

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ASISTIDO POR PLC  
PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA DOBLADORA DE TUBOS Y  
SUPERVISADO POR UN SISTEMA SCADA”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**LAURA MAMANI, MARCO INCA  
YUNGANINA ZEA, DAVID ULISES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2013**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS


ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ASISTIDO POR PLC  
PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA DOBLADORA DE TUBOS Y  
SUPERVISADO POR UN SISTEMA SCADA”****TESIS PRESENTADA POR:****LAURA MAMANI, MARCO INCA  
YUNGANINA ZEA, DAVID ULISES****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO.****APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

PRESIDENTE

  
.....  
Ing. José Emmanuel Cruz de la Cruz.

PRIMER MIEMBRO

  
.....  
M.Sc. Gavino José Flores Chipana.


SEGUNDO MIEMBRO

  
.....  
Ing. Jesús Vidal López Flores

DIRECTOR DE TESIS

  
.....  
M.Sc. Pedro Bejar Muñoz

ASESOR DE TESIS

  
.....  
Ing. José Carlos Alejo Gonzales**PUNO – PERÚ****2013****ÁREA: Automatización e instrumentación****TEMA: Instrumentación y control de procesos**

## DEDICATORIA

A mis Padres Alberto y Genoveva, que con su apoyo permanente me impulsaron siempre a no renunciar nunca mis sueños y aspiraciones. También debo hacer extensivo mi dedicatoria a mi hermano que me brindó su apoyo moral e incondicional que han estado en las distintas etapas de mi desarrollo personal y profesional.

Marco Inca Laura Mamani



A mis padres Sixto Yunganina Mayta y Porfiria Zea sonco, que con su apoyo permanente me impulsaron siempre a no renunciar nunca mis sueños y aspiraciones. También debo hacer extensivo mi dedicatoria a mis hermanas que me brindaron su apoyo moral e intelectual que han estado en las distintas etapas de mi desarrollo personal y profesional.

David Ulises Yunganina Zea

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos en este momento crucial de nuestra formación profesional a la universidad Nacional del Altiplano por habernos brindado la oportunidad de realizar nuestros estudios profesionales. Agradecer en sobremanera a los ingenieros de la facultad de Mecánica eléctrica, electrónica y sistemas en especial a los ingenieros de la escuela profesional de ingeniería electrónica por habernos brindado sabiduría, siendo guía orientador de conocimientos fructíferos para nuestra formación profesional.

A los miembros del jurado por sus orientaciones y sugerencias que permitieron mejorar nuestro trabajo de investigación.

A mi director de tesis y asesor; quienes nos brindaron su apoyo incondicional con sus conocimientos y experiencias valiosas durante la realización de nuestro proyecto de investigación.

A nuestros padres y hermanos por sus ejemplos y sus apoyos incondicionales durante este proceso que implicó sacrificio y largas noches de desvelo.

Finalmente a nuestras compañeras de estudios quienes son un grupo humano extraordinario, con los cuales aprendimos muchas cosas juntos, tanto a nivel intelectual como humano.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT .....	14
INTRODUCCIÓN.....	15

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema .....	18
1.2. Definición del problema de investigación.....	19
1.2.1. Definición general del problema .....	19
1.3. Justificación del problema de investigación.....	19
1.4. Limitaciones de la investigación .....	20
1.5. Delimitaciones del problema.....	20
1.6. Objetivos de la investigación .....	20
1.6.1. Objetivo general.....	20
1.6.2. Objetivo específico .....	20

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación .....	22
2.2. Sustento teórico.....	24
2.2.1. Curvado o doblado .....	24
2.2.1.1. Proceso de curvado de tubos .....	25
2.2.2. Partes principales de una máquina para curvado de tubos .....	26
2.2.2.1. Palanca.....	26
2.2.2.2. Eje de rotación.....	26
2.2.2.3 Motor .....	27
2.2.3. Tipo de maquinas para curvado de tubos .....	28

2.2.3.1. Curvado de tubo manual .....	28
2.2.3.2. Maquina de curvado de tubos N.C-control Numérico .....	29
2.2.3.3 Maquina de curvado de tubos C, N.C-control Numérico Computacional	29
2.2.4. Factores que intervienen en el curvado de tubos .....	30
2.2.4.1 Espesor del tubo.....	30
2.2.4.2. Diámetro externo e interno de las paredes.....	30
2.2.4.3. Radio máximo y mínimo .....	30
2.2.4.4. Dureza .....	30
2.2.5. Técnicas de curvado.....	30
2.2.5.1. Curvado de tubos con rueda de garganta .....	31
2.2.5 2. Curvadora de tubos con mango hidráulico .....	33
2.2.5.3. Tensión en las piezas de trabajo doblado .....	33
2.2.6 Influencias de las propiedades del material .....	34
2.2.7. Reductor de velocidad.....	38
2.2.7.1. Tipos de reductores de velocidad.....	38
a. Sistema de poleas con correa.....	39
b. Transmisión de engranajes.....	41
c. Tren de sistema de poleas y engranajes .....	42
d. Engranajes con cadena .....	44
2.2.7.2. Guía para la elección del tamaño de un reductor moto reductor .....	45
2.2.7.2.1. Características de operación .....	45
2.2.7.2.2. Características del trabajo a realizar .....	45
2.2.7.2.3. Condiciones del ambiente.....	45
2.2.8. La tubería.....	46
2.2.8.1. Fabricación .....	46
2.2.8.2. Tubo estructural.....	47
2.2.9. Cilindro neumático .....	48
2.2.9.1 Cilindro de simple efecto .....	48



2.2.9.2. Cilindro de doble efecto .....	49
2.2.10. Automatización industrial .....	50
2.2.10.1. Campos de aplicación .....	50
2.2.10.2. Desafíos y objetivos de la automatización .....	51
2.2.10.3. Tipos de automatización .....	53
2.2.10.4. Sistema de lazo abierto y lazo cerrado .....	55
2.2.10.4.1. Sistema en lazo cerrado .....	55
2.2.10.4.2. Sistema en lazo abierto .....	57
2.2.10.4.3. Sistema de control de lazo cerrado contra los sistemas de control en lazo abierto .....	58
2.2.10.5. PLC .....	59
2.2.10.5.1. PLC en comparación con otros sistemas de control .....	60
2.2.10.5.2. Señales analógicas y digitales .....	62
2.2.10.5.3 ventaja de los PLC .....	63
2.2.10.5.4. Inconvenientes .....	64
2.2.10.5.5. Estructura interna .....	64
2.3. Glosario de términos básicos .....	66
a. Diseño .....	66
b. Implementación .....	66
c. sistema .....	66
d. automatización .....	66
e. proyección .....	67
f. precisión .....	67
2.4. Hipótesis y variables .....	67
2.4.1. Hipótesis general .....	67
2.4.2. Hipótesis específica .....	67
2.5. Operacionalización de las variables .....	68

**CAPÍTULO III****DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo y diseño de la investigación .....	70
3.2. Población y muestra de la investigación .....	70
3.3. Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....	70
3.3.1. Técnicas .....	70
3.3.2. Instrumentos .....	71
3.4. Plan de análisis.....	71
3.5. Fases de la investigación .....	71

**CAPÍTULO IV****ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Análisis e interpretación de resultados .....	73
4.2. Diseño e implementación de la máquina de tubos .....	73
4.3. Diseño de soporte básico para la Curvadora de tubos .....	73
4.3.1. Diseño de una base para la uña móvil fija .....	75
4.3.2. Diseño de uña móvil fija.....	77
4.3.3. Diseño de soporte para la segunda uña móvil.....	79
4.3.4. Diseño de la segunda uña móvil.....	81
4.3.5. Diseño de cilindro neumático para el ensamble del mecanismo .....	83
4.3.6. Diseño de brazos hidráulicos.....	85
4.3.7. Motores Trico.....	87
4.3.8. Diseño de soporte para brazo móvil .....	89
4.3.9. Diseño de soporte para brazo fijo .....	90
4.3.10. Diseño de matriz de 1”.....	92
4.3.11. Diseño de polea motriz y polea conducida .....	94
4.3.12. Diseño de piñón y engranaje para el sistema de transmisión circular ....	97
4.3.13. Motor trifásico para el ensamble del mecanismo.....	100



