



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**MODIFICACIÓN MÁQUINA ROLADORA MANUAL A
ELÉCTRICA**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO**

**PRESENTA:
ERIC BENJAMÍN SÁNCHEZ MORALES**

**NOMBRE DEL ASESOR:
AZAREL MARTÍNEZ ACEVEDO**



APIZACO, TLAX., MARZO 2024



Apizaco, Tlax., 03/octubre/2023.

Circular No.: MM/513/2023.

ASUNTO: Liberación de Proyecto Integral.

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para el C.

Alumno:	SÁNCHEZ MORALES ERIC BENJAMÍN
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. de Control:	C18371482
Nombre del Proyecto:	MODIFICACIÓN MÁQUINA ROLADORA MANUAL A ELÉCTRICA
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar.


BEREN SÁNCHEZ FLORES
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA


SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA


AZAREL MARTÍNEZ ACEVEDO
ASESOR

c.c.p. Oficina de Titulación
Departamento de servicios Escolares
Expediente. - Jefe de proyectos de vinculación Metal-Mecánica

ESF/lhbr*





Apizaco, Tlax., 07/marzo/2024
No. OFICIO: DEP-CT/257/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

ERIC BENJAMIN SANCHEZ MORALES
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: C18371482
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"MODIFICACIÓN MÁQUINA ROLADORA MANUAL A ELÉCTRICA"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica»
Pensar para Servir, Servir para Triunfar»*


MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES


SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzempantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
GOBIERNO DEL ESTADO DE GUERRERO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN



Agradecimientos

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en todo momento.

A mis amigos, su compañía siempre despeja mis dudas.

A Oscar, por su apoyo y su amistad en este camino universitario.

A mis asesores por su paciencia, comprensión y apoyo para realizar este trabajo.

A la empresa Hersol Construcciones, por darme la oportunidad de presentar mis residencias profesionales en sus instalaciones.

Y a mí mismo, por haberte exigido continuar avanzando.



Resumen

En trabajos de ingeniería se hace necesario e indispensable utilizar los procesos de rolado para la fabricación de elementos laminares que hacen parte del montaje de infinidad de proyectos. Este procedimiento debe garantizar que el material conserve o mejore sus propiedades mecánicas de resistencia, rigidez y esfuerzos internos después de haber sido sometido a la deformación.

En Hersol Construcciones, actualmente se cuenta con una maquina roladora manual utilizada para en doblado de láminas de $1/16$ a $1/4$ de pulgada, siendo las de calibre más alto aquellas que demandan un tiempo y esfuerzo más grande. La mayor cantidad de elementos que manufactura la empresa son para la construcción de vehículos tanques y ferroviarios de exportación por lo que las condiciones con las que debe estar el producto debe cumplir un estricto filtro de calidad, siendo este factor conjuntamente con la demanda y el tiempo de realización la razón principal de este ideal.

En el presente proyecto se muestra la modificación realizada en una maquina roladora, la construcción de unas piezas requeridas, adaptaciones demandadas para anexar un sistema de transmisión de potencia que nos brinde un motor y diagrama del circuito eléctrico de control, todo esto con el fin de conseguir optimizar los tiempos de manufacturación del área de rolado en conjunto con el de las demás áreas.



Índice

Introducción.....	8
Descripción de la empresa u organización	9
Área de trabajo del estudiante.....	10
Problemas a resolver, priorizándolos.....	10
Objetivos (General y Específicos)	10
Justificación.	11
1. Marco teórico	12
1.1 Conformado mecánico por deformación plástica	12
1.1.1 Generalidades de los procesos	12
1.1.2 Deformación de los metales	13
1.1.3 Diagrama esfuerzo deformación	14
1.1.4 Formula de esfuerzo deformación.....	15
1.1.5 Puntos críticos.....	15
1.1.6 Momento plástico (Mp).....	16
1.1.7 La ley de Hook.....	16
1.1.8 El módulo de Young	17
1.2 Operaciones del conformado en frio.....	17
1.2.1 Generalidades	17
1.2.2 Factores que intervienen en el conformado mecánico	18
1.2.3 Procesos de trabajo en frio.....	19
1.3 Rolado	24
1.3.1 Generalidades	24
1.3.2 Definición y principio	25
1.3.3 Rolado de planos	25
1.3.4 Rolado de no planos	25
1.3.5 Roladoras	26
1.4 Geometría de una roladora	31
1.4.1 Parámetros geometría de una roladora	31
1.4.2 Distancia entre centros.....	32



1.4.3	Variación del ángulo (θ).....	32
1.4.4	Fuerza de doblado (F_d)	33
1.5	Parámetros de las propiedades mecánicas del material	36
1.5.1	Parámetros de la geometría del material.....	36
1.5.2	Relación de la geometría de la pieza y las propiedades mecánicas del material ...	37
1.5.3	Acero estructural	38
1.6	Motores Eléctricos	38
1.6.1	Generalidades	39
1.6.2	Motores de corriente continua (CD).....	39
1.6.3	Motores de Corriente Alterna (AC).....	41
1.6.4	Motorreductor	42
1.6.5	Relación de reducción en un Motorreductor	42
1.6.6	Par o torque en un Motorreductor	43
1.6.7	Clasificación de los motorreductores	43
1.6.8	Sumitomo Drive Technologies	45
1.7	Sistemas de transmisión de potencia	46
1.7.1	Generalidades	46
1.7.2	Transmisión mediante ruedas de fricción	47
1.7.3	Transmisión por correa	47
1.7.4	Transmisión por cadena.....	49
1.7.5	Sistemas de engranajes	51
1.7.6	Levas.....	53
1.8	Teoría para el cálculo de la roladora	54
1.8.1	Conceptos estadísticos.....	54
1.8.2	Conceptos Mecánicos	55
2.	Desarrollo	59
2.1	Propuestas de solución.....	59
2.1.1	Características de la propuesta A	59
2.1.2	Características de la propuesta B	61
2.2	Enfoque	63
2.3	Análisis del tiempo y calidad en proceso de rolado.	64



2.3.1	Análisis del proceso de rolado de <i>manera</i> manual.	64
2.3.2	Análisis del proceso de rolado después de la modificación.	67
2.4	Calculo de parámetros para la fuerza de doblado	70
2.4.1	Calculo de momento plástico del elemento	70
2.4.2	Distancias entre centros de los rodillos inferiores	71
2.4.3	Fuerza de doblado (F_d)	71
2.5	Calculo de parámetros para la potencia requerida	72
2.5.1	Reacciones y fuerza de rozamiento	72
2.5.2	Torque	74
2.5.3	Potencia requerida.....	74
2.5.4	Velocidad de salida en rodillos inferiores	75
2.5.5	Torque del motorreductor	76
2.5.6	Corriente nominal	76
2.6	Sistema de control	77
2.6.1	Explicación de la simulación	78
2.7	Realización de la modificación a máquina Roladora.....	83
2.7.1	Elaboración de planos.....	83
2.7.2	Obtención de materiales y elementos requeridos para la modificación	84
2.7.3	Herramientas y maquinaria requerida	88
2.7.4	Análisis del equipo	88
2.7.5	Fabricación base del motorreductor	89
2.7.6	Montaje del sistema de transmisión de potencia	90
2.7.7	Elaboración sistema tensor.....	92
2.7.8	Construcción del sistema de control	93
2.7.9	Lijado y pintado	93
2.7.10	Pruebas de funcionamiento.....	94
3	Costos.....	95
3.1	Costos Directos	95
3.2	Costos indirectos.....	96
3.2.1	Costo de ingeniería	96
3.2.2	Costos mano de obra	96



3.2.3	Costos Imprevistos.....	96
3.3	Costo total.....	96
4	Resultados	97
4.1	Elementos estructurales rolados	97
4.2	Ahorro generado.....	99
4.2.1	Personal requerido	99
4.2.2	Tiempo de rolado.....	99
4.2.3	Discusión de costos.....	99
5	Conclusiones del proyecto y recomendaciones	100
5.1	Conclusiones	100
5.2	Recomendaciones.....	101
5.3	Experiencia personal profesional adquirida.....	102
6	Referencias Bibliográficas	102
7	Anexos	105
7.1	Tablas de Información	105
7.2	Planos	108



Introducción

El arte de diseñar es la visión representada gráficamente del futuro, lo hecho es la obra, lo por hacer es el proyecto, el acto de diseñar como prefiguración es el proceso previo en la búsqueda de una solución o conjunto de las mismas. Plasmar el pensamiento de la solución o las alternativas mediante esbozos, dibujos, bocetos o esquemas trazados en cualquiera de los soportes, durante o posteriores a un proceso de observación de alternativas o investigación. El acto intuitivo de diseñar podría llamarse creatividad como acto de creación o innovación si el objeto no existe o se modifica algo existente. (Medina, 2014)

Se comprende por rediseño a la reparación mayor o la modificación de un elemento del equipo, aparato o maquinaria que tienda a corregir su diseño original bajo un análisis previo de condiciones, necesidades, requisitos y que a su vez conserve su funcionamiento básico, logrando así mejores resultados en el desempeño del trabajo y con esto un impacto económico industrial.

En la actualidad es vital importancia ver máquinas roladoras en infinidad de procesos de mecanizado esto gracias a la inmersa cantidad de opciones que nos logran brindar estos equipos y en una manera de lograr entregar productor de mejor calidad y en menor tiempo en comparación a las formas antiguas que se tenían para realizar dobleces en los perfiles y placas de metal.

A continuación, se presenta el estudio de análisis y procedimiento requerido para la modificación de una maquina roladora manual a una eléctrica, implementado en el rediseño miento un motor, un sistema de transmisión de potencia y un sistema de control capaz de realizar dicha actividad en un menor tiempo y con menor uso de mano de obra humana.



Descripción de la empresa u organización

Hersol Construcciones fue fundada en el año de 1994, con la idea del Sr. David Olvera Maldonado después de su trayectoria laboral a lo largo de su vida en la rama industrial siendo la empresa Acerera del estado (ATLAX) aquella donde culmino este camino después de más de 15 años de labor en la misma, logrando llegar al cargo de jefe de control de calidad a nivel planta.

Con el apoyo de su familia, amigos y esa sensación de emprendimiento decidió dar el paso hacia la independencia, montando un pequeño taller e iniciando la elaboración de productos de herrería, produciendo su primer producto en línea “recogedores domésticos”. Al paso del tiempo, la demanda del trabajo, las necesidades del mismo y por el incremento de clientes tan variados Hersol Construcciones comienza ampliar el abanico de opciones con los giros de herrería dando paso a la construcción de maquinaria para el sector agrícola, industrial y comercial, la infraestructura para el desarrollo urbano, el diseño, calculo y análisis de estructuras metálicas para techumbres, puentes, escaleras, tanques, tolvas etc.

Una de las obras más reconocidas y atractivas durante su recorrido ha sido la construcción del mirador de Ixtacamaxtitlan en el estado de Puebla construido en el acantilado del cerro Acolhua. Inaugurado el 2 de octubre del 2021 siendo actualmente un punto turístico para la comunidad de Tenamigtic, permitiendo una vista panorámica de la sierra Norte de Puebla.

Posteriormente tras una gran trayectoria de trabajos de calidad y puntualidad en las entregas, las variadas recomendaciones y vínculos amistosos logran darle la entrada a Hersol Construcciones en al mundo de la producción en serie en el año 2022, siendo Greenbrier Industries la encargada de requerir los servicios de mecanización de un variado catálogo de piezas metálicas para la construcción de vehículos ferroviarios y carros tanques. Siendo esta acción la causante de un gran cambio en la organización de la empresa dando surgimiento a las diversas áreas de trabajo en la empresa:

- Área de stock de material punto de desembarque de placas, laminas, y perfiles metálicos.
- Área de corte por sierra cinta, cizalla hidráulica, pantógrafo corte con plasma y oxicorte.
- Área de punzonado, troquelado y perforado.
- Área de diseño de dibujos, planos y memoria para la programación del corte.
- Área de doblado por medio de dobladora hidráulica y roladora
- Área de limpieza de virutas ferrosas por abrasivos
- Área de control de calidad
- Área de empaquetado y punto de carga para envío
- Área administrativa
- Almacén



Generando un perfil diferente para la empresa en la forma de trabajo a la que estaban acostumbrados, circunstancia que no fue de inconveniente para su rápida adaptación.

Área de trabajo del estudiante

El área de doblado está bajo la supervisión del Maestro pailero Lucio encargado de dicha actividad, bajo la ayuda de demás personal y su servidor, en esta área se deben realizar rolados en sentidos verticales, horizontales, cónicos y especiales a un conjunto diverso de piezas por medio de una roladora manual. De igual manera se realizan trabajos como la elaboración de charolas, perfiles para construcción, moldes, canaletas entre muchos más por medio del ajuste, calibración y la programación de una dobladora hidráulica.

Problemas a resolver, priorizándolos.

- Reducción del tiempo de mecanizado de las piezas del área de rolado.
- Facilitar la acción de rolar las láminas de metal, reduciendo el personal requerido de tres personas de la forma manual a una persona en la forma eléctrica.
- Aumentar la producción semanal que se tiene en la actualidad.
- Ahorro monetario por la reducción de mano de obra requerida para el rolado.
- Ayudar a Don Lucio a poder seguir realizando su trabajo por un mayor tiempo sin ser requerido la demanda de un gran esfuerzo físico.

Objetivos (General y Específicos).

Optimizar el tiempo de realización de las actividades y mano de obra del área de rolado mediante el rediseño de una máquina roladora manual.

- Determinar el sistema de transmisión de potencia más apropiado para el sistema.
- Realizar el rediseño del mecanismo de la máquina roladora.
- Identificar que motor es el más adecuado para lograr efectuar el trabajo requerido.
- Realizar el sistema eléctrico de control del mecanismo.
- Obtener un mecanismo funcional.
- Demostrar el ahorro que dicha modificación generará para la empresa.



Justificación.

La producción en serie es un proceso cuya base es una forma de organización de la producción, que delega a cada trabajador una función específica y especializada siguiendo un ritmo controlado y continuo. Con este proceso lo que se consigue es obtener mayor producción en un menor tiempo, lo que permite que se pueda reducir costes, con lo cual se puede poner el producto en el mercado con un precio más competitivo y lograr cubrir una mayor demanda. (BSDI, 2021)

La característica principal de la producción en serie es hacer que el proceso de fabricación del producto final se divide en fases o partes, lo que demanda que para cada una de ellas exista al menos un trabajador o una máquina específica y especializada para realizar la acción. Sin embargo, esta organización se ve afectada con el propósito final cuando una área u organismo tiene dificultades o no cuenta con los elementos necesarios para la satisfacción del encomendado, causando un retraso a nivel general en las demás áreas y en la culminación del producto final.

Hersol Construcciones Metálicas de SA de CV actualmente se encuentra como proveedor potencial de piezas para la empresa Greenbrier Industries, SA de CV organización dedicada a la fabricación de equipos ferroviarios y carros tanques.

En el área de rolado llegan piezas cortadas de láminas de aluminio, acero al carbón, e inoxidable de un rango de espesor entre 1/16 in a 1/4 in, requiriendo para los rolados de los materiales más gruesos la demanda de al menos 3 personas en la roladora manual que se tiene, dos trabajadores aplicando una fuerza en cada uno de los extremos del equipo por medio de unas manivelas y una persona aplicando una fuerza de empuje para la introducción del material, siendo esta acción algo dificultosa a la hora de meter el material entre los rodillos debido a que la coordinación en la rotación de ambos rodillos inferiores debe ser lo más similar posible para lograr que el material entre uniformemente y por consiguiente el doble sea de la misma forma.

La empresa se encuentra actualmente en una etapa de crecimiento, por lo que se busca lograr reducir los tiempos requeridos en el área de rolado y el personal requerido para dicha acción, por lo que la realización de un rediseño para convertir la roladora manual a eléctrica será un proyecto factible para lograr dichas necesidades al igual de conseguir poder mejorar los niveles de producción directa e indirectamente de las demás áreas.



1. Marco teórico

1.1 Conformado mecánico por deformación plástica

1.1.1 Generalidades de los procesos

Los procesos de conformación por deformación plástica son aquellos procedimientos de obtención de componentes mecánicos que aprovechan el comportamiento plástico de los materiales, es decir, la posibilidad de poder cambiar la forma o dimensionamiento del material mediante la aplicación de unos esfuerzos exteriores lo suficientemente grandes. (Tolomeo, 2006). En una clasificación global de los procesos de producción, los procesos por deformación plástica entran en procesos de conformado sin eliminación de material, puesto que durante su ejecución las pérdidas del material del componente obtenido son insignificantes.

Tienen unos orígenes remotos y han mantenido a lo largo de la historia un importante papel en el conjunto de la fabricación, por lo regular un gran porcentaje de los componentes que se fabrican han sufrido en un momento dado del proceso alguna operación del conformado por deformación.

El análisis de estos procesos se realiza a partir de la Teoría de Plasticidad, nombre que se le da al estudio matemático de las tensiones y deformaciones en sólidos deformados plásticamente. (Tolomeo, 2006). El objetivo fundamental de dicha teoría es el desarrollo de técnicas matemáticas que permitan calcular distribuciones de tensiones y deformaciones en cuerpos deformados permanentemente por algún medio. Este análisis puede aplicarse a la obtención de los esfuerzos necesarios para la conformación y por tanto al dimensionamiento de equipos y plantas para el desarrollo de estos procesos.

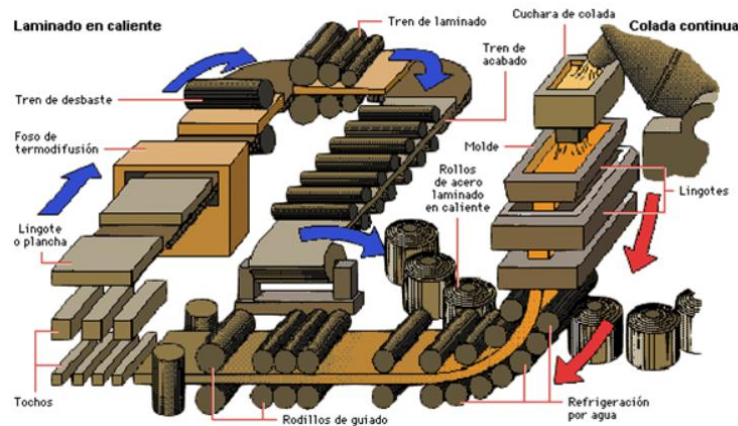


Ilustración 1. Proceso de conformado (Fuente: Díaz, 2017)

1.1.2 Deformación de los metales

Los átomos de los metales en estado sólido ocupan posiciones en equilibrio en una red cristalina, que dependen de las fuerzas interiores de cohesión. Por lo tanto, si se somete la pieza metálica a fuerzas exteriores, se altera el equilibrio y se producen desplazamientos atómicos que originan las deformaciones que pueden ser elásticas o plásticas.

Deformación elástica

Esta deformación es una variación de las distancias entre los átomos por la acción de fuerzas exteriores. Cuando se eliminan las causas que produjeron el desplazamiento de los átomos (carga) aquellas retoman su posicionamiento inicial, por lo que este tipo de deformación no provoca ninguna consecuencia en el material. Cuanto menor sea la deformación que produzca la tensión, más rígido será el material, el módulo de elasticidad caracteriza la rigidez del material.

Deformación plástica

La deformación plástica es un proceso completamente distinto y mucho más complejo. En la deformación plástica una parte del cristal se desplaza con respecto a la otra. Si se quita la carga la parte desplazada del cristal no retorna a su posición inicial por lo que la deformación se conserva. Este tipo de deformación va acompañada de una división de bloques del mosaico dentro de los granos, si los grados de deformación son considerables se observa un cambio notable en la forma de los mismos y en la distribución de su espacio produciendo la aparición de las grietas entre o dentro de los granos.

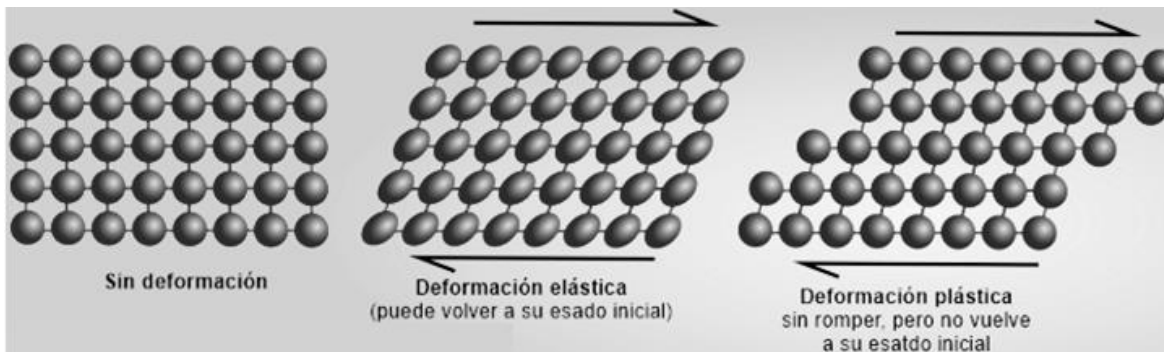


Ilustración 2. Deformación elástica y plástica vista molecular. (Fuente: Griem, 2020)

1.1.3 Diagrama esfuerzo deformación

El diagrama esfuerzo deformación es una representación gráfica, que resulta de representar los esfuerzos que sufre un material en función de la deformación que experimenta. Este diagrama comprende varios puntos clave con sus respectivos valores que sirven para la toma de decisiones en ámbitos de ingeniería.

