

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Automatización de matriz de roladora mecánica de tubos para
aumentar la productividad**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Fernando Montalvo Chaname

ASESOR

Jorge Alberto Villanueva Zapata

<https://orcid.org/0000-0002-2529-1161>

Chiclayo, 2023

**Automatización de matriz de roladora mecánica de tubos
para aumentar la productividad**

PRESENTADA POR:

Fernando Montalvo Chaname

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR:

Gonzáles Bazán Luis Alberto

PRESIDENTE

Llontop Mendoza Lucio Antonio

SECRETARIO

Jorge Alberto Villanueva Zapata

VOCAL

DEDICATORIA

La presente tesis se encuentra dedicada a Dios, debido a que fue él quien me ayudó durante este proceso y me ayudó a afrontar todos los obstáculos que tuve que enfrentar. Además, todo ello me sirvió para fortalecerme como profesional y crecer en mi desarrollo tanto personal como social.

Asimismo, agradezco a mis padres puesto que ellos son el motivo de poder salir adelante y por siempre apoyarme en todo momento, haciendo que pueda lograr mis metas y ser una persona exitosa. Por ello, les dedico mis logros por todos los consejos que me han brindado, dado que me han servido para no rendirme y llevar este proyecto de la mejor manera. Además, le doy las gracias a mi hermana, por darme esos ánimos que necesitaba y brindarme su apoyo a largo de la elaboración de la tesis.

Por último, le doy mi más profundo agradecimiento a los ingenieros que me ayudaron a encaminar mi proyecto de tesis de la mejor forma, debido a que siempre se encontraron aptos para ayudarme en la realización de mi tesis. Además, de brindarme una serie de información que ayudó a orientarme y tener las ideas más claras con respecto a las dudas que me llegaron a surgir. Por lo cual, me siento satisfecho por todo lo adquirido y aprendido, dado que esto no sólo me sirve para concluir con satisfacción mi tesis, sino también para desarrollarme en el ámbito laboral y como persona que es lo más importante.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial por todo el apoyo metodológico y profesional para la orientación en el desarrollo de esta tesis al Mgtr. Elmer Polo Briceño, esta tesis no hubiera sido posible sin su participación. Asimismo, también agradecer al Ingeniero Hernán Henry Santisteban Chapoñan por asesorarme y hacerme entender el proceso de la elaboración de mi tesis, lo cual le doy las gracias por la gran cantidad y calidad de saberes brindados en este tiempo.

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

13%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Student Paper	2%
2	repositorio.unap.edu.pe Internet Source	2%
3	tesis.usat.edu.pe Internet Source	2%
4	www.coursehero.com Internet Source	1%
5	repositorio.usfq.edu.ec Internet Source	1%
6	Submitted to IPChile Student Paper	<1%
7	Submitted to Universidad Continental Student Paper	<1%
8	qdoc.tips Internet Source	<1%
9	rraae.cedia.edu.ec Internet Source	<1%

Índice

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	12
1.2. OBJETIVOS	13
1.2.1. Objetivo general	13
1.2.2. Objetivos específicos	13
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes del problema	14
2.2. Base teórico – científico	15
2.2.1. Sistema de automatización	15
2.2.2. Sistema de mando.....	15
2.2.2. Sistema de eléctrico de potencia	18
2.2.3. Marco normativo	19
1. Proceso de rolado	20
a. Tipo y nivel de investigación.....	24
b. Diseño de investigación	25
c. Operacionalización de variables	26
d. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
e. Matriz de consistencia	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	29
4.1. Diagnóstico del proceso de rolado	29
4.1.1. Personal	29
4.1.2. Calidad del trabajo	29
4.1.1. Tiempo	29
4.2. Diseño del sistema de automatización.....	30
4.2.1. Requerimiento del sistema de control	30
4.2.2. Diagrama P&ID.....	32
4.2.3. Alimentación Principal.....	33
4.2.4. Diseño del circuito de fuerza.....	33
4.2.5. Análisis de esfuerzo de la estructura.	35
Unidades	36
Propiedades de material	36
Unidades	39
Unidades	42
4.2.6. Diseño del circuito de automatización	45
4.2.7. Arquitectura del sistema de automatización.....	46
4.2.8. Dimensionamientos de los dispositivos	47

4.3. Selección de dispositivos electromecánicos.....	49
4.3.1. PLC	49
4.3.2 Gabinete de montaje.....	50
4.3.3 Rieles de soporte	50
4.3.4 Borneras de conexión.....	51
4.3.5 Contactores.....	51
4.3.6 Relé térmico	52
4.3.7 Conductor.....	53
4.3.8 Pulsadores.....	53
4.4. Estimar las mejoras del proceso de rolado que produciría la automatización.....	57
4.4.1 Plan de mantenimiento	58
4.4.1.1 Objetivo	58
4.4.1.2 Inventario de activos	58
4.4.1.3 Gestión de prioridades y recursos	58
4.4.1.4 KPIS en el plan de mantenimiento	60
4.5. Evaluar los costos de automatización de roladora automatizada	61
5. CONCLUSIONES	66
6. RECOMENDACIONES	67
7. REFERENCIAS	68
8. ANEXOS	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Clases de disparo de los relés térmicos [4]	17
Tabla 2 Nomenclatura de elementos del sistema de control. [16]	25
Tabla 3 Datos característicos del tubo [17]	26
Tabla 4 Calibre del conductor [16]	31
Tabla 5 Características del relé térmico	35
Tabla 6 Niveles de dificultad de tareas de mantenimiento	43
Tabla 7 Indicadores de rendimiento (KPIS)	44
Tabla 8 Materiales	45
Tabla 9 Mano de obra	46
Tabla 10 Costo de programación	46
Tabla 11 Costo de diseño de ingeniería	46
Tabla 12 Costo de montaje y construcción	46
Tabla 13 Puesta en operación	47
Tabla 14 Costo total	47
Tabla 15 Datos iniciales para el estudio VAN y TIR	48
Tabla 16 Flujo efectivo proyectado	48
Tabla 17 Estudio VAN	48
Tabla 18 Estudio TIR	49

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Relé Térmico [6]	16
Ilustración 2 Símbolo de Pulsadores [7]	17
Ilustración 3 Motor eléctrico [8]	17
Ilustración 4 Motor reductor trifásico [8]	18
Ilustración 5 - Roladora mecánica actual	24
Ilustración 6 Diagrama P&ID del sistema de control	26
Ilustración 7 Circuito del sistema de control [18]	40
Ilustración 8 Dispositivos del sistema de control [19]	41
Ilustración 9 Curva característica de tiempo - corriente [16]	42
Ilustración 10 PLC SIEMENS	43
Ilustración 11 Gabinete Eléctrico	44
Ilustración 12 Dimensiones del riel DIN [4]	45
Ilustración 13 Contactor Schneider [20]	46
Ilustración 14 Tabla de Interruptor de dos polos estandarizado	48
Ilustración 15 Tabla de Interruptor de tres polos estandarizado	48
Ilustración 16 Limited Swith	49
Ilustración 17 Gráfico del mantenimiento preventivo	51
Ilustración 18 - Roladora automatizada	53
Ilustración 18 Plano eléctrico de fuerza	66
Ilustración 19 Programación de PLC	67
Ilustración 20 Matriz de rolado	68
Ilustración 21 Plano de arquitectura del sistema de control	69
Ilustración 22 Plano de gabinete eléctrico	70
Ilustración 23 Vista de maquina roladora en 3D	71
Ilustración 24 Vista explosionada de maquina roladora automatizada	72
Ilustración 25 Plano de medidas de la estructura de máquina roladora	73
Ilustración 26 Plano de medidas de la mordaza de máquina roladora	74
Ilustración 27 Plano de medidas de la matriz de máquina roladora	75

Resumen

En la actualidad el rolado de tubos para la fabricación de tubo bastón y pastorales de acero galvanizado para la red secundaria son manufacturados por máquinas de operación manual.

El único problema de este tipo de rolado mecánico con funcionamiento manual, es que se pierde tiempo y la calidad del rolado no es el mismo para todos los tubos. Además, se necesitan de dos operarios para poder realizar dicha labor, lo cual es muy costoso, debido a que el pago de los tres operarios supera los costos de producción.

Asimismo, la presente tesis tiene por objetivo proponer la automatización de la roladora mecánica de tubos para aumentar la productividad.

Para ello se realizó un diagnóstico de la máquina y verificar las condiciones en la que se encontraba. Además, para la automatización de la máquina se tendrá que seleccionar los dispositivos electromecánicos para el circuito del sistema, será diseñada en software CAE, con el fin de verificar el buen funcionamiento de los dispositivos electromecánicos seleccionados para el circuito de la automatización de la matriz de rolado.

Como parte final se realizó los costos de automatización de la máquina roladora y el estudio de rentabilidad de la máquina para verificar la factibilidad de la automatización de la máquina.

Palabras clave: Automatización, Roladora mecánica, Motor reductor, Sistema de control.

Abstract

At present, the rolling of tubes for the manufacture of galvanized steel cane and pastoral tubes for the secondary network are manufactured by manually operated machines.

The only problem with this type of mechanical rolling with manual operation is that time is lost and the quality of the rolling is not the same for all tubes. In addition, two operators are needed to carry out this work, which is very expensive, since the payment of the three operators exceeds the production costs.

Likewise, this thesis aims to propose the automation of the mechanical tube rolling machine to increase productivity.

For this, a diagnosis of the machine was carried out and the conditions in which it was found were verified. In addition, for the automation of the machine, the electromechanical devices for the system circuit will have to be selected, it will be designed in CAE software, in order to verify the proper functioning of the electromechanical devices selected for the matrix automation circuit. rolled.

As a final part, the automation costs of the rolling machine and the profitability study of the machine were carried out to verify the feasibility of the automation of the machine.

Keywords: Automation, Mechanical bending machine, Reducer motor, Control system.

1. INTRODUCCIÓN

La automatización en las máquinas se denomina el principal futuro en la fabricación del rubro de la manufactura. Por ello, existen métodos sistemáticos para pronosticar la confiabilidad del flujo de piezas y a su vez los métodos para monitorear y diagnosticar eventos defectuosos no programados, dado que, un gran predominio en la productividad es el tiempo de inactividad no programado del sistema, se aprecia que esto representa el 15% del tiempo total de producción [1].

Desde el punto de vista de los estados de carga, hay flexión pura, flexión por compresión, flexión por estiramiento, flexión con rodillo, flexión por tracción rotatoria y flexión por láser. El doblado de tubos de acero inoxidable, doblado de tubos de aleación de aluminio, doblado de tubos de cobre, doblado de tubos de aleación de magnesio y doblado de tubos de aleación de titanio desde ese punto de vista de los materiales; desde aspectos de formas tubulares, existe acceso abierto bajo licencia de normas [2]. Existe la opinión generalizada de que las máquinas son más controlables y requieren menos energía que los hidráulicos tradicionales. Si bien esta opinión es la más probablemente correcta, hay una falta de información clara, cuantitativa y evaluaciones rigurosas de las diferencias reales, en términos de consumo de energía, entre las dos soluciones.

Además, la norma ISO 14955 ya mencionada sugiere una lista de posibles mejoras que se pueden investigar en el diseño de máquinas hidráulicas; algunas de las mejoras sugeridas ya son estado industrial del arte; como ejemplo, considerables oportunidades de ahorro de energía (hasta un 40%) aumento mediante el desarrollo de estrategias de control [3].

Ante este contexto se plantea la siguiente interrogante ¿Cómo puedo automatizar la máquina roladora de la empresa Dipaco SAC implementando un motor reductor?. Ante este problema se plantea la siguiente tesis: Mediante un sistema de control de marcha y contramarcha, es que se puede automatizar la máquina roladora de la empresa Dipaco SAC. Para una mejor explicación de la tesis, se trata de los siguientes elementos que conforman el sistema de control: Pulsadores de marcha, contramarcha, paro de emergencia, relés térmicos, guardamotors y contactores; en cuanto al sistema de potencia lo elementos que se disponen son: motor eléctrico y motor reductor

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el sector del servicio eléctrico de baja tensión se requiere de los materiales para la acometida de viviendas, uno de ellos es el tubo bastón que sirve de conducto para el cable alimentador de energía eléctrica hacia la vivienda, que preste dicho servicio a la empresa de la localidad, para ello se necesita del rolado del tubo para poder tomar la forma de bastón.

Por lo cual, de lo anterior se deduce que es un proceso que requiere de una máquina roladora y del personal calificado para dicho proceso. La máquina roladora que en la actualidad existente es manual y para el proceso se requiere de dos operarios, que durante el mes tiene un costo de tres mil seiscientos cuarenta nuevos soles (s/. 3,640.00), dicho proceso no tiene una buena calidad por lo que la fuerza durante el proceso no es la misma de los operarios y en el día se llega a rolar un aproximado de 50 a 60 tubos.

Con esta tesis se busca una solución realizando la automatización de la máquina roladora que permita mejorar la calidad del producto, disminuir el tiempo de rolado de cada tubo y aumentar la productividad del proceso de rolado del tubo bastón.

- Formulación del problema:

¿Será posible aumentar la productividad del proceso de rolado, automatizando la máquina roladora?

- Delimitación de la investigación

La investigación de esta tesis se basará en la propuesta de la automatización en la matriz de rolado, acondicionando un motor reductor y un sistema de control automatizado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. **Objetivo general**

Automatización de matriz de roladora mecánica de tubos para aumentar la productividad.

1.2.2. **Objetivos específicos**

- Diagnóstico del proceso actual de rolado.
- Diseñar el sistema de automatización para el proceso de rolado de tubo bastón.
- Seleccionar los dispositivos electromecánicos para la automatización de la matriz de la roladora mecánica.
- Estimar las mejoras del proceso de rolado que produciría la automatización.
- Evaluar los costos de automatización de roladora mecánica.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

El rolado con máquinas manuales es un procedimiento mediante el cual operarios realizan una fuerza dando curvatura al tubo, perfil o lámina que se quiera trabajar, pero con los avances tecnológicos, las máquinas han sido automatizadas, dando más facilidades al hombre, realizando el trabajo sin ningún problema, por lo que reduce costos y tiempo de producción.

Mamani, M. & Yunganina, D. (2013) “Diseño e implementación de un sistema asistido por plc para la automatización de una dobladora de tubos y supervisado por un sistema scada”. En Perú se realizó la automatización de una máquina con sistema de control SCADA, dicha investigación explica el diseño de una dobladora de tubos automatizada, la cual está diseñada mecánicamente de forma que soporta mayor carga, por lo que se logra reducir el esfuerzo y bajar considerablemente la fatiga. [5]

Juiña, L. (2016) “Diseño y construcción de una máquina hidráulica dobladora de tubos semiautomática con rodillos intercambiables”. En la ciudad de Quito – Ecuador se requería del diseño y construcción de una máquina roladora semiautomática, con el fin de doblar tubos para carrocerías en la empresa “Carrocerías Pedrotti”, lo cual tuvieron como resultado la construcción de la máquina semiautomática y una reducción de costos de producción que al inicio costaba un valor de (\$6,489.00) y después del diseño y construcción de la máquina disminuyó aproximadamente (\$ 867.6). [1]

Angos, J. & Pillajo, D. (2013) “Diseño e implementación de un sistema de control para la dosificación de alfombras de material químico en una máquina de manufactura de alfombras”. Debido a que la seguridad y salud de los trabajadores tienen la máxima prioridad en el desarrollo de las actividades de la empresa, pues se realiza facilitar el trabajo con sistemas automatizados los cuales el trabajo es más confortable y ayuda a que la calidad del producto sea mejor. [4]

De lo anterior, se concluye que la automatización en la máquina roladora ayuda a mejorar la calidad del producto, disminuir el tiempo de proceso de rolado y reducir costos de producción.

2.2. Base teórico – científico

2.2.1. Sistema de automatización

Un sistema de automatización es aquello que realiza un proceso automático asistido por un controlador conocido como PLC, el cual controla un conjunto de máquinas o dispositivos de una máquina, realizando funciones independientes.

2.2.2. Sistema de mando

Es un conjunto de dispositivos electrónicos y electromecánicos, que al ser instalados según el tipo de proceso que se requieren, forman un solo sistema el cual es comandado por una computadora, conocida también como PLC (Control lógico programable); en este caso el sistema de control, todos los objetos son sistemas eléctricos que son utilizados para poder controlar mecanismo o automatización en procesos continuos o procesos sistematizados con algún tipo de computadora, que de las funciones a todo el sistema de control. [5]

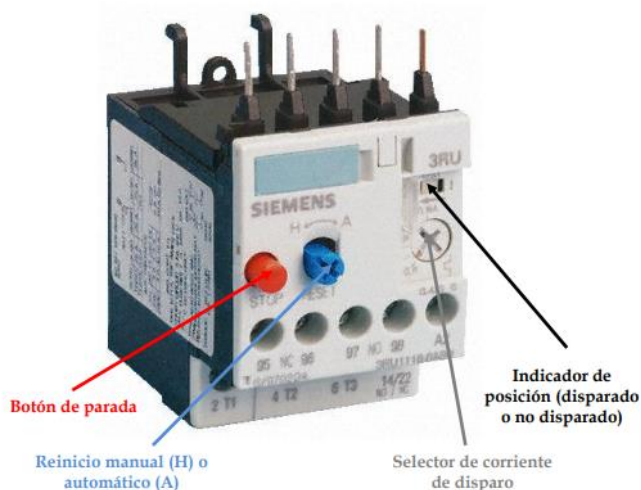
2.2.1.1. Relé térmico

Un relé térmico es un dispositivo que sirve para la protección de motores contra sobrecargas, lo cual, ante cualquier falla en alguna de las fases y diferencias de carga entre ellas, el dispositivo se acciona, por ello el dispositivo cuenta con:

- Dos salidas auxiliares (Normalmente abierto -97-98 y Normalmente cerrado-95-96), para su uso en el circuito de mando.

- Dispone de un accionador regulador de la intensidad de protección.
- El sistema tiene incorporado un botón de prueba (STOP).