4.3.13.1. Cálculos reales para el motor trifásico .....	100
4.3.13.2. Ensamble de piezas .....	102
4.3.13.2.1. Ensamble de sistema de transmisión .....	102
4.3.14. Calculo de velocidad en el sistema de transmisión .....	103
4.3.15. Ensamble de uña móvil fija y base .....	105
4.3.16, Ensamble de uña móvil giratorio y base .....	106
4.3.16.1. Ensamble gata y actuadores (neumática y motores trico) .....	106
4.3.17, Ensamble del mecanismo completo .....	107
4.3.18. Programación del variador de velocidad.....	107
4.3.18.1. Ajuste de velocidad, frenado dinámico, potencia, corriente nominal ..	107
<b>PARAMETROS DE PROGRAMACION DEL VARIADOR DE VELOCIDAD</b>	
<b>GRUPO 0</b> Parámetros del usuario.....	108
<b>GRUPO 1</b> Parámetros básicos.....	109
<b>GRUPO 2</b> Operación de parámetros.....	110
<b>GRUPO 3</b> Parámetros de las funciones de salida .....	111
<b>GRUPO 4</b> Parámetros de las funciones de entrada .....	112
<b>GRUPO 5</b> Multivelocidades y programaciones del PLC .....	113
<b>GRUPO 6</b> Parámetros de protección .....	114
<b>GRUPO 7</b> Parámetros del motor .....	115
<b>GRUPO 8</b> Parámetros especiales.....	115
<b>GRUPO 9</b> Parámetros de comunicación .....	116
4.3.18.2. Programación del LOGO PLC .....	117
4.3.18.3. Componentes eléctricos para el ensamble del tablero .....	121
a. guarda motor.....	121
b. Contactor .....	122
c. Relee de sobrecarga térmica .....	123
d. Elementos de accionamiento .....	124

4.3.18.4. Ensamble del tablero eléctrico diagrama de fuerza .....	125
CONCLUSIONES.....	126
SUGERENCIAS.....	127
BIBLIOGRAFÍAS .....	128
SITIOS EN WEB GRAFIAS .....	130
ANEXOS.....	131
Ensamble y evidencias de la doblada de tubos.....	132

### INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01 Brazos del mecanismo .....	26
Figura N°02 Eje de rotación para el curvado de tubos. ....	27
Figura N° 03 Motor trifásico de 2Hp.....	28
Figura N° 04 Dobladora de tubo manual realizado en solidwork. ....	28
Figura N° 05 Curvadora de tubos CNC .....	29
Figura N° 06 Curvado por presión y compresión .....	31
Figura N° 07 Fibras neutras.....	32
Figura N° 08 Curvadura de tubos con rueda de garganta .....	33
Figura N° 09 Curvadora de tubos con mando hidráulico. ....	33
Figura N° 10 Tensiones de tracción, fibra neutra, tensiones de presión.....	33
Figura N° 11 Propiedades del material, flexibilidad.....	34
Figura N° 12 Elasticidad recuperadora de la pieza del trabajo luego de cada Figura fuerza efectiva .....	35
Figura N° 13 Tenida en cuenta del sentido de laminado para el doblado (A). ....	36
Figura N° 14 Tenida en cuenta del sentido de laminado para el doblado (B). ....	36
Figura N° 15 Formación de grietas en puntos de flexión endurecidas por Conformación en frío. ....	37
Figura N° 16 Reducción de velocidad por engranajes y poleas.....	39

Figura N° 17 Sistema de poleas con correa reducción de velocidad.....	40
Figura N° 18 Transmisión mediante engranajes.....	41
Figura N° 19 Sistema de engranajes reductor y multiplicador respectivamente.	42
Figura N° 20 Sistema de tren de engranajes.....	43
Figura N° 21 Sistema de tren de engranajes (A) .....	43
Figura N°22 Sistema de engranajes con cadena.....	44
Figura N° 23 Cilindro del simple efecto.....	49
Figura N° 24 Cilindro doble efecto.....	50
Figura N° 25 Elementos básicos del sistema en lazo cerrado.....	57
Figura N° 26 Elementos básicos del sistema en lazo abierto.....	58
Figura N° 27 Funcionamiento de un PLC.....	65
Figura N° 28 Soporte básico en 3D para la Curvadora de tubos.....	75
Figura N° 29 una móvil en 3D.....	75
Figura N° 30 Diseño de una uña móvil fija.....	77
Figura N° 31 Soporte de la segunda uña movil.....	79
Figura N° 32 Uña móvil de 1”.....	81
Figura N° 33 Cilindro neumático.....	83
Figura N° 34 Diseño de brazos hidráulicos.....	85
Figura N° 35 Motores tricos como actuadores de la gata hidráulica.....	87
Figura N° 36 Soporte de brazo móvil.....	89
Figura N° 37 Soporte de brazo fijo.....	90
Figura N° 38 Diseño de matriz 1p.....	92
Figura N° 39 Diseño de una polea motriz para el eje del motor trifásico.....	95
Figura N°40 Diseño de una polea conducida.....	95
Figura N° 41 Diseño de engranajes 107 y 114 dientes respectivamente piñones de 9 y 11 dientes respectivamente.....	97
Figura N° 42 Motor trifásico de 1.5 HP según norma NEMA.....	100

Figura N° 44 Curva de corriente de arranque.....	102
Figura N° 45 Sistema de transmisión. ....	102
Figura N° 46 Ensamble de uña móvil fija y base. ....	105
Figura N° 47 Ensamble de uña móvil giratoria y base.....	106
Figura N° 48 Gata y actuadores. ....	106
Figura N° 49 Mecanismo completo.....	107
Figura N° 50 Guarda motor eléctrico. ....	121
Figura N° 51 Contactor eléctrico.....	122
Figura N° 52 Relé de sobrecarga térmico.....	123
Figura N° 53 Pulsadores.....	124
Figura N° 54 Ensamble del tablero eléctrico diagrama de fuerza. ....	125
<b>ENUMERACION DE PLANOS.</b>	
Plano N° 01 Plano de soporte metálico. ....	74
Plano N° 02 Plano de uña móvil de 1”.....	76
Plano N° 03 Uña móvil fija.....	78
Plano N° 04 Plano de soporte para la segunda uña móvil.....	80
Plano N° 05 Uña móvil.....	82
Plano N° 06 Cilindro neumático para el ensamble del mecanismo.....	84
Plano N° 07 Diseño de Brazos hidráulicos. ....	86
Plano N° 08 Motores trico como actuador para los brazos hidráulicos.....	88
Plano N° 09 Soporte de brazo fijo.....	91
Plano N° 10 Diseño de una matriz de 1”.....	93
Plano N° 11 Diseño de polea motriz de 1” para el eje de un motor trifásico. ....	95
Plano N° 12 Diseño de polea conducida de 1”.....	96
Plano N° 13 Diseño de piñones.....	98
Plano N° 14 Diseño de engranajes.....	99

## RESUMEN

El presente Proyecto de investigación trata sobre el desarrollo del diseño de una dobladora de tubos automatizada, la misma que está diseñada mecánicamente de tal forma que soporta mayores cargas que las especificadas, de esta manera se logra reducir el esfuerzo y bajar considerablemente la fatiga. El circuito de control permite realizar los trabajos de forma automática, usando en este caso un LOGO PLC SIEMENS 230RC, controla los sensores y actuadores de forma automática mediante la programación escalera. El diseño usa compensaciones mecánicas para el aumento del torque usando un sistema de poleas y engranajes, usando partes electrónicas existentes en el mercado, es notable que su costo es menor al que existe comercialmente. La máquina es capaz de doblar tubos de hasta 19 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, con opción a aumentar su capacidad con tubos de mayor diámetro. Considera una velocidad aproximada de 1,5 rev /min., con la misma que se tarda en doblar el tubo en seis segundos por cada dobles, siendo su ángulo máximo de 180 grados.