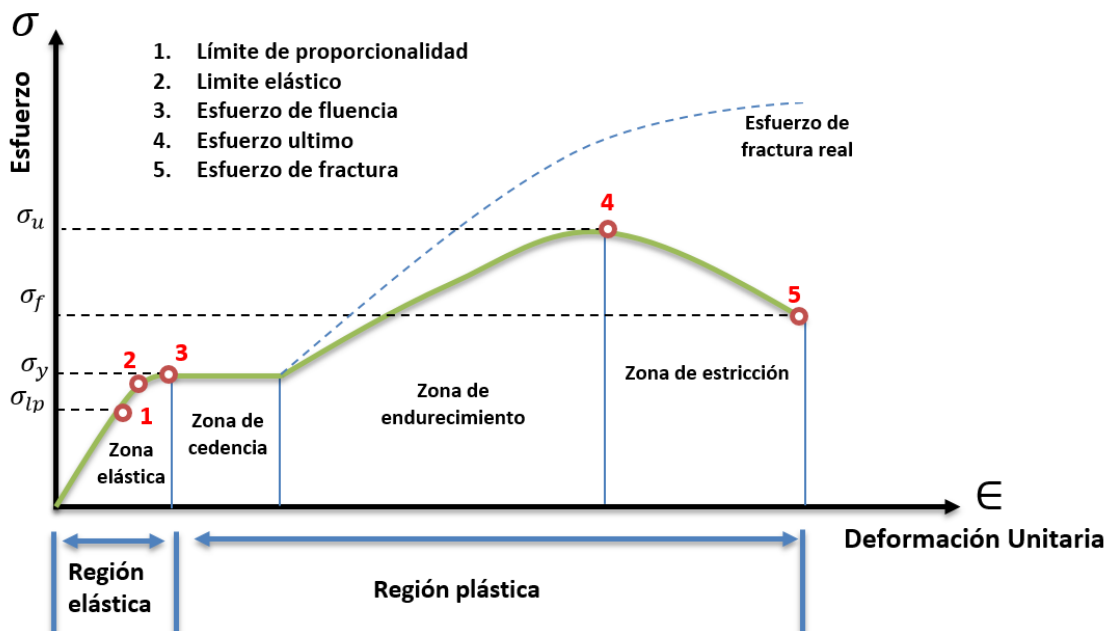


Ilustración 3. Diagrama esfuerzo deformación (Fuente: Elaboración propia)

1.1.4 Fórmula de esfuerzo deformación

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

Donde:

σ = Esfuerzo

ϵ = Deformación unitaria

P = Carga aplicada

A_0 = Área de la sección transversal inicial

ΔL = Variación de longitud

L_0 = Longitud inicial

El diagrama presenta varios puntos y regiones que representan un estado del material en cuestión.

1.1.5 Puntos críticos

Límite de proporcionalidad

Este es el punto hasta donde el material tiene permitido llegar en su deformación en el que se encuentra en su límite elástico, donde si el esfuerzo que experimenta se excede, el material puede aún comportarse elásticamente pero ya sin lograr recuperar su forma original.

Límite de elasticidad

Este límite se presenta después del límite de proporcionalidad donde el material experimenta una deformación aun elástica, en este punto el material todavía trata de resistir al esfuerzo y recuperar su forma inicial; sin embargo, este es un punto bastante cercano al punto de fluencia.

Punto de fluencia

El punto de fluencia es donde el material deja su propiedad elástica debido a que el esfuerzo ha superado su capacidad de poder regresar a su forma inicial. A partir de este punto en adelante el material se comporta como un material plástico, es decir, ya no trata de recuperar su forma original.



Esfuerzo máximo o último

Este es el punto donde el material ha alcanzado su capacidad máxima de resistir al esfuerzo que actúa sobre ella, si la fuerza sigue actuando, entonces a partir de ahora el material colapsará hasta llegar al esfuerzo de rotura.

Esfuerzo de rotura

También conocida como el esfuerzo de fractura, es el último punto del diagrama de deformación, es el punto último de resistencia del material donde después de pasarlo se presenta la fractura permanente del material.

1.1.6 Momento plástico (M_p)

Se produce en la zona de deformación completamente plástica, al sobrepasar el máximo momento elástico del material. Si se conoce el módulo plástico o de sección (Z) donde se considera la geometría de la sección transversal del elemento a rolar y el límite de resistencia a la fluencia del material (S_y), el momento plástico se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$M_p = Z * S_y \quad (3)$$

1.1.7 La ley de Hook

Esta ley establece una relación entre el esfuerzo y la deformación que experimenta un cuerpo cuando está sometido a una carga. El esfuerzo y deformación son directamente proporcionales, es decir cuánto más esfuerzo resiste un material, mayor deformación experimenta y cuanto menor esfuerzo resiste, menor es la deformación. (Gil, 2016)

La ley de Hook se cumple hasta que el material alcanza su límite de proporcionalidad; a partir de dicho punto los materiales dejan de comportarse elásticamente. La constante de proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación se conoce también como el módulo de elasticidad, módulo de Young y podemos expresarla de la siguiente manera:

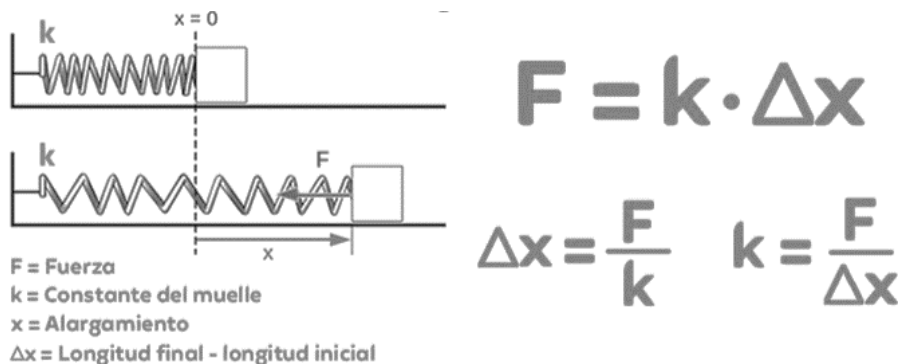


Ilustración 4. Formulas de la ley de Hooke. (Fuente: Cálculos de Física, 2022)

1.1.8 El módulo de Young

También conocida como el módulo de elasticidad longitudinal, es una constante que poseen los materiales, esta constante o parámetro refleja el grado de elasticidad que posee un determinado material. Para materiales elásticos lineales se puede definir como la razón entre tensión en la dirección de aplicación de una fuerza y la deformación correspondiente, para materiales elásticos no lineales se suele emplear la derivada de la tensión respecto a la deformación

Los materiales con mayor módulo de Young son menos elásticos, es decir más rígidos y los materiales con menor módulo de Young poseen mayor elasticidad.

1.2 Operaciones del conformado en frío

1.2.1 Generalidades

El metal trabajado en frío se conforma a la configuración deseada mediante la aplicación de presión a temperaturas inferiores a la temperatura de recristalización, y en su mayor parte, nominalmente a la temperatura ambiente. El trabajo en frío se efectúa principalmente para mantener tolerancias



estrechas y producir acabados superficiales buenos, pero también para incrementar las propiedades físicas del material (Zambrano, 2006).

Para generar el trabajo en frío es necesario aplicar fuerzas relativamente intensas. Esto significa que el equipo que se utiliza tiene que ser proporcionalmente fuerte, potente y más aún cuando la producción es demandante. Aun así, hay muchos productos que pueden terminarse mediante el trabajo en frío hasta límites de tolerancia estrechos impartiendo un buen acabado.

Los procesos de trabajo en frío desempeñan un papel importante y fundamental en la mayoría de las industrias de la alta producción.

El conformado en frío comprende todos los métodos de fabricación que permiten deformar plásticamente a temperatura ambiente y ejerciendo una presión elevada a metales o aleaciones de metales, pero sin modificar el volumen, el peso o las propiedades esenciales del material.

En el conformado en frío la materia prima recibe su nueva forma mediante un proceso que consta de diferentes etapas de deformación. De tal forma de evitar que exceda la capacidad de deformación del material y por tanto su ruptura

1.2.2 Factores que intervienen en el conformado mecánico

Los factores que se describen a continuación, se deben considerar para obtener un doblado uniforme y evitar fallas por ruptura o aplastamiento.

Temperatura (T)

Si el metal se deforma plásticamente a temperaturas elevadas, este presenta menor resistencia a la deformación que a temperaturas bajas, donde se favorece una respuesta frágil. En procesos realizados en frío el material presenta acritud por debajo de la temperatura de recristalización.

Velocidad de deformación (v)

Este valor tiene gran influencia en procesos de conformado solo si es muy grande, ya que puede crear zonas de deformación no uniformes o marcas de deformación, las mismas que pueden ser eliminadas disminuyendo esta velocidad.

Fricción (Fr)

La fricción es la fuerza tangencial sobre una superficie que se opone al deslizamiento de un objeto a través de una superficie adyacente con la que está en contacto. En un proceso de conformado aumenta la resistencia a la deformación y es muy difícil de cuantificar. En una roladora la fricción se origina entre la superficie de los rodillos y del elemento a rolar y se puede obtener con la siguiente ecuación empírica (Zambrano, 2006).

$$Fr = 0.7 \left(\frac{R^{3/2}}{2r} \right) \left(\frac{1}{S_y^{1/2}} \right) n \quad (4)$$

Donde:

R: carga en el rodillo

r: radio del rodillo

Sy: resistencia a la fluencia del perfil a rolar

n: factor de seguridad

Recuperación elástica

Cuando un material dúctil está sometido a cargas de flexión se produce una deformación, y al retirar la carga, la energía elástica de la parte doblada hace que recobre en parte su forma original, este efecto se le denomina “springback”, por lo que es importante tomar en cuenta el límite elástico.

1.2.3 Procesos de trabajo en frio

En este caso la deformación se realiza a temperaturas menores de la recristalización siendo lo más usual a temperatura ambiente, logrando con esto una mayor posición dimensional a la vez de permitir el control de las propiedades mecánicas

Una forma de agrupar los procesos en frio es de acuerdo a las operaciones realizadas.

Clasificación de los procesos en frio			
Estirado	Compresión	Doblez	Corte o desprendimiento
- Barras - Tubos - Alambre - Rechazado - Embutidos con planchado	- Acuñado - Laminado - Calibrado - Forja en frio - Formado de roscas - Extracción - Remachado	- Doblado - Rolado - Doblado de placa - Rebordeado - Engargolado - Formado con rodillos	- Troquelado - Punzonado - Corte de cinta - Perforado - Escopleado - Ranurado - Lancetado - Rasurado - Corte con cizalla

Estirado

Este tipo de operación consiste en reducir o cambiar la sección transversal del material al someterlo a un esfuerzo de tracción cuando atraviesa una matriz. El proceso es similar al de extrucción con la diferencia de estar sometido el material a un esfuerzo de tracción.

En este proceso el diámetro de un alambre o barra se reduce cuando este se hace pasar, por efecto de una fuerza de tracción a través de la abertura de un dado. En este caso la deformación se produce por cargas de compresión indirecta en el dado, inducidas por las cargas de tracción aplicada (Tolomeo, 2006).

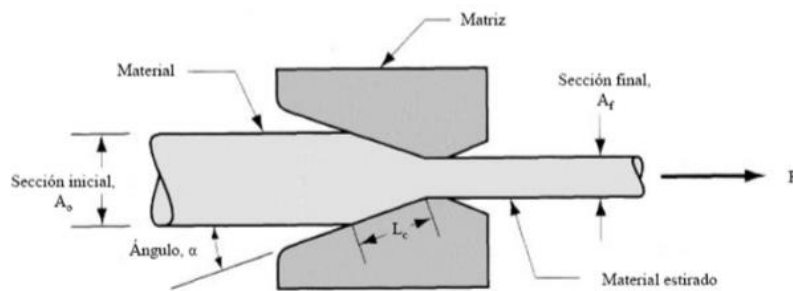


Ilustración 5. Dado de estirado (Fuente: Modelado de Procesos de Manufactura)

Laminado

Es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos. Los rodillos giran, para jalar del material de trabajo y simultáneamente apretarlo entre ellos.

El laminado en frío hace más resistente el metal y permite unas tolerancias más estrechas del espesor. La superficie del material laminado en frío está libre de incrustaciones o capa de óxido, haciendo que las láminas, tiras o rollos laminados sean ideales para estampados, paneles exteriores etc.

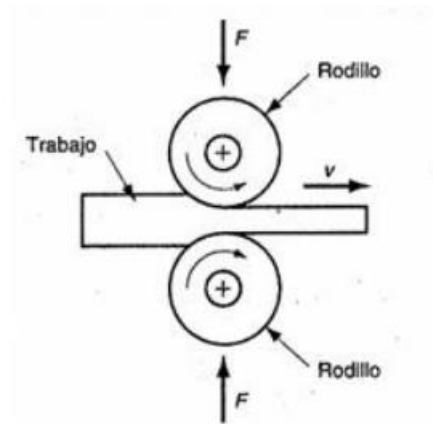


Ilustración 6. Proceso de laminación (Fuente: Modelado de procesos de manufactura)

Cizallado

Este proceso se caracteriza por que las cargas aplicadas generan en el material solicitaciones superiores a su resistencia al corte, lo que produce la separación de la chapa. El objeto fundamental del proceso es el corte más que el cambio de forma, se considera dentro de los procesos de conformado por la importancia que tiene en el formado del metal. En esta operación se corta la parte usando un punzón y un dado.

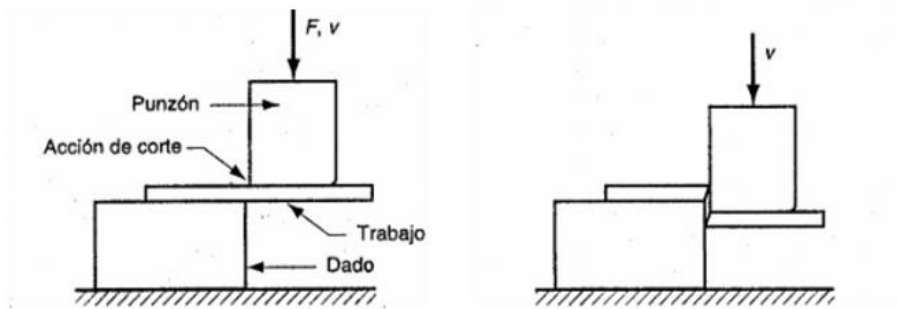


Ilustración 7. Corte por cizalla. (Fuente: Modelado de procesos de manufactura)

Punzonado

Para este proceso se aplica una fuerza de compresión sobre el punzón con el objetivo de que este ejerza presión y pueda introducirse a la chapa. Este proceso produce una deformación inicial al material a conformar, que va seguida por una tensión de cizalladura o tensión cortante, que permite fracturar y cortar el material (Prado, 2013). La pieza que se corta es el producto deseado en la operación y se designa como la parte o pieza deseada.

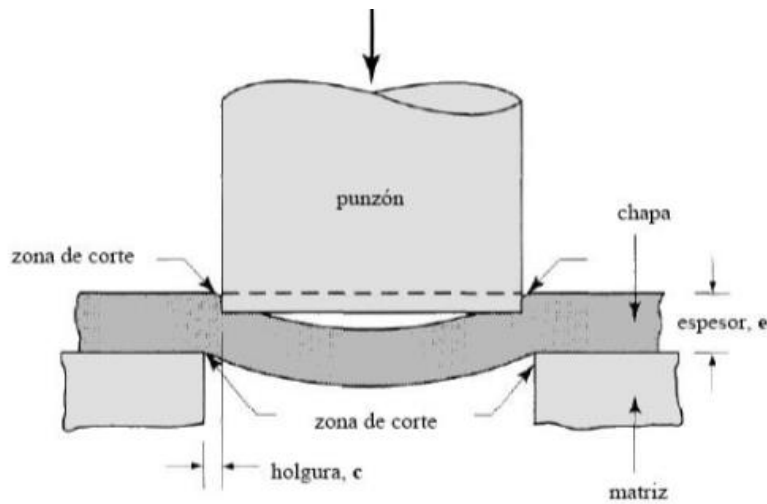


Ilustración 8. Corte por punzonado. (Fuente: Modelado de procesos de manufactura)

Perforado

El perforado es muy similar al punzonado, excepto porque la pieza que se corta se desecha y se llama pedacería. La perforación es un proceso de corte que utiliza una broca para cortar un agujero de sección transversal circular en materiales sólidos. La broca se presiona contra la pieza y se hace girar a una velocidad de cientos a miles de revoluciones por minuto generando una fuerza en el filo de corte contra la pieza de trabajo, cortando las virutas del agujero mientras se perfora el orificio.

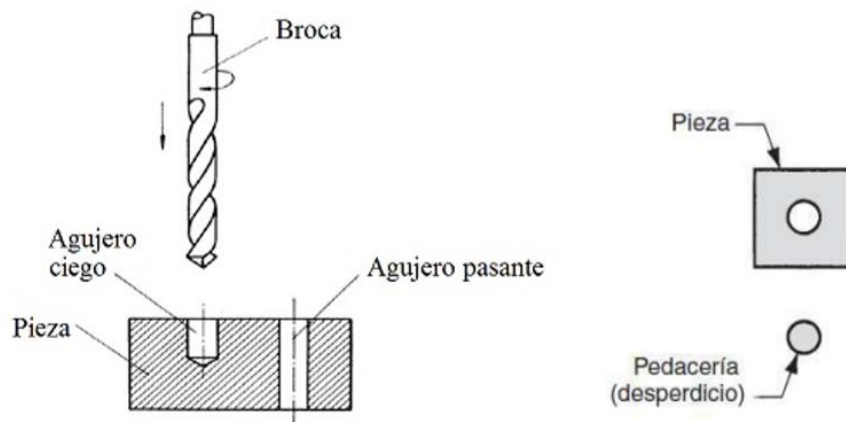


Ilustración 9. Proceso de perforado. (Fuente: Modelado de procesos de manufactura)

Doblado

En este proceso se da por una fuerza aplicada a una lámina de metal, haciendo que se doble en el ángulo y la forma deseada.

Por lo general el doblado se hace en un solo eje, pero la repetición de varias operaciones puede lograr crear una pieza compleja. Se da la aparición de aristas y el cambio de dirección de vectores. En el trabajo de láminas metálicas el doblado se define como la deformación del metal alrededor de un eje recto (Prado, 2013).

Durante la operación de doblado, el metal dentro del plano neutral se comprime, mientras que el metal por fuera del plano neutral se estira. El metal se deforma plásticamente así que el doblez toma una forma permanente al remover los esfuerzos que lo causaron. El doblado produce poco o ningún cambio en el espesor de la lámina metálica (Prado, 2013).

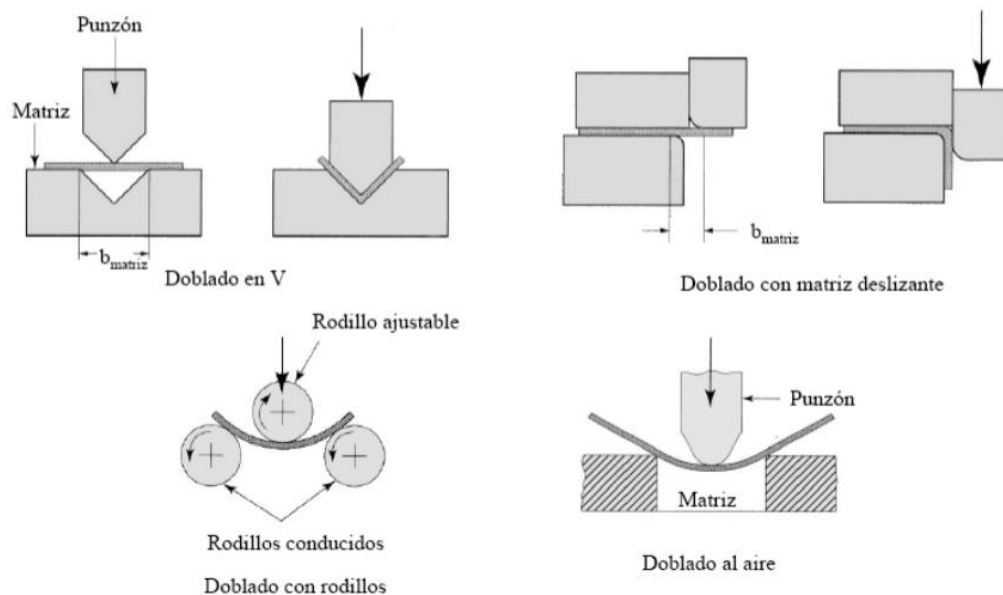


Ilustración 10. Formas de doblado en láminas. (Fuente: Modelado de procesos de manufactura)

Embutido

Esta operación se emplea para producir piezas huecas a partir chapas metálicas. El proceso se efectúa colocando una lámina de metal sobre una cavidad de un dado o matriz y empujando el metal hacia la cavidad con un punzón.

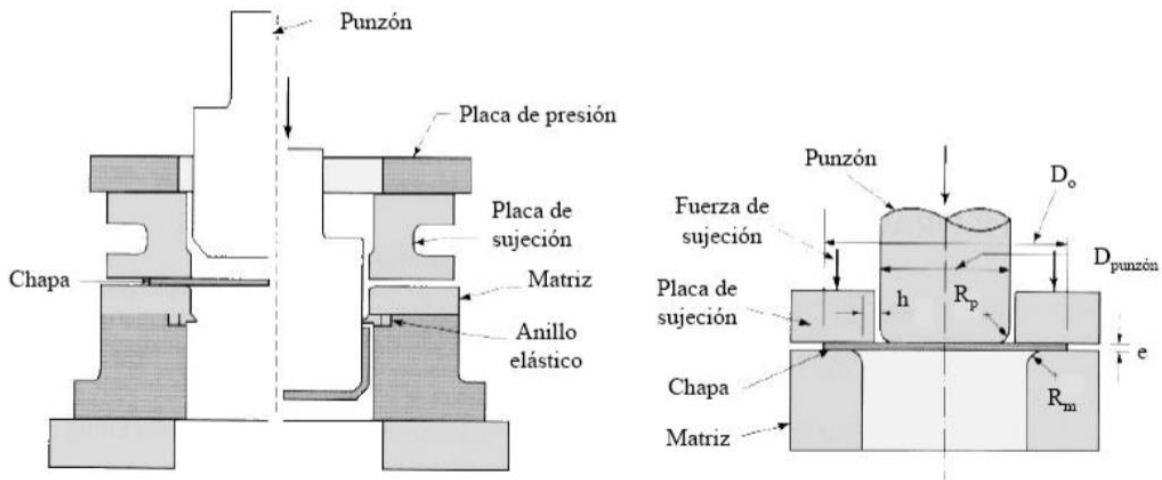


Ilustración 11. Proceso de embutición. (Fuente: Modelado de procesos de manufactura)

1.3 Rolado

1.3.1 Generalidades

El proceso de doblado es una de las operaciones más importantes del conformado mecánico, mediante el cual el material ferroso es obligado a tomar una nueva forma por movimiento o el flujo plástico. Estos movimientos se dan alargando y contrayendo las dimensiones de todos los elementos de volumen, en sus tres direcciones ortogonales, siendo la forma final de la pieza la integración de estos movimientos (Ordoñez, 2011). Este proceso puede ser clasificado como uno de flexión pura, pues la deformación plástica se presenta debido a la aplicación de momentos de flexión.

La operación de curvado se realiza en prensas, plegadoras, máquinas conformadas por varios rodillos, enderezadoras y bancos de estirado.

En la actualidad las operaciones de doblado son muy variadas, su éxito se debe a la tenacidad del material que se usa. En operaciones simples de doblado un lado de la pieza de trabajo se deforma bajo tensión mientras que el otro lado bajo compresión, sin embargo, a nivel industrial generalmente se combina con compresión y alargamiento.