Ilustración 1 Relé Térmico [6]



2.2.1.2. Interruptores Termomagnéticos

Su función principal es de proteger el circuito eléctrico ante cualquier problema, pues realiza el cierre de flujo eléctrico de la red hacia los ramales de esta, que pueden contener motores u otras cargas. El corte se realiza cuando debido a las sobrecargas de las máquinas eléctricas, se presenta una corriente de falla en la red; es posible que se permita su uso como único protector de sobrecarga para algunos tipos de motores. [6]

2.2.1.3. Guardamotores

El guardamotor es un interruptor cuya característica de disparo es exactamente igual a la del relé térmico. Puede incluir el disparo magnético ajustado para proteger adecuadamente al térmico; la norma IEC 947-4-1-1 responde a la protección contra sobrecarga, definiendo tres tipos de disparo: [7]

Tabla 1 Clases de disparo de los relés térmicos [4]

Clase de disparo	Tiempo de disparo t_p (s)
10 A	$2 < t_p \leq 10$
10	$4 < t_p \leq 10$
20	$6 < t_p \leq 10$
30	$9 < t_p \leq 10$

2.2.1.4. Contactores

Es un dispositivo que tiene un mecanismo de cerrar contactos, ya que sede el paso de la corriente mediante este dispositivo. Esto suele suceder que la bobina del contactor obtiene corriente eléctrica, funcionando como campo magnético y lo que termina atrayendo a los contactos. [7]

2.2.1.5. Pulsadores

Los pulsadores son elementos actuadores que se utilizan para cortar o apertura circuitos, permitiendo que la corriente pase a través de ellos. [7]

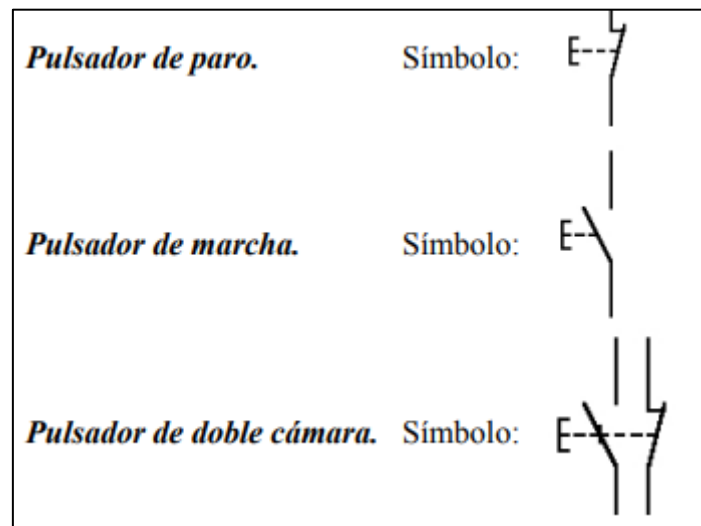


Ilustración 2 Símbolo de Pulsadores [7]

2.2.2. Sistema de eléctrico de potencia

a. Motor Eléctrico

Es aquella máquina que puede ser de combustión interna o eléctrica, por tal razón el motor es el mecanismo que produce la fuerza encargada de vencer esa resistencia. Lo cual nos sirve para formar curvatura, debido a que el eje de rotación y la palanca no son suficientes para vencer la rigidez de un tubo [5].



Ilustración 3 Motor eléctrico [8]

b. Motor Reductor

Los reductores de velocidad son esenciales en las industrias, desde los procesos más básicos hasta los procesos de alta eficiencia que se ordenan en sus máquinas estos mecanismos. Además, son diseñados a base de piñones, mecanismos planetarios y dentados con geometrías diferentes de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor [9].

Para seleccionar favorablemente una unidad de reducción debe calificarse de la siguiente manera:

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida).
- Velocidad (RPM de entrada como de salida).
- Torque (par) máximo a la salida en kg-m.
- Relación de reducción (I).



Ilustración 4 Motor reductor trifásico [8]

c. Roladora Mecánica

La roladora mecánica es una máquina que se utiliza para obtener las geometrías y deformaciones deseadas mediante la utilización de una palanca, prensa hidráulica o sistema de torque, lo cual con la implementación de una matriz de rolado se puede formar formas geométricas para cada tipo de parte estructurales, sin embargo, este sistema no brindará la versatilidad deseada para la producción de partes con mayores detalles como lo son chapas metálicas. [10].

2.2.3. Marco normativo

2.2.3.1. Software de automatización

En la actualidad la automatización ha resultado un gran avance tecnológico, dado que permite monitorear y controlar procesos industriales, lo cual facilita a empresas aumentar su producción y calidad en sus productos. Por ello existe el software el cual es asistido mediante una computadora, esto permite simular el sistema de control y fuerza del proceso de automatización [11].

Dicho software es un programa electrotécnico, en el que es posible introducir los símbolos de forma organizada como librerías, posteriormente, el sistema trazará un esquema eléctrico de manera fácil y rápida a fin de realizar la simulación.

Luego de esto, el programa visualizará el estado del componente eléctrico, así como resaltará los conductores eléctricos de la corriente eléctrica; permite que la persona o usuario pueda

dibujar el esquema de una manera más rápida y fácil. Cuando se haya terminado de realizar el esquema completo con el uso de la simulación, se podrá analizar el funcionamiento correcto de la misma [12].

1. Proceso de rolado

El procedimiento de rolado nos permite obtener las geometrías deseadas para las partes estructurales mediante un proceso continuo y controlado, sin afectar de manera drástica la integridad del tubo, además su implementación no posee costos elevados como los otros sistemas y justifica su construcción local. De esta manera se escoge el rolado continuo para implementar el rediseño de la roladora mecánica. [13]

El proceso de rolado es empleado en las industrias, está considerado dentro del proceso de laminado (proceso que es reducir el espesor de una lámina), en el curvado de metales planos y no planos (proceso para curvar placas y perfiles) y en el moldeo de tubería metálicas. [13]

2. Rolado de tuberías

Se entiende que el proceso de rolado se obtiene por flexión y no es ajeno esto al rolado de tuberías, lo cual requiere de un pre curvado antes de ingresar al proceso de rolado, de esta manera se evita desperdiciar material, se pone en conocimiento que para el rolado de tubería existe una matriz distinta según el diámetro de esta; en el proceso de rolado de tuberías no solo se obtiene formas circunferenciales, sino que además se puede obtener formas espirales o según lo requiera el cliente. [13]

3. Tubos redondos

Los tubos redondos para la presente investigación, son tubos industriales con un espesor mayor a 1.5 mm y menores a 4.5 mm y una longitud de 6.40 m y 6 m. por lo general solo vienen estos espesores en LAC. [14]

A. Tubos redondos laminado en caliente (LAC)

Aceros Arequipa

“Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente. Las dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500-A y B”. [14]

Recubrimiento

✓ NEGRO

✓ GALVANIZADO. (mínimo de 120 gr/m²) Dimensiones y pesos nominales

Tabla 1 Dimensiones y pesos nominales (en Kg/m) [14]

REDONDO NOMINAL	DIMENSION EXTERIOR (mm)	ESPESORES			
		1.8	(mm) 2	2.5	3
1/2"	21.3	0,866	0,952	1,159	
3/4"	26.7	1,105	1,218	1,492	
1"	33.4	1,403	1,549	1,905	2,249
1 1/4"	42.2	1,793	1,983	2,448	2,900
1 1/2"	48.3	2,064	2,284	2,824	3,351
2"	60.3	2,597	2,876	3,564	4,239
2 1/2"	73.0		3,502	4,347	5,179
3"	88.9		4,285	5,327	6,355
4"	114.3		5,539	6,892	8,234

Fuente: (Arequipa, 2015)

Propiedades mecánicas

Negro y Galvanizado

Tabla 2 Propiedades Mecánicas [14]

SECCION	GRADO	LIMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCION (MPa)
REDONDO	A	230	310

Fuente: (Arequipa, 2015)

Tolerancias dimensionales
Referida a los valores nominales:
Espesor: +/- 10%
Longitud: + 12.7/-6.4 mm

SiderPeru

Son tubos que se adquirieron en fábrica por medio de la soldadura automatizada de sección circunferencial, fabricados de acuerdo a la norma ISO 65, producto de la laminación en caliente en distintos espesores y diámetros, con una longitud no superior a 6.4 m [15].

Características dimensionales y de forma

Tabla 3 Diámetros y espesores [15]

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)						
		1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	3.3	4
1/4"	13,5	x	x					
3/8"	17,2	X	X					
1/2"	21,3	X	X	X	X			
3/4"	26,9	X	X	X	X			
1"	33,7	X	X	X	X	X		
1 1/4"	42,4	X	X	X	X	X		
1 1/2"	48,3	X	X	X	X	X	X	
2"	60,3	X	X	X	X	X	X	X
2 1/2"	73,0		X	X	X	X	X	X
3"	88,9		X	X	X	X	X	X
4"	114,3		X	X	X	X	X	X

Fuente: (Siderperú, 2012). El diámetro del tubo de 2 1/2" corresponde a ASTM A 53

B. Tubos Redondos Laminado en Frio (LAF)

Para nuestra investigación solo veremos tubos de un espesor mayor a 1,5.

Siderperú

Son tubos que se adquirieron en fábrica por medio de la soldadura automatizada de sección circunferencial, fabricados de acuerdo a la norma técnica ASTM 513, producto de la laminación en frío en distintos espesores y diámetros, con una longitud no superior a 6.4 m [15].

Características dimensionales y de forma

Tabla 4 Características dimensionales [14]

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR (mm)
		2.0
3/8"	9,5	
1/2"	12,7	X
5/8"	15,9	X
3/4"	19,1	X
7/8"	22,2	X
1"	25,4	X
1 1/8"	28,6	X
1 1/4"	31,8	X 1 3/8"
	38,1	X 1 5/8"
	44,5	X 2"
2 1/4"	57,2	X 2 1/2"
3"		34,9 X 1 1/2"
		41,3 X 1 3/4"
		50,8 X
		63,5 X
		76,2 X

Fuente: (Siderperú, 2012)

METODOLOGÍA.

El enfoque de la investigación es cuantitativo.

A través de los datos obtenidos de la entrevista que se realizó con la formulación de las preguntas de la encuesta hacia los operarios se pudo realizar los cálculos para poder obtener la potencia del motor, que dará forma de curva hacia el tubo.

a. Tipo y nivel de investigación

Tipo aplicada – correccional con utilización de software CAD/CAE.

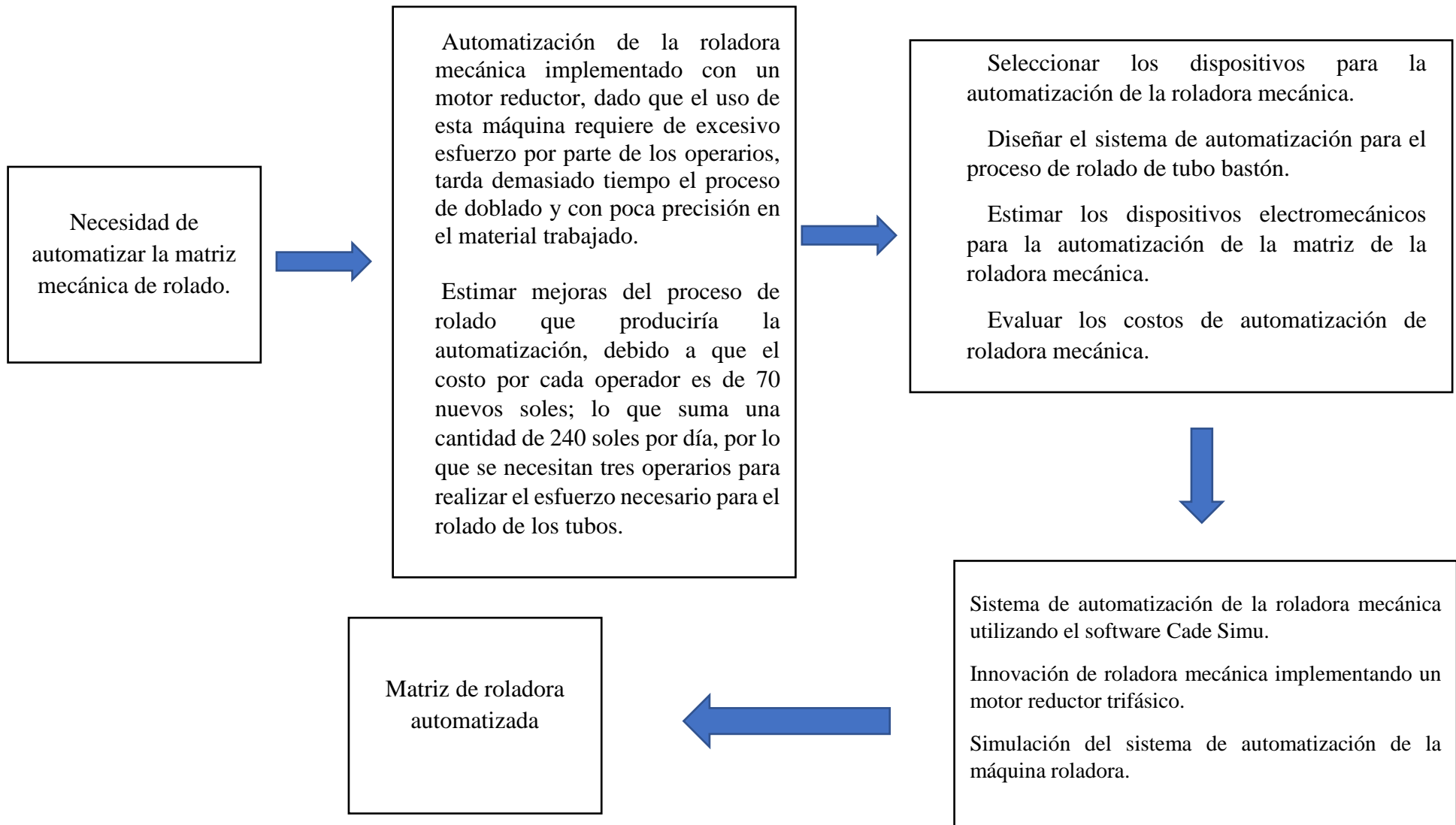
La información se obtuvo por aporte de investigaciones científicas y a la vez de la tesis de investigación en el tema de la automatización de máquinas y procesos industriales, lo cual ayudó para poder verificar los sistemas de control existente y el tipo de conexiones que se realizan para el proceso de rolado.

También se realizó la técnica de la observación y la entrevista en la empresa para poder verificar las condiciones de la máquina y proceso de rolado que se empleaban para la manufactura de los tubos bastón.

De esta manera, en la entrevista se pudo obtener datos de las dimensiones y espesor del tubo que se rola con la matriz existente, lo cual se pudieron hacer cálculos para poder encontrar la potencia necesaria para seleccionar el motor eléctrico y el motorreductor que se desea implementar en la matriz de rolado para la automatización del proceso de rolado.

b. Diseño de investigación

METODOLOGÍA DEL DISEÑO



c. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
VARIABLE INDEPENDIENTE AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA ROLADORA	El sistema de control a través de sus parámetros técnicos , se puede hacer el diseño de automatización y selección de dispositivos electromecánicos que influyen en el funcionamiento del sistema de rolado.	Será diseñado mediante software.	Parámetros técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Tensión - Corriente - Potencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Voltaje - Amperios - HP
			Tiempo de operación	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia - Rendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Adimensional

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
VARIABLE DEPENDIENTE AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD	La automatización adecuada de la máquina roladora, permitirá obtener una mejor calidad del producto y disminuir el tiempo de operación .	Procesos industriales de la manufactura 4.0	Calidad del producto	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfacción del cliente - Precio 	<ul style="list-style-type: none"> - Adimensional - Soles

d. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este proyecto de investigación se usará la observación y entrevista de requerimiento de la máquina existente en la empresa y el proceso de rolado de tubo.

e. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿CÓMO PUEDO MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD CON LA AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA ROLADORA?	GENERAL	GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA ROLADORA INDICADORES Calidad del producto Tiempo de operación VARIABLE DEPENDIENTE Sistema de control	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Tipo aplicada – correccional con utilización del software CAD. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS. En este proyecto de investigación se usará la observación y entrevista
	Automatización de roladora mecánica de tubos implementado con un motor reductor para el sistema de control en matriz de rolado.	Si se realiza la automatización de la roladora mecánica implementada con un motor reductor, entonces, se logrará el control del sistema de la matriz de rolado en DIPACO SAC.		
	ESPECÍFICO	ESPECÍFICO		
	1. Diagnóstico del proceso de rolado.	1. Si se diagnostica el proceso de rolado, entonces, se podrá observar la condición de la máquina.		
	2. Diseñar el sistema de automatización para el proceso de rolado de tubo bastón.	2. Si se diseña el sistema de automatización, entonces, se podrá dimensionar los dispositivos requeridos para la automatización.		

	<p>3. Seleccionar los dispositivos electromecánicos para la automatización de la matriz de la roladora mecánica, que conformarán el nuevo sistema de control estandarizado en el mercado, para el accionamiento de la máquina roladora.</p>	<p>3. Si se seleccionan los dispositivos electromecánicos, entonces, se podrá diseñar el circuito para la automatización.</p>	<p>INDICADORES Tiempo de respuesta Potencia Tensión Corriente</p>	<p>de requerimiento de la máquina existente en la empresa y valores de diámetros de tubos que son rolados.</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA La unidad de estudio es el rediseño de la máquina roladora implementado un motor reductor con sistema de control La población será la máquina existente.</p>
	<p>4. Estimar las mejoras del proceso de rolado que produciría la automatización.</p>	<p>4. Si se estiman las mejoras del proceso de rolado, por lo tanto, se podrá verificar el comportamiento de la roladora mecánica.</p>		
	<p>5. Evaluar los costos de automatización de roladora mecánica.</p>	<p>5. Si se realiza la evaluación de costos de la automatización, por lo tanto, se podrá verificar si es factible la automatización en el proceso de manufactura de rolado.</p>		

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Diagnóstico del proceso de rolado

4.1.1. Personal

El proceso de rolado depende de dos operarios, lo cual dicho proceso durante el mes es muy costoso; a consecuencia, de que llega a superar la cantidad de S/. 4160 con una cantidad de 50 tubos por día.