El sistema cuenta con actuadores tales como neumática e hidráulica para su respectiva automatización

### PALABRAS CLAVE

*Actuadores, circuito*

## ABSTRACT

This research project deals with the development of the design of an automated tube bending; the same that is designed so that mechanically supports greater loads than those specified in this way will reduce considerably lower effort and fatigue. The control circuit allows the work automatically, using in this case a 230RC SIEMENS LOGO PLC, sensors and actuators controlled automatically by programming ladder. The design uses mechanical compensation for increased torque using a system of pulleys and gears, using electronic parts on the market it is remarkable that it costs less to what exists commercially. The machine is capable of bending pipes up to 19 mm in diameter and 1.5 mm thick, with an option to increase its capacity with larger diameter tubes. Considers a speed of approximately 1.5 rev / min. With the same to bend the tube takes six seconds per double, and its maximum angle of 180 degrees.

The system has actuators such as pneumatic and hydraulic automation for their respective

**KEYWORDS.**

***Actuators, circuit.***

## INTRODUCCIÓN

Las maquinarias han evolucionado desde los oficios más básicos hasta las tecnologías más industrializadas del planeta a consecuencia de la Revolución Industrial que tuvo lugar entre la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX, en el que Inglaterra en primer lugar, y el resto de Europa continental después, sufren el mayor conjunto de transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales de la Historia de la Humanidad, es así que con la implementación de máquinas se facilitó la producción de trabajos en serie y de mejor calidad, dando así una solución a diferentes sectores de producción.

Para hablar de herramientas hay que remontarse hasta los orígenes del hombre porque, desde siempre, lo acompañaron en su evolución. Cuando las manos del hombre ya no eran suficientes para realizar algunas tareas, necesitó algún objeto o dispositivo para ayudarse, así nacieron las máquinas herramientas. Con esto se pretende crear un centro de transferencia de tecnología, que involucre a la comunidad universitaria con el desarrollo de la región, esto en cuanto se refiere al área electromecánica. Convirtiendo a los estudiantes en sujetos productivos y desarrolladores, generando mecanismos o alternativas que le permitan ampliar su misión, visión y vinculación con la colectividad.

Es necesario tomar en cuenta que las universidades son generadores de enseñanza, por lo que se pretende por medio de la implementación de la dobladora vincular a los estudiantes e ingenieros de la facultad de ingeniería mecánica eléctrica electrónica y sistemas. Aplicadas en la solución de problemas técnicos de las diferentes empresas del sur del país.

El presente proyecto de investigación titulado “Diseño e implementación de un sistema asistido por PLC para la automatización de una dobladora de tubos y supervisado por un

sistema scada”. El presente proyecto de investigación, ha sido planteado como posible alternativa de solución debido a las enormes dificultades mostradas en tiempo, esfuerzo y precisión; siendo estructurado en 4 capítulos que se especifican a continuación:

**CAPÍTULO I:** Se presenta el planteamiento del problema en el cual se describe el problema central del proyecto de investigación, descripción del problema, definición del problema, limitaciones de la investigación realizada, justificación del problema y los objetivos planteados en la investigación.

**CAPÍTULO II:** Se presenta el marco teórico que sustenta la presente investigación, lo cual está constituido por los antecedentes de la investigación, el sustento teórico, el glosario de términos básicos, las hipótesis, y el sistema de variables.

**CAPÍTULO III:** Presenta el diseño metodológico de investigación además se considera la población y muestra de estudio, los instrumentos y materiales de investigación.

**CAPÍTULO IV:** Presenta los resultados de la investigación, las pruebas de verificación, los procedimientos por los que se plantean las conclusiones y sugerencias, finalmente se presenta la bibliografía consultada y los anexos referidos al material experimental utilizados durante el proyecto de investigación.





# **CAPÍTULO I**

## **I.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

En los trabajos que realiza la empresa de CALEG INGENIEROS S.R.L para la planta de Cemento Sur constantemente se usa una dobladora de tubos manual para doblar tuberías en un ángulo de  $90^{\circ}$ , para el uso en instalación de redes eléctricas en procesos de automatización, el uso de esta máquina requiere de excesivo esfuerzo por parte de los operarios, tarda demasiado tiempo el proceso de doblado y con poca precisión en el material trabajado.

Debido a este problema se propone diseñar e implementar una dobladora de tubos automática asistido por un LOGO PLC, de esta manera se reduciría considerablemente el tiempo de dobles de las tuberías en uso.

También se considera que este proyecto no solo tendrá esa aplicación también se podrá usar en pequeños talleres donde requieran doblar tuberías ya que el sistema esta implementado con una matriz que tiene la facilidad de ser reemplazado por otra matriz de otra medida, es decir, que esta máquina será capaz de doblar tuberías de diferentes medidas y con proyección a muchos mejoramientos.

El proyecto que se presenta a continuación va a reemplazar a la dobladora manual por una máquina dobladora mecanizada y automatizada con mayor eficiencia en los dobles de tuberías, además que se instalará un motor eléctrico trifásico de 1.5 HP. Para que de esta forma se reduzca notablemente el esfuerzo físico de los operarios.

## **1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

### **1.2.1. DEFINICIÓN GENERAL DEL PROBLEMA.**

¿Es posible la implementación de un sistema experto asistido por PLC aplicado en la automatización de una dobladora de tubos y supervisado por un sistema scada para los trabajos de la planta Cemento Sur del departamento de Puno provincia San Román distrito de Caracoto?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

El presente estudio pretende proponer las herramientas y mecanismos para su posterior implementación, con el propósito de mecanizar y automatizar en lo posible y brindar el servicio de una dobladora automática de tubos, beneficiándose de esta manera la planta de Cemento Sur ya que gracias a este sistema automático el tiempo de doblado de tubos se reducirá considerablemente, por ejemplo si antes manualmente, una persona hacía el doblado de un tubo en 20min. Aproximadamente, ahora en ese mismo tiempo con este sistema implementado se doblarán más tuberías y con una precisión más exacta, de esta forma estaríamos reduciendo el tiempo para el entubado en una red eléctrica, así mismo los beneficiados serán más, otros beneficiados con este sistema serían los pequeños talleres industriales que requieren doblar tubos en un tiempo mínimo.

De esta manera la electrónica estaría aportando un sistema de control automático muy útil para la sociedad, si la tecnología avanza entonces en nuestra región de Puno necesitamos que las pequeñas empresas cada vez sean más automatizadas y crear más empresas con actualización constante.

#### **1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

En el transcurso de la investigación se presentan las siguientes limitaciones:

- La complejidad del problema formulado en la investigación, nos permite plantear una solución inmediata, puesto que el desarrollo e implementación de algoritmos, requiere de un análisis y evaluación en forma exhaustiva, para poder alcanzar las normas existentes de seguridad y confiabilidad.
- Además, la ausencia de antecedentes de investigación en nuestra región acerca de las técnicas y métodos propuestos en la investigación, son obstáculos que se tuvieron que superar, lo cual dificultó el desarrollo de la investigación.

#### **1.5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

- El espacio donde se pretende realizar dicha investigación es en el taller de la empresa de CALEG INGENIEROS S.R.L Juliaca.
- El tiempo que se realiza dicha investigación es en el presente año 2013.

#### **1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **1.6.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Diseñar e implementar un sistema experto asistido por PLC aplicado para la automatización de una dobladora de tubos y supervisado por un sistema scada.