1.3.2 Definición y principio

El rolado es el proceso de conformado mecánico por flexión, que consiste en deformar plásticamente laminas o perfiles metálicos al hacerlos pasar por medio de rodillos. El cilindro superior se desliza verticalmente hasta el roce con el material y con movimiento del resto de los rodillos hace posible la realización del su funcionamiento y a su vez el precurvado de la pieza de trabajo. (Iza, 2007). Estos equipos se denominan corrientemente máquinas curvadoras de rodillos. Los órganos de curvado están constituidos por unos rodillos llamados cilindros, de acero Martin duro, con una gran resistencia a la flexión.

Su principio consiste en imprimir en una chapa mediante un movimiento de traslación por medio de dos rodillos de arrastre accionados mecánicamente, simultáneamente se ve sometido continuamente a la acción de un rodillo curvador que provoca una serie ininterrumpidas de flexiones de donde resulta un curvado uniforme.

1.3.3 Rolado de planos

El rolado de planos consiste en doblar laminas con un radio relativamente amplio con la finalidad de obtener la forma curva esperada. Por lo regular este proceso se emplea para la fabricación de cilindros o elementos con grandes diámetros como lo puede ser para la construcción de tanques, decantadores en forma de cono, chimeneas de estufas industrial, desboques de calderas o algún otro fluido en gran cantidad.



Ilustración 12. Fabricación de cilindros para tanques. (Fuente: <http://www.ferremaq.com>)

1.3.4 Rolado de no planos

En esta clase se encuentra los procesos de rolado de los diferentes perfiles metálicos, para lo cual las máquinas para este tipo de tareas se encuentran equipadas con soportes de apertura, cierre

controlado, extensiones para anexar rodillos para el curvado de los perfiles, pedales para la rotación de los rodillos y protecciones de seguridad. De los principales usos para el que se emplea son para la fabricación de estructuras arquitectónicas curvas, pórticos, techos, puentes curvos etc.



Ilustración 13. Rolado de perfiles. (Fuente: <http://www.ferremaq.com>)

1.3.5 Roladoras

Equipos de rolado

Una roladora es un mecanismo formado por tres o más cilindros los cuales pueden estar en una posición fija o ajustable. Estas máquinas transmiten la fuerza de dobles con el encomendado de obtener la curva deseada en los diferentes materiales.

Estos equipos son de mucha utilidad en una inmensa cantidad de ámbitos industriales ya sea para el doblado de láminas u otros perfiles metálicos en un variado tipo de modelos y presentaciones por lo que de su disposición depende su categorización.

Roladora de tres rodillos

En este modelo puede ser de rodillos simétricos o asimétricos, el cilindro superior es fijo mientras que los otros rodillos inferiores tienen rotación independiente uno del otro por medio de una manivela o palanca, lo que permite el precurvado de las piezas teniendo como resultado los diámetros requeridos.

Roladora manual

Está formada por tres rodillos, su funcionamiento es manual, en general el movimiento de los rodillos inferiores se da por medio de una manivela, cuya velocidad de giro es controlada por el operario, estas roladoras no requieren de un esfuerzo grande ya que no son para uso en materiales de grandes calibres.



Ilustración 14. Roladora Manual. (Fuente: <http://www.maquiventa.com>)

Roladora tipo pinch

Este tipo de roladora está formada por tres rodillos, cuyos centros forman un triángulo isósceles, el vértice superior es el centro del rodillo de mayor diámetro, al igual que el graduable y otorgante de la fuerza de los dobleces. Mientras que los rodillos inferiores son de menor diámetro y no tienen tracción, su funcionamiento está dado por roce del material con los rodillos.

Por lo general el movimiento de estos rodillos se hace por medio de motores, cuya velocidad de giro de los rodillos es controlada por un sistema de engranajes.



Ilustración 15. Roladora tipo pinch. (Fuente: <http://www.dismamex.com.mx/imcar.html>)

Roladora universal para perfiles

Formada por tres rodillos, uno superior fijo y dos inferiores que tienen movimiento independiente uno del otro, todos con una tracción motorizada y superficie lisa, permitiendo así la entrega de un curvado óptimo en cualquier tipo de perfil sin dañar su superficie.



Ilustración 16. Roladora Universal para perfiles. (Fuente: <http://www.gauchito.net/catalogo.asp>)

Roladora tipo zapato Tsih

Está formada por tres rodillos, dos de los cuales son los pequeños trasmiten el movimiento, permaneciendo fijos durante su funcionamiento y son graduables dependiendo del espesor del material, mientras que el tercer rodillo es el encargado de dar la curvatura del material gracias a su movimiento en dirección diagonal y su giro por rozamiento con el material, la entrada del material se lo hace por rodillos fijo, el movimiento es por medio de motores, cuya velocidad de giro de los rodillos se controla por un sistema de engranajes.



Ilustración 17. Roladora de zapato series Tsih. (Fuente: <http://www.dismamex.com.mx/imcar.html>)

Roladora de cuatro rodillos

Este tipo de roladoras tienen el rodillo superior fijo y los tres rodillos inferiores con movimiento independientes, lo que permite el precurvado en una sola vez teniendo como resultado diámetros perfectos.



Ilustración 18. Roladora de cuatro cilindros. (Fuente: <https://www.directindustry.es>)

Roladora hidráulica Tech

Es una roladora de placa de cuatro rodillos, el superior es fijo y los tres rodillos inferiores con movimiento independiente uno de los otros, lo que permite el precurvado en una sola vez teniendo diámetros perfectos. Dos rodillos tienen tracción y trabaja con dos motores y reductores hidráulicos, con paneles de mandos programables para un ciclo automático. Equipadas con un soporte de apertura y cierre hidráulico controlado desde el panel de mando, una velocidad de avance un soporte vertical con movimiento, reglas para escuadrar la estrada de los materiales



Ilustración 19. Roladora hidráulica Tech. (Fuente: <http://www.dismamex.com.mx/imcar.html>)

Roladora neumática Tech

Son roladoras de placa de cuatro cilindros, el rodillo superior es fijo y con movimiento del resto de los rodillos basculante, lo que permite el precurvado en una sola pasada. Dos rodillos son los que tienen la tracción (superior y pinzador) que trabajan con un motor y reductor eléctrico. Este modelo de roladoras tienen un panel de mandos programables para el ciclo automático. Equipadas con

soporte de apertura y cierre neumático, velocidad de avance, soporte vertical con movimiento manual, reglas para escuadrar la entrada de los materiales y protecciones de seguridad.



Ilustración 20. Roladora neumática Tech. (Fuente: <http://www.dismamex.com.mx/imcar.html>)

Roladora calandria para perfiles

Este tipo de roladora se caracteriza por tener tres árboles, en cada uno de ellos se encuentra un rodillo con la forma del tubo o perfil del que se quiera doblar. Este modelo trabaja por lo regular de forma hidráulica. Para lograr el correcto rolado de los materiales es importante decir que tanto la velocidad de los árboles como el espacio que existe entre los rodillos es ajustable.



Ilustración 21. Roladora calandria. (Fuente: https://www.disma.mx/roladora_de_perfiles.php)

1.4 Geometría de una roladora

El diseño adecuado de una de una roladora tiene una forma simétrica que se asemeja a un triángulo isósceles, el cual demanda tomar en cuenta diferentes parámetros, cálculos o geometrías en su esquema que son: interacción rodillos-pieza de trabajo, propiedades mecánicas del material, geometría del material, relación entre la geometría de la pieza y las propiedades mecánicas del material.

1.4.1 Parámetros geometría de una roladora

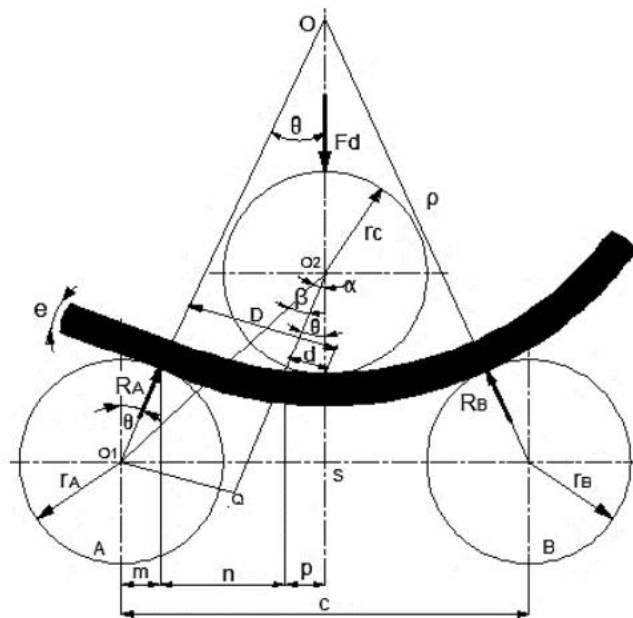


Ilustración 22. Esquema para el análisis de parámetros de rolado. (Fuente: Iza,2007)

Donde:

RA y RB: reacciones normales en los rodillos inferiores

ra , rb y rc: radio de los rodillos inferiores y superior

θ: ángulo de doblado comprendido entre la línea de simetría y línea de centros superior e inferior.

Fd: fuerza de doblado

m: distancia entre el punto de contacto del perfil en el rodillo inferior con el eje vertical del mismo rodillo

D: distancia entre el punto de contacto del perfil en el rodillo inferior y la línea de simetría

d: distancia entre el punto de contacto del perfil en el rodillo superior y la línea de simetría

c: distancia entre centros de los rodillos inferiores

1.4.2 Distancia entre centros

La distancia entre centros de los rodillos inferiores A y B la podemos obtener por medio de la siguiente ecuación:

$$D_B < C < 3(D_B + D_A) \quad (5)$$

Donde:

D_A y D_B : Diámetro de los rodillos inferiores

C : Distancia entre centros

1.4.3 Variación del ángulo (θ)

Se establece que el ángulo puede variar desde cero cuando no hay deformación hasta un máximo después de un proceso de doblado como se aprecia en la imagen.

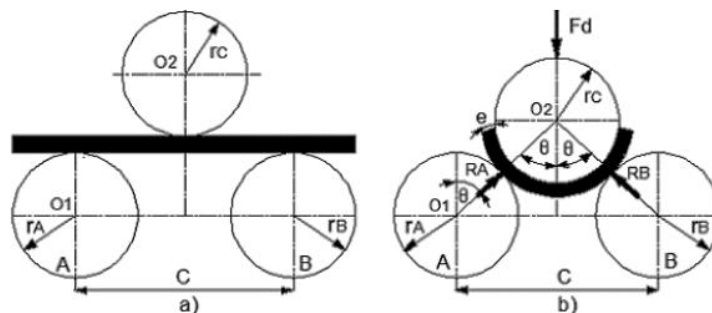


Ilustración 23. a) Elemento sin deformación. b) Elemento con ángulo máximo de doblado (Fuente: Guerrero, 2020)

El ángulo de doblado θ es:

$$\theta = \alpha - \beta \quad (6)$$

Cuando $\beta = 0$ se determina el ángulo máximo de doblado, donde se obtiene la siguiente expresiones por medio de un análisis geométrico:

$$\text{sen}\alpha = \frac{C/2}{O_1O_2} \quad (7)$$

Entonces:

$$\theta_{\max} = \text{sen}^{-1}\left(\frac{C}{2(r_c + r_A + e)}\right) \quad (8)$$

Otras expresiones obtenidas por análisis geométrico de la imagen son:

$$m = r * \text{sen}\theta \quad (9)$$

$$D = \frac{\left(\frac{C}{2} - m\right)}{\cos\theta} \quad (10)$$

$$d = r * \tan\theta \quad (11)$$

1.4.4 Fuerza de doblado (Fd)

El rodillo superior C transmite la carga a lo largo de un arco de circunferencia como se observa en la ilustración 22, por lo que se deduce una carga distribuida que cambia de acuerdo a la posición del rodillo superior y espesor del material como función del ángulo θ . Además, la fuerza transmitida se considera mayor al inicio del contacto y se mantiene a medida que el material se aproxima al eje de simetría. También se considera que la fuerza en el rodillo B es mínima más bien producto de la recuperación elástica del material ya que en teoría la pieza sale conformada desde el eje de simetría (Iza, 2007).

Aproximando por cuestiones de diseño a una carga distribuida tipo triangular como en la ilustración 24 y con la hipótesis que la fuerza de doblado se aplica en un extremo del eje de simetría, se determina una expresión matemática para obtener la fuerza de doblado.

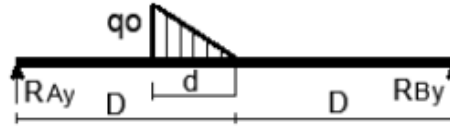


Ilustración 24. Diagrama de fuerzas. (Fuente: Guerrero, 2020)

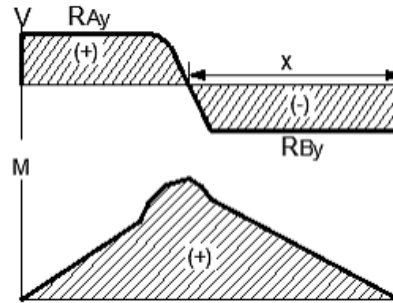


Ilustración 25. Diagrama de fuerza cortante y momento flector. (Fuente: Guerrero, 2020)

Del diagrama de fuerzas se obtiene la siguiente ecuación:

$$Fd = \frac{q_o * d}{2} \quad (12)$$

Al realizar la sumatoria de momentos en el punto B se obtiene:

$$R_{Ay} = \frac{q_o * d * (3D + 2d)}{12D} \quad (13)$$

Al realizar sumatoria de fuerzas se obtiene:

$$R_{By} = \frac{q_o * d * (3D - 2d)}{12D} \quad (14)$$

De la ilustración 22 obtenemos las siguientes expresiones:

$$R_A = \frac{R_{Ay}}{\cos\theta} \quad (15)$$

$$R_B = \frac{R_{By}}{\cos\theta} \quad (16)$$

El momento máximo en la ilustración 25 se encuentra en el punto:

$$x = D + \frac{2d}{3} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{d}{3D}} \quad (17)$$

Por lo tanto:

$$M_{max} = R_B * x = \frac{R_{By}}{\cos\theta} * x \quad (18)$$

$$M_{max} = \frac{q_o d(3D - 2d)}{12D \cdot \cos\theta} * \left(D + \frac{2d}{3} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{d}{3D}} \right) \quad (19)$$

Al reemplazar la ecuación 12 en la ecuación 19 se obtiene $M_{max} = MP$ (Momento plástico).

$$M_{max} = \frac{Fd(3D - 2d)}{6D \cdot \cos\theta} * \left(D + \frac{2d}{3} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{d}{3D}} \right) \quad (20)$$

Al despejar la fuerza de doblado se obtiene la siguiente ecuación:

$$Fd = \frac{6D * \cos\theta * M_{max}}{(3D - 2d) * \left(D + \frac{2d}{3} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{d}{3D}} \right)} \quad (21)$$



A partir de la fuerza de doblado se puede obtener la fuerza requerida para el funcionamiento de la roladora, que es el punto de partida para la selección del motor a ocupar.

1.5 Parámetros de las propiedades mecánicas del material

Tiene que ver con la ductilidad y el límite de fluencia determinantes para la fuerza de doblado. En términos generales cualquier material dúctil que puede ser conformado en frío por otro proceso puede ser doblado en las roladoras de rodillos (Ordoñez, 2011).

De los innumerables parámetros que presentan las propiedades mecánicas de los materiales, el límite de fluencia es el que más interesa para el cálculo de la fuerza de doblado. S_y = Límite de fluencia

1.5.1 Parámetros de la geometría del material

En la geometría del material interesan los parámetros de forma que tienen que ver con la sección transversal, en base a que se puede obtener el módulo plástico. Para mejor comprensión la geometría de las secciones transversales se les puede dividir en simétricas y asimétricas.

Las secciones transversales simétricas son todas aquellas que tienen por lo menos dos ejes de simetría. En el caso de doblado se necesita que dichos ejes sean perpendiculares entre sí.

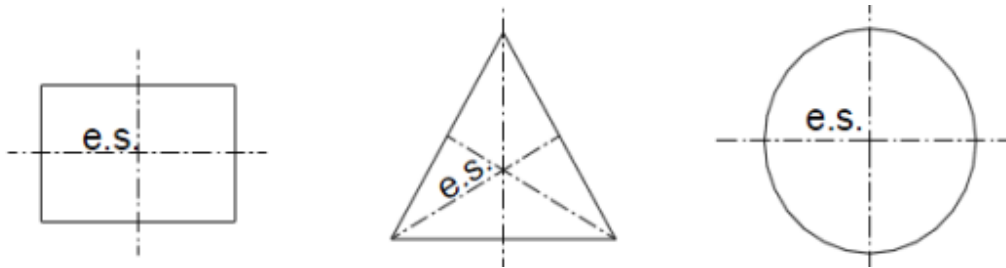


Ilustración 26. Figuras simétricas. (Fuente: Gangotena, 1986 "Análisis del Doblado con Rodillo")

El triángulo equilátero es simétrico, pero sus ejes de simetría no son perpendiculares entre sí.

1.5.2 Relación de la geometría de la pieza y las propiedades mecánicas del material

De necesario interés para la obtención del momento límite por flexión, siendo el parámetro de mayor interés el de momento límite. El doblado se produce gracias a la deformación plástica del material bajo una sollicitación de flexión.

Una representación idealizada se muestra en el diagrama en el cual una vez que se alcanza la fluencia en el punto y, la deformación continua sin ningún aumento posterior a la tensión aplicada inicialmente. Un material que se ajusta a esa curva se considera electo-plástico perfecto y bajo esta hipótesis, el estudio se ve facilitado debido a que las tensiones serán proporcionales a las deformaciones, hasta cuando la tensión máxima alcanza el valor de límite de fluencia (Iza, 2007).

Posteriormente todo incremento del momento aplicado, tendrá como contra partida no un incremento de la tensión máxima, sino una propagación de la fluencia de afuera hacia adentro. Correspondiéndose con la propagación de la fluencia o toda la sección transversal, teniéndose un valor límite para el momento interno generado en la sección transversal a partir de la cual toda deformación adicional se consigue sin aumento de momento aplicado.

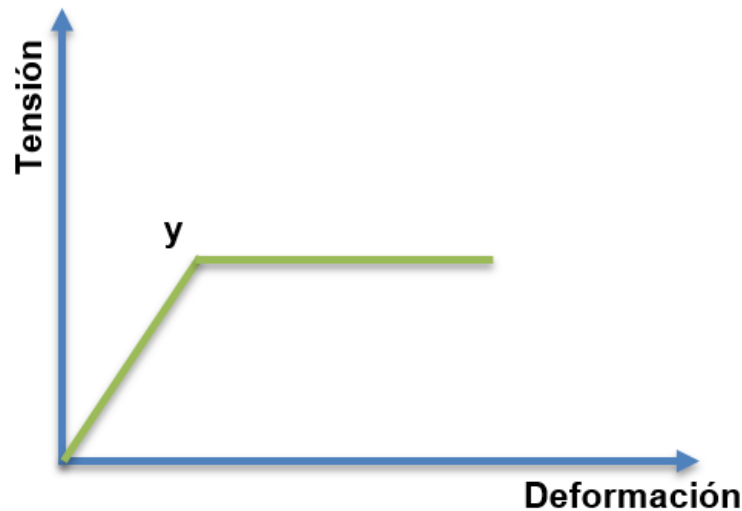


Ilustración 27. Curva tensión - Deformación. (Fuente: Elaboración propia)

1.5.3 Acero estructural

El acero es una aleación que se obtiene principalmente de la mezcla del hierro y el carbono. De igual manera combina otros elementos tales como el silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que, aunque estos se encuentran en cantidades mínimas, son los que al final le proporcionan distintas características (Aceromafe, 2022).

Con el término de acero estructural especificamos a un grupo de aceros diseñados para construir estructuras de edificios o componentes para maquinarias.

Acero ASTM A1011

Es uno de los aceros más ampliamente utilizados en el mundo, en la confección y diseño de estructuras metálicas, viene principalmente en láminas o bobinas, que son obtenidas mediante un proceso de rolado en caliente. Pertenecen a los aceros de baja aleación y alta resistencia mecánica (Luz, 2020).

Propiedades

- Esfuerzo a la fluencia mínimo: 310 MPa (45 000 PSI)
- Esfuerzo a la tensión: 380 MPa (55 000 PSI)
- Elongación mínima en 50 mm (2"): 21%
- Densidad: 7.85 g/cm³ (0.284 lb/in³)
- Módulo de elasticidad: 190 GPa (27557 ksi) - 210GPa (30458 ksi).
- Límite Elástico: 36 ksi (250 MPa) min

1.6 Motores Eléctricos



1.6.1 Generalidades

Los motores eléctricos son máquinas rotatorias que aprovechan la energía eléctrica que reciben para transformarla en energía mecánica. Operan primordialmente en base a dos principios:

De inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor (Ledesma, 2015).

El principio que André Ampère observó en 1820, en el que establece que, si una corriente pasa a través de un conductor que se encuentra en el interior de un campo magnético, este ejerce una fuerza mecánica o fuerza electromotriz (f.e.m.), sobre el conductor (Ledesma, 2015).

Esta acción produce energía mecánica que es transmitida al exterior mediante la flecha que está colocada en el motor, permitiendo de este modo aprovechar la energía para producir trabajo mecánico.

1.6.2 Motores de corriente continua (CD)

Denominados también como motores de corriente directa es una máquina que convierte energía eléctrica en energía mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético. Los componentes de un motor de corriente continua se dividen en dos partes:

- **Estator:** parte que da soporte mecánico al aparato y contiene los polos de la máquina, que pueden ser devanados de hilo de cobre sobre un núcleo de hierro o imanes permanentes.
- **Rotor:** es un componente generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente continua a través del colector formado por delgas. Las delgas se fabrican generalmente de cobre y están en contacto alternante con las escobillas fijas.

Este tipo de motor se alimenta de corriente directa utilizando la corriente eléctrica que le es suministrada en un solo sentido de manera continua. El motor está formado internamente por una armadura que no es más que la bobina enrollada en el núcleo de hierro (llamada inducido).

Una vez que la corriente directa se conecta a las escobillas, éstas son capaces de suministrar la corriente al colector que a la vez hace contacto con el conmutador de la armadura. El conmutador es un elemento que actúa como un interruptor que cambia la dirección del flujo de corriente en la bobina según el giro de esta.

La corriente eléctrica fluye de la fuente al motor a través de la bobina pegada al conmutador y retorna a la fuente en un ciclo ininterrumpido. Los cables de la bobina que se encuentran sometidos

a la circulación de la corriente, experimentan un campo electromagnético debido a la polaridad de la corriente, esto a su vez genera una fuerza en la presencia del campo magnético (Ledesma, 2015). Este fenómeno produce fuerzas de repulsión y atracción entre los polos magnéticos generados por la bobina en la parte del rotor y la bobina de campo que pertenece al estator, esto genera una media vuelta de la bobina dentro del devanado inducido que es completada posteriormente debido a que el conmutador cambia cada media vuelta el sentido de circulación de la corriente, modificando a su vez las polaridades del conductor lo que le permite completar el ciclo de giro ya que las polaridades de este y las de campo magnético generado en el estator coinciden cada vez que la corriente circula.