4.1.2. Calidad del trabajo

El rolado de tubo con la máquina de operación manual genera la curvatura, pero no el adecuado como se desea, por lo que, la fuerza no es la misma para cada tubo, debido a que por el mismo cansancio de los operarios pierde la torsión necesaria para obtener la curvatura en los tubos.

4.1.1. Tiempo

El tiempo que demanda el rolado de cada tubo con la máquina de operación manual es de 2 minutos para obtener la curvatura, dado que dicho proceso tiene que sujetar el tubo a la matriz, luego aplicar fuerza al eje que da curvatura al tubo, luego desmontar el sujetador, por último, extraer el tubo de la máquina y depositar en el área de almacenamiento.

Ilustración 5 - Roladora mecánica actual



4.2. Diseño del sistema de automatización

Para el diseño del sistema de control se tuvo que verificar el funcionamiento de la roladora mecánica actual, lo cual el proceso de la máquina es ejercer una fuerza lo cual crea un torque en la matriz de rolado y se genera la curva en el tubo, dicho proceso será automatizado con el sistema de control de marcha y contra marcha.

4.2.1. Requerimiento del sistema de control

Los requerimientos que se necesitan para el nuevo sistema de control en la máquina roladora.

- Control de marcha y contra marcha.
- Instalación de pulsador en la conexión de emergencia contra cualquier falla que ocasione en el proceso o paro de la máquina para su mantenimiento.
- Incorporación de luces de señal para el sistema de control de marcha, contra marcha y parada de emergencia.
- Conexión de dispositivos eléctricos ante cualquier sobretensión de la alimentación de la red eléctrica.

➤ Funcionamiento

Ya realizada la observación del funcionamiento de la máquina, se tuvo previsto todos los dispositivos que se emplearán en el sistema de control, lo cual el proceso más eficaz en la máquina sería el sistema de control de marcha y contramarcha, puesto que al accionar el pulsador de marcha, la matriz comienza a dar curvatura al tubo de acuerdo al radio que se desea, después se apertura la mordaza que sujeta el tubo hacia la matriz, y consiguiente se acciona el pulsador de contra marcha dado que regresa a su punto de inicio la matriz de rolado para seguir con su proceso de rolado.

➤ Seguridad

El sistema de control de la máquina debe garantizar seguridad en el operador y técnicos de mantenimiento, por lo que se necesitará aplicar normas, en este caso Normas Nema, de modo que son empleadas para la selección de dispositivos eléctricos.

➤ Necesidad de los operadores

De acuerdo con la entrevista a los operadores de la máquina roladora, nos hacen un alcance que el tubo que se rola es de 2mm de espesor, lo cual se necesita de tres operadores para ejercer la fuerza necesaria para rolar los tubos, por ello con este nuevo sistema sólo un operador tendrá la facilidad de operar la roladora mecánica automatizada.

➤ Voltaje

La tensión con la cual la máquina requiere para su funcionamiento será del tipo de alimentación eléctrica trifásica (380/440), en razón de que el sistema de control será diseñado con dispositivos electromecánicos trifásicos.

4.2.2. Diagrama P&ID

En este diagrama nos permitirá graficar los elementos que estarán dentro del proceso de automatización, con ello podemos dar el proceso de rolado.

Para la representación de los dispositivos de control se utilizará la norma ISA (Instrument Society of América).

El proceso de rolado tiene como función, la curvatura del tubo lo cual será dada por la matriz de rolada, por la que estará ensamblada con el eje del motorreductor, el cual proporciona el torque necesario. Pues dicho motor reductor estará acoplado con el motor eléctrico trifásico, el cual será controlado por el sistema de control.

Ilustración 6 Diagrama P&ID del sistema de control

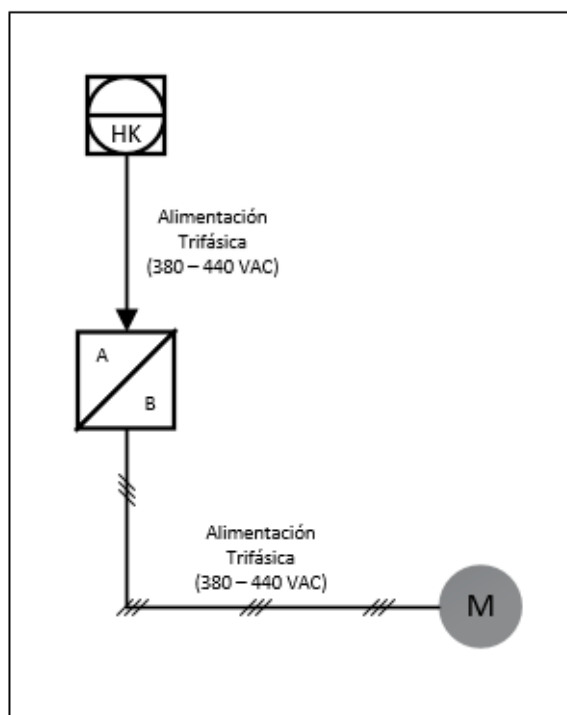


Tabla 2 Nomenclatura de elementos del sistema de control. [16]

Nomenclatura	Descripción
HK	Control manual
A/B	Elementos electromecánicos
M	Moto - reductor

4.2.3. Alimentación Principal

La alimentación con la que funcionará la máquina rolada automatizada se divide en dos:

- La alimentación en el sistema de control será alimentada con 220 V y parte del sistema de protección será alimentada con tensión 380/440 V.
- La alimentación en el sistema de fuerza, en la parte del motor la tensión será 380/440.

Interruptor Termomagnético trifásico

Su principal función de este dispositivo electromecánico es proteger el circuito eléctrico del sistema de control ante sobretensiones o sobrecargas que se generan en la red eléctrica.

De este modo, a la máquina roladora se le instalará un interruptor termomagnético el cual protegerá todo el circuito, adicionalmente se instalará un interruptor trifásico en el sistema de potencia y un interruptor monofásico en el sistema de accionamiento (Pulsadores y bobina del contactor).

Lo que también se desea es que el interruptor cumpla con los siguientes requerimientos de la norma IEC son:

- Corriente asignable de 80 A – 100 A.
- Voltaje Asignado de 380 v – 440 V.

4.2.4. Diseño del circuito de fuerza

Para la selección del circuito de fuerza se realizó el cálculo para hallar el torque con el cual se realiza la curvatura al tubo, dando como resultado lo siguiente:

Tabla 3 Datos característicos del tubo [17]

Referencia			Espesores en mm
Tubo redondo			2.0
Diámetro Nominal	Diámetro externo (pulg)	Diámetro externo (mm)	Peso (kg - m)
1 - ½"	1.89"	48 mm	2.27

$$\text{Fuerza} = \text{masa por gravedad} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\begin{aligned} \text{Fuerza} &= 2.27\text{kg} \times 9.81(\text{m/s}^2) \\ \text{Fuerza} &= 22.2687 \text{ N} \end{aligned}$$

Fuerza de contacto

$$F_c = F/2 \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\begin{aligned} F_c &= (22.2687 \text{ N}) / 2 \\ F_c &= 11.13435 \text{ N} \end{aligned}$$

Dónde: F_c , es la fuerza de contacto entre la matriz y el tubo; F , es la fuerza que se aplica directamente al tubo. [16]

Fuerza de rozamiento

$$F_r = F_c \times \mu \quad \text{Ecuación 3}$$

$$\begin{aligned} F_r &= 11.13435 \times 0.15 \\ F_r &= 5.567175 \text{ N} \end{aligned}$$

Dónde: F_r , es la fuerza de rozamiento en la mordaza que sujeta el tubo; y μ , es el coeficiente estático del acero al carbono. [16]

Torque

$$T = F_r \times \frac{d}{2} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$T = 5.5672 \text{ N} \times \frac{0.4 \text{ m}}{2}$$

$$T = 1.113435 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Dónde: T , es el torque que se emplea para doblar el tubo; F_r , sería la fuerza de rozamiento y d , es el diámetro de la curvatura del tubo. [16]

Potencia

$$P = T \times \frac{RPM}{5252} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$P = 1.113435 \times \frac{1200 \text{ RPM}}{5252}$$

$$P = 0.2544 \text{ HP}$$

Dónde: P, es la potencia del motor eléctrico que se requiere; T, es el torque; y rpm serían las revoluciones por minuto con la que gira el eje del motor de 6 polos. Pues con todo ello se estima que el motor que requiere para la roladora mecánica es de 1HP. [16]

4.2.5. Análisis de esfuerzo de la estructura.

Después de realizar los cálculos se procede con el análisis de la estructura que soportaran cargas al realizar la función de rolado.

Dicho análisis de esfuerzos se realizará a través de una simulación en el software Solid Works, del cual obtendremos gráficos y tabla de rango de cuanto esfuerzo puede soportar la máquina roladora.

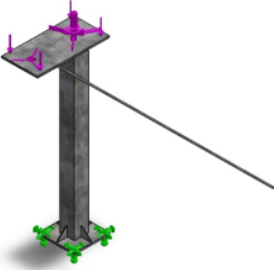
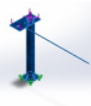
El material con el se fabricará dicha estructura de la máquina será de acero galvanizado ASTM 500.

PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM A500/A500M GRADOS A y B)

SECCIÓN	NORMA TÉCNICA		GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	ELONGACIÓN MÍNIMO
	DEL TUBO	DEL ACERO				
REDONDO	ASTM A 500/A500M	ASTM A 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25
CUADRADO	ASTM A 500/A500M	ASTM A500 GRADO A	A	269	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25
RECTÁNGULO	ASTM A 500/A500M	ASTM A500 GRADO A	B	269	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B		-	≈ 290	≈ 25

Por consiguiente, se detallarán los análisis de las piezas que realizarán los esfuerzos más críticos y a su vez se detallara que tanto puede resistir con las cargas y esfuerzos en que estarán sujetadas hacia las piezas que conforman la máquina roladora.

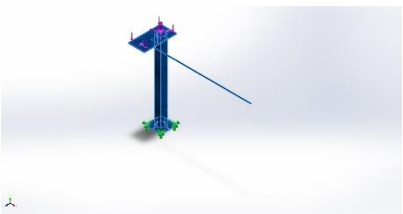
Estructura de máquina roladora

			
Nombre del modelo: BASE COLUMNA Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir11 	Sólido	Masa: 30.9686 kg Volumen: 0.00393502 m ³ Densidad: 7,870 kg/m ³ Peso: 303.492 N	D:\USERS\DOCUMENTOS\SLDWORKS\BASE COLUMNA.SLDPRT Jul 13 13:06:01 2022

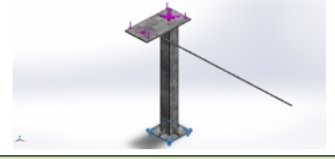
Unidades

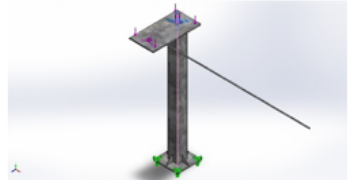
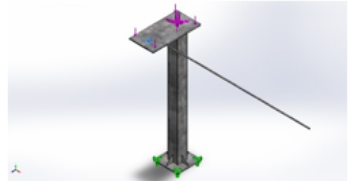
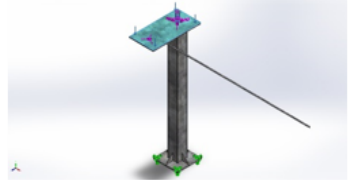
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acero galvanizado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.03943e+08 N/m² Límite de tracción: 3.56901e+08 N/m² Módulo elástico: 2e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 7,870 kg/m³	Sólido 1(Saliente-Extruir11)(BASE COLUMNA)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 5 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.20875	1,044.32	-0.325023	1,044.32
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 137.5 lbf		
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 137.5 lbf		
Fuerza-3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 44.0999 kgf		

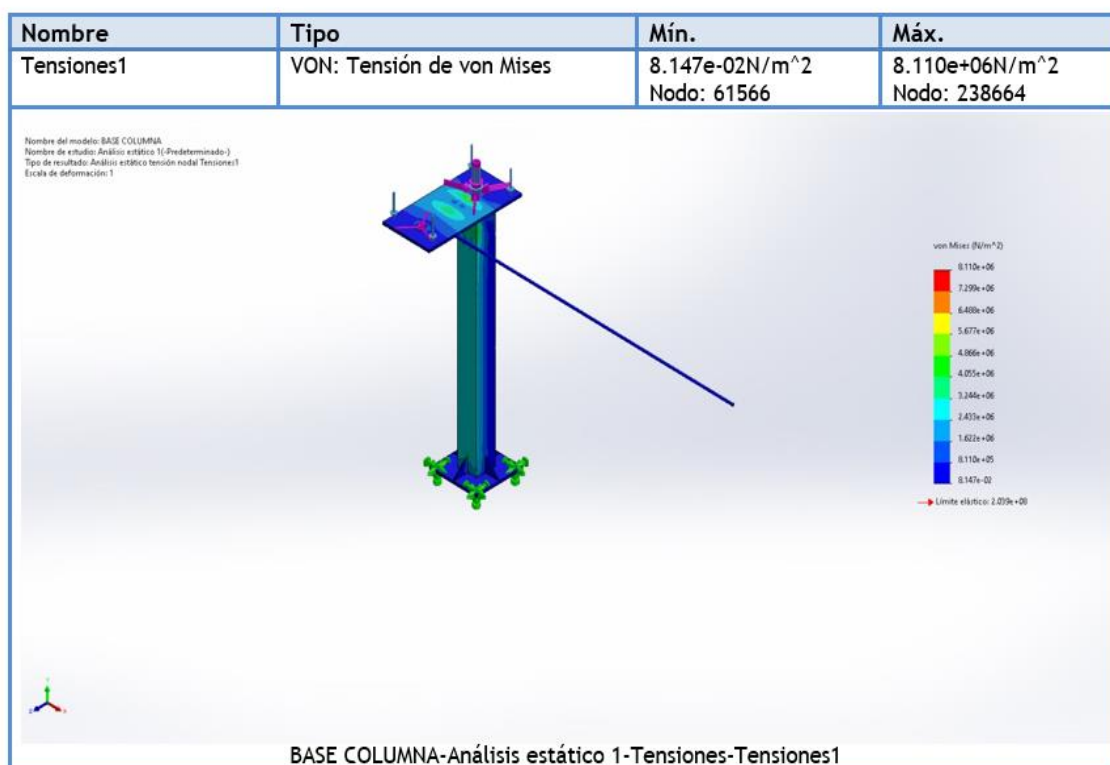
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	24.1126 mm
Tamaño mínimo del elemento	1.82253 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

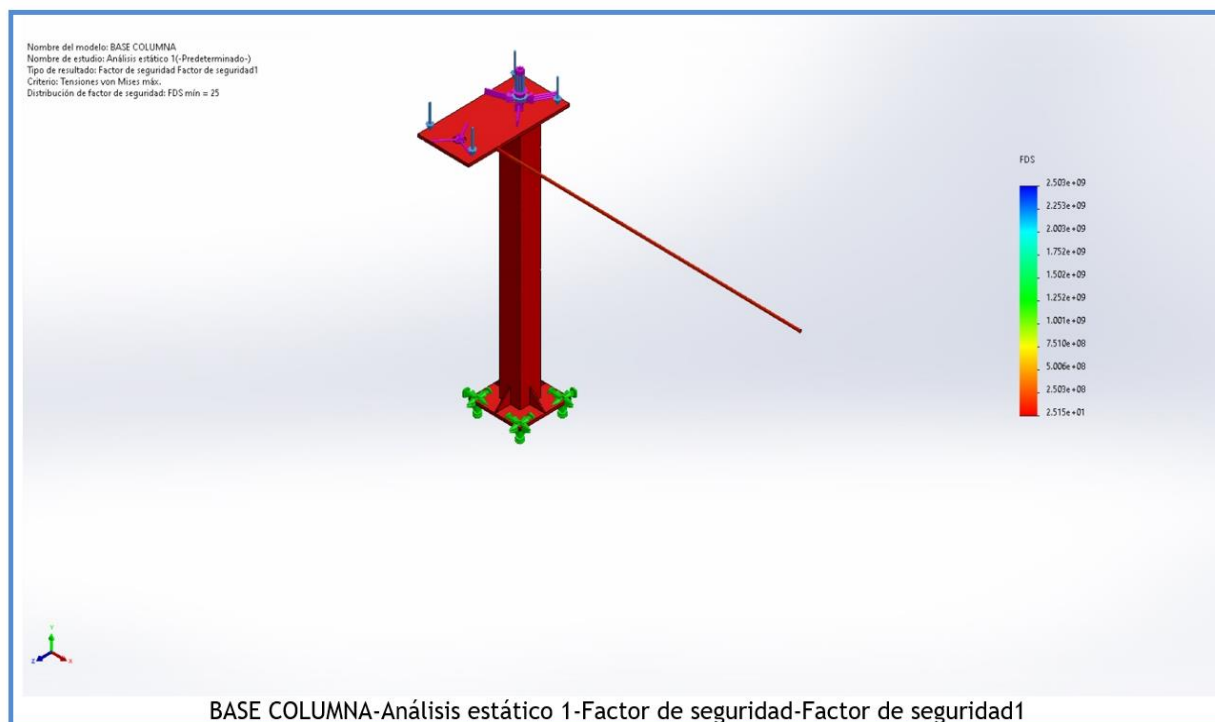
Información de malla - Detalles

Número total de nodos	414118
Número total de elementos	271353
Cociente máximo de aspecto	18.132
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	97.7
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0829
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:13
Nombre de computadora:	

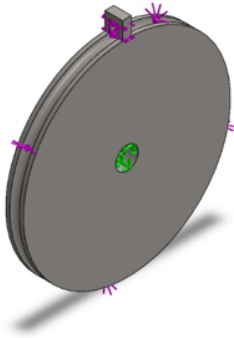

Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00mm Nodo: 39	2.212e-01mm Nodo: 654