##### **1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Diseñar un mecanismo para el doblado de tuberías usando el programa solidwork.
- Implementar el mecanismo de acuerdo a las especificaciones del diseño.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Luego de haber realizado diversas indagaciones en busca de antecedentes de estudio sobre el tema; se pudo encontrar diversos tipos de trabajo relacionados con el presente trabajo de investigación los cuales nos sirven de punto de partida para nuestra investigación y son los siguientes:

AUTOMATIZACIÓN DE UNA CURVADORA DE TUBO MARCA MARGUA, E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO PARA EL CURVADO DE TUBOS HASTA 50mm DE DIÁMETRO Y UN ESPESOR DE 2mm PARA LA EMPRESA DE CARROCERIAS “CENTAURO”.

#### AUTORES:

- Cristian Rafael Bustillos Moreno.
- José Vladimir Quillupangui Tipán

#### CONCLUSIONES:

- Se implementó un posicionador gradual automático, en el que los ángulos de desplazamiento se pueden variar de acuerdo al tipo de asiento o curvado a procesarse.
- El sistema automático para la sujeción del tubo está constituido por cilindros neumáticos que permiten una sujeción del tubo más uniforme dentro de la matriz semi redonda, aquello implica un producto con mejor acabado.
- Este proyecto tiene una inversión inicial de \$ 3718.4 y la recuperación (PKR) es de 0.83, la misma que se estima en 10 meses y 5 días; debido a que la empresa

de carrocerías “CENTAURO” tiene como meta una utilidad promedio de 4462.5 dólares en un año, por tal motivo la rentabilidad del proyecto es del 120%, aquello confirma la factibilidad del mismo.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA ROLADORA DE TUBO CUADRADO DE 50X50X2 MM SEMIAUTOMÁTICA.

**AUTOR:**

- Sebastián Martín Paredes Gonzales.

**CONCLUSIONES:**

- Con la nueva base de cabezales la estructura es capaz de conformar diámetros entre 16 a 80 pulgadas.
- Toda la estructura está diseñada para soportar fallas que puedan ser provocadas por el movimiento excesivo del bastidor de salida de tuberías.
- La columna del conjunto móvil es lo bastante gruesa para permitir una deflexión sumamente baja con la que se podrá evitar una desviación del cordón de soldadura pronunciada.

ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA DOBLADORA DE TUBO PARA EL CENTRO DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

**AUTORES:**

- Molina León Edison Ramiro.
- Rubio Tomalácelio Alberto.

**CONCLUSIONES:**

- Se cumplió con el objetivo principal de esta tesis, esto es el diseño y construcción de una dobladora de acuerdo a las necesidades de producción de la Planta Industrial Cemento Sur.
- La dobladora cuenta con un motor de 2hp y de reductores de velocidad para darle un giro reducido a la matriz principal o dado.
- La máquina Curvadora de tubo RACBVQ HR02 brinda una gran flexibilidad en lo que se refiere al cambio de elementos mecánicos, debido a que estos fueron contruidos con materiales del reciclaje, esto hace que los operadores puedan desmontarlos según la necesidad.

**2.2. SUSTENTO TEÓRICO.****2.2.1. CURVADO O DOBLADO.**

Se entiende por curvar o doblar un material, producir en éste una deformación en las que las fibras exteriores resultan estiradas y las interiores, por el contrario, se comprimen. Entre ambas capas de fibras se encuentra la llamada capa de fibras neutras, cuyas longitudes permanecen invariables con el curvado o doblado.

Las fibras neutras se hallan dispuestas en el caso de radio grande de curvatura aproximadamente hacia la mitad del material, y cuando la curvatura es más forzada esas fibras neutras se hallan más pronto hacia el lado interior de la pieza.



### 2.2.1.1. PROCESO DE CURVADO DE TUBOS.

Ante la rigidez de las formas rectas, que por naturaleza ofrece el metal, surgió la necesidad de crear una máquina que hiciera posible la obtención de distintas figuras, no sólo por un fin estético, sino también para satisfacer las necesidades de mercados como el de muebles, moto partes, griferías, máquinas de gimnasio, ventanería arquitectónica, forja, etc. Partiendo de un insumo básico: el tubo, muy diferente a las barras macizas de acero, aluminio o de los perfiles, dado que el primero presenta una forma hueca, se dobla fácilmente y tiene cómodo precio. Precisamente, las máquinas que hacen posible este trabajo son las curvadoras de tubos, equipos de los que hoy existe una amplia variedad y que ofrecen distintas posibilidades de uso de acuerdo a su grado de innovación, incluyendo funciones de doblado de platinas y ángulos, curvados en espiral para escaleras, embutidos de tubería y hasta corte, entre otros servicios. Sin duda, la capacidad que tienen estos equipos de curvar tubos fácilmente junto con otros servicios técnicos que prestan, las han convertido en herramientas indispensables para la industria metalmeccánica actual que demanda piezas de calidad, en tiempos muy cortos y con volúmenes importantes.

Los tubos que se emplean en la construcción pueden ser sin soldadura o soldados, para curvar tubos con soldadura o sin soldadura se siguen distintos métodos en función del diámetro y espesor del tubo y el tipo de material con que son fabricados.

## 2.2.2. PARTES PRINCIPALES DE UNA MÁQUINA PARA CURVADO DE TUBOS.

La simplicidad de la Curvadora de tubos, independientemente de su grado de automatización, está fundamentada en el funcionamiento de sus tres partes básicas: una palanca, un motor y un eje de rotación, que se explican a continuación:

### 2.2.2.1 PALANCA.

Funciona partiendo de un principio básico de la física, es decir, una barra recta, angular o curva que se apoya sobre un punto específico y transmite una fuerza. Para ser más puntual, la física plantea tres tipos de palancas que varían de acuerdo a la posición de tres puntos: apoyo, resistencia y potencia. En el caso de la dobladora de tubos, la palanca funciona como el punto de apoyo que, a su vez, trabaja con un eje de rotación (resistencia) conducido por un motor (potencia). El objetivo de la palanca es determinar el giro y ángulo de rotación indicado (manual o automáticamente) que, impulsado por el motor, activa el eje de rotación, lo que en teoría es la aplicación de las palancas de tercer género es decir, la potencia se encuentra entre el punto de apoyo y la resistencia.

Brazos del mecanismo.



Figura N° 01

Fuente: Elaboración propia. 21

### 2.2.2.2 EJE DE ROTACIÓN.

Es un disco metálico que tiene como función dar la forma y ángulo del doblado del tubo. Su tamaño depende de la pieza y del nivel de rotación pues no es lo mismo curvar un

tubo para una cama, a  $90^{\circ}$ , que doblarlo en tres direcciones distintas para armar una máquina de gimnasio; ya que en el primer caso basta con un disco pequeño por la facilidad del doblado, mientras que en el segundo, se requiere un disco con un diámetro ancho y potente que tenga la capacidad de curvar el tubo sin deformarlo.

Eje de rotación para el curvado de tubos.



Figura N°02

Fuente: elaboración propia 22

### 2.2.2.3. MOTOR.

El eje de rotación y la palanca no son suficientes para vencer la rigidez de un tubo, por tal razón el motor es el mecanismo que produce la fuerza encargada de vencer esa resistencia. Al igual que el eje de rotación, la fuerza del motor varía de acuerdo al tamaño del eje de rotación y de las características del tubo.

Motor trifásico de 2Hp.



Figura N° 03

Fuente: elaboración propia. 23

### 2.2.3. TIPO DE MÁQUINAS PARA CURVADO DE TUBOS.

#### 2.2.3.1. CURVADO DE TUBO MANUAL.

Como se observa en la figuras, las curvadoras de tubo manual requieren el esfuerzo físico del operario.

Dobladora de tubo manual realizado en solidwork.