Este ciclo se repite una y otra vez proporcionando así un movimiento continuo del inducido (rotor). Por último, por medio de arreglos mecánicos se transmite la energía mecánica a otros dispositivos para producir trabajo o movimiento.

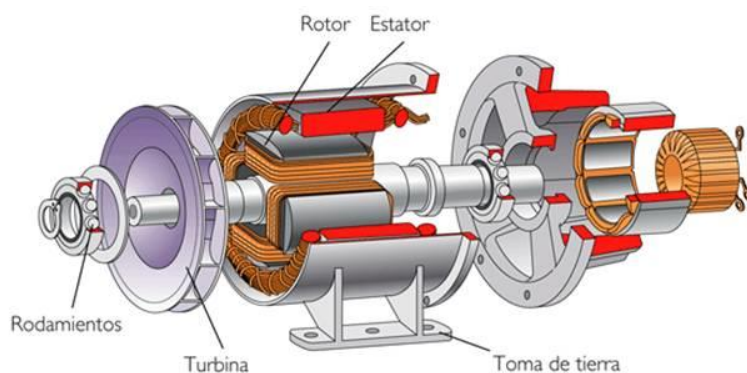


Ilustración 28 Componentes de un Motor CD. (Fuente: Itmechatronics.weebly.com)

Aplicaciones de los motores CD

Debido a sus características, los motores de corriente continua pueden ser empleados en numerosas aplicaciones, algunas de ellas pueden ser:

- Bombas a pistón.
- Torques de fricción.
- Herramientas de avance.
- Tornos.
- Bobinadoras.
- Fresadoras.
- Máquinas de molienda.
- Máquinas textiles.
- Grúas y guinches.
- Pórticos.

1.6.3 Motores de Corriente Alterna (AC)

Un motor de corriente alterna es un tipo habitual de motor eléctrico impulsado por un flujo de electrones que va y viene a intervalos regulares o en ciclos. Los motores AC ofrecen un método relativamente eficiente para producir energía eléctrica en energía mecánica a partir de una simple señal de entrada eléctrica. La principal diferencia entre los motores AC y los de CD es que funcionan específicamente con corriente alterna.

Una carga o corriente alterna es aquella cuyo sentido de circulación por un circuito se invierte a intervalos regulares. Este peculiar cambio de sentido de la corriente también implica un cambio periódico de la tensión en un circuito AC. Mientras que en la corriente directa solo circula en un sentido por un circuito y, por lo tanto, la tensión en un circuito DC permanece relativamente constante (RS, 2019).

Las corrientes AC y/o los motores de corriente alterna, utilizan un dispositivo denominado alternador para producir este cambio de sentido alternante. Un alternador es un tipo específico de generador eléctrico donde se genera típicamente un campo electromagnético (EMF) cuando la electricidad pasa por un eje giratorio (el rotor), que a su vez gira alrededor o dentro de un grupo estático de bobinas de hilo (el estator). El EMF resultante invierte el sentido, o la polaridad, cuando el rotor gira respecto al estator.

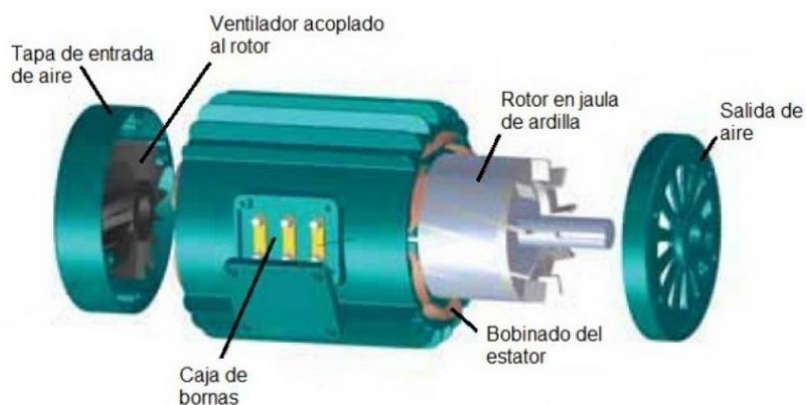


Ilustración 29. Componentes de un Motor AC. (Fuente: <https://www.pinterest.com.mx>)

Aplicaciones de los motores de AC

Debido a sus características constructivas, operación con alto rendimiento y adaptabilidad a todo tipo de ambiente, son utilizados en prácticamente todos los sectores de la industria, tales como:

- Minería (chancadoras, molinos, cintas transportadoras y otros).
- Siderurgia (laminadores, ventiladores, bombas y compresores).
- Papel y celulosa (extrusoras, picadoras, desfibradoras, compresores y refinadoras).
- Química y petroquímica (compresores, ventiladores, extractores y bombas).
- Cemento (chancadoras, molinos y cintas transportadoras).
- Goma (extrusoras, molinos y mezcladoras).
- En cualquier aplicación que requiera una velocidad constante no muy elevada

1.6.4 Motorreductor

Los motorreductores mecánicos de velocidad se pueden contar entre los inventos más antiguos de la humanidad y aún en estos tiempos del siglo XXI se siguen utilizando en una inmensidad de máquinas que tengan a la vista, desde el más pequeño reductor capaz de cambiar y combinar velocidades de giro en un reloj de pulsera, cambiar velocidades en un automóvil, hasta enormes motorreductores capaces de dar tracción en buques de carga, molinos de cemento, grandes máquinas cavadoras de túneles o bien en molinos de caña para la fabricación de azúcar.

Un motorreductor tiene un motor acoplado a un conjunto de engranes que permiten ajustar la velocidad y la potencia de este. Son comúnmente usados para aplicaciones donde se requiere un torque alto a una velocidad moderada. La sencillez del principio de funcionamiento y su grado de utilidad en una gran variedad de aplicaciones es lo que ha construido la trascendencia de este invento al través de los siglos.

1.6.5 Relación de reducción en un Motorreductor

El principio básico del funcionamiento de un reductor o motorreductor de velocidad se genera por la relación de los tamaños de los engranajes rotatorios en su sistema. Ejemplando esto supongamos que una rueda "A" tiene un diámetro de 5 cm por lo que su perímetro será entonces de 15.71 cm. Una rueda "B" de 15 cm de diámetro tendrá un perímetro de 47.13 cm (Fig. 1).

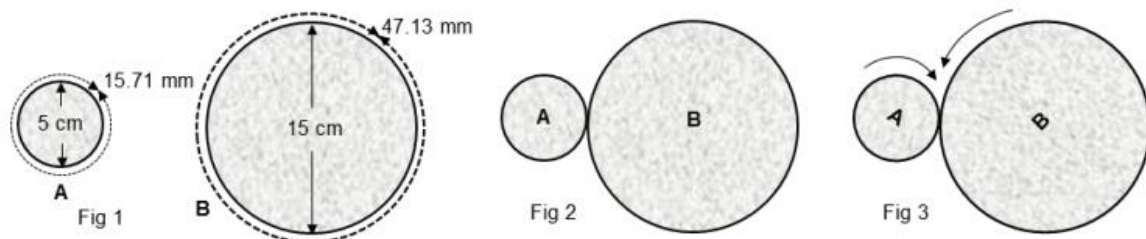


Ilustración 30. Ejemplificación relación de reducción. (Fuente: <https://uelectronics.com>)

Al estar en contacto (Fig. 2 y 3) cuando gira la rueda “A” hará que a su vez gire la rueda “B”, sin embargo, sucederá que por cada tres vueltas que dé “A”, la rueda “B” solamente dará una vuelta, esto es, el diámetro de “B” dividido por el diámetro de “A” ($15/5 = 3$). Este número 3 será la relación de reducción de este reductor o motorreductor elemental y se indica como 3:1.

Con este sistema de reducción no solamente disminuimos la velocidad de “B” a un giro más lento que es útil para la mayoría de las aplicaciones, sino que al mismo tiempo se estará aumentando el torque en la última rueda del motorreductor que generalmente se conoce como la rueda de salida a la que va ensamblada la flecha de salida.

1.6.6 Par o torque en un Motorreductor

El torque o par es una fuerza de giro cuyas unidades son kilogramos – metro, libra – pie, libras – pulgada, o Newton – metro, etc. Este torque o par mezclado con un tiempo de realización, aplicación o ejecución es entonces que se convierte en una potencia (Potencia electromecánica, 2016).

Un motor eléctrico tiene una determinada potencia en HP y tiene una cierta velocidad de operación a la cual gira la flecha de salida. Estas dos características: Velocidad y Potencia llevan aparejado un cierto torque que puede liberar el motor.

Es precisamente el par lo que permitirá que podamos o no girar una determinada carga, cuanto más alto sea más grande será la carga que podamos girar. El que tan rápido podamos hacerlo dependerá de la potencia del motorreductor. Las dos características están interrelacionadas y dependen una de la otra (Potencia electromecánica, 2016). Esta combinación de potencia, par y velocidad en un motor o motorreductor está regida por la siguiente fórmula:

$$T = \frac{HP \times 716}{RPM \text{ (salida)}} \quad (22)$$

1.6.7 Clasificación de los motorreductores

Con base en la construcción interna de la caja de engranajes se pueden clasificar en 3 tipos:

Ejes paralelos

El eje del motor y del motorreductor están en planos paralelos, esta disposición permite conseguir cajas reductoras muy planas, idóneas para aplicaciones donde existan limitaciones de espacio.



Ilustración 31. Motorreductor de ejes paralelos. (Fuente:)

Planetarios

El motorreductor planetario cuenta con una estructura compuesta por un engrané central o sol, múltiples engranajes llamados satélites o planetas, los cuales están ubicados alrededor del eje central y un anillo o corona exterior. Un reductor planetario es de precisión cuando el juego que hay en la conexión entre los dientes internos de los diferentes engranes es prácticamente inapreciable.

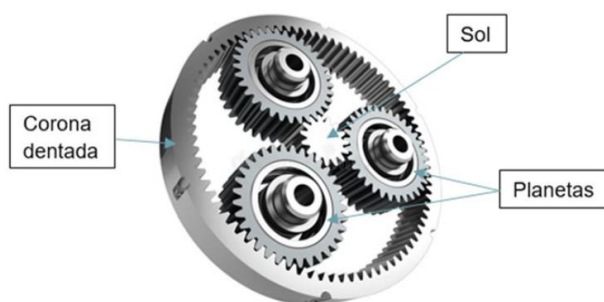


Ilustración 32. Componentes de un reductor Planetario. (Fuente: <https://www.wittenstein.es/>)



Ilustración 33. Motorreductor sistema planetario. (Fuente: <https://uelectronics.com/>)

Angulares

Este tipo se caracteriza por el hecho de que el eje de entrada y el eje de salida son ortogonales, es decir, forman un ángulo de 90°.



Ilustración 34. Motorreductor angular. (Fuente: <https://uelectronics.com/>)

Dependiendo del tipo de motor, ya sea de CA o CD, pero los más comunes son los motores trifásicos asíncronos o los servomotores síncronos de imán permanente.

1.6.8 Sumitomo Drive Technologies

Es una empresa con 75 años de historia, de origen germano-japonesa dedicada a la fabricación de reductores Cyclo, Hipónico, Paramax y a la reparación de productos de su marca y otras de origen europeo y estadounidense. Hoy en día, la empresa conforma un portafolio de productos diseñada para ofrecer soluciones integrales a las distintas industrias en el mundo.

Sumitomo Cyclo

El diseño tipo cycloidal del Cyclo, cuenta con ventajas superiores a cualquier reductor de velocidad que emplean engranajes con dientes. Los componentes del Cyclo operan por compresión, no por fricción. A diferencia de los engranajes con dientes y con puntos de contacto limitados, el Cyclo cuenta con dos tercios de sus componentes de reducción en contacto permanente. Este diseño le permite a los reductores de velocidad y a los motorreductores Cyclo soportar cargas de choque que superan el 500% de las capacidades nominales y brindan una confiabilidad y durabilidad excepcionales en las aplicaciones más severas (Sumitomo Drive Technologies, 2020).

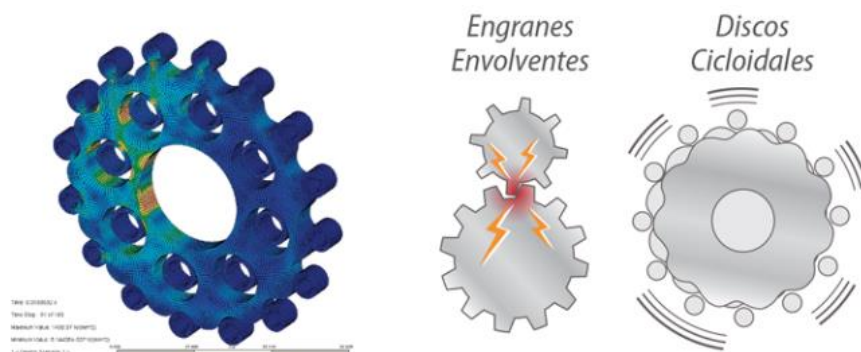


Ilustración 35. Engranajes y discos de un reductor Cyclo. (Fuente: <https://latam.sumitomodrive.com>)

Algunas de sus características que nos brindan este modelo son:

- Transmisión de potencia colineal tanto como reductores y motorreductores.
- Operación silenciosa, eficiente y confiable con alta densidad de par de torsión y tamaños compactos.
- Carcasas de hierro fundido intercambiables, con configuraciones de montaje horizontales, verticales, o con brida frontal.
- Mínima vibración, bajo nivel de ruido, poco juego entre lobulos de los discos cicloidales y larga vida operativa

1.7 Sistemas de transmisión de potencia

1.7.1 Generalidades

Los sistemas de transferencia de potencia tienen un objetivo fundamental en las máquinas, ya que se encargan de transferir un movimiento de un punto de origen a un punto de llegada. Existen grandes cantidades de sistemas de transmisión de potencia cada uno con sus ventajas y desventajas según sea la utilización.

Los sistemas de transmisión de potencia tienen como objetivo llevar, a los diferentes elementos de una máquina, una potencia (movimiento), producido por elemento motriz (motor) de tal forma que la maquina pueda funcionar y cumplir la finalidad con la que fue construida (Avila, 2010).

Los elementos mecánicos más empleados para transmitir la fuerza y el movimiento a través de cadenas cinemáticas son: transmisión por rueda de fricción, transmisión por correa, transmisiones por cadena y engranajes, donde normalmente el movimiento que se trasmite es circular. Los elementos mecánicos pueden ir montados sobre los llamados ejes o arboles de transmisión.

Los ejes de transmisión son piezas cilíndricas de corta longitud que sirven de soporte a poleas, ruedas de fricción etc. Estos pueden ser fijos o móviles. Los árboles de transmisión son piezas cilíndricas más o menos largas que trabajan a torsión y flexión, son siempre giratorios.

1.7.2 Transmisión mediante ruedas de fricción

La transmisión de movimiento mediante ruedas de fricción se realiza poniendo en contacto dos ruedas, de manera que una (motriz) arrastra a otras (conducida) mediante la fuerza que provoca el rozamiento entre ambas para poder transmitir el movimiento, las ruedas han de estar en contacto ejerciendo una cierta presión una sobre otra.

El sentido de giro de la rueda conducida es contrario al giro de la rueda motriz. Por lo que si se requiere mantener el sentido de giro del motor se debe emplear un número impar de ruedas de fricción. Las ruedas de fricción pueden ser cilíndricas, cónicas o esféricas.

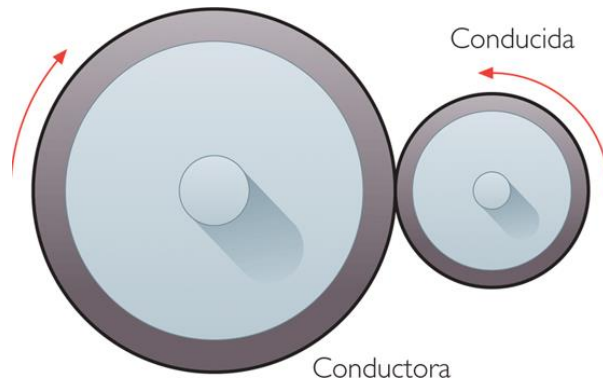


Ilustración 36. Rueda de fricción. (Fuente: <http://tecnoindustrialamd.weebly.com/>)

1.7.3 Transmisión por correa

Es un tipo de transmisión mecánica basado en la unión de dos o más ruedas, sujetadas a un movimiento de rotación, por medio de una cinta o correa continua colocada con tensión en dos poleas una motriz y otra movida. Al moverse la cinta transmite una energía desde la polea motriz a la polea movida por medio del rozamiento que surgen entre las correas y las poleas.

Este tipo de transmisión basa su funcionamiento por las fuerzas de fricción, esto las diferencias de otros medios flexibles de transmisión mecánicas.



Ilustración 37. Trasmisión por correa en torno de sobremesa. (Fuente: <https://www.cienciasfera.com/>)

Existen diferentes tipos de correas para llevar a cabo la transmisión del movimiento, pueden clasificarse según su forma de sección transversal.

Correas planas

Las correas planas se caracterizan por tener una sección transversal con forma rectangular. Fueron el primer tipo de correas de transmisión utilizadas, sin embargo, han sido sustituidas por las correas trapezoidales. Son todavía estudiadas porque su funcionamiento representa la física básica de todas las correas de trasmisión.



Ilustración 38. Correa plana. (Fuente: <https://www.cienciasfera.com/>)

Correas redondas o trapezoidales.

Este tipo de correas representa considerables ventajas sobre los otros tipos. Al tener su sección en forma de cuña tienden a clavarse en las acanaladuras de la periferia de la polea en la que van colocadas, evitando que la correa se salgas de dicha acanaladura. Logran ejercer mayor presión sobre la polea, logrando así evitar los resbalamientos de la correa sobre la polea y las pérdidas de velocidad fuerza.



Ilustración 39. Correa circular y trapezoidal. (Fuente: <https://www.cienciasfera.com/>)

Correas estriadas

Este tipo de correas permite pasar por poleas tanto por la cara estriada (de abajo) como por la cara plana inversa, permite recorridos mucho más largos y por lo tanto arrastrar muchos más sistemas. Actualmente están sustituyendo a las trapezoidales por su mejor desempeño en la transmisión de potencia de grandes pesos a velocidades altas.



Ilustración 40. Correa estriada. (fuente: <https://www.cienciasfera.com/>)

1.7.4 Transmisión por cadena

Los sistemas de transmisión por cadena se emplean para transmitir movimientos entre dos ejes que se encuentran alejados entre sí. Para transmitir el movimiento se montan unas ruedas dentadas

(sprockets) sobre ambos ejes los cuales se enlazan con una cadena que encaja en los dientes de las ruedas de tal forma que al girar una de ellas arrastre a la otra.

Se emplean cuando se tienen que transmitir grandes potencias con relaciones de transmisión reducidas entre ejes paralelos y no interese trabajar con engranes debido a la distancia entre árboles. Pueden transmitir fuerzas mucho mayores con ángulos de abrazamientos más pequeños que las transmisiones por correa, pero a menores distancias entre ejes.

La cadena está formada por diferentes eslabones, los cuales están constituidos a su vez por diferentes elementos que varían en forma y cantidad dependiendo del tipo de cadena.

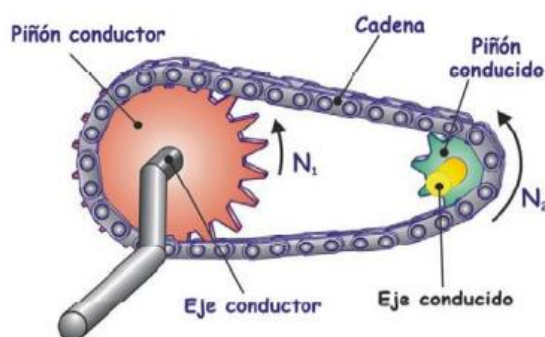


Ilustración 41. Sistema transmisión por cadena. (fuente: <https://www.edu.xunta.gal/>)

Cadenas de rodillos

Está formada por la unión alternativa de unos conjuntos que llamamos eslabones interiores y otros llamados eslabones exteriores. Los eslabones interiores se forman con dos placas o bridas interiores unidas por presión a dos casquillos, sobre los cuales giran libremente los rodillos de la cadena. Los eslabones exteriores se forman con placas o bridas exteriores unidas a dos ejes que se remachan lateralmente una vez incorporados a los eslabones interiores. Se consigue de esta manera un conjunto articulado denominado Cadena de Rodillos, formado por una secuencia de rodillos separados entre sí a una distancia constante llamada paso (Suministros Industriales y Recambios, s.l. , 2020). Puede acoplarse con suavidad a un piñón dentado ejerciendo una función de transmisión entre uno o más ejes que pueden estar distanciados, siendo ésta una de sus principales aplicaciones.

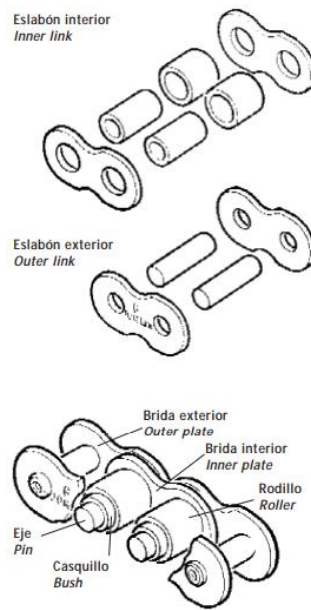


Ilustración 42. Componentes de una cadena de rodillos: (Fuente: www.SIR.es)

Cadenas múltiples o articuladas

Este tipo de cadenas pueden estar formadas por una o varias filas de rodillos, dispuestas paralelamente, constituyendo las llamadas cadenas dobles, triples, etc. El empleo de cadenas múltiples está muy extendido debido a que éstas pueden girar a velocidades tan altas como una cadena simple del mismo paso, y su capacidad para transmitir potencia se ve incrementada en relación con el número de filas de la cadena (Suministros Industriales y Recambios, s.l. , 2020). Las cadenas múltiples más empleadas son las de doble o triple fila de rodillos, aunque se pueden fabricar también con mayor número de filas.

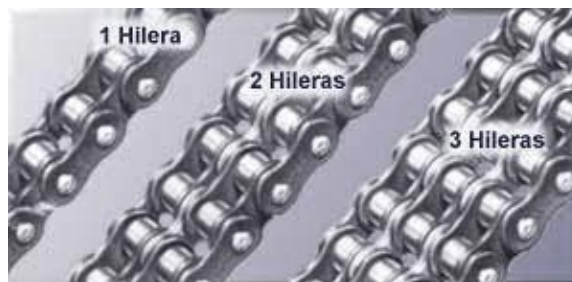


Ilustración 43. Cadenas múltiples. (Fuente: <http://www.portalelectromecanico.org/>)

1.7.5 Sistemas de engranajes

Son un mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica entre las distintas partes de una máquina. El sistema está formado por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y al menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo (Ligero, 2008).