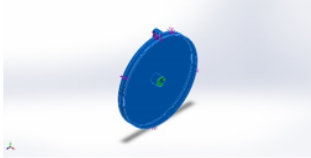
Matriz de máquina roladora

			
Nombre del modelo: MATRIZ Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa: 6.36964 kg Volumen: 0.000816621 m ³ Densidad: 7,800 kg/m ³ Peso: 62.4225 N	D:\USERS\DOCUMENTOS\S OLIDWORKS\ \MATRIZ.SLDPRT Jun 26 14:41:38 2022

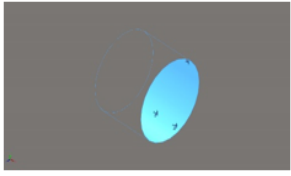
Unidades

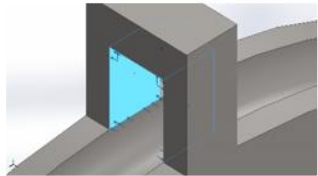
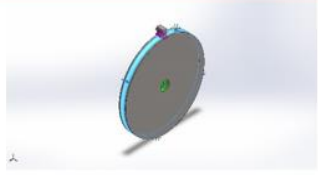
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acero al carbono fundido Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 2.48168e+08 N/m ² Límite de tracción: 4.82549e+08 N/m ² Módulo elástico: 2e+11 N/m ² Coeficiente de Poisson: 0.32 Densidad: 7,800 kg/m ³ Módulo cortante: 7.6e+10 N/m ² Coeficiente de dilatación térmica: 1.2e-05 /Kelvin	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(MATRIZ)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.000468841	-611.626	-0.000850543	611.626
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 3 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 137.5 lbf
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 46 kgf

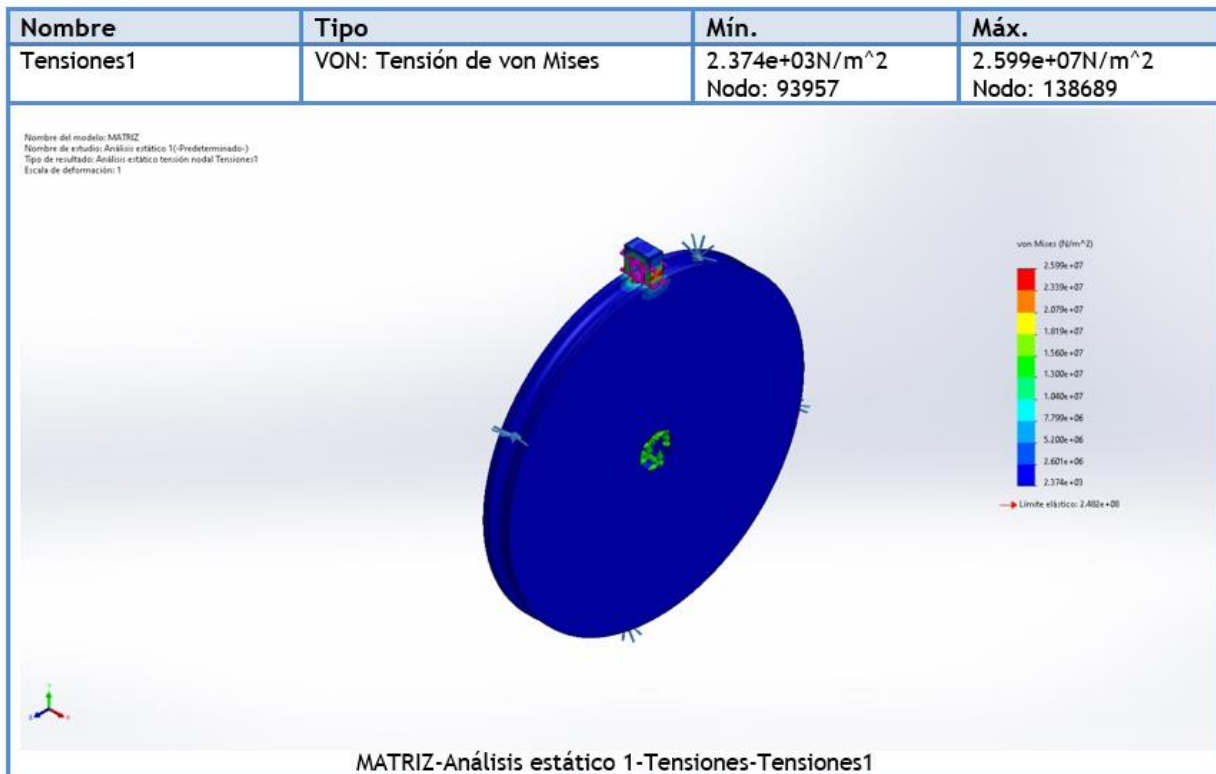
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	4.67462 mm
Tamaño mínimo del elemento	1.55819 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

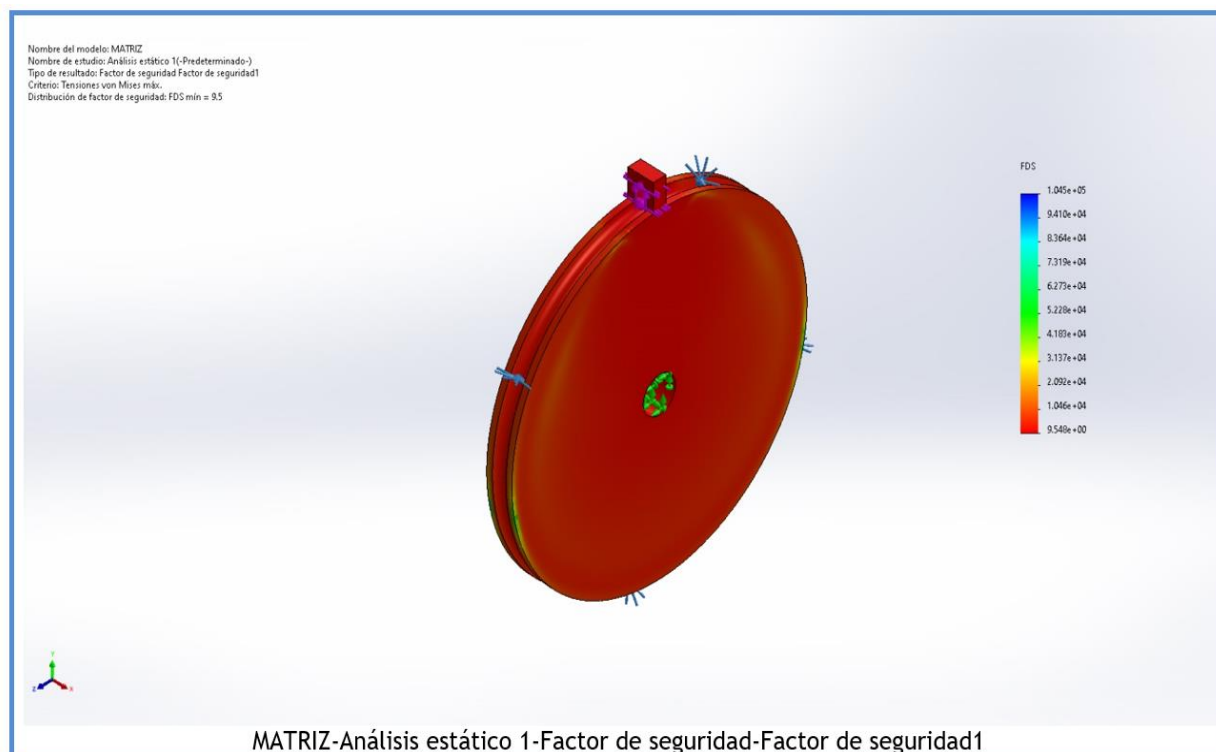
Información de malla - Detalles

Número total de nodos	200041
Número total de elementos	131052
Cociente máximo de aspecto	4.107
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.8
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:06
Nombre de computadora:	

Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00mm Nodo: 11	1.703e-03mm Nodo: 6683



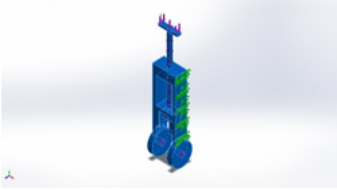
Mordaza de máquina roladora

 <p>Nombre del modelo: MORDAZA Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir5 	Sólido	Masa: 20.6808 kg Volumen: 0.00265138 m ³ Densidad: 7,800 kg/m ³ Peso: 202.672 N	D:\USERS\DOCUMENTOS\S OLIDWORKS\MORDAZA.SL DPRT Jun 26 14:08:25 2022

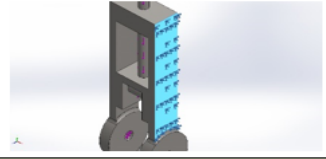
Unidades

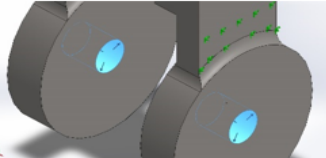
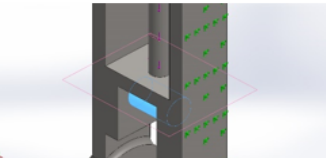
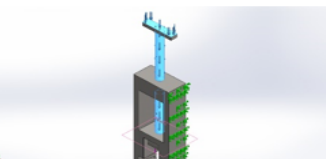
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acero al carbono fundido Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 2.48168e+08 N/m ² Límite de tracción: 4.82549e+08 N/m ² Módulo elástico: 2e+11 N/m ² Coeficiente de Poisson: 0.32 Densidad: 7,800 kg/m ³ Módulo cortante: 7.6e+10 N/m ² Coeficiente de dilatación térmica: 1.2e-05 /Kelvin	Sólido 1(Saliente-Extruir5)(MORDAZA)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0109935	902.188	0.00363224	902.188
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 137.5 lbf		
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 46 kgf		
Fuerza-3		Entidades: 3 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; -46 kgf		

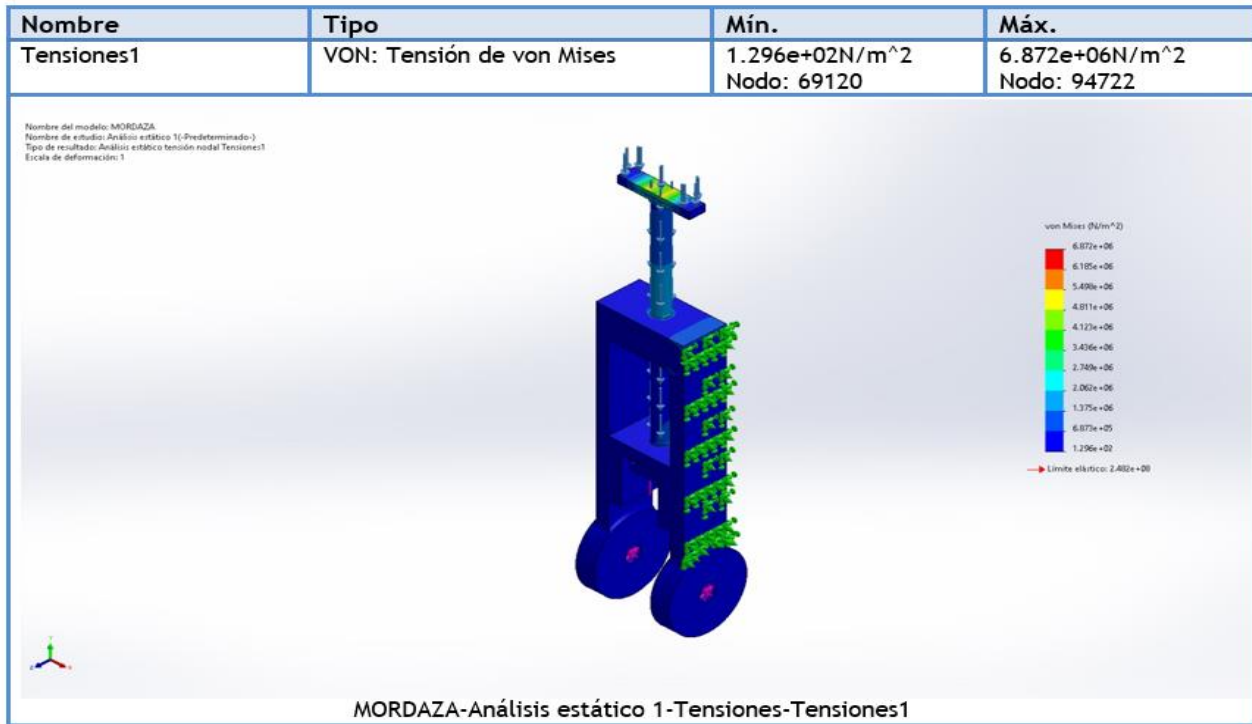
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	6.92171 mm
Tamaño mínimo del elemento	2.30721 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

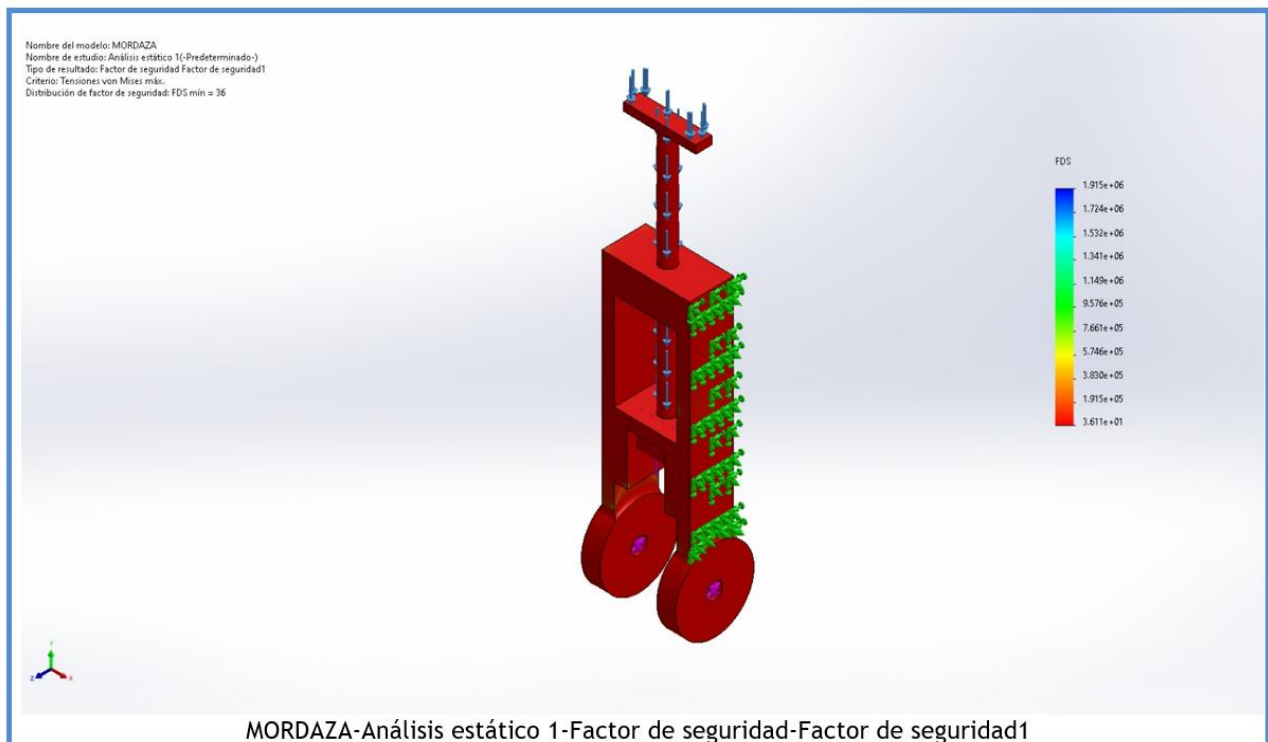
Información de malla - Detalles

Número total de nodos	105143
Número total de elementos	68683
Cociente máximo de aspecto	5.4819
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.9
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	

Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00mm Nodo: 5	6.725e-03mm Nodo: 874



Como conclusión, luego de realizar el análisis de las piezas a través de método de mallado se tuvo como resultado, que las piezas cuentan con el factor de seguridad para dicho funcionamiento en las que van estar sujetadas cuando se le apliquen las cargas y esfuerzos.

En la siguiente tabla se detallarán los factores de seguridad que dieron como resultado:

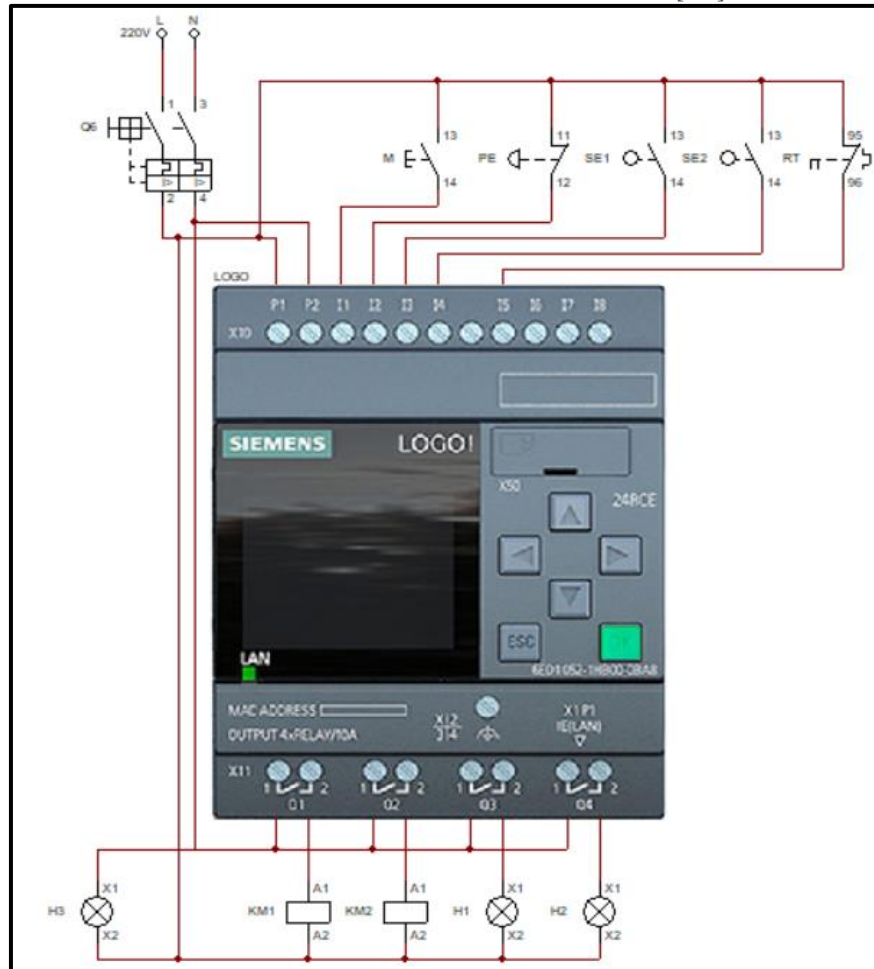
Pieza mecánica	Factor de Seguridad (Von mises)
Estructura	25
Matriz	9.5
Mordaza	36

4.2.6. Diseño del circuito de automatización

A consecuencia de que ya se realizó el cálculo para poder hallar la potencia del motor, se realiza el sistema de control, con lo cual se diseña el sistema de automatización para el proceso de rolado, por lo mismo que tendrá pulsadores que controlarán el rolado del tubo.