Figura N° 04

Fuente:

[www.google.com.pe/search?q=dobladora+de+tubos&rlz=1C1KMZB\\_enPE560PE56](http://www.google.com.pe/search?q=dobladora+de+tubos&rlz=1C1KMZB_enPE560PE56)

[0&espv=210&es](http://www.google.com.pe/search?q=dobladora+de+tubos&rlz=1C1KMZB_enPE560PE56)

### 2.2.3.2 MÁQUINA DE CURVADO DE TUBOS N.C – CONTROL NUMÉRICO.

Su innovación reside en la capacidad que tienen de programar el ángulo de curvado, sin necesidad de que éste sea ajustado a través de la palanca, pero esto no quiere decir que ésta desaparezca, su función es garantizar el ajuste precisamente del ángulo de curvado. Este tipo de máquinas poseen motores más potentes y trabajan a un ritmo más dinámico que las manuales, por lo que logran un doblado ágil a diferencia del trabajo realizado por un obrero, que debe accionar la palanca y tener cuidado de no romper el tubo durante el proceso.

### 2.2.3.3. MÁQUINA DE CURVADO DE TUBO CNC – CONTROL NUMERO COMPUTARIZADO.

Son las máquinas de su tipo, más avanzadas del mercado. Su software permite obtener distintos ángulos y direcciones de rotación, así como estimar el tiempo que durará el proceso de curvado, dependiendo de las especificaciones programadas por el usuario. En el momento de graduar distancias varias de curvado en un sólo tubo, esta máquinas dejan a un lado los posicionadores, graduados manualmente por los operarios, para automatizarlos en el software, lo que conduce al tubo a reproducir fielmente la forma que se haya programado en la máquina. En la figura se observa una máquina curvadora de tubo CNC.

Curvadora de tubos CNC.



Figura N° 05

Fuente: <http://cncultraprecision.com/?cat=3>

## **2.2.4. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CURVADO DE TUBOS.**

### **2.2.4.1. ESPESOR DEL TUBO.**

Variable determinada por el tipo de material usado, el posible uso de la pieza fabricada y que está expresado generalmente en calibre o milímetros. De este valor depende mucho el resultado del doblado.

### **2.2.4.2. DIÁMETRO EXTERNO E INTERNO DE LAS PAREDES.**

Esta variable permite evaluar significativamente hasta que radio puede ser curvado un tubo.

### **2.2.4.3. RADIO MÁXIMO Y MÍNIMO.**

Por lo general está asociado al grado de curvatura del tubo.

### **2.2.4.4. DUREZA.**

Materiales sintéticos polímeros que permiten una curvatura perfecta sin ningún tipo de alteración o cambio visible en el material, son los ideales para esta aplicación.

## **2.2.5. TÉCNICAS DE CURVADO.**

Existen diferentes técnicas de curvado, entre las cuales pueden destacarse como más habituales las siguientes:

- Curvado por compresión (figura a).
- Curvado por presión (figura b).
- Curvado con rodillos (figura c).
- Curvado con brazo giratorio (figura d).

## Curvado por presión y compresión

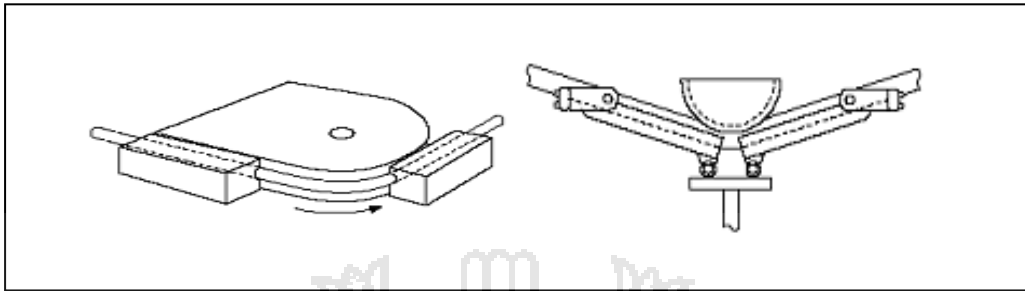


Figura (a) curvado por compresión Figura. (b) curvado por presión.

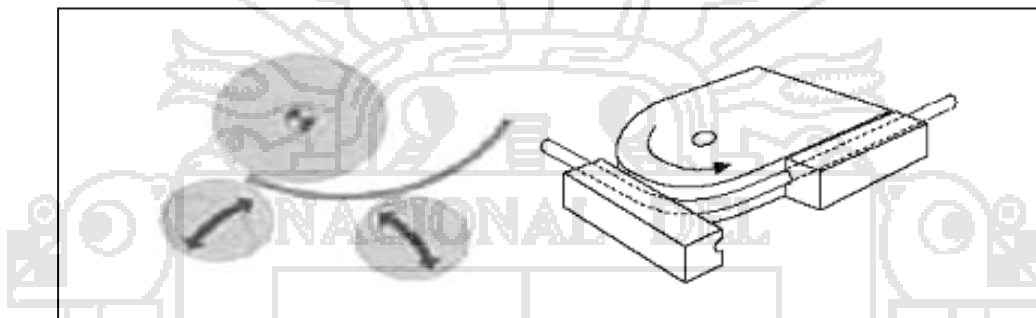


Figura (c) curvado con rodillos Figura. (d) curvado con brazo giratorio.

Figura N° 06

**2.2.5.1. CURVADO DE TUBOS CON RUEDA DE GARGANTA.**

Estas máquinas curvan el tubo con efecto de una tracción y una flexión, como se muestra en la figura. El tubo (t) se introduce en la garganta de una rueda fija (f), llamada estampa, y entre las mandíbulas curvas de una mordaza (m), solidario con la mordaza está fijado un brazo plegador (p) que puede girar alrededor de la estampa.

## Fibras Neutras.

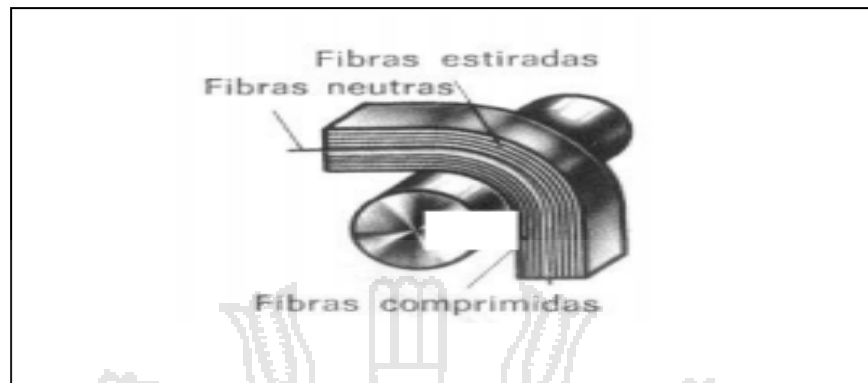


Figura N° 07

Fuente: Tecnología de los oficios metalúrgicos - A. Ley en setter.

Mordaza y brazo plegador, son en efecto solidarios con una rueda (r) que tiene el mismo eje de rotación de la rueda fija (f). Para evitar el peligro de formar curvas con aristas se emplea un tope de rodillos (b). En el trozo de tubo que no interesa curvar se introduce una anima (a) para evitar su posible ovalización en el punto no contenido en la estampa.

## Fibras Neutras.

Curvadora de tubos con rueda de garganta.

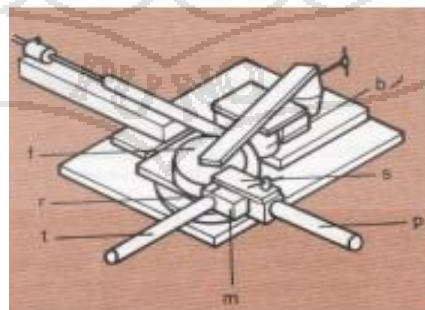


Figura N° 08

Fuente: Mecánica de Taller – Soldadura Uniones y Calderas pág. (70).