Este tipo de sistema, posee una gran ventaja con respecto a las correas y poleas, por la reducción del espacio ocupado, relación de transmisión más estable, posibilidad de cambios de velocidad automáticos y una mayor capacidad de transmisión de potencia. Es un sistema reversible capaz de transmitir potencia en ambos sentidos.

En función de la forma de sus dientes y la del engranaje tenemos:

Engranajes rector

Son el tipo de engranajes más simple y sencillo que existe. Generalmente son utilizados para velocidades pequeñas y medianas; a grandes velocidades, si no son rectificados, o ha sido corregido su tallado, producen ruido cuyo nivel depende de la velocidad de giro que tenga.

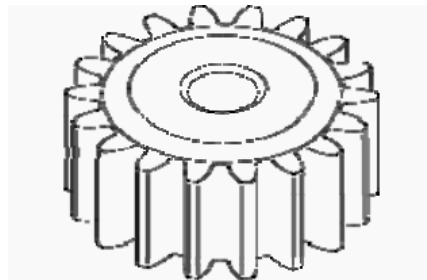


Ilustración 44. Engrane recto (Fuente: (Ligero, 2008))

Engranajes helicoidales

Los dientes de este tipo de engranaje siguen una trayectoria de hélices paralelas alrededor de un cilindro. Estos engranajes pueden transmitir movimiento entre ejes paralelos o ejes que se cruzan en cualquier dirección. Debido a su forma geométrica, su construcción resulta cara, por su utilización en aplicaciones específicas. La forma de sus dientes proporciona una marcha más suave, más silenciosa con una transmisión de fuerza y de movimiento más uniforme y segura.



Ilustración 45. Engrane Helicoidal (Fuente: (Ligero, 2008))

Engranajes cónicos

Este modelo de engrane es utilizado para transmitir movimiento entre ejes perpendiculares o en diferentes grados. La rueda dentada en forma de troncos de cono, con dientes tallados en una de en una de sus superficies laterales que pueden ser rectos, helicoidales o curvos.

Esta familia de engranajes soluciona la transmisión entre ejes que se cortan y que se cruzan. Son un elemento de maquinaria diseñado para generar un movimiento determinado a un seguidor por medio de un contacto directo. Son montadas sobre ejes rotativos.

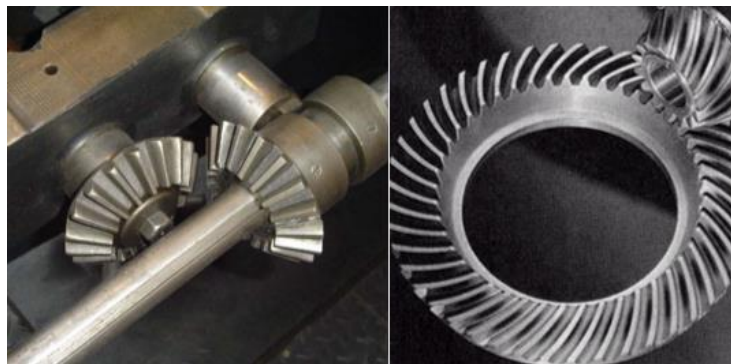


Ilustración 46. Engranajes cónicos. (Fuente: (Ligero, 2008))

1.7.6 Levas

Una leva es un elemento mecánico que sirve para impulsar a otro, llamado seguidor, para que éste desarrolle un movimiento específico. Tiene una superficie adecuada para transmitir potencia por contacto directo, transformando un movimiento de entrada conocido (usualmente rotatorio) en oscilación, traslación o ambos, del seguidor (Burstein, 2009).

Las levas desempeñan un papel muy importante dentro de la maquinaria moderna, y son elementos vitales en el funcionamiento de cualquier motor, ya que se encargan de transmitir movimiento y potencia. Las numerosas aplicaciones de este elemento van desde pequeños automatismos

mecánicos usados en juguetería, todo tipo de vehículos motorizados, hasta grandes máquinas industriales.

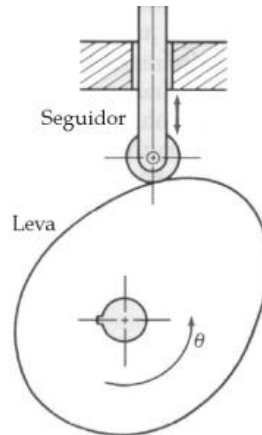


Ilustración 47. Montaje de una leva de disco y un seguidor de rodillo. (Fuente: (Burstein, 2009))

1.8 Teoría para el cálculo de la roladora

1.8.1 Conceptos estadísticos

Muestra

Es el espacio muestral del que se toma una muestra concreta, está formado por el conjunto de todas las posibles muestras que se pueden extraer de una población mediante una determinada técnica de muestreo.

$$n = X_1 + x_2 + x_3 + \dots + X_n \quad (23)$$

Media aritmética

Es el valor obtenido al sumar todos los datos y dividir el resultado entre el número total de datos.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (24)$$

Desviación estándar

Es una medida de extensión o variabilidad en la estadística descriptiva. Se utiliza para calcular la variación o dispersión en la que los puntos de datos individuales difieren de la media.

Una desviación baja indica que los puntos de datos están muy cerca de la media, mientras que una desviación alta muestra que los datos están dispersos en un rango mayor de valores.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (25)$$

Varianza

La varianza es una medida de dispersión que pretende capturar en qué medida los datos están en torno a la media. Cuando se tienen datos muy por encima y muy por debajo de la media, esta será menos representativa y se ve reflejado en una elevada varianza.

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (26)$$

1.8.2 Conceptos Mecánicos

Momento de inercia (I_x)

Es una medida de inercia rotacional de un cuerpo. Cuando el cuerpo gira en torno a un eje principal de inercia, la inercia rotacional puede ser representada como una magnitud escalar denominada momento de inercia. No obstante, en el caso más general posible la inercia rotacional debe presentarse por medio por medio de un conjunto de momentos de inercia y componentes que forman el llamado tensor de inercia.

$$I_x = \frac{b * h^3}{12} \quad (27)$$

Esfuerzo máximo

El esfuerzo por flexión es directamente proporcional a la distancia desde el eje neutro y al momento flexionante M . Sustitución en la ecuación $c = y_{\max}$.

$$\sigma = \frac{M * c}{I} \quad (28)$$

Radio de curvatura

$$r = \frac{E * I_x}{M} \quad (29)$$

Fuerza

Se comprende como fuerza a cualquier acción o influencia que es capaz de modificar el estado de movimiento de un cuerpo, es decir, de impedirle una aceleración a ese cuerpo.

$$F = m * a \quad (30)$$

Fuerza de rozamiento

La fuerza de fricción es la fuerza que existe entre dos superficies en contacto, que se opone al deslizamiento. Se genera debido a las imperfecciones, que en mayor parte son microscópicas, entre las superficies en contacto.

$$f_r = \mu * N \quad (31)$$

Relación de transmisión

La relación de transmisión (i) es una relación entre las velocidades de rotación de los engranajes conectados entre sí. Esta relación se debe a la diferencia de diámetros de las ruedas, que implica una diferencia entre las velocidades de rotación de ambos ejes.

$$i = \frac{d_{\text{catarina}}}{d_{\text{rodillo}}} \quad (32)$$

Torsión

Es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

$$T_{rod} = F_{rod} * r \quad (33)$$

Para determinar la ecuación es necesario determinar el momento de torsión T a partir de la potencia a transmitir y la velocidad del eje rotatorio. Para el sistema ingles gravitacional:

$$H = \frac{T_n}{63025} \quad (34)$$

Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante está relacionado con el área trasversal de un elemento que está sujeto a un par de fuerzas que apuntan en direcciones opuestas y que están aplicadas en el mismo punto de la estructura, que es perpendicular al eje de carga principal de la estructura.

$$\tau = \frac{16 * T}{\pi * d_r^3} \quad (35)$$

Esfuerzo axial

Es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones perpendiculares (normales) a la sección transversal de un prisma mecánico. Este tipo de sollicitación formado por tensiones paralelas está directamente asociado a la tensión normal.

$$\sigma = - \frac{4F}{\pi * d_r^2} \quad (36)$$

Esfuerzo de apoyo

Esta acción se presenta cuando un cuerpo sólido descansa sobre otro y le trasfiere una carga, en las superficies de contacto se desarrolla dicho esfuerzo. El esfuerzo de apoyo es una medida de la tendencia que tiene la fuerza aplicada de aplastar el miembro que lo soporta.

$$\sigma_b = \frac{6(0.38F)}{\pi * d_r * nt * p} \quad (37)$$

Esfuerzo de Von Mises

Este esfuerzo es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + [\sigma_y * -(\sigma_z)]^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6 (\tau_{xy})^2 \right\}^{1/2} \quad (38)$$

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + (\sigma_z)}{2} + / - \sqrt{\left[\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2} \right]^2 + \sigma_{xy}^2} \quad (39)$$

Esfuerzo equivalente

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)} \quad (40)$$

Factor de seguridad

El coeficiente de seguridad es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por dicha razón es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad (41)$$

Esfuerzo flector

$$\sigma_f = \frac{32 * M_f}{\pi * d^3} \quad (42)$$

Momento flector

Aquel momento de fuerzas que resulta de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una palanca que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.

$$M_f = F_m * I_p \quad (43)$$

Momento de fuerza

El momento de fuerza (M) generado en el eje pedalier es el resultado del producto de la fuerza perpendicular generada sobre el pedal (F, multiplicado por la longitud de biela (L):

$$M = F_m * L_o \quad (44)$$

Carga recomendada

$$F_i = A_T * s_p * 0.75 \quad (45)$$



Carga axial

Es aquella que aparece como resultante de un sistema de cargas, misma que transcurre por el eje centroidal de la sección del elemento cargado ya sea en tensión o compresión.

$$Fa = \frac{T_{cat}}{r_{cad}} \quad (46)$$

2. Desarrollo

2.1 Propuestas de solución

2.1.1 Características de la propuesta A

Como primera idea de solución se nos pidió hacer la modificación tratando de mantener la mayor parte de los elementos de la roladora de origen. Se propuso ocupar un motorreductor existente en el almacén de la empresa con características mostradas en la en la imagen 47:



Ilustración 48. Placa de datos motorreductor opción A. (Fuente: propia)



Ilustración 49. Motorreductor opción A. (Fuente: Propia)

El sistema de transmisión de potencia elegido fue el de cadena, el paso de la misma fue seleccionada debido a que ya se tenía el sprocket 80 A9 1, por lo que con la finalidad de ocupar y gastar menos en comprar materiales se consideró.

Actividades realizadas

- Se realizó esta propuesta iniciando montado la base del motor en la parte intermedia de la base de la máquina.
- En la flecha del motorreductor se fijó el sprocket 80 A9 1.
- Se incorporaron los sprockets en los rodillos inferiores de la roladora y a su vez se unieron con la cadena de transmisión.
- Se realizó la instalación se sistema de control

Evaluación propuesta A



Ilustración 50. Análisis del modelo opción A. (Fuente: Propia)

Lo que obtuvimos al realizar esta propuesta fue un equipo funcional en cuestión al sistema de control. La máquina trabajaba en base a su funcionamiento y finalidad rolado los materiales sin embargo se presentaron características no favorables las cuales fueron:

- La velocidad que se tenía en los rodillos superiores era de aproximadamente 18 rpm, considerada algo rápida para los operarios siendo un poco susceptibles a poder provocar algún accidente.
- Por la misma velocidad del equipo, los rolados de las piezas no eran de forma uniforme.
- La cadena presentaba una falta de tensión por lo que era susceptible a salirse de los dientes de los sprockets.

Por lo que se llegó a la conclusión de realizar mejoras y cambios en algunos elementos para poder evitar estas ineficiencias

2.1.2 Características de la propuesta B

Siguiendo con la idea inicial de la propuesta A se buscó un nuevo motorreductor el cual nos brindara una menor cantidad de rpm en los rodillos inferiores del equipo, se buscaron los elementos faltantes

(Sprockets y material) para los nuevos requerimientos en la transmisión de potencia y se propuso hacer un sistema tensor para la cadena.

Características del motor empleado

- El motorreductor que se consiguió fue de la marca Sumitomo SM CYCLO, modelo 2-3160DCY-B-273
- Potencia 2HP
- Motor de corriente alterna
- Trifásico
- Puede trabajar en dos corrientes de voltaje 230 y 460
- 60 Hertz
- M.AMP 6.07 en corriente baja y 3.04 en corriente alta
- Velocidad del motor es de 1740 rpm
- Reducción 1:273
- Velocidad de salida 6.41 rpm
- B. Torque 11 FT-LB



Ilustración 51. Placa de datos motorreductor opción B. (Fuente: Propia)

Las descripciones de siguientes apartados van en relación a la propuesta de la opción B.

2.2 Enfoque

Para el presente proyecto se realizará el análisis con la pieza “STUB SILL BELLY FLASHING” código 100032024, material PL ASTM A1011/A SS GR 36 con un espesor de 2/16. Se trabajará con variables cuantitativas respecto al tiempo, cantidad y ahorro que se tiene para rolar de la forma manual antes de realizar las modificaciones y después de realizarlas para obtener el valor de la mejora que se obtuvo.

Planos de la pieza STUB SILL BELLY FLASHING.

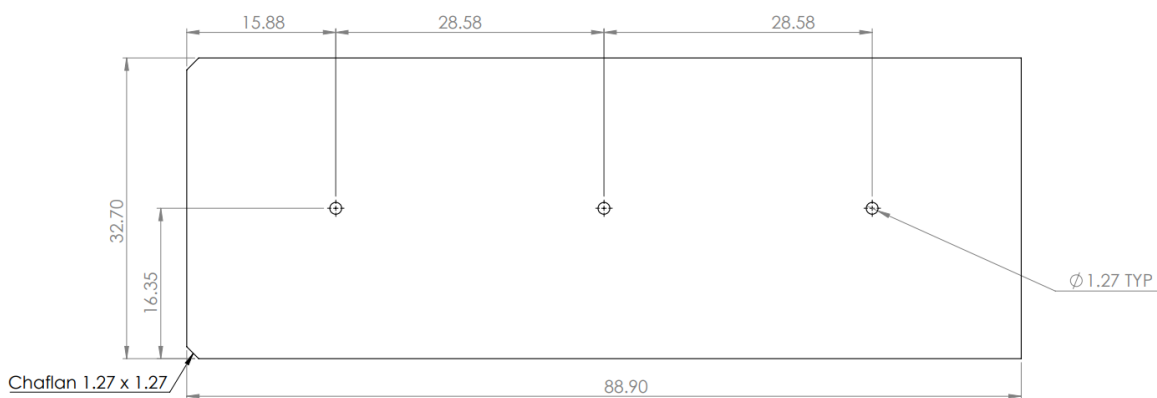


Ilustración 52. Plano de la pieza antes de rolar. (Fuente: Propia)

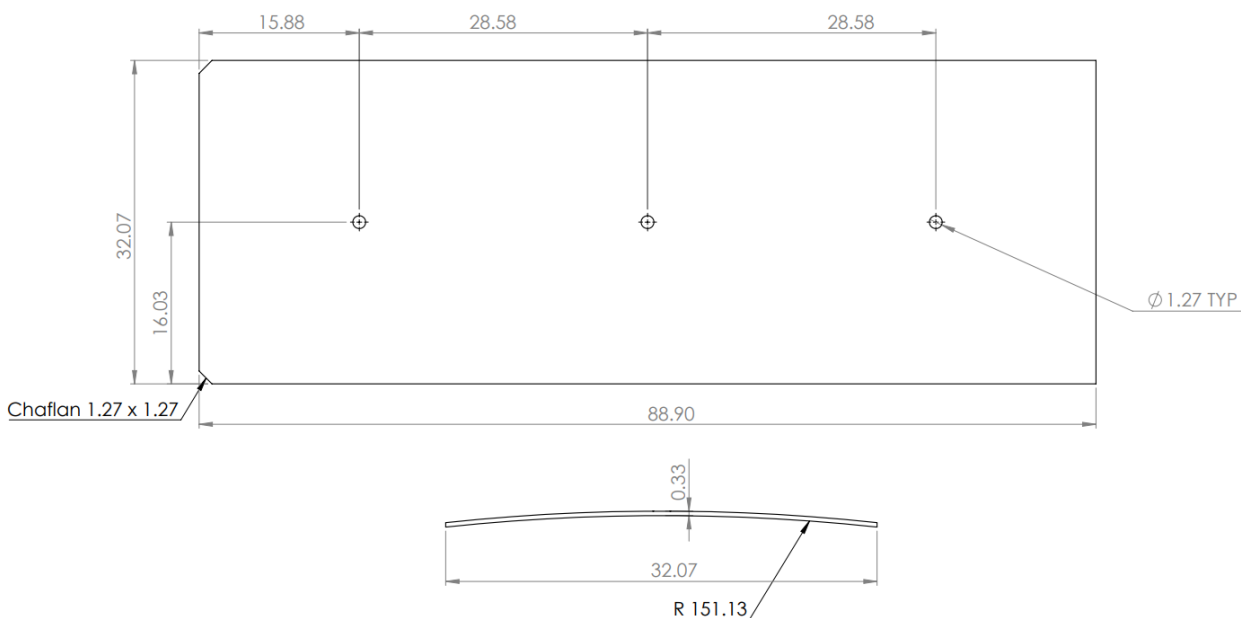


Ilustración 53. Plano de pieza después de rolar. (Fuente: Propia)

2.3 Análisis del tiempo y calidad en proceso de rolado.

Para esta tarea se explica el estudio que se realizó en la toma de las variables de tiempo y uniformidad en las piezas STUB SILL BELLY FLASHING, en la manera manual en cómo se encontró la roladora y una vez que se realizó la modificación.

Datos generales

- Tipo de acero. ASTM A1011/A SS GR36
- Número de piezas para doblar: 15 piezas
- Dimensión de la pieza: 88.9 cm x 32.70 cm
- Espesor de lámina: 2/16 in
- Instrumento de medición de longitudes: Flexómetro y vernier
- Instrumento de medición del tiempo: Cronometro

2.3.1 Análisis del proceso de rolado de *manera* manual.

No de Pieza	Tiempo cronometrado de rolado (minutos)	Medida en la sección de rolado (cm)
1	1,52	32.10



2	1,36	32.08
3	1,57	32.10
4	1,35	32.05
5	1,44	32.10
6	1,38	32.09
7	1,34	32.05
8	2,01	32.09
9	1,50	32.10
10	1,32	32.10
11	1,40	32.05
12	1,33	32.10
13	1,40	32.10
14	1,47	32.08
15	2,04	32.10

Tiempo promedio

$$\text{Tiempo } \bar{x} = \frac{22.43}{15}$$

$$\text{Tiempo } \bar{x} = 1.49$$

Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{1.890}{14}}$$

$$S = \sqrt{0.135}$$

$$S = 0.36$$



Varianza

$$S^2 = \frac{1.890}{14}$$

$$S^2 = 0.135$$

Datos calculados

Símbolo	Dato	Resultado
n	Muestra	15
$\bar{x}$	Promedio	1.49
S	Desviación Estándar	0.367
S^2	Varianza	0.135

Medida Promedio

$$Medida \bar{x} = \frac{481.30}{15}$$

$$Medida \bar{x} = 32.08 \text{ cm}$$

Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{0.0061}{14}}$$

$$S = \sqrt{0.00043571}$$

$$S = 0.0208$$

Varianza

$$S^2 = \frac{0.0061}{14}$$

$$S^2 = 0.00043571$$

Datos calculados

Símbolo	Dato	Resultado
---------	------	-----------



n	Muestra	15
$\bar{x}$	Promedio	32.08
S	Desviación Estándar	0.0208
S^2	Varianza	0.00043571

Tabla generalidades del proceso de rolado de la pieza STUB SILL BELLY FLASHING en la forma manual.

Proceso de rolado manual de lámina de acero ASTM de espesor 2/16 in

Característica	Descripción
Personal requerido	Se requiere de al menos tres personas para realizar este trabajo , dos de ellas en cada extremo de la roladora aplicando la fuerza en la manivelas de cada rodillo inferior y una en medio aplicando una fuerza de empuje para introducir el material entre los rodillos.
Tiempo requerido	Intermedio alto debido a que se complica la coordinación para introducir el material y porque se requiere dar varias pasadas a la pieza para lograr obtener el ángulo de curvatura deseado.
Calidad del producto	Variación en distancias finales de 1 a 2 mm.
Riesgo	Operador expuesto a golpes y machucones por no tener la maquina anclada al piso y por la fuerza de empuje que dicha acción conlleva.

2.3.2 Análisis del proceso de rolado después de la modificación.

No de Pieza	Tiempo cronometrado de rolado (minutos)	Medida en la sección de rolado (cm)
1	1,01	32.08
2	1,05	32.08
3	0,57	32.05
4	1,10	32.09



5	1,03	32.10
6	1,08	32.09
7	1,00	32.08
8	1,12	32.09
9	0,59	32.10
10	1,09	32.07
11	1,07	32.07
12	1,11	32.05
13	1,15	32.07
14	1,05	32.08
15	1,13	32.09

Tiempo promedio

$$\text{Tiempo } \bar{x} = \frac{15.15}{15}$$

$$\text{Tiempo } \bar{x} = 1.01$$

Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{0.1772}{14}}$$

$$S = \sqrt{0.0126}$$

$$S = 0.112$$

Varianza

$$S^2 = \frac{0.1772}{14}$$

$$S^2 = 0.0126$$



Datos calculados

Símbolo	Dato	Resultado
n	Muestra	15
$\bar{x}$	Promedio	1.01
S	Desviación Estándar	0.112
S^2	Varianza	0.0126

Medida Promedio

$$Medida \bar{x} = \frac{481.19}{15}$$

$$Medida \bar{x} = 32.07 \text{ cm}$$

Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{0.0046}{14}}$$

$$S = \sqrt{0.0003285}$$

$$S = 0.0181$$

Varianza

$$S^2 = \frac{0.0046}{14}$$

$$S^2 = 0.0003285$$

Datos calculados

Símbolo	Dato	Resultado
n	Muestra	15
$\bar{x}$	Promedio	32.07
S	Desviación Estándar	0.0181
S^2	Varianza	0.0003285

Tabla generalidades del proceso de rolado de la pieza STUB SILL BELLY FLASHING después de la modificación.