- El sistema de control debe contar con un pulsador de emergencia ante cualquier falla o mantenimiento que se realice.
- El sistema de control en su diseño cuenta con un pulsador el cual será de marcha.
- Sucesivamente se conecta el primer contactor (KM1), que realizará el enclavamiento y a su vez la función de marcha.
- El segundo contactor (KM2), realizará la función de contra marcha.
- Cada contactor tendrá conectado su relé térmico.
- También los pulsadores estarán conectados con las bobinas de los contactores.

Ilustración 7 Circuito del sistema de control [18]



4.2.7. Arquitectura del sistema de automatización

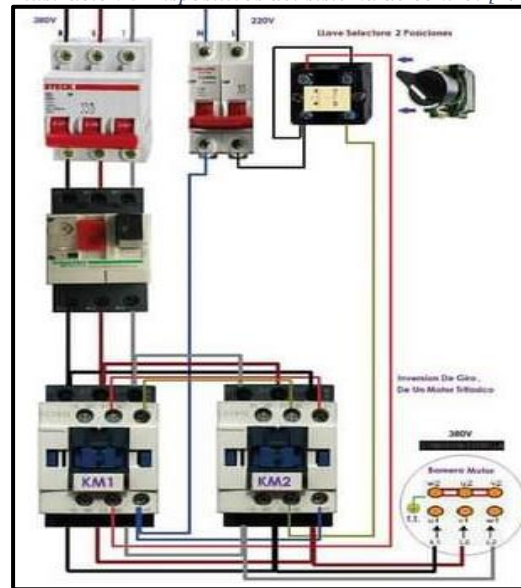
Dispositivos de Mando

- Pulsadores
- Contactores

Dispositivos de Seguridad

- Interruptores Termomagnéticos
- Relés térmicos
- Guardamotores

Ilustración 8 Dispositivos del sistema de control [19]



4.2.8. Dimensionamientos de los dispositivos

Contadores

En el circuito ambos contactores en su diseño del dispositivo tendrán salidas principales y auxiliares, las salidas auxiliares serán alimentadas con red monofásica, debido a que su bobina es de 220VAC.

Las salidas principales se encontrarán alimentadas con red trifásica de modo que su conexión estará conectada directamente con el motor eléctrico trifásico. [16]

Asimismo, por criterio de seguridad un sobre dimensionamiento del 125% de la potencia nominal de los motores, pues con la siguiente ecuación se dispone de la adquisición del contactor que estarán instalados en el circuito del sistema de control.

$$P_c = 1,25 \times P_{\text{motor}} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$P_c = 1,25 \times 0.2544 \text{ HP}$$

$$P_c = 0.318 \text{ HP}$$

Dónde: P_c , es la potencia del contactor y P_{motor} , es la potencia del motor.

Guardamotores y relé térmico

En el circuito del sistema de control se requiere de dispositivos que actúen automáticamente ante cualquier sobrecarga que se pueda

ocasionar, es por ello que existe el guardamotor y el relé térmico, que ayuda a interrumpir la corriente cuando hay una diferencia de tensión.

Existen tres tipos de protección ante sobrecarga:

- Relé de clase 10: Para motores pequeños de arranque rápido.
- Relé de clase 20: Para motores de uso general clasificados por NEMA.
- Relé de clase 30: Para motores de arranque de más de 10 segundos. [16]

Para la selección de los guardamotors y relés térmicos, existe el criterio del $\pm 25\%$ de corriente nominal del motor.

$$I_{g,r} = I_n \pm 0.25 I_n$$

Ecuación 7

Dónde: $I_{g,r}$ es la intensidad de corriente del guardamotor y relé térmico a soportar, y I_n , es unidad de arranque del motor. [16]

Dimensionamiento del cable

En el circuito del sistema se instalarán diferentes tipos de calibres de cable, por lo cual existen tablas y diagramas de curvas que ayudan a encontrar el seccionamiento y calibre del conductor de acuerdo con la intensidad de corriente al cual será sometido.

Ilustración 9 Curva característica de tiempo - corriente [16]

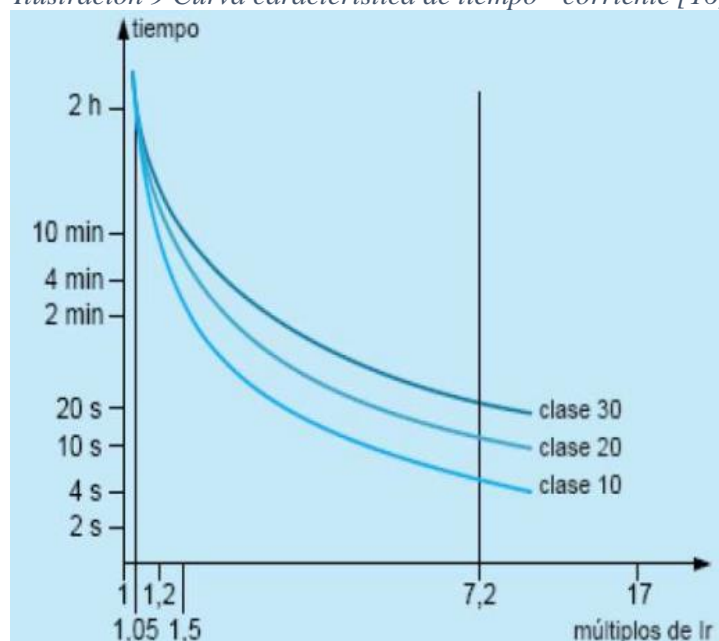


Tabla 4 Calibre del conductor [16]

AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Resistencia (ohm/km)	Intensidad (A)
2	6,544	33,63	1,50	96
4	5,189	21,15	0,80	60
6	4,115	13,30	1,27	38
8	3,264	8,36	2,03	24
10	2,588	5,26	3,23	15
12	2,053	3,31	5,13	9,5
14	1,628	2,08	8,17	6,0
16	1,291	1,31	12,9	3,7
18	1,024	0,82	20,83	2,5
20	0,8118	0,52	32,69	1,6

4.3. Selección de dispositivos electromecánicos

Para la selección de los dispositivos se tuvo en cuenta el torque necesario que se necesita para dar forma de curva al tubo, lo cual mediante el torque se puede obtener la potencia que se necesita en la calificación del motor eléctrico, dispositivos electromecánicos, motor reductor y demás dispositivos aplicados en el circuito del sistema de control.

4.3.1. PLC

Este dispositivo permitirá realizar las funciones del proceso de rolado a través de la programación que ésta permite programar, de la cual el dispositivo que se empleará para esta automatización es de un PLC Siemens LOGO, ya que cuenta con ocho salidas que permitirán conectar los sensores, dispositivos de maniobras, los pulsadores, lámparas de señal y el sistema de fuerza.

Ilustración 10 PLC SIEMENS



4.3.2 Gabinete de montaje

Para la selección de la estructura donde se instalará el circuito de control y de protección del sistema de control de la roladora mecánica, se ha realizado la instalación del circuito con el fin de obtener las medidas de separación entre los dispositivos electromecánicos y el cableado, para ello se mostrará en un plano el montaje de los dispositivos en el gabinete de montaje.

El gabinete de montaje será material metálico, debido a que tendrá que ser diseñado por lo mismo que en el mercado no se encuentra disponible.

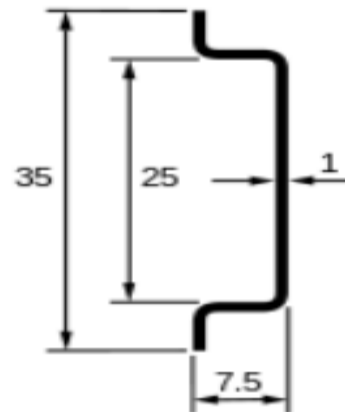
Ilustración 11 Gabinete Eléctrico



4.3.3 Rieles de soporte

Los rieles son elementos que se ayudan a que los dispositivos electromecánicos estén en orden y a la vez sujetos de la estructura o gabinete en el que se instala el circuito, el riel que se utilizará será el que se encuentra estandarizado en el mercado, dado que viene en la medida adecuada para el montaje de los dispositivos electromecánicos de la instalación del circuito.

Ilustración 12 Dimensiones del riel DIN [4]



4.3.4 Borneras de conexión

Las borneras de conexión son elementos que son utilizados para poder conectar los cables con dispositivos electromecánicos, en razón de que brinda mayor seguridad ante fallas de corto circuito, lo cual son iniciados cuando un cable hace falso contacto con los terminales y salidas de los dispositivos generando recalentamiento en el conductor y a su vez provocando accidente.

Para este circuito se utilizará borneras estandarizadas a los cables que se utilizaran en la instalación del cableado en los dispositivos.

4.3.5 Contactores

Para este sistema de control se consideró utilizar este dispositivo electromecánico, ya que parte de su función es realizar en accionamiento del giro del eje en marcha y contramarcha, lo cual mediante la alimentación eléctrica trifásica 380 V / 220 V y la potencia requerida del motor que es de 1 HP, se llegó a seleccionar el contactor LC1D32 de 3 polos con frecuencia de 60 Hz con bobina de 220V, con salidas

auxiliares NO (Normalmente abierto) y NC (Normalmente cerrado).

Ilustración 13 Contactor Schneider [20]



4.3.6 Relé térmico

Este dispositivo se seleccionó dado que sirve de protección hacia el motor tanto como el circuito de control, lo cual ayuda a prevenir fallas futuras por sobrecarga o sobre tensión, que suelen ocurrir en los sistemas eléctricos. Por ello con la potencia requerida y el tipo de contactor a utilizar se pudo seleccionar el relé térmico adecuado para el circuito del sistema de control.

El relé térmico que se instalará en el circuito LR3D07L, su característica se mostrará en la siguiente tabla.

Tabla 5 Características del relé térmico

Item - Relay	IEC Style Overload Relay	Body Height - Relay	2.99 in
Use With - Contactors and Starters	Mfr. Series LC1D09 to LC1D32 Contactors	Body Width - Relay	1.77 in
Overload Relay Current Range	1.60 to 2.50A	Body Depth - Relay	3.0 in
Trip Class - Overload	20	Overall Height - Relay	2.99 in
Number of Poles	3	Sensing Method	Bimetallic
Reset Type - Relay	Manual	Features	Non Differential
		Separate Mounting	No
		Standards	ATEX D 94/9/CE, CSA, UL

Fuente: Grainger

4.3.7 Conductor

Para la selección del conductor se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

- La intensidad de corriente de la carga, en este caso del motor de 1HP.
- La caída de tensión permisible en cada línea.
- Las corrientes de cortocircuito.

Con todos esos datos eléctricos se pudieron seleccionar los siguientes conductores, lo cual cumple con los aspectos técnicos para el sistema de automatización.

Sección (mm ²)	Nº total de alambres	Diámetro (mm)	Esp. Aislamiento (mm)	Max. DC resistencia 20°C [Ohm/km]	Amperaje aire 30°C [A]
1,5	7	1,5	0,7	12,1	18
2,5	7	1,92	0,8	7,41	30

4.3.8 Pulsadores.

Para la selección de los pulsadores se tuvo que verificar cual es la función en las cuales se va emplear en el circuito, para ello se tiene en cuenta que:

- 1 pulsador será para la función de marcha, en este tipo de pulsador será de color verde.
- 1 para la parada, para la función de paro del motor para invertir el giro, este dispositivo será de color rojo

4.3.9 Interruptores Termomagnéticos

Este dispositivo permite proteger el circuito eléctrico ante una sobrecarga, su objetivo principal es proteger el cableado y los dispositivos que se conforma el circuito eléctrico, ya que ante

la sobretensión de la línea de alimentación o la sobrecarga del circuito se activa ante una diferencia de corriente, por lo que ya está normalizado de acuerdo a la corriente en que funciona estos dispositivos.

De acuerdo a los cálculos del cable para utilizar en este circuito de automatización, los interruptores termomagnéticos que se han seleccionado, tanto el circuito de mando, como la de fuerza son:

Ilustración 14 Tabla de Interruptor de dos polos estandarizado

2 polos protegidos			TenSIón de empleo: 220/440 VAC Curva C: Disparo magnético entre 5 y 10 In.				Cantidad Indivisible	Precio S/
Referencia	Tipo	In (A)	Capacidad de interrupción última					
			IEC60898-1 400VAC (A)	230VAC (kA)	400VAC (kA)	440VAC (kA)		
A9F84202	iC60H	2	10000	70	70	50	1	183,71
A9F84204	iC60H	4	10000	70	70	50	1	172,05
A9F84206	iC60H	6	10000	30	15	10	1	153,10
A9F84210	iC60H	10	10000	30	15	10	1	126,00
A9F84216	iC60H	16	10000	30	15	10	1	124,80
A9F84220	iC60H	20	10000	30	15	10	1	123,60
A9F84225	iC60H	25	10000	30	15	10	1	123,60
A9F84232	iC60H	32	10000	30	15	10	1	124,80
A9F84240	iC60H	40	10000	30	15	10	1	162,00
A9F84260	iC60H	50	10000	30	15	10	1	163,60
A9F84263	iC60H	63	10000	30	15	10	1	166,70

Fuente: Catalogo 2021 – Schneider



Ilustración 15 Tabla de Interruptor de tres polos estandarizado

3 polos protegidos			TenSIón de empleo: 220/440 VAC Curva C: Disparo magnético entre 5 y 10 In.				Cantidad Indivisible	Precio S/
Referencia	Tipo	In (A)	Capacidad de interrupción última					
			IEC60898-1 400VAC (A)	230VAC (kA)	400VAC (kA)	440VAC (kA)		
A9F84316	iC60H	16	10000	30	15	10	1	239,80
A9F84320	iC60H	20	10000	30	15	10	1	237,50
A9F84325	iC60H	25	10000	30	15	10	1	235,20
A9F84332	iC60H	32	10000	30	15	10	1	239,80
A9F84340	iC60H	40	10000	30	15	10	1	275,50
A9F84350	iC60H	50	10000	30	15	10	1	280,70
A9F84363	iC60H	63	10000	30	15	10	1	286,10

Fuente: Catalogo 2021 – Schneider

4.4.9 Sensor

El sensor adecuado para poder retornar la matriz hacia el punto inicial, que a su vez abrirá la mordaza para soltar el tubo ya rolado será un Limit Switch, el cuál funcionará de la siguiente manera.

Cuando el tubo llegue a su recorrido final, el extremo final activará el sensor al ser tocado, dando la señal al PLC para que active la contra marcha al motor y abra la mordaza y a su vez retorna la matriz a su punto final.

Ilustración 16 Limit Switch



Fuente: Greinger

4.3.9 Matriz de evaluación de conceptos

		CONCEPTO			
		Motor eléctrico		Motor de combustión	
	Peso	Calificación	Evaluaciones ponderadas	Calificación	Evaluaciones ponderadas
Facilidad de manejo	25%	4	1	4	1
Facilidad de uso	15%	3	0.45	4	0.6
Durabilidad	15%	3	0.45	3	0.45
Facilidad de manufactura	20%	3	0.6	2	0.4
Portabilidad	25%	4	1	4	1
Total, puntos			3.5		3.45
Lugar			1		2
¿continuar?		Aprobatorio			

Desempeño relativo	Calificación
Mucho peor que la referencia	1
Peor que la referencia	2
Igual que la referencia	3
Mejor que la referencia	4
Mucho mejor que la referencia	5

4.4. Estimar las mejoras del proceso de rolado que produciría la automatización.

De acuerdo con el primer objetivo que se consideró el diagnóstico del proceso de rolado, se pudo obtener la problemática de la máquina del estado actual y del proceso que realiza dicha máquina roladora mecánica de tubos.

La problemática en esta tesis es la productividad de la máquina roladora, en razón de que su productividad diaria con el personal actual es de 50 tubos bastón rolados, lo cual parte de la productividad no tiene la misma calidad y demanda de tiempo para el rolado de cada tubo.

Con la automatización de la máquina roladora mecánica se estima una mayor productividad por día, mejora en la calidad de los tubos bastón y reducir el tiempo que toma para rolar los tubos.

Dicho proceso si es automatizado reducirá los costos de producción a un margen del 40% de lo que cuesta con dos operarios.

La rentabilidad de la máquina también se analizará en el siguiente objetivo, que concierne a los costos de la automatización junto a ello se analizará los gastos necesarios que se necesitaría para poder automatizar la máquina roladora mecánica.

