16).

Costo Total. Hace referencia a un valor general entre la suma de los costos primarios y secundarios. (Ver Tabla 17).

Tabla 15.

Costos Primarios

DESCRIPCIÓN (material)	CANT.	P / U	VALOR TOTAL
Motorreductor trifásico de 7.5 HP	1	800.00	800.00
Relé térmico LS 32A	1	27.03	27.03
Gabinete metálico 400x300x20	1	30.60	30,60
Breaker LS polos 32A	1	13.54	13.54
Breaker LS 1Polo 4A	2	5.80	11.60
Contactador LS bobina 32^a	1	20.83	20.83
Bobina LS para contactor 32/40 220V	1	10.81	10.81
Selector 22mm de tres posiciones	1	2.57	2.57
Switch pedal 10A	1	16.02	16.02
Relé 8 pines redondos 220V	1	4.31	4.31

DESCRIPCIÓN (material)	CANT.	P / U	VALOR TOTAL
Base 8 pines redondo	1	1.28	1.28
Timer ON DELAY 12-240V	1	21.62	21.62
Luz piloto led rojo 12-450V	1	1.09	1.09
Luz piloto led verde 12-450V	2	1.48	2.96
Riel DIN	1	1.73	1.73
Espiral Dexon 9mm 3/8 blanco	1	3.50	3.50
Cable flexible #16	15m	0.19	2.85
Cable flexible #12	6m	0.40	2.40
Cable concéntrico 2x16AWG	5m	0.55	2.75
Canaleta ranurada 25x25	1	3.91	3.91
Terminales tipo U azul 3/16	30	0.05	1.50
Terminales tipo U amarillo 3/16	18	0.09	1.62
Capacitores	3	150	150
Rebobinado de motor	1	250	250
SUBTOTAL			\$ 984.52
Reproducciones de ejemplares			1384.52
Impresiones	100	0,3	30,00
Copias	30	0,25	7,50
SUBTOTAL			\$ 37,50
VALOR TOTAL			\$ 949,00

Nota: la tabla 15 describe los elementos principales para la elaboración del proyecto monográfico.

Tabla 16.*Costos Secundarios*

DESCRIPCIÓN (material)	CANT.	P / U	VALOR TOTAL
Flash memory	1	22	22,00
Transporte	-	-	300,00
Papel bond	100	0,03	3,00
Impresiones A3	10	0,1	1,00
Anillados	2	2	4,00
Empastado	3	6,5	19,50
Imprevistos	-	-	(30%) 104.85
VALOR TOTAL			\$ 454,35

Nota: La tabla 16 muestra los elementos necesarios para la elaboración de la monografía escrita.

Tabla 17.*Costo Total*

Descripción	Valor Total
VALOR TOTAL COSTO PRIMARIO	949.00
VALOR TOTAL COSTO SECUNDARIO	454.35
TOTAL	\$ 1403.35

Nota: La tabla 17 muestra la suma total de costos para la culminación de la monografía.

Costo total de \$ 1403.35 dólares americanos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones

- Mediante el análisis teórico para identificar las mejores alternativas en la repotenciación de la máquina baroladora se logró establecer los elementos mecánicos y eléctricos necesarios para el correcto funcionamiento de la máquina.
- Se logró repotenciar la máquina baroladora de láminas de 1200mm con espesores desde 2mm hasta 6mm, gracias a los conocimientos adquiridos durante la carrera y mediante la consulta de fuentes bibliográficas.
- Se logró cumplir con los requerimientos del operador de la máquina bajo las condiciones de funcionamiento y fácil operación de la baroladora, para realizar un proceso de barolado en las láminas de acero en menor tiempo y de mejor calidad en producto terminado.
- La semiautomatización de la baroladora fue satisfactoria ya que no existió problemas con el motorreductor al momento de realizar el cambio de sentido de giro, de esta manera el diseño del sistema de transmisión de potencia funciona correctamente.
- Las pruebas de funcionamiento dieron gran resultado ya que fueron baroladas en ambos sentidos sin tener arrugas ni deformaciones extras por el barolado.