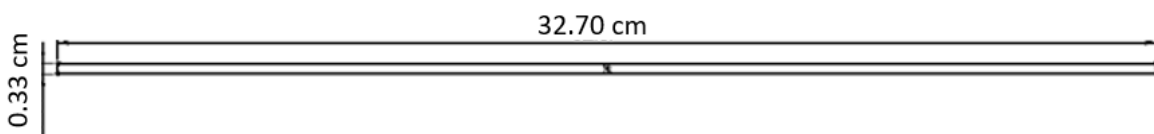
Proceso de rolado en lámina de acero ASTM de espesor 2/16 in

Característica	Descripción
Personal requerido	Se requiere una personas para realizar este trabajo
Tiempo requerido	El tiempo requerido es intermedio bajo, se demora uno más en comparar y verificar que la medida de doblado sea la adecuada, pero únicamente en la primera pieza una vez que ya se tiene verificada este suele ser menor en las siguientes piezas.
Calidad del producto	Variación menor en distancias finales y mejor uniformidad de doblado en la superficie de las piezas.
Riesgo	Operador expuesto machucones. Desperdiciar material por mala introducción de la pieza en el equipo.

2.4 Calculo de parámetros para la fuerza de doblado

2.4.1 Calculo de momento plástico del elemento

Utilizando la ecuación 3 del momento plástico y sabiendo que el análisis es únicamente para el rolado de láminas de metal se obtiene el momento plástico de la pieza STUB SILL BELLY FLASHING siguiendo la tabla de módulos de sección (Z) de diferentes perfiles del Anexo C.



$$Z = \frac{0.3270 \text{ m} * (0.0033 \text{ m})^2}{4}$$

$$Z = 0.0000008903 \text{ m}^3$$

$$Mp = 8.903^{-7} \text{ m}^3 * 250 \text{ Mpa}$$

$$Mp = 222.5643 \text{ N} \cdot \text{m}$$

2.4.2 Distancias entre centros de los rodillos inferiores

A partir de la ecuación 5 y considerando un diámetro de rodillos $D1=D2=12.7$ cm determinamos la distancia entre centros (C) de los rodillos inferiores.

$$12.7 < C < 3(12.7 + 12.7)$$

$$12.7 < C < 50.8$$

La longitud entre ejes de los rodillos inferiores es de 18.4 cm, por lo que se encuentra dentro del parámetro que establece la formula.

2.4.3 Fuerza de doblado (Fd)

Al remplazar la distancia entre centros (C) y el radio de los rodillos (r) en la ecuación 8 obtenemos el ángulo máximo de doblado.

$$\theta_{max} = \text{sen}^{-1}\left(\frac{18.4}{2(6.35 + 6.35 + 0.33)}\right)$$

$$\theta_{max} = \text{sen}^{-1}(0.7060)$$

$$\theta_{max} = 44.9^\circ$$

De la ecuación 9 obtenemos la distancia entre el punto de contacto del perfil en el rodillo inferior con el eje vertical del mismo rodillo.

$$m = 0.0635 \text{ m} \cdot \text{sen } 44.9^\circ$$

$$m = 0.448 \text{ m}$$

De la ecuación 10 obtenemos la distancia entre el punto de contacto del perfil con el rodillo inferior y la línea de simetría.

$$D = \frac{(\frac{0.184 \text{ m}}{2} - 0.0448 \text{ m})}{\cos 44.9^\circ}$$

$$D = 0.06663 \text{ m}$$

De la ecuación 11 obtenemos la distancia entre el punto de contacto del perfil con el rodillo superior y la línea de simetría

$$d = 0.0635 * \tan 44.9^\circ$$

$$d = 0.0632 \text{ m}$$

Al remplazar estos valores en la ecuación 21 se obtiene la fuerza de doblado que se requiere para el

$$Fd = \frac{6(0.06663) * \cos 44.9^\circ * 222.5643 \text{ N} * m}{(3(0.06663) - 2(0.0632)) * \left(0.06663 + \frac{2(0.0632)}{3} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{0.0632}{3(0.06663)}}\right)}$$

$$Fd = 10,125.9094 \text{ N}$$

2.5 Calculo de parámetros para la potencia requerida

2.5.1 Reacciones y fuerza de rozamiento

A partir de la fuerza de doblado obtenida en el punto anterior y reemplazándola en la ecuación 12 se logra obtener el valor de q_o (N/m).

$$q_o = \frac{2 * 10,125.9094 \text{ N}}{0.0632 \text{ m}}$$

$$q_o = 320,440.1708 \text{ N/m}$$

Se prosigue por determinar las reacciones en los rodillos inferiores por medio de las ecuaciones 13 y 14 respectivamente.

$$R_{Ay} = \frac{320,440.1708 \text{ N/m} * 0.0632 \text{ m} * (3(0.06663 \text{ m}) + 2(0.0632 \text{ m}))}{12(0.06663 \text{ m})}$$

$$R_{Ay} = \frac{6607.9659}{0.7995}$$

$$R_{Ay} = 8265.1231 \text{ N}$$

$$R_{By} = \frac{320,440.1708 \text{ N/m} * 0.0632 \text{ m} * (3(0.06663 \text{ m}) - 2(0.0632 \text{ m}))}{12(0.06663 \text{ m})}$$

$$R_{By} = \frac{1488.3061}{0.7995}$$

$$R_{By} = 1861.5461 \text{ N}$$

Las reacciones totales son:

$$R_A = \frac{8265.1231 \text{ N}}{\cos 44.9^\circ}$$

$$R_A = 11668.3019 \text{ N}$$

$$R_B = \frac{1861.5461 \text{ N}}{\cos 44.9^\circ}$$

$$R_B = 2628.0409 \text{ N}$$

Al reemplazar estos valores en la ecuación 4 y utilizando un factor de seguridad $n=3$ se obtiene la fuerza de rozamiento en los rodillos inferiores.

$$F_{rA} = 0.7 \left(\frac{(11668.3019)^{3/2}}{2(0.0635)} \right) \left(\frac{1}{(250000000)^{1/2}} \right)^3$$

$$F_{rA} = 1318.1266 \text{ N}$$

$$F_{rB} = 0.7 \left(\frac{(2628.0409)^{3/2}}{2(0.0635)} \right) \left(\frac{1}{(2500000000)^{1/2}} \right)^3$$
$$F_{rB} = 140.8944 \text{ N}$$

2.5.2 Torque

El torque generado en cada rodillo se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$T = Fr * r \quad (47)$$

Al remplazar los valores obtenidos de las fuerzas de rozamiento de los rodillos junto con sus radios se obtiene:

$$T_A = 1318.1266 * 0.0635$$

$$T_A = 83.7010 \text{ Nm}$$

$$T_B = 140.8944 * 0.0635$$

$$T_B = 8.9467 \text{ Nm}$$

2.5.3 Potencia requerida

La potencia requerida se obtiene de la siguiente ecuación siendo el n la velocidad de giros de los rodillos:

$$P_{ot} = T_A * n + T_B * n \quad (48)$$

Se emplea el valor de los torques de los rodillos inferiores y para n se considera un valor de 10 rpm que más adelante se explicara como determinamos este valor.

$$P_{ot} = 83.7010 \text{ Nm} * 1.047 \frac{\text{rad}}{\text{s}} + 8.9467 \text{ Nm} * 1.047 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P_{ot} = 97.0021 \text{ Watts}$$

$$P_o = 0.13 \text{ HP}$$

Por lo tanto, la potencia del motor se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$P_m = \frac{P_{ot}}{\eta} \quad (49)$$

Donde:

P_m : potencia del motor

P_{ot} : potencia a transmitir

η : eficiencia del motor 0.85

$$P_m = \frac{0.13}{0.85}$$

$$P_m = 0.153 \text{ HP}$$

Por el resultado se deduce que la potencia mínima del motor debe ser de 1/2 HP.

Se tiene a disposición un motorreductor de 2 HP donde la placa marca una velocidad de 1740 rpm con una reducción 273:1 generando una salida de 6.37 rpm.

2.5.4 Velocidad de salida en rodillos inferiores

La relación de velocidades (i) se obtienen por medio de la ecuación:

$$i = \frac{N_G}{N_p} = \frac{n_p}{n_G} \quad (50)$$

Donde:

N_G : Numero de dientes del piñón conducido

N_p : Numero de dientes del piñón conductor

n_G : Velocidad de giro del piñón conducido

n_p : Velocidad de giro del piñón conductor

Realizando un despeje logramos determinar la velocidad de salida. Se considera que el piñon conductor es de 17 dientes, el piñon conducido de 11 dientes y la velocidad giro del piñon conductor es de 6.37 rpm.

$$n_G = \frac{17 * 6.37}{11}$$

$$n_G = 9.8 \text{ rpm}$$

Mientras que la relación de velocidad es de:

$$i = \frac{11}{17} = \frac{6.37}{9.8}$$

$$i = \frac{N_G}{N_p} = \frac{n_p}{n_G}$$

$$i = 0.65$$

2.5.5 Torque del motorreductor

Para poder saber el par de torsión que nos brinda el motorreductor ocupamos la ecuación 22

$$T = \frac{2 * 716}{6.37}$$

$$T = 226.5822 \text{ Kg m}$$

2.5.6 Corriente nominal

La corriente nominal (I_N) la obtenemos por la ecuación:

$$I_N = \frac{HP (0.746)}{\sqrt{3} * KV * \eta * Fp} \quad (51)$$

Donde:

746 W: equivalencia a 1 HP

η : Eficiencia

Fp : Factor de potencia

Sustituyendo los valores, considerando que el motor se conectara a una corriente 220, manejando la misma eficiencia de 85% y un factor de potencia de 0.84 obtenemos:



$$I_N = \frac{2 (0.746)}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.85 * 0.84}$$

$$I_N = \frac{1.492}{0.2717}$$

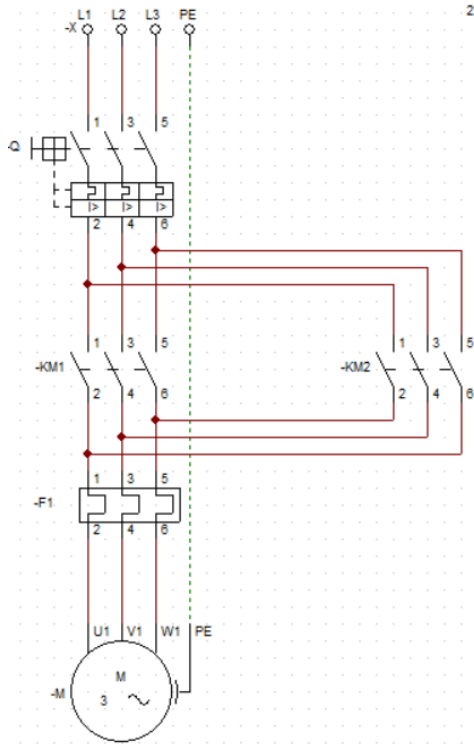
$$I_N = 5.49 \text{ Amp}$$

2.6 Sistema de control

Se muestra el diagrama de control que se ocupó en la modificación de la maquina roladora, apoyándose del programa CAdE_SIMU, para poder diseñar un circuito de fuerza y uno de control. Por medio de una simulación se explica el funcionamiento de ambos circuitos de manera simultánea.

El funcionamiento que cumple el circuito es generar la rotación de un motor trifásico en el sentido horario y anti horario dependiendo de la posición en que se encuentre un selector. La inversión de giro debe tener un punto de para intermedio. Por una sobre carga el sistema se detiene hasta su verificación o arreglo.

Circuito de Fuerza



Circuito de Control

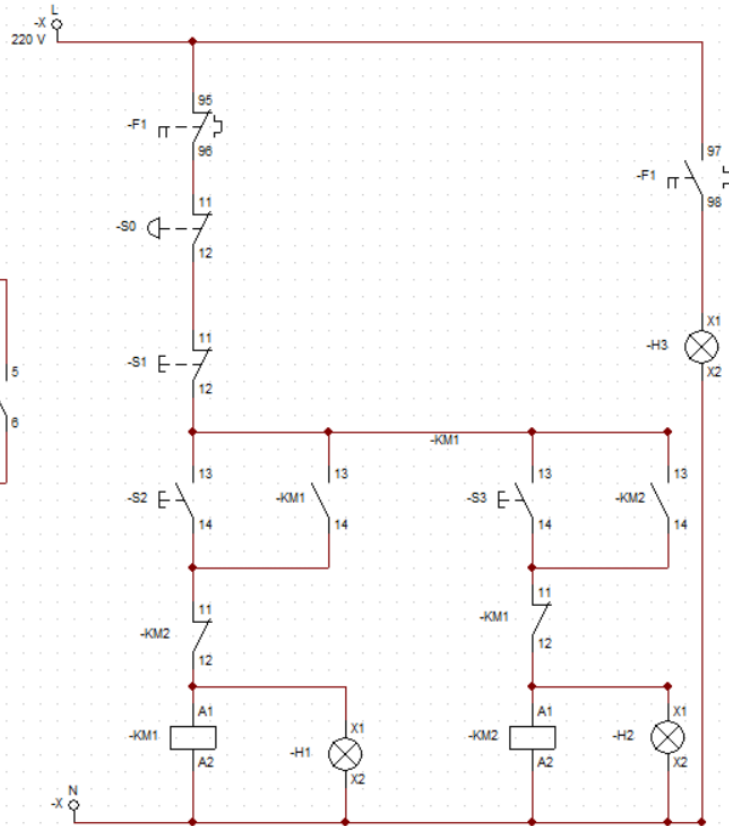


Ilustración 54. Sistema de Control. (Fuente: Propia)

2.6.1 Explicación de la simulación

Se da inicio a la simulación, se acciona el guarda motor y se aprecia la alimentación en los circuitos hasta llegar a los contactores KM1 y KM2.

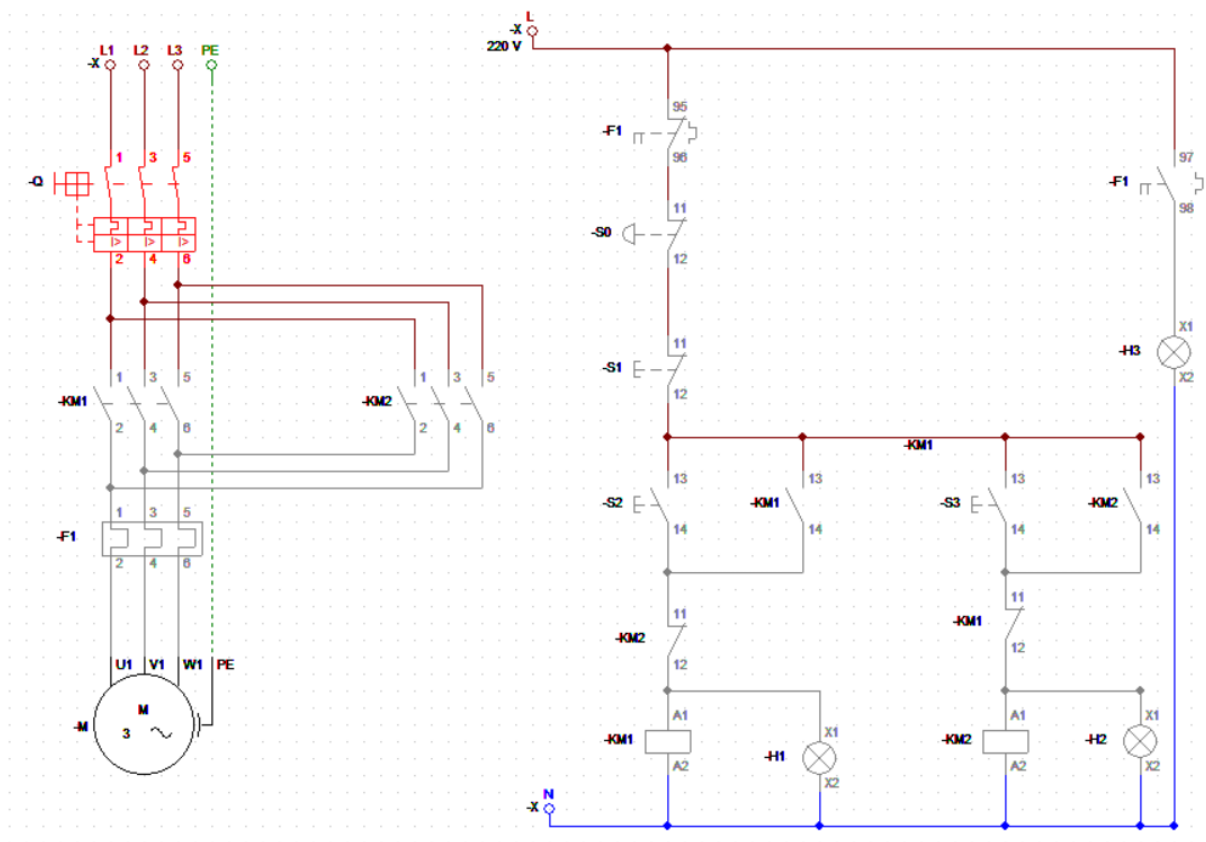


Ilustración 55. Alimentación de Circuitos. (Fuente: Propia)

En la simulación para facilitación en la explicación se utilizan pilotos de señalización en color verde para la indicar el estado en función, mientras que el rojo como señal de fallo por corto circuito.

La tabla de estados nos muestra la unión que las líneas deben tener para hacer la rotación de manera horaria y anti horaria en el motor.

KM1	KM2
Giro horario	Giro anti horario
L1-U1	L1-W1
L2-V1	L2-V1
L2-W1	L3-U1

Presionando el pulsador S2 se da la entrada al flujo de corriente en el contactor KM1, accionando el giro del motor en la forma horaria.

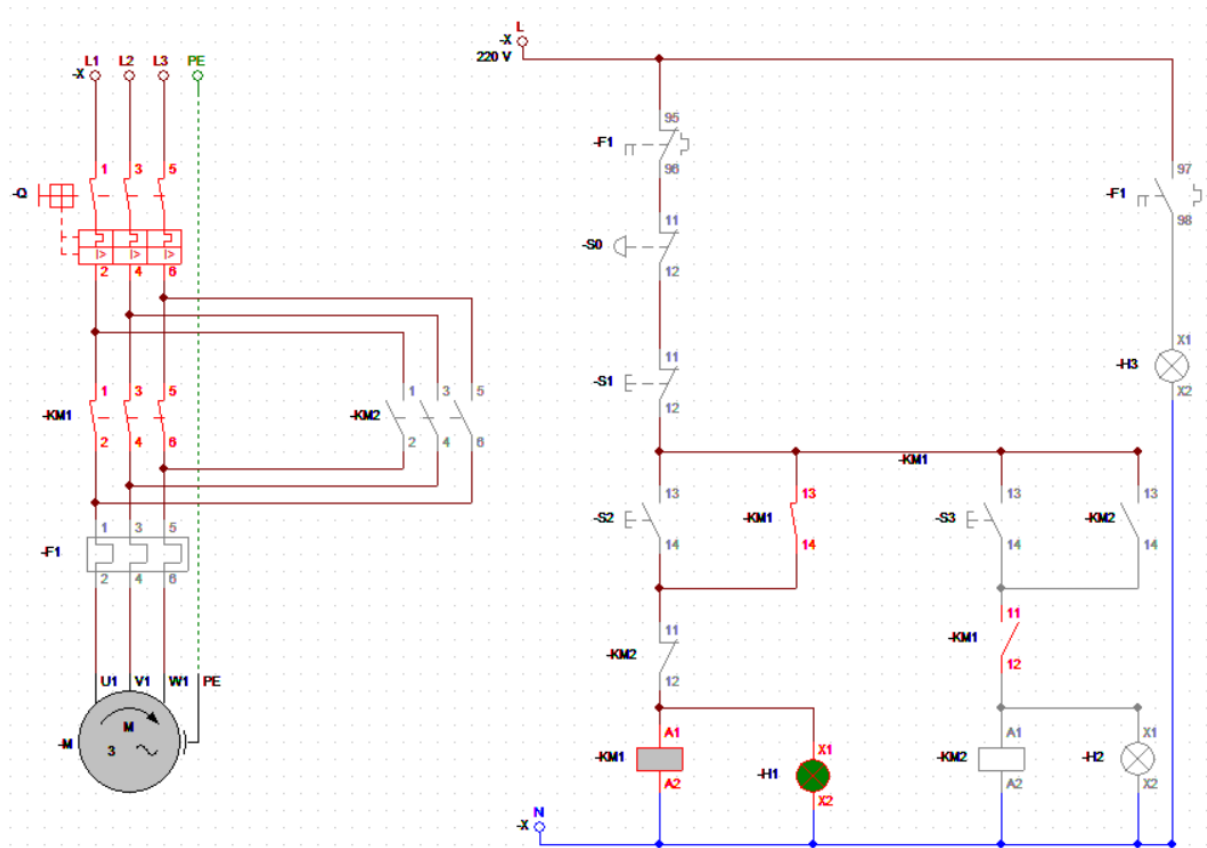


Ilustración 56. Giro del motor de forma horaria. (Fuente: Propia)

Para poder realizar la inversión de giro el pulsador S1 realiza la función de paro de corriente, bloqueando la rotación en el motor.

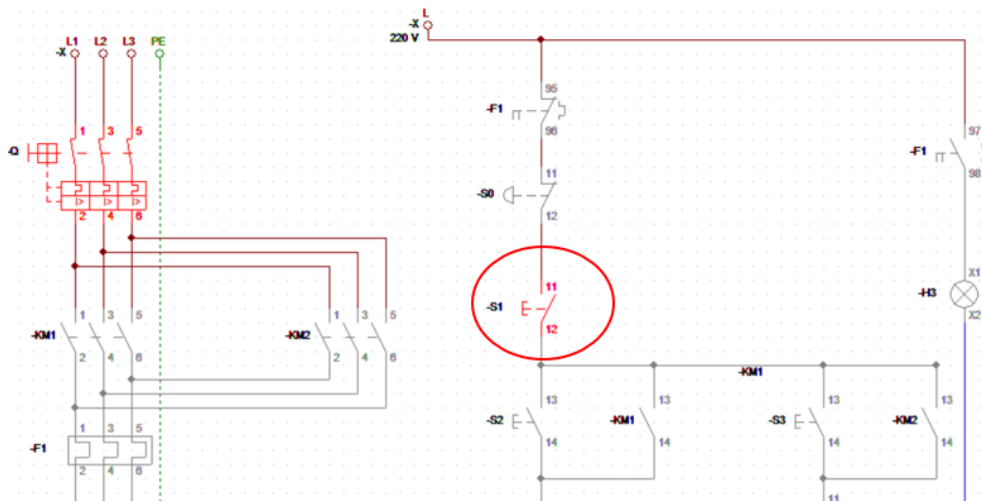


Ilustración 57. Paro intermedio del circuito. (Fuente: Propia)

Al presionar el pulsador S3 se da el paso de la corriente en el contactor KM2, generado la rotación en la forma anti horaria.