### 2.2.5.2. CURVADORA DE TUBOS CON MANDO HIDRÁULICO.

Este tipo de máquinas se utilizan cuando hay que obtener una alta producción, que puede alcanzar de 600 o más curvaturas por hora. Este tipo de máquinas, muy robustas están basadas en el mismo principio que las curvadoras manuales con rueda de garganta, como se muestra en la Figura N° 09.

Curvadora de tubos con mando hidráulico.



Figura N° 09

Fuente: Mecánica de Taller – Soldadura Uniones y Calderas pág. (71).

### 2.2.5.3. TENSION EN LA PIEZAS DE TRABAJO DOBLADO.

A través de las fuerzas de flexión que actúan se generan tensiones en el material, las cuales activan una transformación del material, como se muestra en la Figura.

1 tensiones de tracción, 2 fibra neutra, 3 tensiones de presión.

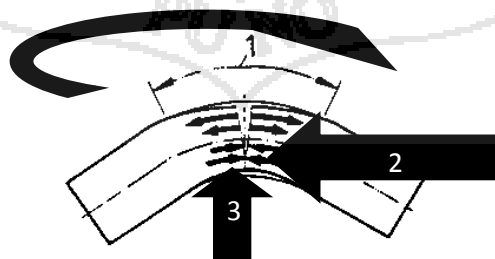


Figura N° 10 Tensiones en la pieza de trabajo doblada.

Fuente: <http://www.nzdl.org/gsdmod?e=d-00000-00---off-0gtz--00-0>

La longitud de la fibra neutra se necesita para el cálculo de la longitud de estiramiento de la pieza de trabajo que se va a doblar.

## 2.2.6. INFLUENCIAS DE LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL.

### FLEXIBILIDAD:

Solamente los materiales que posibilitan un cambio de forma se dejan doblar. Materiales templados y quebradizos no se dejan doblar - con el efecto de fuerzas de flexión muy grande se rompen. Materiales de fleje tampoco se dejan doblar, luego del efecto de las fuerzas de flexión recuperan totalmente su posición inicial, como se muestra en la Figura N°11.

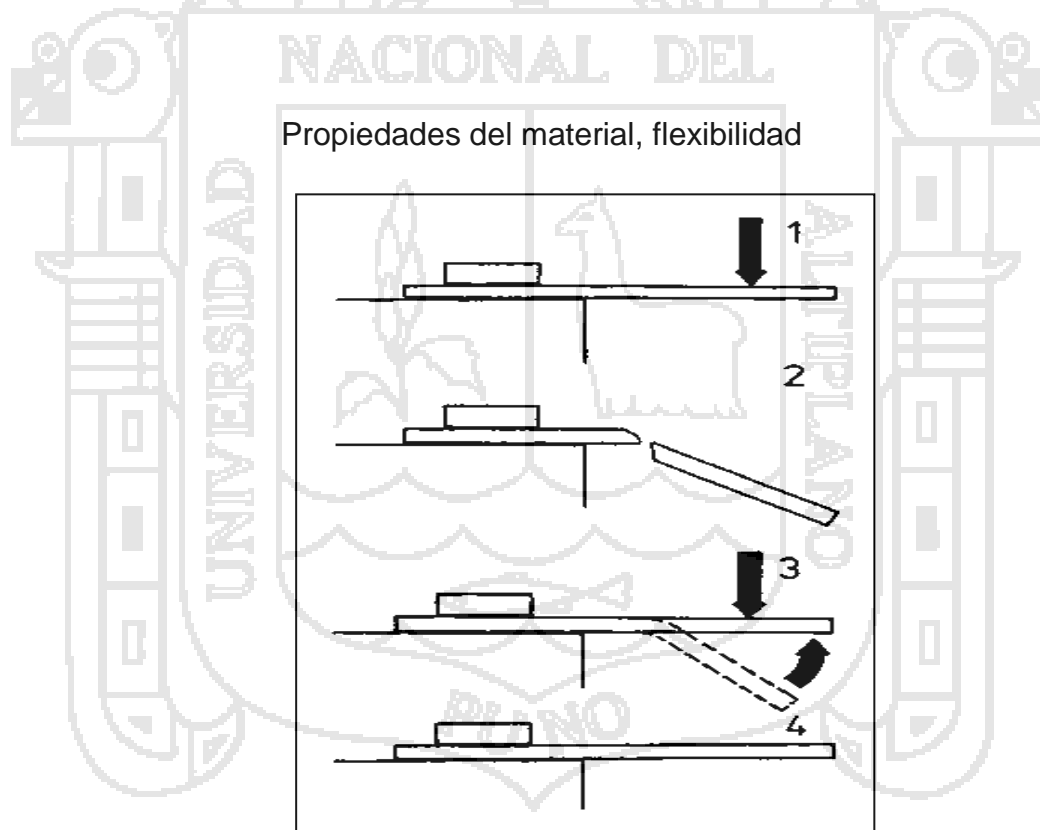


Figura N° 11

Fuerza de flexión actúa sobre el material frágil, 2 ruptura de la pieza de trabajo, 3 fuerza de flexión actúa sobre la pieza de trabajo de fleje, 4 elasticidad recuperadora de la pieza de trabajo.

**ELASTIDAD:**

Los materiales elásticos se encogen en una dimensión determinada luego del efecto de la fuerza - se le denomina elasticidad recuperadora, como se muestra en la Figura N° 12.

Esta medida debe ser tomada en cuenta siempre para el doblado.

Los materiales duros son de más elasticidad recuperadora que los materiales blandos.

Elasticidad recuperadora de la pieza de trabajo luego de cada fuerza efectiva.

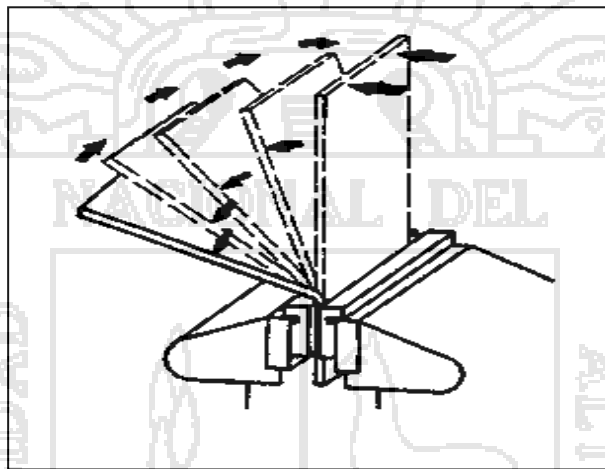


Figura N° 12

**Fuente:** Curso Doblado Laminas tubos y perfiles perfiles Pág. (12)

**RESISTENCIA:**

En el laminado de chapas se presenta una estructura fibrosa en el material (similar como las vetas en la madera), la cual se debe reconocer en la superficie de chapas aseadas, como se muestra en la Figura 13.

Con el fin de evitar grietas en el borde exterior de las curvaturas, el borde de flexión no puede coincidir con el recorrido de la fibra.

Tenida en cuenta del sentido de laminado para el doblado.

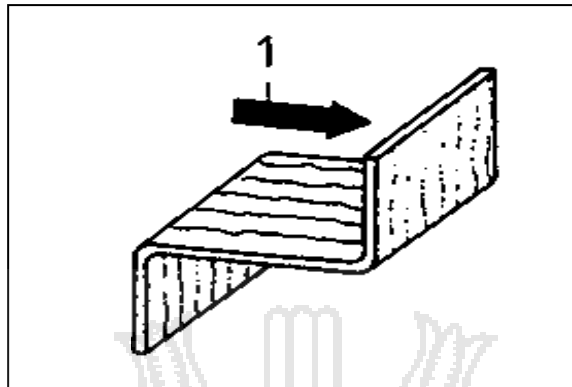


Figura N° 13

**Fuente:** Curso Doblado Laminas tubos y perfiles pág. (12).

Tenida en cuenta del sentido de laminado para el doblado.