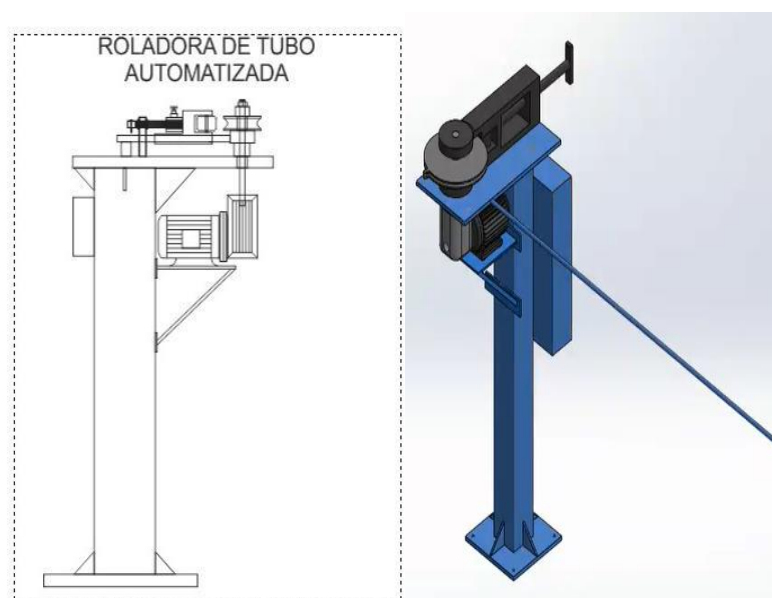


Ilustración 17 - Roladora automatizada

4.4.1 Plan de mantenimiento

4.4.1.1 Objetivo

Realizar un mantenimiento preventivo, el cual nos sirva poder evitar averías de la máquina roladora, a su vez evitar dañar equipos y partes de la máquina que no son fácil de cambiar y que no sea muy costoso dicho mantenimiento de la máquina.

4.4.1.2 Inventario de activos

Se tomará en cuenta puntos estratégicos para obtener una lista de tareas de la cual, no servirá para obtener un inventario de activos que nos servirá para el mantenimiento preventivo de la máquina roladora.

- Plazos de garantías en el que se verificarán las garantías que brinda el fabricante de las piezas que son reemplazables y que se pueden encontrar fácilmente.
- Recomendaciones del fabricante y manuales de las piezas y equipos que son fácil de reemplazar
- Criticidad de la máquina Roladora

Piezas Mecánicas	Tipo	Equipos electromecánicos	Tipo
Motoreductor	B	PLC	B
Rodamientos	C	Limit Switch	B
Matriz de rolado	A	Contactador	C
Eje sin fin	A	Relé Térmico	C

Tipo de análisis de criticidad

A: Altamente crítico.

B: Moderadamente crítico.

C: Baja criticidad.

4.4.1.3 Gestión de prioridades y recursos

Con el primer punto podemos saber que debemos priorizar, en el segundo punto sabemos que dispositivos y equipos son los más críticos, por ello se analizó el tipo de criticidad que nos da con claridad un mejor entendimiento de que podría ser más costoso y demanda de tiempo para poder reemplazar la pieza, en este caso de la máquina roladora serian la matriz de rolado y el eje sin fin, ya que son piezas que son fabricadas de acuerdo al funcionamiento y uso en que la máquina va estar trabajando, es por ello que no se encuentra fácilmente en el mercado por diferentes fabricante, lo cual requiere de la fabricación a través de una factoría metálica que elabore la matriz a través de máquinas como el torno y maquina fresadora que dan el acabado final de la pieza, lo mismo pasa con el eje sin fin para su dicha fabricación.

Es por ese motivo que se realizó un gráfico de acuerdo al tiempo en que se debe realizar los mantenimientos de cada una de las partes que conforman a la máquina roladora, con el propósito de evitar desgastes, averías y como último caso de un fallo de equipos por el mal uso y mala práctica del mantenimiento de la máquina roladora.

TAREAS	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	DIAS	GRAFICO DE FRECUENCIA
Limpieza	Diario	1	
Engrasado	Semanal	7	
Revisión eléctrica	Mensual	30	
Revisión mecánica	Mensual	30	
Recubrimiento con pintura	Anual	365	

Ilustración 18 Gráfico del mantenimiento preventivo

También se realizó el nivel de dificultad del mantenimiento que se puede requerir para el mantenimiento de la máquina roladora.

El cual servirá para poder tener un margen del nivel que requiere de más tiempo y a su demanda de tiempo, sino se cumple el mantenimiento preventivo de la máquina roladora.

Tabla 6 Niveles de dificultad de tareas de mantenimiento

NIVELES DE DIFICULTAD DE TAREAS DE MANTENIMIENTO			
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4
No necesitan mano de obra especializada.	Necesitan de mano de obra especializada	Reparación de gran dimensión que necesitan mano de obra cualificada	Reparación general de equipos en talleres externos
Verificación de nivel de grasa, limpieza y control	Mantenimiento de equipos electromecánicos	Configuración o programación de PLC y sistemas de control	Reparación de motor eléctrico, reconstrucción de matriz de rolado y eje sin fin

4.4.1.4 KPIS en el plan de mantenimiento

Los KPIS serán nuestros indicadores de rendimiento que nos ayudaran a verificar si se llegan a cumplir los objetivos fijados que se propusieron para la eficacia y progreso del plan de mantenimiento preventivo de la máquina roladora, por ello se tienen como indicadores los siguientes:

Tabla 7 Indicadores de rendimiento (KPIS)

Indicadores de rendimiento (KPIS)
Porcentaje de mantenimiento Preventivo
Índice del cumplimiento del mantenimiento preventivo
Eficacia del equipo general
el porcentaje crítico de mantenimiento programado
tiempo medio entre averías
coste total con el mantenimiento
retorno de la inversión

4.5. Evaluar los costos de automatización de roladora automatizada

3.5.1 Costos de automatización de máquina roladora

Para realizar la automatización de la roladora mecánica, se tuvo que ver los costos específicos del costo total, entre ellos están los siguientes tipos de costo se analizó:

- Costos de dispositivos eléctricos y mecánicos.
- Ejecución de mano de obra.
- Costo de insumos.

Costos de dispositivos eléctricos y mecánicos

Luego de haber realizado los cálculos, el diseño y la selección de los dispositivos eléctricos y mecánicos, se procedió a verificar los precios de dicho dispositivos y elementos parte de la automatización de la máquina en el mercado actual, con el fin de proporcionar un margen de costo que se pudiera gastar para realizar la automatización.

Tabla 8 Materiales

Materiales eléctricos				
Denominación	Cant.	Dimensiones	Precio	Costo (Soles)
Motor reductor	1	1 HP - 1:25	1500	1 500
Pulsadores	2	Abierto	15	30
Contactador CNC - LC1D32	2	220 v	459.15	918,3
Relé Térmico - LR3D07L	2	trifásico	315	630
PLC SIEMENS	1	LOGO	618.85	618,85
Luces lámparas de señal	3	LED	0.95	2.85
Interruptor Trifásico	1	32 A	93.15	93.15
Interruptor Monofásico	1	25 A	40.9	40.9
Rodamiento	2	150 mm	35	70
Limit Swith	1	X	446.36	446.36
Borneras para cable	1	PVC - 60a	11.39	11,39
			TOTAL	4 361,8

Costo de mano de obra

El costo de mano de obra se plantea de acuerdo a jornadas, ya que una jornada en este proyecto está dada costo por día, lo cual equivale un costo de 70 nuevos soles la jornada del día, en la siguiente tabla se muestra.

Tabla 9 Mano de obra

Mano de obra		
Jornada	Costo/ día	Precio (Soles)
6	70	420

Costo de programación

Se realizarán gastos en la programación del controlador del PLC en el sistema de automatización para la máquina roladora.

Tabla 10 Costo de programación

Costos de Programación			
PLC	Costo/hora	horas	Precio (Soles)
6ED1052-1MD08-0BA1	250	5	1 250

Costo de diseño de ingeniería

En este costo se considerarán los gastos de planos del diseño de automatización.

Tabla 11 Costo de diseño de ingeniería

Costos de diseño de ingeniería	
Planos	Costo (Soles)
Eléctrico	500
Mecánico	450

Costo de construcción y montaje

Tabla 12 Costo de montaje y construcción

Costos de montaje y construcción			
Área	Costo/hora	horas	Precio (Soles)
Mando	800	2	1 600
Potencia	300	1	300

Puesta en operación

Tabla 13 Puesta en operación

Puesta en operación	
Acción	Costo (Soles)
Máquina en funcionamiento	500

Costo Total de la automatización

Tabla 14 Costo total

Costo Total de Automatización	
Costos	Precio (soles)
Materiales eléctricos	4 361,8
Mano de obra	420
Costos de diseño de ingeniería	950
Costos de Programación	1 250
Costos de montaje y construcción	1 900
Puesta en operación	500
Total	9 381,8

4.5.2. Rentabilidad de la máquina automatizada

La evaluación del proyecto, es una operación que permite una decisión de invertir o no invertir en base a la comparación de las utilidades o beneficios frente a los respectivos costos de producción del producto ofrecido por el proyecto, cuando las utilidades son mayores a los costos es mejor invertir, para ello vamos calcular el valor actual neto del proyecto.

Tabla 15 Datos iniciales para el estudio VAN y TIR

DATOS	VALORES
Número de periodos	8
Tipo de periodo	Mensual
Tasa de descuento	10%

Tabla 16 Flujo efectivo proyectado

DETALLE	PERIODO								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
FLUJO NETO EFECTIVO PROYECTADO	-8701.8	2670	3689	3875	5790	9638	10893	7569	14790

Tabla 17 Estudio VAN

Nro.	FNE	$(1+i)^n$	$FNE/(1+i)^n$
0	-8701.8		-8701.8
1	2670	1.1	2427.272727
2	3689	1.21	3048.760331
3	3875	1.331	2911.344853
4	5790	1.4641	3954.647907
5	9638	1.61051	5984.439712
6	10893	1.771561	6148.81452
7	7569	1.9487171	3884.093797
			S/ 19 657,57

VAN	S/ 43 960,82
-----	--------------

Tabla 18 Estudio TIR

Tasa interna de Retorno	
Tasa de descuento	VAN
0%	S/ 67 615,80
5%	S/ 53 771,26
10%	S/ 43 960,82
15%	S/ 36 852,76
20%	S/ 31 596,72
25%	S/ 27 636,74
30%	S/ 24 601,40
35%	S/ 22 237,53
40%	S/ 20 369,39
45%	S/ 18 872,83
50%	S/ 17 658,80
55%	S/ 16 662,44
60%	S/ 15 835,84

TIR	51%
-----	-----

Los resultados obtenidos de los costos totales de la automatización fueron de base para el cálculo de los estudios VAN – TIR, obteniéndose como datos VAN un total de s/. 43 960,82 y el TIR un margen del 51% siendo rentable la construcción de la automatización de la máquina roladora.

5. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico del proceso de rolado, de lo cual se determinó que se puede reducir el tiempo de rolado a 1 minuto, mejorando el proceso de rolado a un 20%.
- Se diseñó el sistema de automatización de la roladora, con el cual se mejoró el proceso de la máquina utilizando un controlador LOGO de la marca SIEMENS para que haga el control del proceso de la máquina roladora.
- Se seleccionaron los dispositivos para el sistema de automatización, el motor reductor tiene que ser de 1 HP para poder dar la curvatura de acuerdo a especificaciones del tubo galvanizado, que se va a manufacturar en este proceso de rolado.
- Con este proyecto se mejorará el proceso de rolado, con lo cual habrá una mayor productividad en el rolado de los tubos, y menor gasto de producción. Pero es necesario programar un mantenimiento de la máquina roladora automatizada durante un período de 60 días para evitar desgastes de rodamientos y recalentamiento de cables, dispositivos electromecánicos y PLC por fallas eléctricas.
- El costo total de automatización de la roladora de acuerdo a estudios de diseño, costaría un total de nueve mil trescientos ochenta y uno con ocho nuevos soles, (s/. 9 381.8); parte de la rentabilidad de este proyecto es de un porcentaje del 51% lo cual es factible para su ejecución del proyecto.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se realicen investigaciones en métodos de automatización de la máquina roladora los cuales pueden ser materia de estudio.
- Diseñar algún tipo de fuente renovable usando datos obtenidos de este estudio para la alimentación eléctrica de la máquina roladora automatizada.
- Se recomienda que este tipo de modelo de automatización puede ser utilizada para otros tipos de máquinas industriales (DOBLADORAS Y LAMINADORAS).

7. REFERENCIAS

- [1] N. & T.L.Johnson, «FAULT DETECTION AND DIAGNOSIS OF AUTOMATED MANUFACTURING SYSTEMS,» *Department of Computer Science* , p. 95, 1988.
- [2] *. L. H. Z. Z. Z. M. L. J. L. G. YANG Hea, «Advances and Trends on Tube Bending Forming Technologies,» *State Key Laboratory of Solidification Processing, School of Materials Science and Engineering, Northwestern Polytechnical* , pp. 1,2, 2011.
- [3] M. S. M. M. Paolo Albertelli, «Experimental investigation of energy saving opportunities in tube bending machines,» *Politecnico di Milano*, p. 506, 2017.
- [4] J. A. L. C. & D. D. P. Angos, Diseño e implementación de un sistema de control para la dosificación de alfombras de material químico en una máquina de manufactura de alfombras, Sangolquí, 2013.
- [5] M. I. LAURA MAMANI, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ASISTIDO POR PLC PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA DOBLADORA DE TUBOS Y SUPERVISADO POR UN SISTEMA SCADA, PUNO, 2013.
- [6] E. F. C. V. & R. S. Rodríguez, Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura diseño de máquinas II, Bucaramanga, 2010.
- [7] E. Vilchez, Automatismo 2.
- [8] M. I. China, «Made In China,» 12 Julio 2017. [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_kaiyuan-crane/product_Hot-Sale-Three-Phase-Electric-Motor-for-Cranes_eyogoniuy.html. [Último acceso: 24 Septiembre 2021].
- [9] G. M. F. SHOMAKER, DISEÑO DE UNA MÁQUINA ROLADORA PARA EL DISTRITO DE PICHANAKI, HUANCAYO, 2019.
- [10] S. M. P. GONZÁLEZ, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA ROLADORA DE TUBO CUADRADO DE 50X50X2 mm SEMIAUTOMÁTICA, QUITO, 2009.
- [11] R. G. & N. BUDYNAS, JGJ, GHJ, JHGHJ.
- [12] C. Simu, «Cade Simu,» 15 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://cade-simu.com/blog/>. [Último acceso: 28 Septiembre 2021].
- [13] MIPSAs, 16 Junio 2018. [En línea]. Available: [Mipsa: https://www.mipsa.com.mx/dotnetnuke/Procesos/Rolado-lamina](https://www.mipsa.com.mx/dotnetnuke/Procesos/Rolado-lamina). [Último acceso: 28 Abril 2021].

8. ANEXOS

ANEXO A

Encuesta para la recolección de datos

Encuesta al taller de rolado de tubo bastón

Para el siguiente método de recolección de datos de para la investigación de la tesis titulada “Automatización de matriz roladora mecánica de tubos para aumentar la productividad”

Se tuvo que recolectar datos del taller donde se rolaban los tubos bastón que era fabricados para la empresa, pues para ello se realizaron las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántas personas operan la máquina roladora?
2. ¿Qué tiempo tiene la máquina de fabricación?
3. ¿Cuánto tiempo les toma para poder rolar un tubo?
4. ¿Cuál es el diámetro de la matriz de rolado?
5. ¿Cuál es el diámetro de los tubos que se rolan en la máquina?
6. ¿Cuál es el material del tubo que se rola en la máquina?
7. ¿Para qué sirven los tubos que son rolados en la máquina?
8. ¿Cuál es el mantenimiento que recibe la máquina roladora?
9. ¿Cuál es la cantidad aproximada que se llega a rolar por día?
10. ¿Cuál es el costo que se paga a cada operador por el rolado de los tubos?

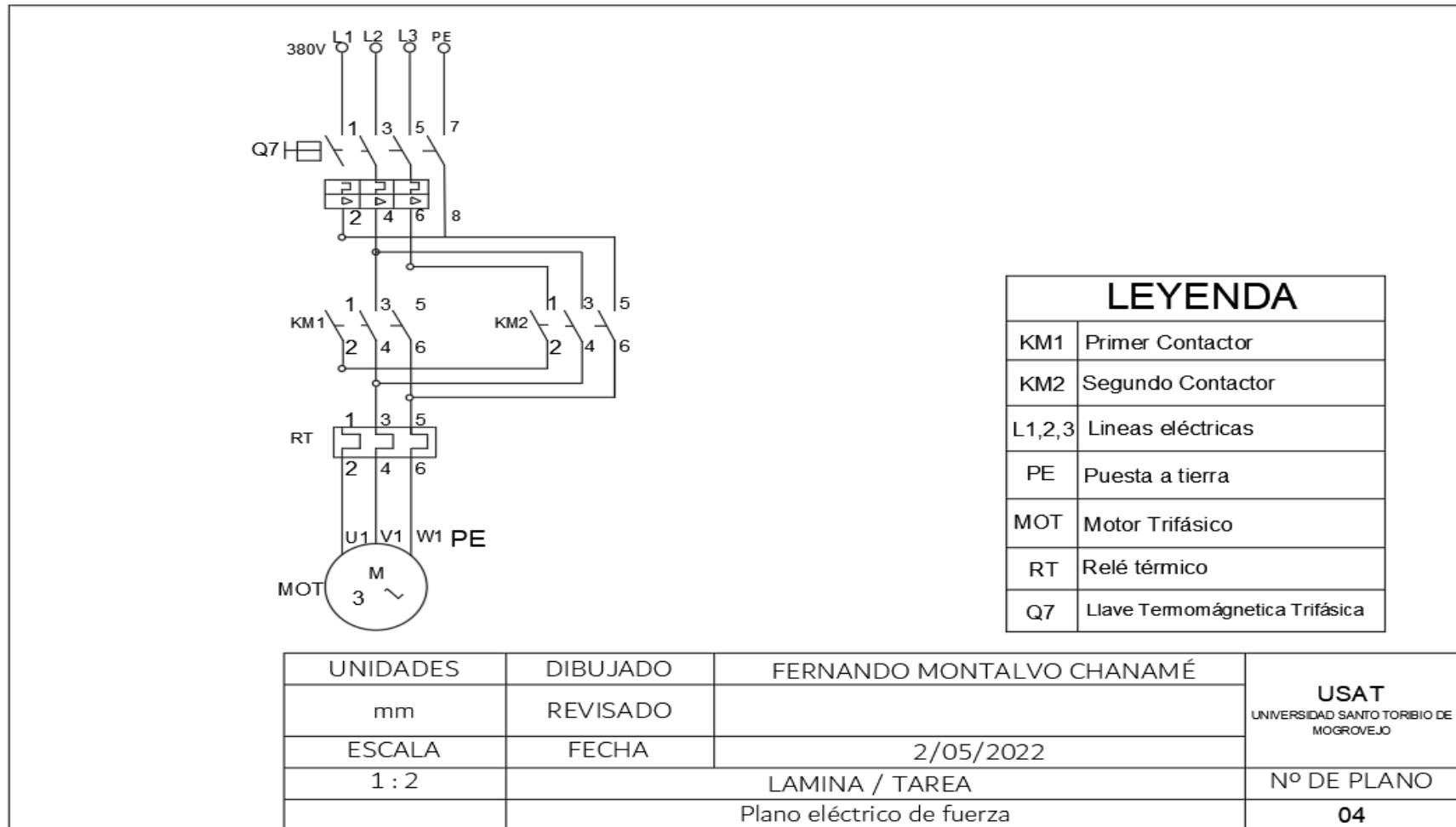
Las respuestas que recibimos del dueño del taller y de los operarios son los siguientes:

1. El personal que se requiere para la operación de la máquina es de dos operarios, debido a que se necesita la fuerza necesaria para poder dar curva al tubo.
2. La máquina actual que cuenta el taller, tiene cinco años de fabricación
3. El tiempo que demanda por rolar cada tubo bastón, es de un aproximado de dos minutos, dado que se tiene que ajustar la mordaza y alinear el tubo para que salga correctamente la curva.
4. El diámetro de la matriz para dar forma de curva al tubo, tiene que tener un radio de 55 mm equivalente a 5.5cm.