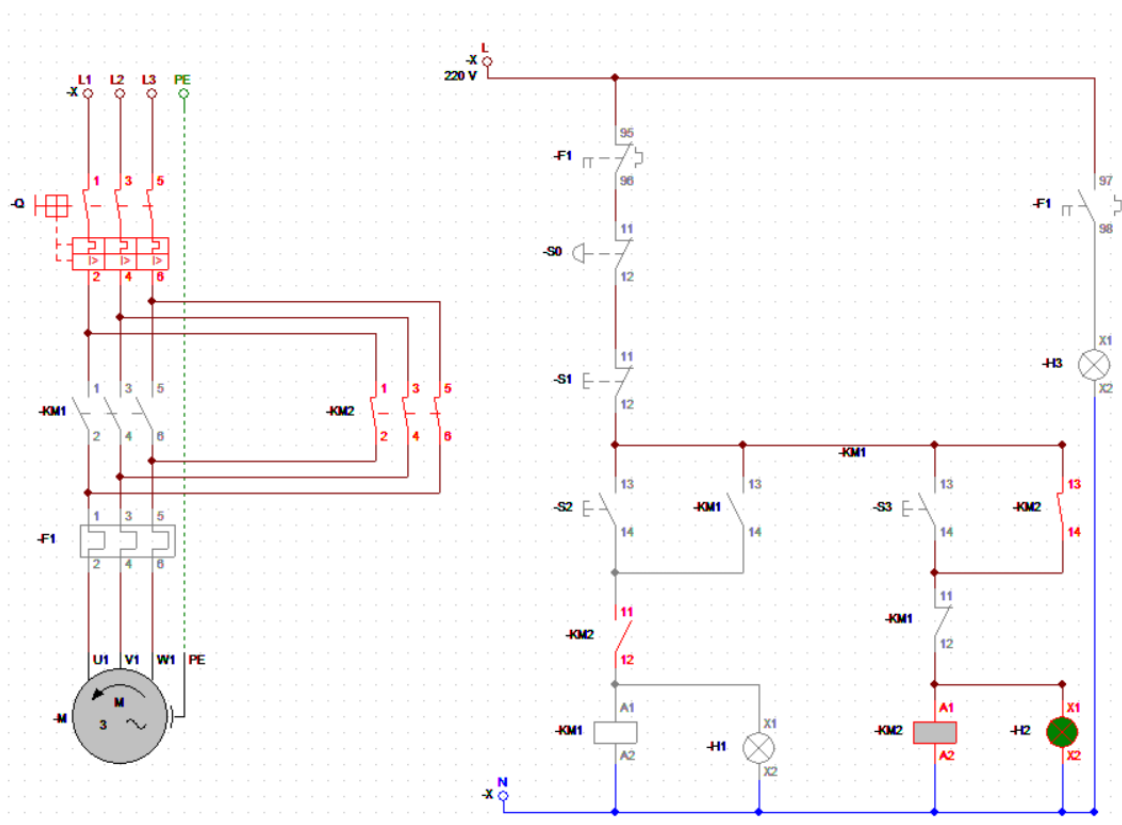


Ilustración 58. Giro del motor de forma anti horaria. (Fuente: Propia)

En el caso de presentarse una falla por sobre voltaje o corto circuito un relé bloqueara el sistema evitando su funcionamiento hasta que este se arregle.

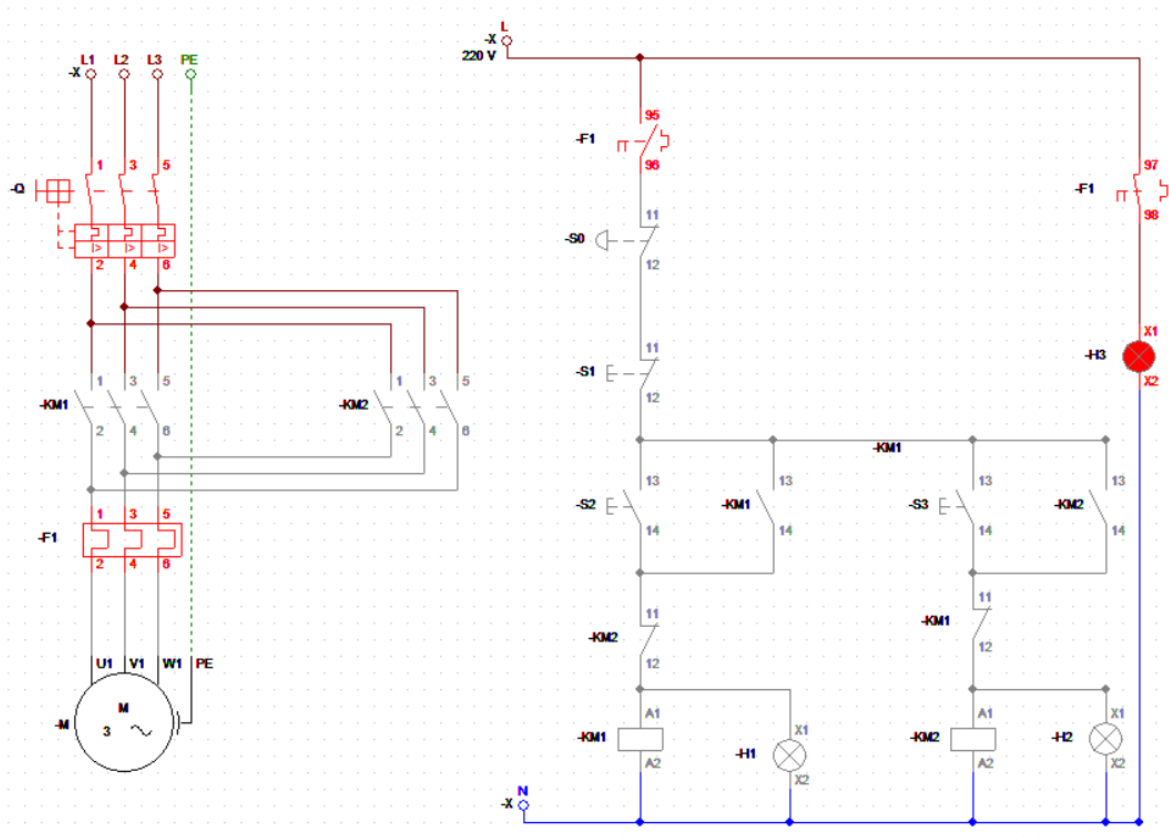


Ilustración 59. Falla por corto circuito o sobrecarga. (Fuente: Propia)

2.7 Realización de la modificación a máquina Roladora

En esta apartado se muestra el proceso que conllevó la modificación que se realizó a la máquina roladora, desde lo que requirió conseguir para su elaboración, el montaje y/o adecuaciones que se requirieron efectuar, los resultados que obtuvimos, los cambios y mejoras que tuvimos que realizar para obtener el resultado final.

2.7.1 Elaboración de planos

Los planos a detalle se muestran en el Anexo 4.

2.7.2 Obtención de materiales y elementos requeridos para la modificación

- Dos sprockets nomenclatura 80 B11 1 1/2, con una ranura cuadrada en el centro de 3.9 centímetros de lado.

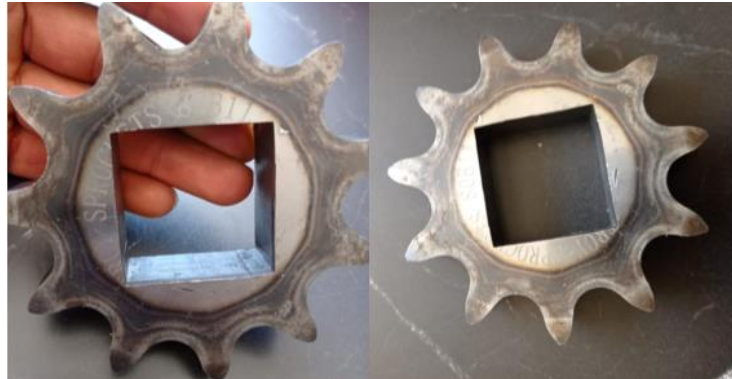


Ilustración 60. Sprocket 80 B11 para la rotación de rodillos inferiores (Fuente propia)

- Un sprocket nomenclatura 80 B17 2 para la salida del motor.



Ilustración 61. Sprocket 80 B17 2 (Fuente propia))

- Un sprocket nomenclatura 80 A9 1, para el sistema del tensor de cadena.



Ilustración 62. Sprocket 80 A9 1 (Fuente propia)

- Resorte para el sistema tensor de la cadena.



Ilustración 63. Resorte Tensor. (Fuente propia)

- Cadena de paso numero 80



Ilustración 64. Cadena para la transmisión de potencia. (Fuente propia)

- Motorreductor SUMITOMO de 2 HP.



Ilustración 65. Motorreductor SUMITOMO. (Fuente propia)

- Gabinete RITTAL Modelo KX 1574.000

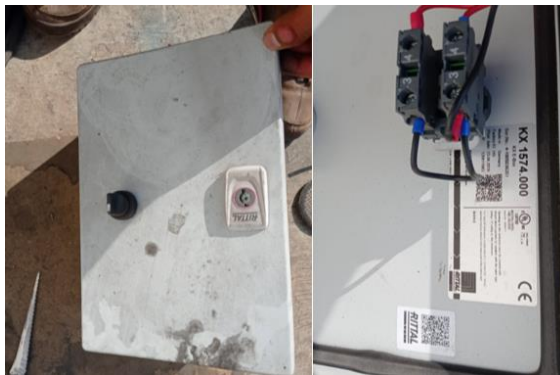


Ilustración 66. Gabinete para sistema de control. (Fuente propia)

- Pedal Switch



Ilustración 67. Pedal de accionamiento. (Fuente propia)

- Selector dos posiciones
- Guarda motor
- Contactor

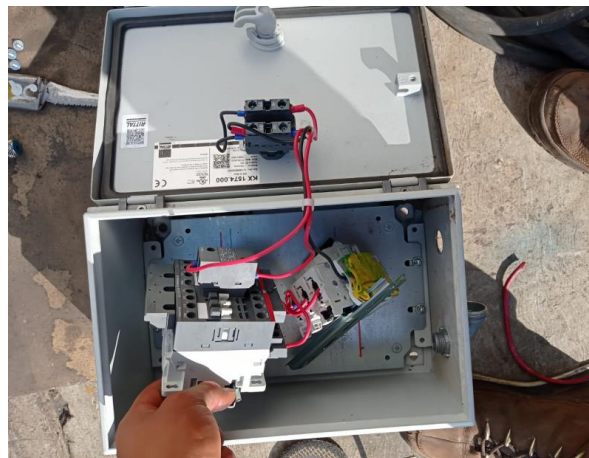


Ilustración 68. Elementos eléctricos para el sistema de control. (Fuente propia)

- Soldadura INFRA 6013
- Pedazo de placa de acero ASTM A1011 de 1/2 y 3/16 de pulgada
- Cable de calibre 10
- Cinta de aislar
- Clavija trifásica 220v 4 polos
- Disco Laminado 4 1/2 Grano 60 Pretul
- Pintura para metal color rojo
- Tornillos hexagonales grado 5 std 1/2" x 2 y 1 1/2"
- Tuerca hexagonal grado 5 std 1/2"
- Tornillo de cabeza moleteada 1/2" x 2

2.7.3 Herramientas y maquinaria requerida

- Metalera Saturno Modelo Q35Y-20
- Pantógrafo Modelo COMTX50CH
- Montacargas
- Soldadora inversor
- Amoladora
- Taladro
- Multímetro
- Pinzas
- Desarmadores
- Nivel
- Flexómetro
- Vernier
- Llave inglesa
- Martillo
- Llaves Allen

2.7.4 Análisis del equipo

Visualización del sistema existente para conocer las condiciones en las que se encontraba el equipo a través del tiempo que este ya ha estado trabajando y de ahí partir sobre la modificación a realizar.



Ilustración 69. Roladora estado inicial (Fuente: Propia)

Para análisis del funcionamiento del equipo, se tomó una previa capacitación del mecanismo para conocer la forma en la que se tiene que ajustar los rodillos de la máquina, la forma en cómo debe introducirse el material el cual varía dependiendo la forma de la pieza final y la cantidad de veces que se debe hacer para lograr obtener el rolado requerido.



Ilustración 70. Funcionamiento Roladora forma manual. (Fuente propia)

2.7.5 Fabricación base del motorreductor

Para fabricar la base del motor se comienza por diseñar un trazo rectangular en el programa AutoCAD para posteriormente poder cargar el archivo a la interface del pantógrafo. El corte se efectuó en el sobrante de una placa de acero ASTM A1011 de 1/2 in de espesor.



Ilustración 71. Corte por pantógrafo base del Motorreductor. (Fuente propia)

Se marcan las cuatro respectivas perforaciones que el soporte debe tener para sujetar el motorreductor. Por medio de un trazado en el centro de las marcas, se prosigue a un punzonado en la metalera con medida de perforación de 5/8 in.



Ilustración 72. Punzonado base del motorreductor. (Fuente propia)

2.7.6 Montaje del sistema de transmisión de potencia

Se inicia por el giro de un rodillo inferior de la roladora para conseguir que ambas flechas queden con la misma salida a un lateral. Se incorporan los sprockets 80 A11 en los extremos de las flechas de los rodillos con la salida cuadrada.



Ilustración 73. Giro del rodillo para acople de Sprockets superiores. (Fuente propia)

Se fija el motorreductor a su base previamente explicada, se monta sobre el soporte intermedio de la máquina para proseguir a colocar el sprockets 80 B17 2 en su eje de salida.



Ilustración 74. Montaje del motoreductor y colocación del sprocket en su eje de salida. (Fuente propia)

Se abre la cadena para lograr ajustar la distancia necesaria que enlace los tres engranes. Una vez concluido esto se vuelve a ensamblar ya con el sistema conectado.



Ilustración 75. Ajuste y colocación de cadena. (Fuente propia)

Se alinea el motor respecto a que su sprocket coincida con el de los rodillos superiores. Se revisa el nivel del motoreductor en relación a la base de la roladora en general, se calza y una vez verificado esto se prosigue a solar la base sobre el soporte intermedio de la roladora.



Ilustración 76. Nivelación y fijación del motoreductor. (Fuente propia)

2.7.7 Elaboración sistema tensor

Se perforan dos tiras de acero (material reciclado) con 3 perforaciones de 1/2 in, dos laterales y una central. Por medio de tornillos y tuercas se unen ambas tiras a una la base.

Se incorpora un rodamiento a la ranura del sprocket 80 A9, y a su vez es sujetarlo en por el tornillo de cabeza moleteada y su tuerca en las perforaciones del otro extremo de las tiras de metal previamente acopladas.

Se fija un extremo del resorte a la base del sistema mientras que su otro lado es sujetado un tornillo colocado en la perforación central de las tiras.



Ilustración 77. Sistema tensor. (Fuente propia)

2.7.8 Construcción del sistema de control

El sistema de control está compuesto de un selector de dos posiciones, un guarda motor, un contactor, un pedal de accionamiento. Conectado al motorreductor SUMITOMO trifásico en modo "low volt" con una clavija trifásica de 4 polos con alimentación de 220 volts unido con cable calibre 10 y respecto al diagrama del sistema que se puede apreciar en el anexo B.

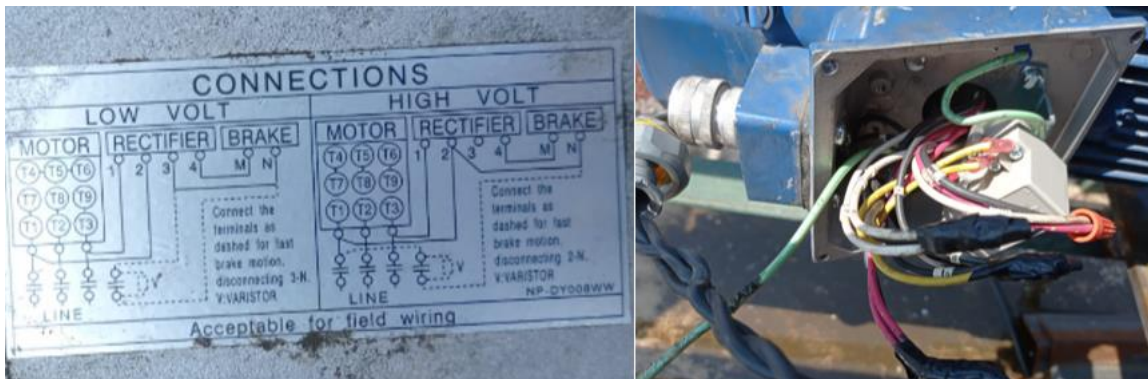


Ilustración 78. Conexión del motorreductor en estado "Low Volt". (Fuente propia)

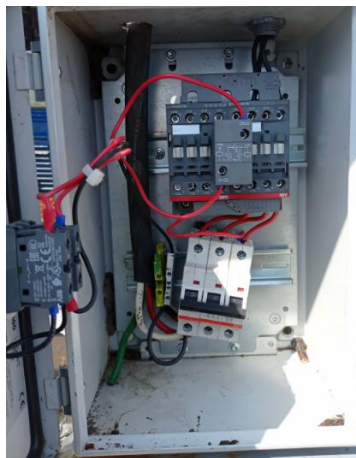


Ilustración 79. Gabinete de control. (Fuente propia)

2.7.9 Lijado y pintado

Con una amoladora y lijas de esmeril se retira las capas de pinturas existentes y las áreas con principios de oxidación del equipo. Se limpia y prosigue a pintar para conseguir una mayor durabilidad y resistencia a la corrosión.



Ilustración 80. Equipo lijado. (Fuente propia)



Ilustración 81. Equipo pintado. (Fuente propia)

2.7.10 Pruebas de funcionamiento

En este apartado se realiza un protocolo de pruebas después de haber culminado con la construcción y montaje de los elementos de la roladora. Se siguió un procedimiento para comprobar el buen funcionamiento del equipo.

Etapas de pre-operación

1. Seleccionar el perfil a rolar (considerando como 1/4 in el espesor máximo para trabajar).
2. Colocar la pieza sobre los rodillos motrices.



3. Ajustar los tornillos de potencia para realizar el rolado requerido.

Etapa de encendido

4. Conectar la fuente de alimentación eléctrica de la roladora (220 volts).
5. Encender el equipo por la selección del modo de rotación (izquierdo o derecho).
6. Colocar en marcha pisando el pedal switch.
7. Invertir sentido de rotación para verificar que funcione la maquina al presionar el pedal.

3 Costos

En este apartado se describen los costos requeridos para la elaboración de este proyecto. Se describen en dos categorías: Costos directos e indirectos.

3.1 Costos Directos

En la tabla siguiente se muestran los elementos que se requirieron conseguir, la cantidad y el precio de cada artículo respectivamente.

	Nombre del material	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total (\$)
1	Sprockets 80 B11 1½ in	2	350	700
2	Sprockets 80 B17 2 in	1	750	750
3	Cadena de paso numero 80	1	1600	1600
4	Motoreductor SUMITOMO de 2 HP.	1	9000	9000
5	Pedal Switch	1	380	380
6	Resorte tensor de acero inoxidable 304, 1" x 10	1	90	90
7	Soldadura INFRA 6013	1/4	120	30
8	Clavija trifásica 220v 4 polos	1	310	310
9	Disco Laminado 4 1/2 Grano 60	2	23	46
10	Costo total			12,906

La parte del material que no se agrega en la tabla es debido a que todo lo demás se encontraba en la bodega de materiales y refacciones de la empresa por lo que solo se tomó, esto con la intención de evitar hacer más grande el gasto.

Se requirieron labores realizadas por algunos negocios externos en algunas piezas que se compraron las cuales se describen en la próxima tabla:

Descripción del trabajo	Cantidad	Precio por la acción	Total \$
Ranura cuadrada en los sprockets 80 B11 1½ in	2	80	160
Colocar y fijar rodamiento dentro del sprocket 80 A9 1 in	1	200	200
Costo total			360

3.2 Costos indirectos

3.2.1 Costo de ingeniería

Se considera la descarga e instalación del software de diseño “SolidWorks” para la realización de los planos y el modelado del sistema que tuvo un costo de **250 pesos**.

3.2.2 Costos mano de obra

Se toma en cuenta el tiempo que se ocupó al personal de la empresa alejándolas de sus labores rutinarias para apoyarnos principalmente en las tareas de fabricación de piezas y montaje de los elementos.

Se determinó que para esta labor fue el requerimiento de la ayuda de al menos 3 personas en un tiempo de aproximadamente 6 horas, generando un total de 18 horas de trabajo. Siendo equivalente a aproximadamente 2 días de trabajo, considerando un sueldo intermedio el costo de estas horas de trabajo es de **700 pesos**.

3.2.3 Costos Imprevistos

Son gastos que están relacionados con transporte, impresión de planos, impresión de documentos etc. Este costo tiene un valor aproximado de **150 pesos**.

3.3 Costo total

En la siguiente tabla se muestra el coto total ocupado para realizar la modificación de la maquina roladora manual a eléctrica.

Costos	Descripción	Valor \$
	Costo de elemento comprados	12,906
Costos Directos	Costo de mano de obra externa	360
	Costo de ingeniería	250
Costos Indirectos	Costo Mano de obra	700
	Costo de imprevistos	150
Total Costos		14,366

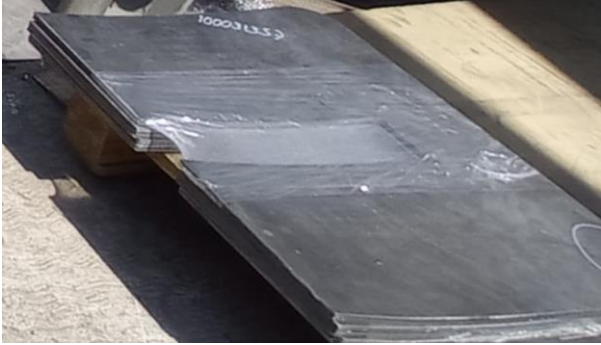
4 Resultados

Una vez realizada las pruebas de funcionamiento del mecanismo, se realizaron las pruebas de rolado para realizar las comparaciones y se obtuvo los siguiente:

4.1 Elementos estructurales rolados

Los elementos de prueba rolados son láminas de acero ASTM A1011/A SS GR36 con espesores entre 1/16 in a 2/8 in, las medidas y formas de las piezas son diferentes para considerar las características que deben tener las piezas a rolar en la máquina.

Características de la pieza	Imagen
Espesor 2/16 in. Material ASTM A1011/GR36. Forma rectangular de 32 x 88 cm. Rolado en lado corto de la pieza.	

Espesor 3/16 in. Material ASTM A1011/GR36. Forma rectangular de 40 x 66 cm con una ranura rectangular central. Rolado en lado corto de la pieza.	
Espesor 2/16 in. Material ASTM A1011/GR36. Forma en medio círculo con ranura circular intermedia medida total aproximada de 20 cm de radio. Rolado iniciando en el lateral corto de la pieza.	
Espesor 3/16 in. Material ASTM A1011/GR36. Forma rectangular de 10 x 120 cm. Rolado sobre el lateral largo de la pieza.	