6.2. Recomendaciones

- Los procesos de barolado son muy comunes dentro de las industrias por lo cual es un aporte muy importante para el desarrollo de diferentes empresas dentro del país, por lo que se debe investigar las formas de optimizar estos procesos en cuanto a costos de operación.
- Es necesario que el material que va a ser barolado se encuentre en buenas condiciones ya que se puede evitar el desgaste y oxidaciones prematuras tanto del material como de las partes de la máquina.
- Antes de realizar un proceso de barolado es necesario revisar el estado en la que se encuentra la máquina, es decir, si no existen factores que intervengan en el proceso de barolado como impurezas dentro de los rodillos.
- Realizar pausas cortas durante los trabajos prolongados para evitar deterioro de la máquina como el sobrecalentamiento del motor y de esta manera aprovechar estas pausas para limpiar las impurezas dentro de los rodillos.
- Se podría barolar laminas con espesores de $>6\text{mm}$, si se implementa en la máquina cilindros hidráulicos en las bases de los rodillos para que aporten una presión constante entre el rodillo superior y los rodillos inferiores para así eliminar el ajuste manual, logrando automatizar completamente la máquina.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calvo Saez, J. (2016). *MANUAL BÁSICO DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN*.
- Cervantes Vega, Juan R.;. (2000). *PROTECCION DE SISTEMAS ELÉCTRICOS*. San Nicolas de Galarza: UANL.
- Cinjordiz, C. (1 de Agosto de 2016). *INFOOTEC.NET*. CONDENSADORES PARA MOTOR ELÉCTRICO: <https://www.infootec.net/calculo-condensador-motor-electrico/>, recuperado el 15 de Julio del 2020
- Córdova Alarcón, F. (27 de Noviembre de 2012). *INGENIERIA MECÁNICA*. DISEÑO DE MÁQUINA BAROLADORA DE LÁMINAS: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/619>, recuperado el 07 de Julio del 2020
- Enríquez Harper, G. (2004). *MANUAL PRÁCTICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS. EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS* (págs. 36-37).
- Enríquez Harper, Gilberto;. (2003). *PROTECCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES. EN CRITERIOS GENERALES DE PROTECCION DE SISTEMAS ELÉCTRICOS* (págs. 18-19-20).
- Enríquez Harper, Gilberto;. (2012). *MANUAL DE ELECTRICIDAD INDUSTRIAL II. EN MOTORES ELÉCTRICOS* (pág. 121;122).
- Erazo Bastidas, H. (2000). *NORMALIZACION DE CONDUCTORES ELECTRICOS* .
- Franco, M. (2003). *NUEVO MANUAL DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS*.
- Fuentes Espinoza, F. (1982). *ENSAYOS MECÁNICOS EN METALES*.
- Garríz, José; Vinyals, Jaime;. (2009). *HIPERMEDIA. EN A. BIOSCA, TECNOLOGÍA* (págs. 380- 381-382-383).

- Harper, G. E. (2005). EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS. EN *INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO* (págs. 76-77).
- León Pilco, G. A., & Ramos Cedeño, J. G. (2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MÁQUINA BAROLADORA DE TUBOS Y PERFILES*.
- López López, A., & López Toro, L. M. (2003). *INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN*.
- Mejía Ordoñez, D. (2011). ESTUDIOS DE PROCESOS DE ROLADO. EN *PARÁMETROS DE ROLADO* (págs. 18-19).
- Ministerio de Ciencia y Tecnología. (18 de Septiembre de 2002). INSTALACION DE RECEPTORES ITC-BT- 47: http://www.upv.es/electrica/rbt_modif/itc-bt-47.pdf recuperado el 10 de Mayo 2020.
- Montalvan Moreno, R. E. (2012). INGENINERIA MECÁNICA., *DISEÑO DE UNA ROLADORA* (pág. 41).
- Mujal, R. M. (2014). PROTECCION DE SISTEMAS ELÉCTRICOS. EN *MAGNITUDES ELÉCTRICAS* (pág. 249).
- Nayive Prim. (16 de Marzo de 2019). *LÁMINAS Y ACEROS*. PROPIEDADES DE LOS ACEROS: <https://blog.laminasyaceros.com/blog/propiedades-mec%C3%A1nicas-del-acero>, recuperado el 12 Junio 2019.
- Ochoa Suarez, A. (16 de Octubre de 2001). *CORPORACION UNIVERSITARIA* . OBTENIDO DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA PROCESOS DE ROLADO Y DOBLADO DE LÁMINAS COMERCIALES: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0000439.pdf>, recuperado el 13 de Mayo 2020.
- Paco. (11 de Octubre de 2014). *COPAROMAN*. TORQUE DE UN MOTOR ELECTRICO: <https://coparoman.blogspot.com/2014/10/torque-de-un-motor-electrico.html> reduperado el 05 de Junio del 2020.

Paguayo. (18 de Junio de 2019). *MCI CAPACITACIÓN*. TRANSMISIONES POR ENGRANES Y POLEAS:

<https://cursos.mcielectronics.cl/2019/06/18/transmisiones-por-engranajes-y-poleas-dentadas/#:~:text=Se%20denomina%20engranaje%20o%20ruedas,corona%20y%20la%20menor%20pi%C3%B1%C3%B3n.> recuperado el 13 de Junio del 2020.

Pérez, Juan. (2009). HIPERMEDIA. EN M. ALBERTE, *MATERIALES* (págs. 393-394-395).

Ramón Vaello, J. (03 de Agosto de 2017). *FORMACION PARA LA INDUSTRIA 4.0*.

OBTENIDO DE AUTOMATIZACIÓN/ CONTROL DE POTENCIA/ RELÉS TÉRMICOS: <https://automatismoindustrial.com/d-automatizacion/1-2-control-de-potencia-aparamenta-electrica/29-2/>. recuperado el 22 de Junio del 2020.

Ramón Vaello, José;. (03 de Febrero de 2014). *FORMACION PARA LA INDUSTRIA 4.0*.

OBTENIDO DE CONTROL DE POTENCIA-APARAMENTA ELÉCTRICA: <https://automatismoindustrial.com/d-automatizacion/1-2-control-de-potencia-aparamenta-electrica/contactores/> recuperado el 24 de Junio del 2020.

Rodríguez Galbarro, H. (23 de Abril de 2018). *INGEMECANICA*. CARACTERISTICAS

MECÁNICAS DEL ACERO:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html> recuperado el 27 de Junio del 2020.

Sarmiento, M. (09 de Marzo de 2018). *AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS*

INDUSTRIALES. APARAMENTA DE MANIOBRA:

<https://todoclase.files.wordpress.com/2011/11/2-aparatos-de-maniobra-manual.pdf> recuperado el 03 de Agosto del 2020.

Zapata, J. (2019). EL ACERO Y SUS PROPIEDADES. *EUMED.NET*.

8. ANEXOS