5. El diámetro del tubo es de 37.5 milímetros equivalente a 1.5 pulgadas con un espesor de 2mm y de largo tiene 1300 mm.
6. El material de la caña para la fabricación de los tubos bastón es de acero galvanizado.
7. Pues en este caso los tubos bastón son requeridos en el área eléctrica de baja tensión, son instalados para la acometida del cable de alimentación, de la red secundaria hacia las viviendas.
8. El mantenimiento que recibe la máquina es, engrasar el rodamiento de la matriz con el fin de evitar rozamiento entre la matriz de rolado y la base del eje que está sometida la matriz, además también es lubricada el sin fin de la mordaza que sujeta el tubo hacia la matriz de rolado.
9. La cantidad de tubos rolados por día que llegan a realizar los operarios es un total de 50 tubos bastón.
10. A cada operador se les paga ochenta nuevos soles por día, lo cual la suma entre los dos operarios durante el mes es de s/. 4 160, 00 nuevos soles.

ANEXO B
Sistema de Fuerza

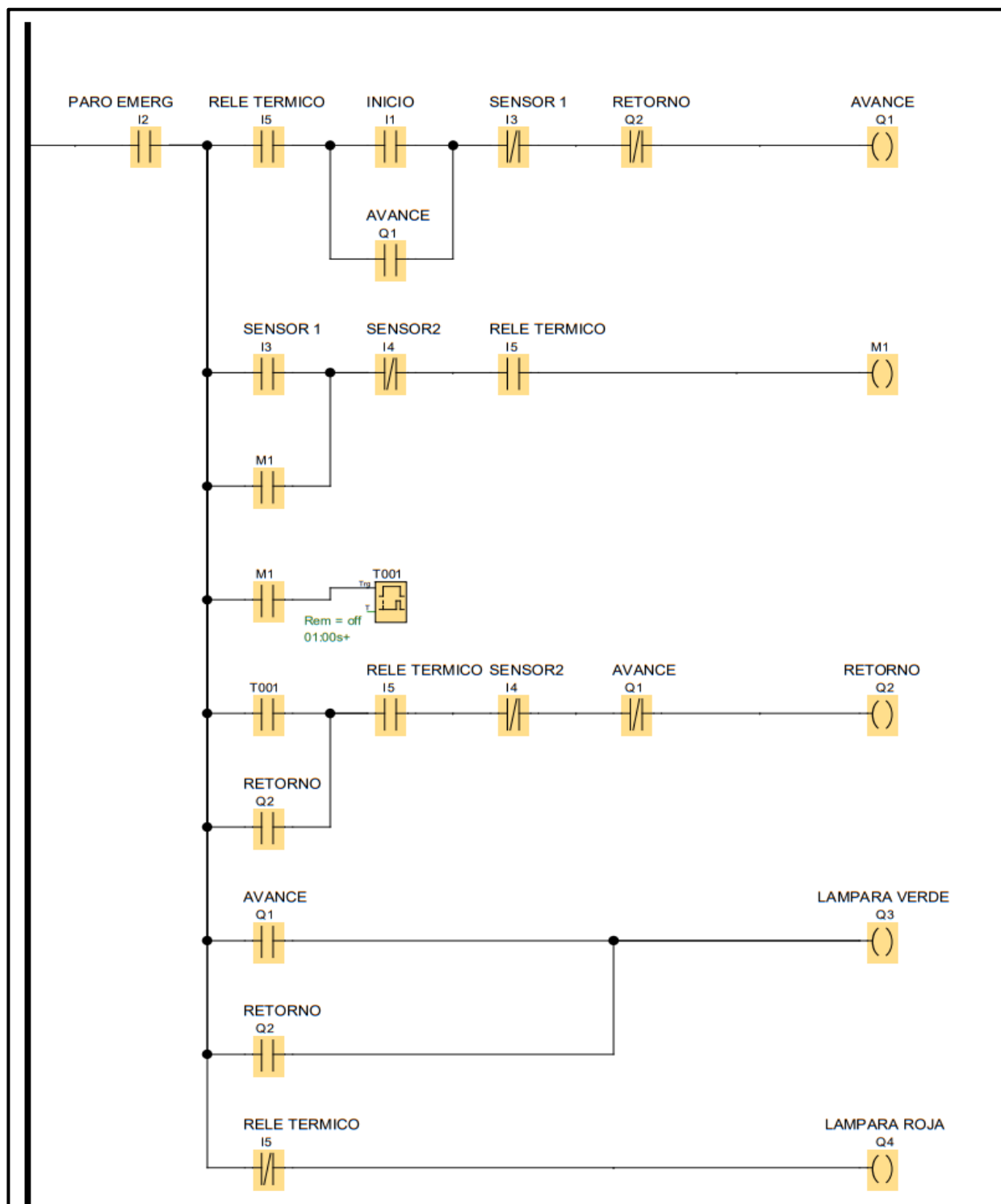
Ilustración 18 Plano eléctrico de fuerza



ANEXO C

Programación de automatización

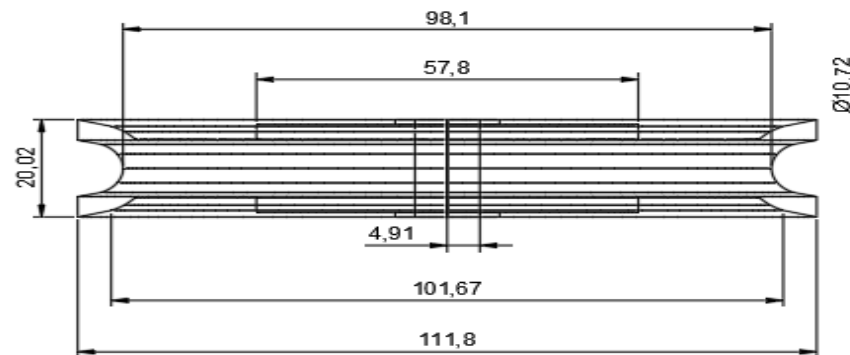
Ilustración 19 Programación de PLC



ANEXO D

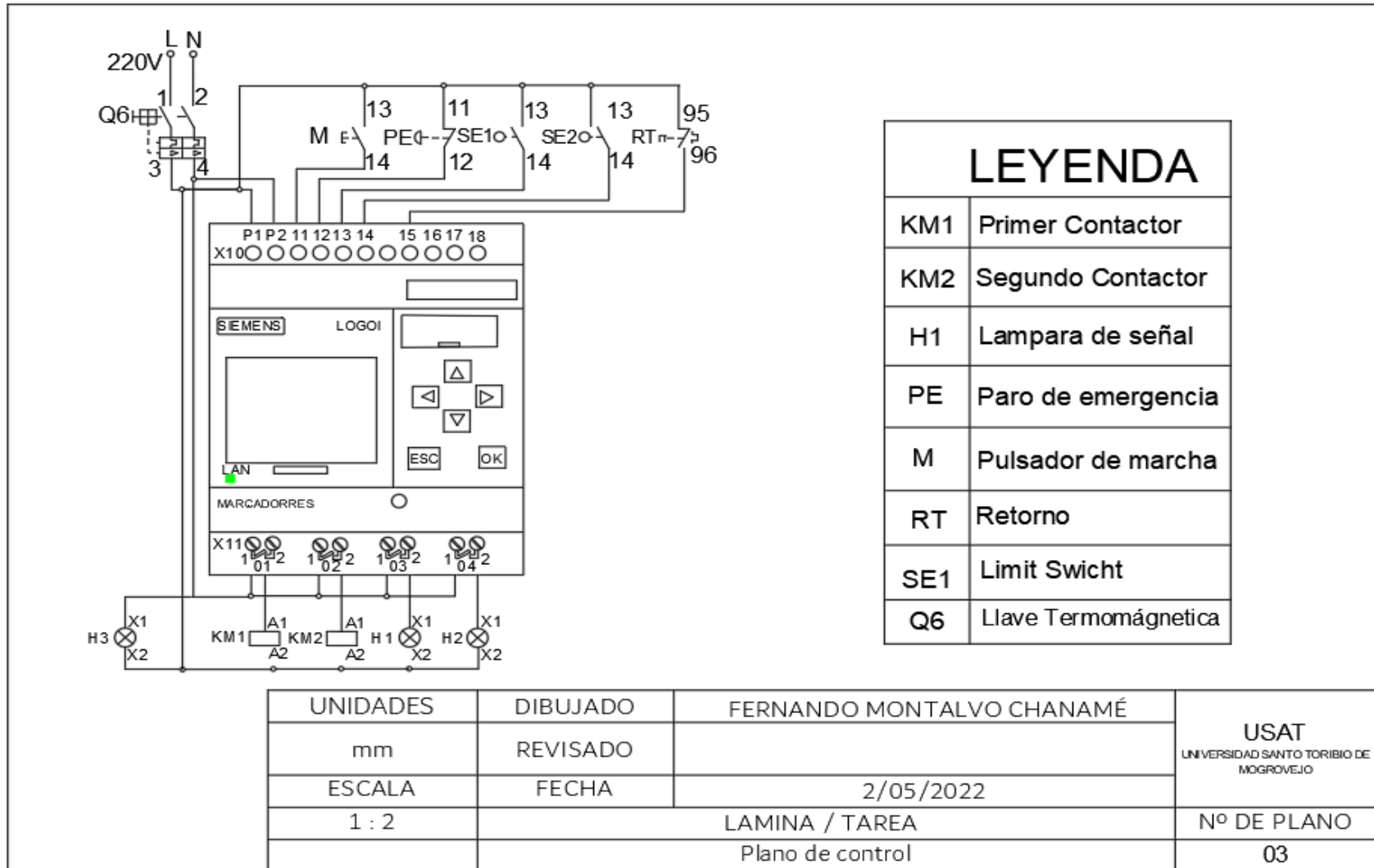
Plano de la matriz de rolado

Ilustración 20 Matriz de rolado



UNIDADES	DIBUJADO	FERNANDO MONTALVO CHANAMÉ	USAT UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
mm	REVISADO		
ESCALA	FECHA	2/05/2022	Nº DE PLANO
1 : 2		LAMINA / TAREA	
		MÁTRIZ DE ROLADO	01

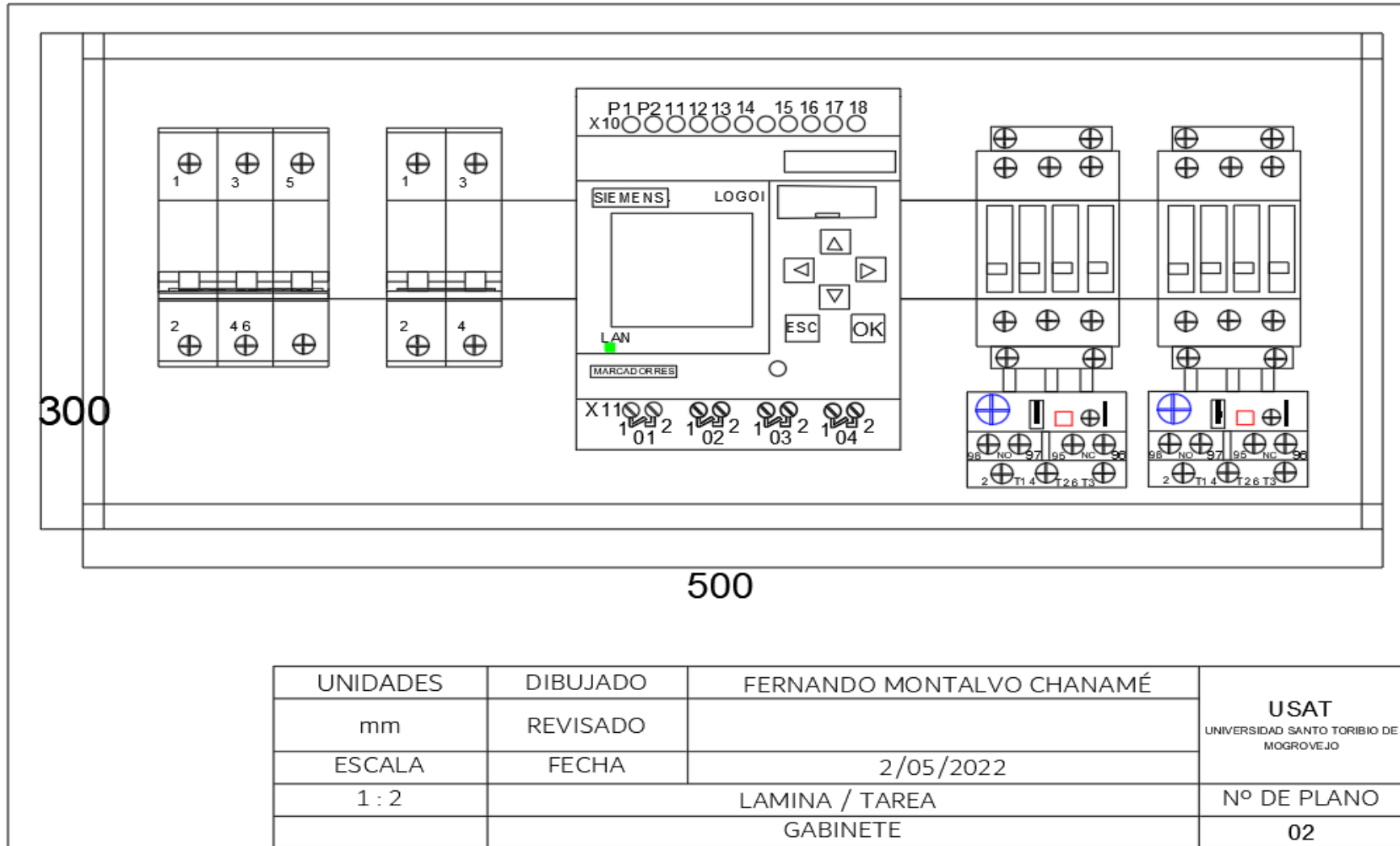
Ilustración 21 Plano de arquitectura del sistema de control



ANEXO E

Plano del Gabinete de automatización

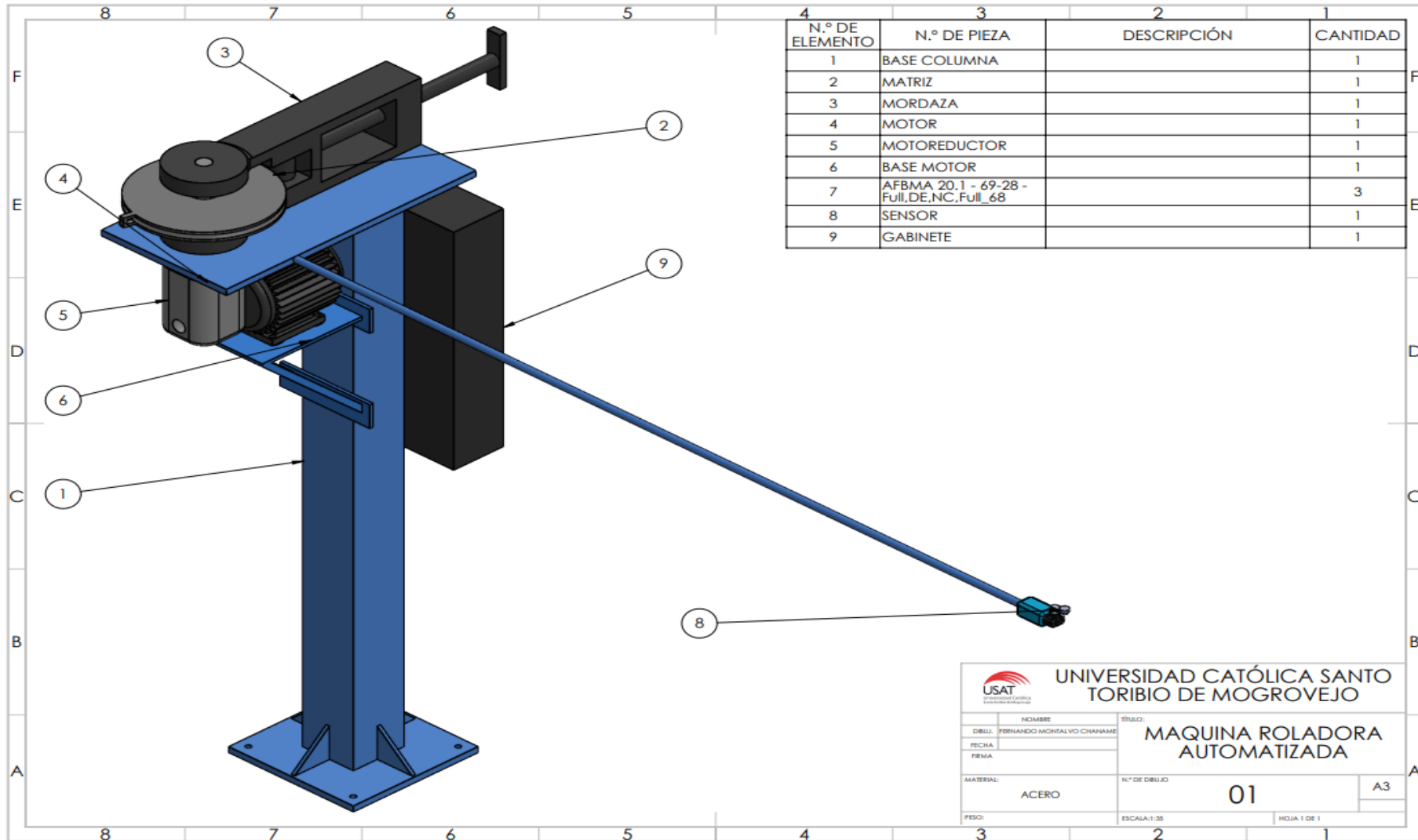
Ilustración 22 Plano de gabinete eléctrico