En la tabla se observan algunos elementos estructurales de usual realización en la empresa. Al revisar las superficies dobladas se pudo observar que los elementos no presentan deformaciones irregulares en elementos de dimensiones pequeñas-medianas con ángulos de doblando no muy grandes. En elementos en donde el doble es muy prolongado por la gran distancia del material se aprecian secciones no uniformes en el doblado por lo que se deduce que su uso será para piezas no más grandes a 90 cm.

Se logra percibir que en elementos con formas no cuadráticas se necesita pasar varias veces el elemento para lograr obtener su rolado especificado, al igual el realizar un cambio de posición en la introducción del material sobre los rodillos.



4.2 Ahorro generado

4.2.1 Personal requerido

Para este punto se consideró un uso de la máquina de 6 horas diarias por los 5 días que se trabaja a la semana en la empresa, siendo un día laboral normal de cada trabajador el de 10 horas.

De la forma en como estaba antes la roladora se requería un total de 90 horas del trabajo a la semana, siendo equivalente al salario de 9 días de una persona. Considerando un promedio en el sueldo de un trabajador sea de 280 pesos, el costo requerido era de 2520 pesos semanales.

Con la modificación realizada y tomando en consideración las mismas variables se obtiene el requerimiento únicamente de una persona para realizar esta operación, con un total de 30 horas de trabajo a la semana mostrando un gasto de 840 pesos semanales para esa área.

4.2.2 Tiempo de rolado

Por medio de las pruebas realizadas en ambas condiciones se obtuvo un tiempo inicial de 22.43 minutos para realizar las 15 piezas STUB SILL BELLY FLASHING. Después de la modificación se logró conseguir el tiempo de 15.15 minutos. Mostrando así una reducción del 32.5 % del tiempo entre ambos eventos.

4.2.3 Discusión de costos

En el mercado actual se pueden encontrar equipos con un dimensionamiento y funcionamiento similar a como se encontró la maquina roladora con valores entre 40 mil a 80 mil pesos y de igual forma con un sistema semiautomático en precios de hasta 120 mil pesos.

El costo total para realizar la modificación de la roladora fue de 14366 pesos. Esto gracias a que un gran porcentaje de lo requerido se encontró en el almacén de la empresa, el material para hacer las adaptaciones se obtuvieron de restos de los sobrantes de las placas de corte y la mayor parte de los procesos de maquinado se hicieron con la maquinaria de la misma empresa.

El motorreductor Sumitomo de 2 HP que se consiguió fue el elemento que presento el mayor gasto en esta modificación, pero cabe mencionar que este se consiguió de segunda mano a un precio muy accesible en comparación a como esta uno nuevo con las mismas características.

En la siguiente tabla se muestran posibles opciones a realizar en nuestra problemática, acompañadas del costo y los beneficios que cada una nos generaba, siendo la numero 3 la que respalda el ideal de este proyecto.

Alternativas	Costo	Beneficio
1. No hacer ningún cambio en la roladora.	Ninguno	Seguir entregando los pedidos a como se está acostumbrado.
2. Comprar una roladora nueva.	120,000 pesos	Aumentar la producción semanal que se tiene en un menor tiempo Facilitar las actividades en el área de rolado.
3. Modificar la roladora que se tiene.	14,366 pesos	Aumentar la producción semanal que se tiene en un menor tiempo. Facilitar las actividades en el área de rolado. Evitar hacer un gasto alto para la empresa. Hacer funcional un equipo que aún tiene una vida útil.

5 Conclusiones del proyecto y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Se alcanzó el objetivo general del proyecto lograr modificar una maquina roladora manual a eléctrica con la finalidad de optimizar los tiempos requeridos que conllevaba el rolar en la maquina manual mostrando una reducción del 32.5 % en el análisis que se monitorio y la disminución de mano de obra que semanalmente se tenía de 90 horas a 30 horas.

Se realizó una modificación adecuada de la roladora con el fin de lograr una buena adaptación entre el operario y la máquina, conservando el dimensionamiento, la mayor parte de los elementos estructurales y geometría base del equipo.



La selección del sistema de potencia fue el de transmisión por cadena en consideración a que ya se tenían elementos iniciales en la bodega, tal era el caso de un motorreductor de 1 HP y el sprocket 80A9, por lo que se buscaron los elementos restantes.

Se realizó dicha modificación inicial ocupando el motorreductor que estaba en el almacén, sin embargo, la rotación final que este nos entregaba en los rodillos inferiores era de 17 rpm siendo algo rápido, con un manejo de control dificultoso a la hora de introducir las piezas, con resultados no uniformes en el rolado y considerado algo peligroso, por lo que finalmente se optó por conseguir otro motorreductor con una menor reducción de velocidad.

En apoyo con el programa CAdE_SIMU para hacer el diagrama de fuerza y de control se logró un circuito de funcional, adecuado y de fácil operación para el personal de esta área de trabajo.

Se consiguió un ahorro económico en relación a la mano de obra que esta tarea conllevaba, pero se puede comprender más a un aumento de productividad semanal salvo que se logró conseguir que las dos personas que antes tenían que estar ayudando en el área de rolado ahora puedan hacer otras actividades logrando así culminar más pronto los embarques solicitados semanalmente por la empresa Greenbrier Industries, S.A de C.V.

Se constató por una discusión de costos que la construcción de la roladora era la opción más apropiada en comparación a la adquisición de una máquina con similares características o el haber seguido ocupando el equipo que se tenía.

5.2 Recomendaciones

Se debe realizar trabajos de mantenimiento periódicos en elementos giratorios como lo son los extremos de las flechas de los rodillos, los elementos del sistema de transmisión de potencia (catarinas y cadena) procurando estos estén siempre bien lubricados.

Se recomienda utilizar el equipo solo en lugares donde la alimentación eléctrica sea trifásica caso contrario la máquina no funcionará.

El equipo muestra trabajos de mayor calidad en piezas con dimensiones no muy grandes por lo que elementos con medidas menores a los 90 cm no presentaran irregularidades en sus rolados.

Se sugiere no trabajar con láminas con espesores mayores a 2/8 de pulgada debido a que pueden ir presentando con el tiempo pandeos en las flechas de los rodillos provocando que ya no se logren hacer rolados uniformes.

En caso de trabajar con piezas de 2/8 de pulgada se recomienda ir dando el grado de doblado en secciones, para seguir conservando y prolongando la vida útil de los rodillos.



5.3 Experiencia personal profesional adquirida

Durante mi tiempo como residente profesional en la empresa Hersol Construcciones, aprendí en primera instancia a conocer como es el ámbito laboral en una empresa, experiencia que para ser sincero me daba mucho miedo debido a inseguridades, el miedo a equivocarme, generar algún accidente o problema a causa de mi poca experiencia laboral, sin embargo agradezco el apoyo, comprensión y paciencia del personal directivo, de recursos humanos y obrero que día a día fueron incluyéndome más en las actividades haciéndome sentir un miembro de la empresa.

En el área de rolado aprendí el funcionamiento de una maquina roladora, métodos y guías que la misma experiencia de los operadores con el tiempo han ido averiguando para lograr hacer un rolado uniforme.

Aprendí a ajustar, operar y a medio programar una cizalla hidráulica empleadas para hacer cortes en láminas con un dimensionamiento del tamaño de la parrilla del pantógrafo para costes con el mismo, los cortes en esta máquina son muy precisos y con cierta rapidez por lo que es de las más

Aprendí a ajustar, operar y a medio programar una dobladora hidráulica empelada para la realización de charolas de máquinas, canaletas de techos, moldes para constructoras entre otros perfiles con finalidades específicas.

Logre operar, calibrar y arreglar en unas ocasiones la máquina de troquelado ocupada principalmente para el mecanizado de ángulos con ranuras específicas.

Debido a que logre estar en todas las áreas de la empresa apoyando en labores requeridas, logre darme cuenta la composición organizacional que debe tener una empresa para poder funcionar adecuadamente y la importancia que cada departamento tiene uno respecto a otros.

Logre encontrar un sentido y satisfacción a la carrera que estudie, ya que logre vincular parte de los conocimientos adquiridos en mi estancia universitaria para lograr hacer un equipo funcional que beneficiara a una empresa.

6 Referencias Bibliográficas

Aceromafe. (16 de junio de 2022). *Aceromafe*. Obtenido de Aceromafe:
<https://www.aceromafe.com/que-es-el-acero-estructural/>

Avila, D. f. (2010). *Banco de pruebas se sistemas de trasmicion de potencia* . Obtenido de Banco de pruebas se sistemas de trasmicion de potencia :



https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1095/digital_19134.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BSDI. (1 de Marzo de 2021). *¿Qué es la producción en serie?* Obtenido de ¿Qué es la producción en serie?: <https://bsdi.es/que-es-la-produccion-en-serie/>

Burstein, F. S.-E. (Mayo de 2009). *Análisis, diseño y fabricación de una leva industrial mediante técnicas avanzadas de manufactura*. Obtenido de Análisis, diseño y fabricación de una leva industrial mediante técnicas avanzadas de manufactura:
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1278/IME_138.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Calculos de fisica. (2022). *Calculos de fisica* . Obtenido de Calculos de fisica :
<https://calculosdefisica.com/dinamica/calculadora-ley-de-hooke/>

Camacho, Y. V. (18 de Abril de 2014). *dspace*. Obtenido de dspace:
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11961/1/Carri%C3%B3n%20Camacho%20Yossemar%20Vicente.pdf>

Diaz, A. R. (2017). *Steemit*. Obtenido de Steemit:
<https://steemit.com/spanish/@adiazrojas13/procesos-de-conformado-mecanico>

Gil, S. (2016). *Experimentos de Fisica* . Obtenido de Experimentos de fisica :
https://www.researchgate.net/profile/Salvador-Gil-2/publication/261287779_Experimentos_de_Fisica_de_bajo_costo_usando_TIC's/links/56f834c308ae38d710a25d63/Experimentos-de-Fisica-de-bajo-cost-usando-TICs.pdf

Griem, W. (2020). *Geovirtual*. Obtenido de Geovirtual: www.geovirtual2.cl

Guerrero, B. G. (Febrero de 2020). *Bib digital*. Obtenido de Bib digital:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21402/1/CD%2010892.pdf>

Iza, B. S. (Mayo de 2007). *Bib digital*. Obtenido de Bib digital:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1504/1/CD-0830.pdf>

Ledesma, M. L. (Junio de 2015). *core.ac.uk*. Obtenido de core.ac.uk:
<https://core.ac.uk/download/229040264.pdf>

Ligero, J. A. (13 de Marzo de 2008). *Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering)* . Obtenido de Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering) :
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4483/fichero/Portada.pdf>

Luz, G. (26 de Septiembre de 2020). *Propiedades Mecanicas* . Obtenido de Propiedades Mecanicas : <https://www.materiales.gelsonluz.com/2020/09/astm-a1011-propiedades-mecanicas.html>

Medina, P. (2014). *Descubre el diseño* . Madrid: IED Madrid.

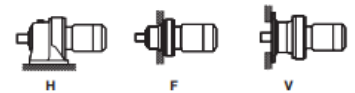


- MORENO, R. E. (20 de Octubre de 2012). *Core ACUK*. Obtenido de Core ACUK:
<https://core.ac.uk/download/pdf/250141563.pdf>
- Ordoñez, D. W. (Agosto de 2011). *Repositorio UTA*. Obtenido de Repositorio Uta:
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/992/1/Tesis%20I.%20M.%20136%20-%20Mejia%20Ordo%C3%B1ez%20Danny%20Wilfrido.pdf>
- Potencia electromecánica. (2016). *EXPLICACION DE MOTORREDUCTORES TRANSCYKO*. Obtenido de EXPLICACION DE MOTORREDUCTORES TRANSCYKO:
<https://www.potenciaelectromecanica.com/wp-content/uploads/2013/04/EXPLICACION%20DE%20MOTORREDUCTORES%20TRANSCYKO.pdf>
- Prado, A. O. (2013). *Modelado de Procesos de maufactura*. Obtenido de Modelado de Procesos de maufactura:
https://www.academia.edu/34950913/MODELADO_DE_PROCESOS_DE_MANUFACTURA
- RS . (2019). *Guía de motores de corriente alterna*. Obtenido de Guía de motores de corriente alterna: <https://es.rs-online.com/web/content/blog-rs/ideas-consejos/guia-motores-corriente-alterna>
- Suarez, A. O. (16 de Octubre de 2001). *Biblioteca UTB*. Obtenido de Biblioteca UTB:
<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0000439.pdf>
- Suministros Industriales y Recambios, s.l. . (2020). *Cadenas de rodillos* . Obtenido de Cadenas de rodillos : <https://sir.es/web/uploads/pdf/8/catalogo%20cadena%20transmision.pdf>
- Sumitomo Drive Technologies. (2020). *Sumitomo Drive Technologies*. Obtenido de Sumitomo Drive Technologies: <https://latam.sumitomodrive.com/es-419/product/cyclo-motor-integrado>
- Tolomeo, P. (2006). *Modelado de Procesos de Manufectura* . Obtenido de Modelado de Procesos de Manufectura :
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/06-MPM-Cap3-Final.pdf?sequence=6>
- Zambrano, G. (2006). *Diseño y construcción de una baroladora para tubo rectangular y redondo para la empresa NOVACERO*. Obtenido de Diseño y construcción de una baroladora para tubo rectangular y redondo para la empresa NOVACERO:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2702>

7 Anexos

7.1 Tablas de Información

2 HP 60 Hz, 1750 RPM



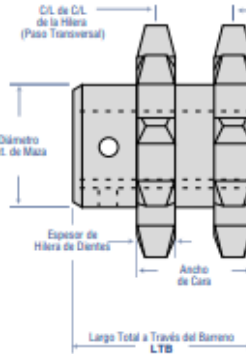
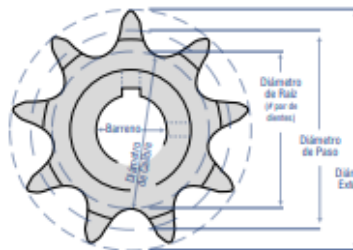
Output Speed RPM	Output Torque In•lbs	Service Factor		Overhung Load lbs	SELECTION					Option Inverter Duty
		SF	AGMA Class		HP Symbol	Frame Size	Shaft Spec.	AGMA Class	Ratio	
8.97	10900	-	-	3590	2	6140DB	Y		195	-
	12000	-	-	3590	2	6145DB	Y		195	-
	12700	1.22	I	4960	2	6160DC	Y	A	195	AV
	12700	1.46	II	4960	2	6165DC	Y	B	195	AV
	12700	1.76	III	6620	2	6170DC	Y	C	195	AV
	12700	2.19	III	6620	2	6175DC	Y	C	195	AV
7.58	11900	-	-	3590	2	6145DB	Y		231	-
	15000	1.24	I	4960	2	6165DC	Y	A	231	AV
	15000	1.49	II	6620	2	6170DC	Y	B	231	AV
	15000	1.85	III	6620	2	6175DC	Y	C	231	AV
	15000	2.38	III	9360	2	6180DB	Y	C	231	-
	15000	2.38	III	9360	2	6185DB	Y	C	231	-
6.41	15600	-	-	4960	2	6160DC	Y		273	AV
	17800	1.04	I	4960	2	6165DC	Y	A	273	AV
	17800	1.26	I	6620	2	6170DC	Y	A	273	AV
	17800	1.57	II	6620	2	6175DC	Y	B	273	AV
	17800	2.01	III	9360	2	6180DB	Y	C	273	AV
	17800	2.49	III	9360	2	6185DB	Y	C	273	AV
5.49	15600	-	-	4960	2	6160DC	Y		319	AV
	18600	-	-	4960	2	6165DC	Y		319	AV
	20800	1.08	I	6620	2	6170DC	Y	A	319	AV
	20800	1.34	II	6620	2	6175DC	Y	B	319	AV
	20800	1.72	III	9360	2	6180DB	Y	C	319	-
	20800	2.13	III	9360	2	6185DB	Y	C	319	-
4.64	18600	-	-	4960	2	6165DC	Y		377	AV
	22400	-	-	6620	2	6170DC	Y		377	AV
	24600	1.13	I	6620	2	6175DC	Y	A	377	AV
	24600	1.46	II	9360	2	6180DB	Y	B	377	AV
	24600	1.80	III	9360	2	6185DB	Y	C	377	AV
	24600	2.30	III	13200	2	6190DA	Y	C	377	AV
3.70	27900	-	-	6620	2	6175DC	Y		473	AV
	30800	1.17	I	9360	2	6180DB	Y	A	473	-
	30800	1.43	II	9360	2	6185DB	Y	B	473	-
	30800	1.83	III	13200	2	6190DA	Y	C	473	AV
	30800	2.28	III	13200	2	6195DA	Y	C	473	AV
	30800	2.28	III	13200	2	6195DA	Y	C	473	AV

Dimensions Pages

Foot Mount (H) 4.2-4.29

V-Flange (V) 4.30-4.43

F-Flange (F) 4.44-4.65



# de Hileras	D 160 B 16 H 2 1/4	Tamaño de Barreno
Sin prefijo Sencillo		
D Doble		
E Triple		
F Cuádruple		
DS Doble Sencillo		
Paso de Cadena - Norma ANSI (medida en octavos)		
25 = 2/8 = 1/4"	60 = 6/8 = 3/4"	160 = 16/8 = 2"
35 = 3/8 = 3/8"	80 = 8/8 = 1"	180 = 18/8 = 2-1/4"
40 = 4/8 = 1/2"	100 = 10/8 = 1-1/4"	200 = 20/8 = 2-1/2"
41 = 4/8 = 1/2"	120 = 12/8 = 1-1/2"	240 = 24/8 = 3"
50 = 5/8 = 5/8"	140 = 14/8 = 1-3/4"	
Instrucciones Especiales		
H Dientes Endurecidos		
SS Acero Inoxidable		
# de Dientes		
Tipo de Sprocket		
A Sin Maza	JA, SH,... Buje QD	
B Maza de un lado	BTB Buje Taper	
C Maza en ambos lados	H, P, Q,... Buje MST®	
D Maza desmontable	BS Barrenado a la medida	

Tipos de Sprockets

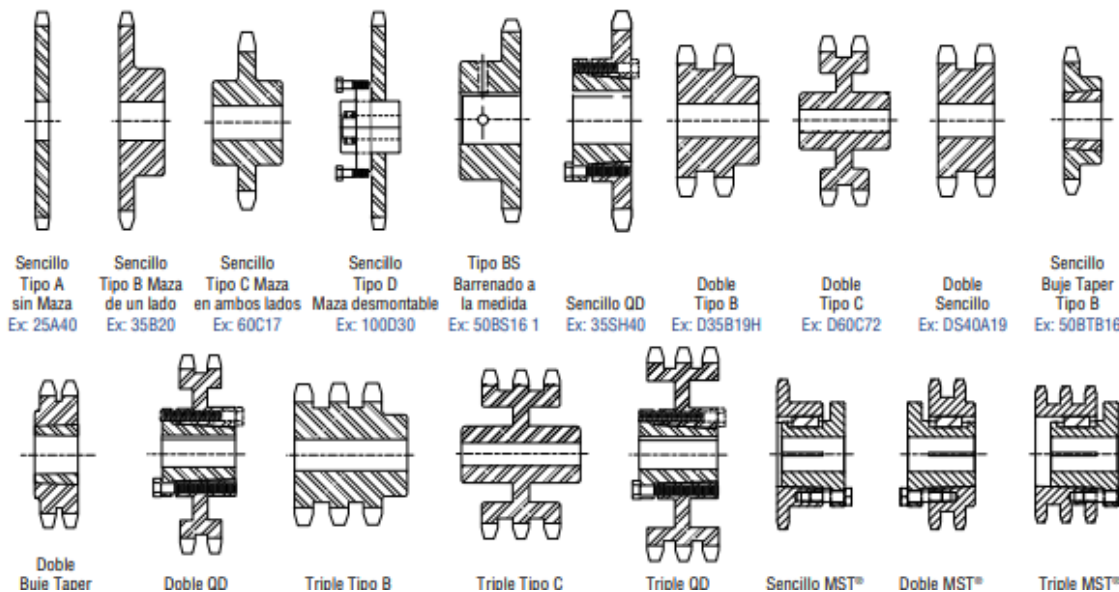
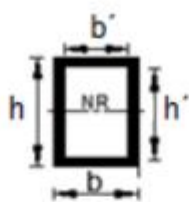
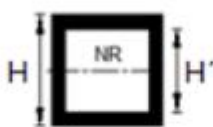
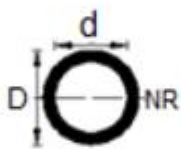
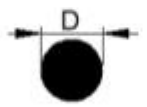
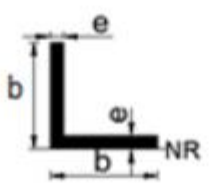


Tabla 2.20: Momento plástico para diferentes tipos de perfil.

Perfiles	Esquema	Módulo de sección (Z) [m ³]
Rectangular		$Z = \frac{1}{12} (3bh^2 - (b + 2b') * h'^2)$
Cuadrado		$Z = \frac{H^4 - H'^4}{6H}$
Redondo		$Z = \frac{D^3 - d^3}{6}$
Varilla		$Z = \frac{D^3}{6}$
Platina		$Z = \frac{b \cdot h^2}{4}$
Perfil en L		$Z = \frac{7be^3 - 9b^2e^2 + 4b^3e - e^4}{6 \left(\frac{3b^2 - 2be}{2b - e} \right)}$



Especificaciones técnicas

Tamaño de la Cadena ANSI	80-2	Tensión de Rotura de la Cadena	25,000 lb.
Paso	1"	Paso de la Cadena Industrial	1"
Ancho Total	2.543"	Carga Máx. Permitida	5,600 lb
Rango de Temperatura	10 Degrees F a 150 Degrees F	Altura de la Placa de Acoplamiento del Rodillo	0.95"
Tensión de Rotura	32,600 lb.	Ancho Total de la Cadena	2.49"
Longitud	10 pies	Temperatura Máxima de Funcionamiento	150 Degrees F
Material	Acero al Carbono	Características	Hardened Steel Construction Helps Provide Durability and Factory Preloaded, Lube-Grooved Bushings Help to Minimize Wear
Artículo	Cadena de Rodillos		
Diámetro del Orificio	0.311"		
Tipo de Cadena	Remachada Estándar		

Caballos de potencia	Velocidad	Factor de potencia		
(hp)	(rpm)	1/2 carga	3/4 carga	Plena carga
0 – 5	1800	0.72	0.82	0.84
5 – 20	1800	0.74	0.84	0.86
20 – 100	1800	0.79	0.86	0.89
100 – 300	1800	0.81	0.88	0.91

Factores de potencia típicos sin corregir en motores.

7.2 Planos