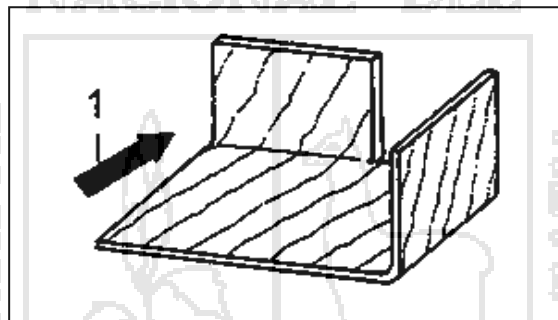


Figura N° 14

**Fuente:** Curso Doblado Laminas tubos y perfiles pág. (14).

### **ENDURECIMIENTO POR COMFORMACION DEL FRIO.**

Con el cambio múltiple de tensiones de tracción y de presión durante el procedimiento de doblado (doblado hacia allá y hacia acá), se deforma fuertemente la estructura del material, como se muestra en la Figura 15. Las tensiones interiores amplificadas conllevan a un endurecimiento en el punto de doblado. Entre mayor sea la frecuencia del cambio de tensiones, entonces el material se hará también más quebradizo. En caso de continuar la deformación se puede presentar un rompimiento.

Formación de grietas en puntos de flexión endurecidas por conformación en frío.

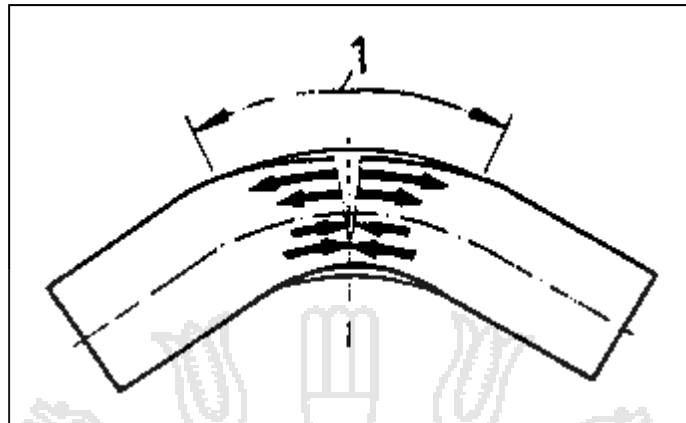


Figura N° 15

1 intervalo del endurecimiento por conformación en frío.

**Fuente:** Curso Doblado Laminas tubos y perfiles Pág. (15)

### INFLUENCIA DEL RADIO DE DOBLADO.

Con el fin de evitar grietas de doblado, se debe elegir un radio de doblado lo suficientemente grande:

¡Entre más grande sea el radio de doblado, menor será también el peligro de agrietamiento!

Entre más grueso sea el material, entonces mayor deberá ser también el radio de doblado!

El radio de doblado depende también de la forma y del espesor del material, de la temperatura del proceso de doblado y del tipo de material.

Para todos los metales y para muchas formas de perfiles existe por esto un radio mínimo estipulado.

### **2.2.7. REDUCTOR DE VELOCIDAD.**

“Casi podría decirse que los motores son como el “corazón de la industria”. Pero ese corazón tiene diferentes ritmos y funciona a distintas velocidades, dependiendo del uso que se le quiera dar. Por eso los reductores de velocidad son indispensables en todas las industrias del país, desde los que producen cemento hasta los laboratorios de medicamentos requieren en sus máquinas estos mecanismos.”

Los reductores son diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor.

#### **2.2.7.1. TIPOS DE REDUCTORES DE VELOCIDAD.**

En la adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).

Al emplear reductores o motor reductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

## Reducción de velocidad por engranajes y poleas.



Figura N° 16

Fuente: investigadores.

**a. SISTEMA DE POLEAS CON CORREA.**

Se trata de dos ruedas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto de una correa. Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes.

Según el tamaño de las poleas tenemos dos tipos:

- La polea de salida (conducida) gira a menor velocidad que la polea de entrada (motriz). Este es un sistema de poleas reductor de velocidad.

## Sistema de poleas con correa reducción de velocidad.

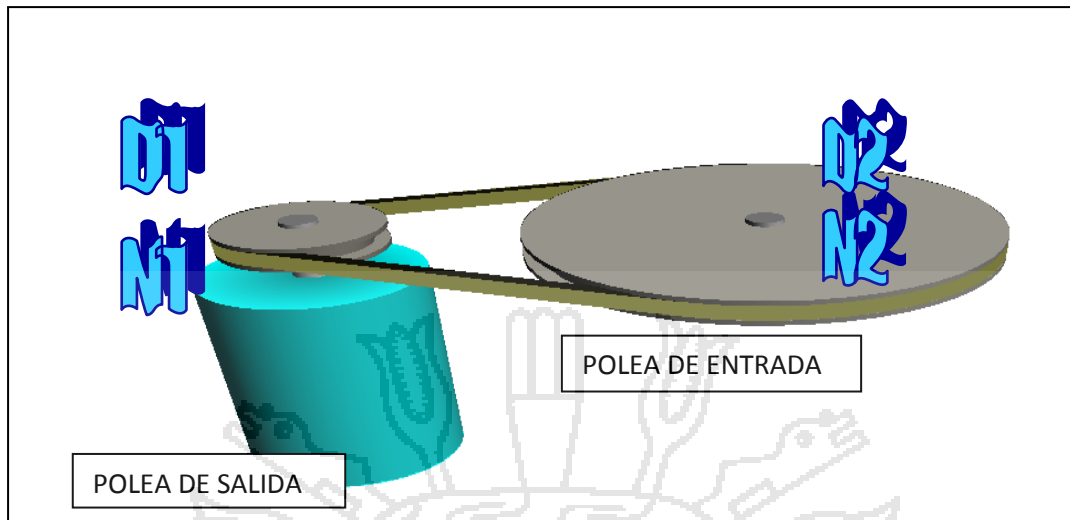


Figura N° 17

Fuente: investigadores.

- La polea de salida gira a mayor velocidad que la polea de entrada. Este es un sistema de poleas multiplicador de velocidad.

La relación de transmisión entre ambas poleas se define del siguiente modo:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

- $n_2$ : es la velocidad de la rueda conducida.
- $n_1$ : es la velocidad de la rueda motriz.
- $D_1$ : el diámetro de la rueda motriz.
- $D_2$ : el diámetro de la rueda conducida.

La velocidad de las ruedas se mide normalmente en revoluciones por minuto (rpm) o vueltas por minuto.



**b. TRANSMICION POR ENGRANAJES.**

- Los engranajes son ruedas dentadas que encajan entre sí, de modo que, unas ruedas transmiten el movimiento circular a las siguientes.
- El tamaño de los dientes de todos los engranajes debe ser igual.
- Los engranajes giran de modo que, los más pequeños giran a mayor velocidad, de modo similar al caso del sistema de poleas con correa. En este caso, en lugar de tener en cuenta el diámetro de la polea, se tienen en cuenta el número de dientes de cada rueda.

Transmisión mediante engranajes.

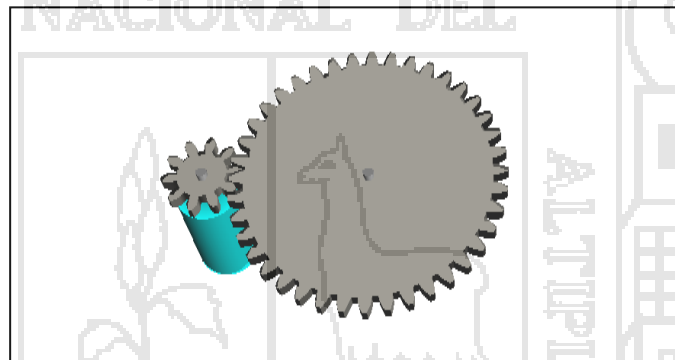


Figura N° 18

Fuente investigadores.