ANEXO F

Plano de máquina roladora automatizada

Ilustración 23 Vista de maquina roladora en 3D



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

MAQUINA ROLADORA AUTOMATIZADA

USAT

NOMBRE: FERNANDO MONTALVO CHANAME

ESTUDIO: MAQUINA ROLADORA AUTOMATIZADA

DIBUJ: FERNANDO MONTALVO CHANAME

FECHA:

FIRMA:

MATERIAL: ACERO

N.º DE DIBUJO: 01

ESCALA: 1:25

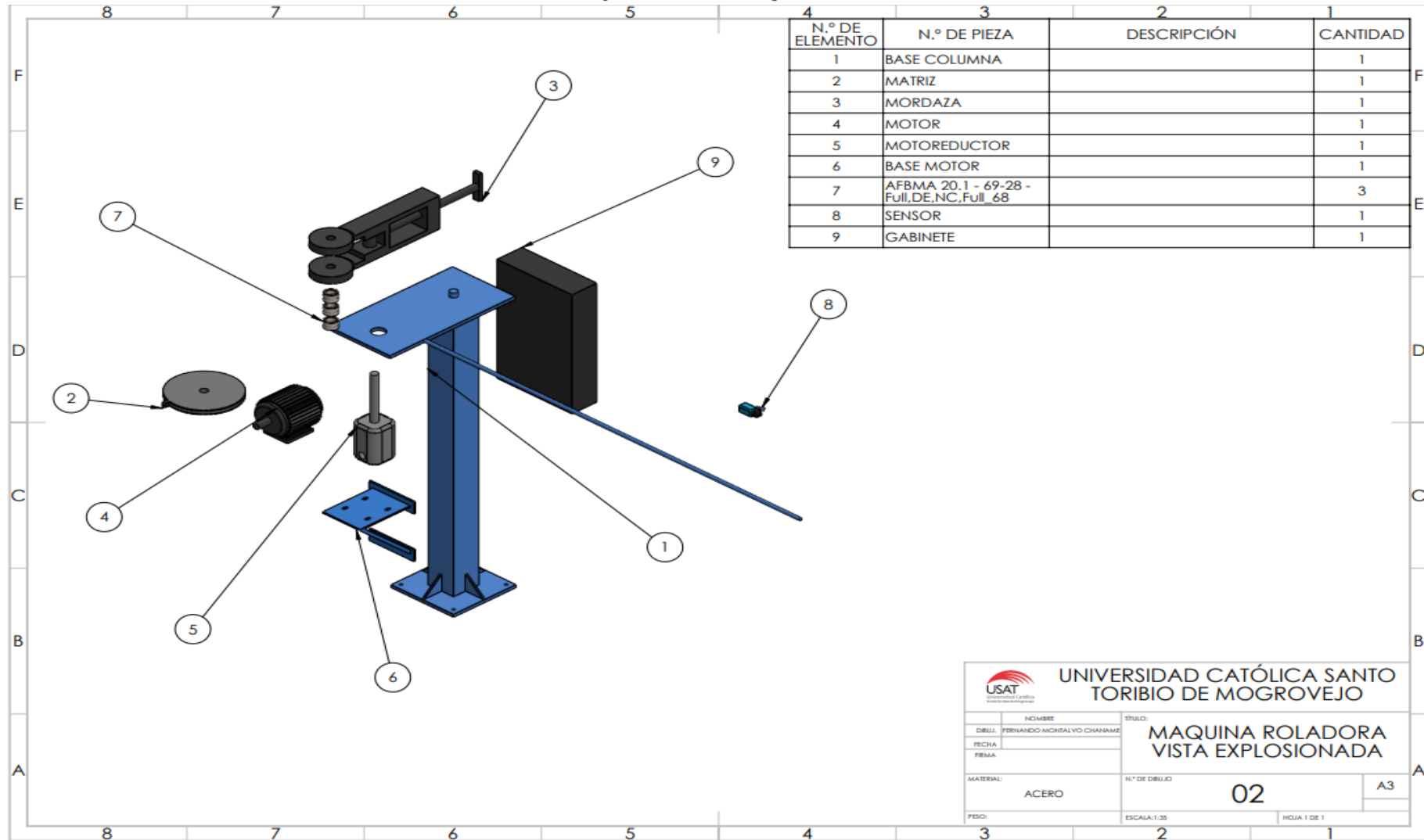
HOJA 1 DE 1

A3

ANEXO G

Plano explosionado de máquina roladora automatizada

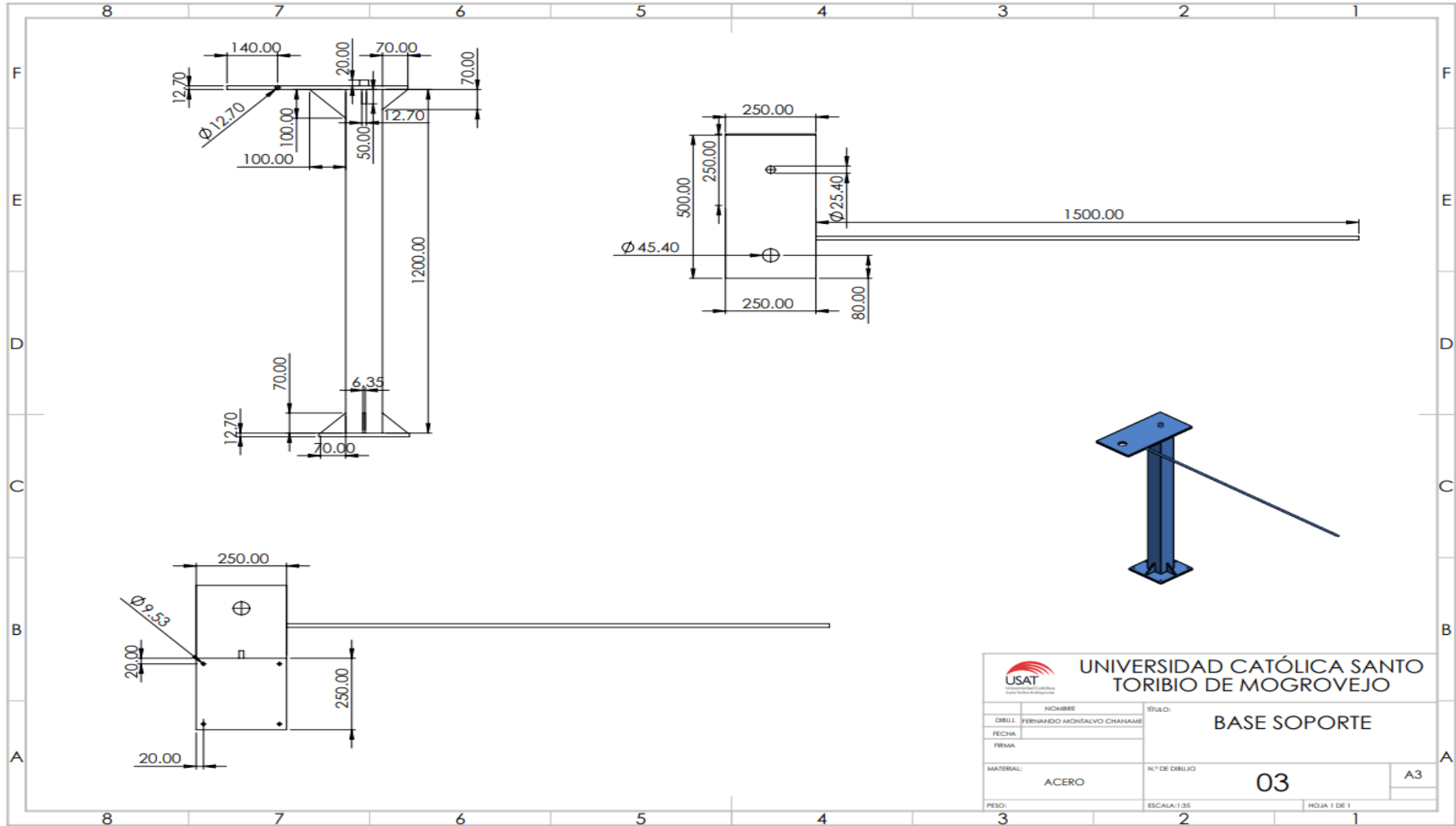
Ilustración 24 Vista explosionada de maquina roladora automatizada



ANEXO H

Plano de medidas de estructura de máquina roladora automatizada

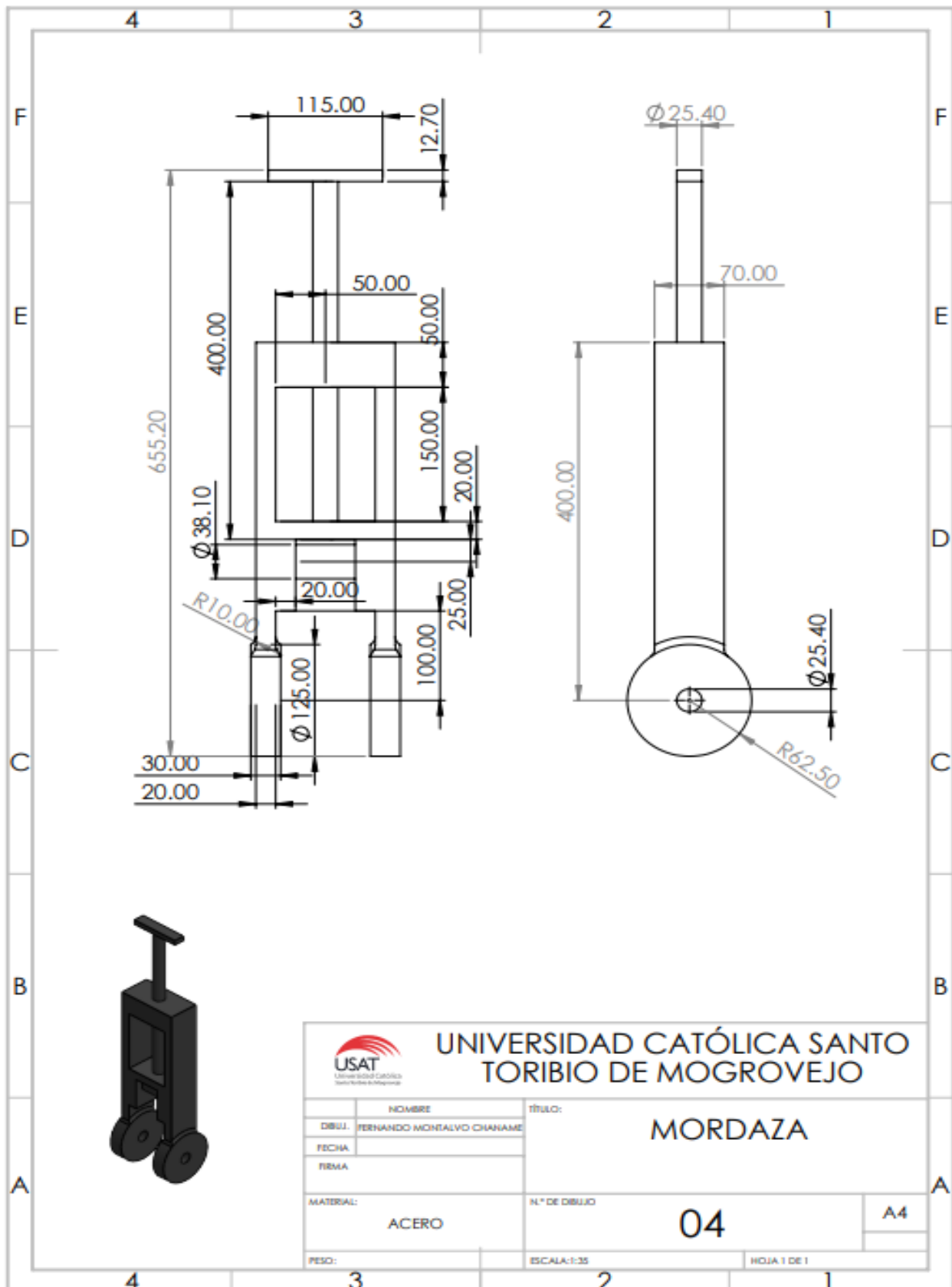
Ilustración 25 Plano de medidas de la estructura de máquina roladora



ANEXO I

Plano de medidas de mordaza de máquina roladora automatizada

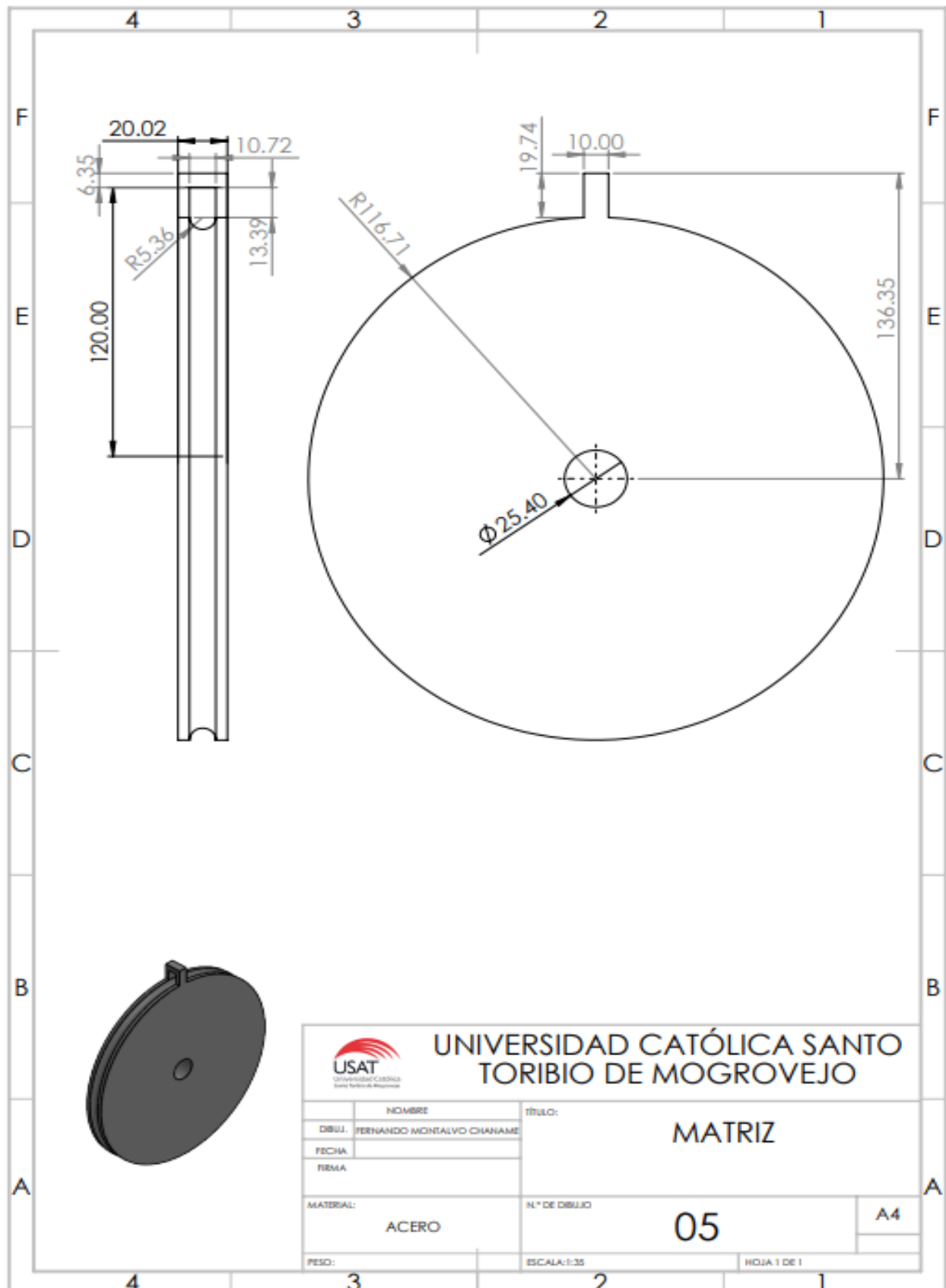
Ilustración 26 Plano de medidas de mordaza




ANEXO J

Plano de medidas de matriz de máquina roladora automatizada

Ilustración 27 Plano de medidas de matriz



		UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJ.: FERNANDO MONTEALVO CHANAME		MATRIZ	
FECHA:		N.º DE DIBUJO:	
FIRMA:		05	
MATERIAL:		HOJA 1 DE 1	
ACERO		ESCALA: 1:35	
PESO:		A4	