Se puede calcular las velocidades de los engranajes a partir de los tamaños de las mismas.

$$N_1 Z_1 = N_2 Z_2$$

Siendo:

$n_1$  = velocidad del engranaje de entrada.

$n_2$  = velocidad del engranaje de salida.

$Z_1$  = número de dientes del engranaje de entrada.

$Z_2$  = número de dientes del engranaje de salida.

Al igual que con el sistema de poleas con correa, hay dos tipos de sistemas de transmisión por engranajes.

b.1).Reductor: El piñón es el engranaje motriz y la rueda es el engranaje conducido. En este caso, la velocidad de salida (rueda) es menor que la velocidad de entrada (piñón).

b.2).Multiplicador: El piñón es el engranaje conducido y la rueda es el engranaje motriz. En este caso, la velocidad de salida (piñón) es mayor que la velocidad de entrada (rueda).

Sistema de engranajes reductor y multiplicador respectivamente.

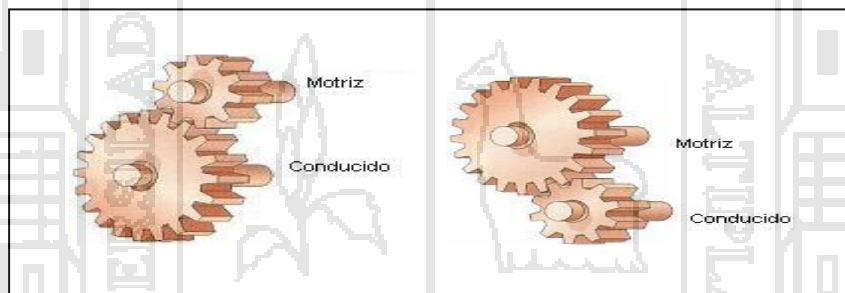


Figura N° 19

**Fuente:** <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>.

### c. TREN DE SISTEMAS DE POLEAS Y ENGRANAJES.

Un tren de un sistema de poleas con correa consiste en la combinación de más de dos poleas.

Sistema de tren de engranajes

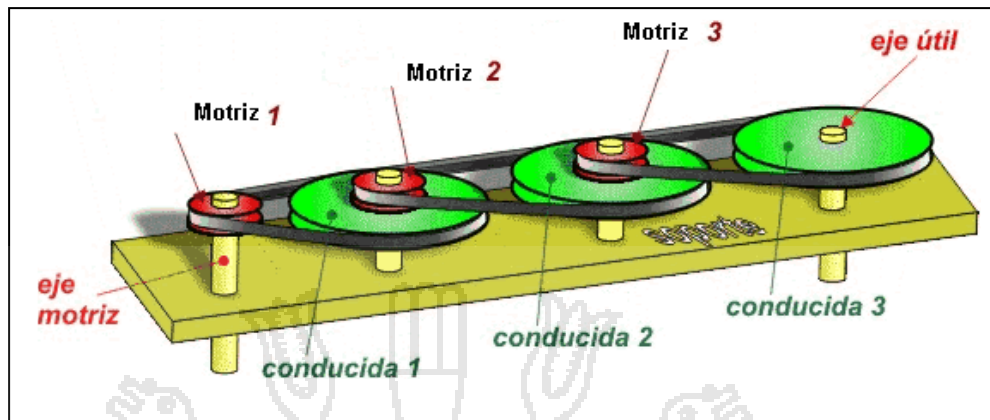


Figura N°20

Fuente: <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>.

Los engranajes también se pueden combinar formando un tren de engranajes.

Sistema de tren de engranajes (A)

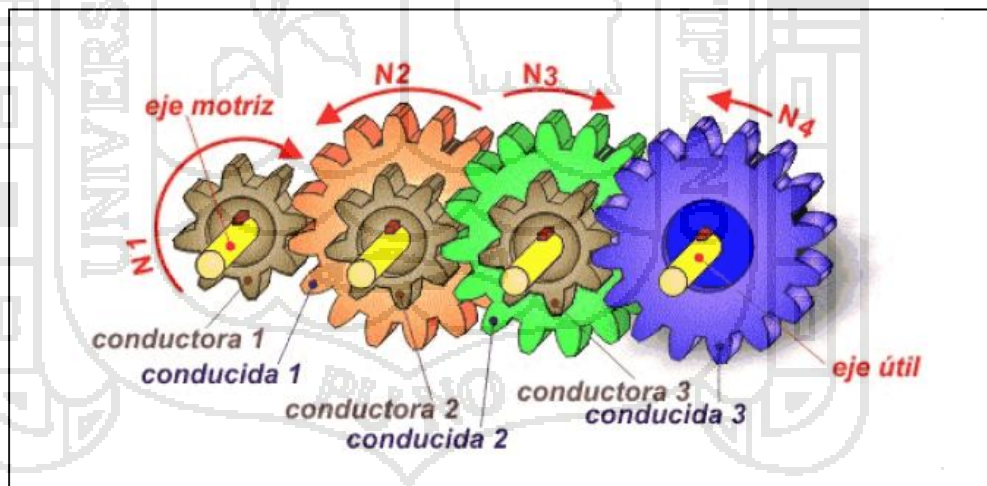


Figura N° 21

Fuente: <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>.

Con la gran ventaja de que, a diferencia del tren de poleas, ocupan mucho menos espacio. El funcionamiento es similar al tren de poleas, pero no existen correas.

#### d. ENGRANAJES CON CADENA.

Este sistema de transmisión consiste en dos ruedas dentadas de ejes paralelos, situadas a cierta distancia la una de la otra, y que giran a la vez por efecto de una cadena que engrana a ambas. Es el mecanismo que emplean las bicicletas. La relación de transmisión se calcula como en el caso de los engranajes.

Sistema de engranajes con cadena.

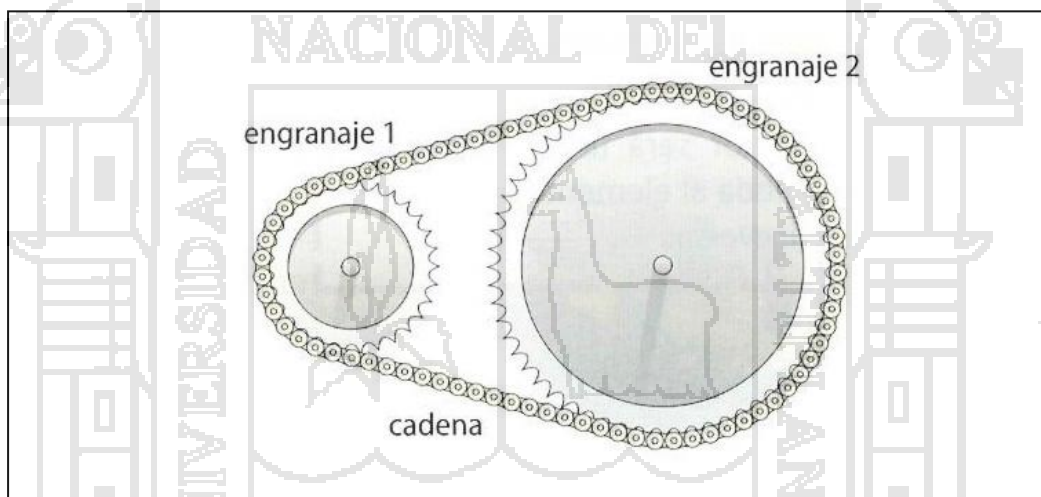


Figura N°22

**Fuente:** <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>

### **2.2.7.2. GUÍA PARA LA ELECCION DEL TAMAÑO DE UN REDUCTOR MOTOREDUCTOR.**

Los reductores de velocidad se suelen clasificar de un modo bastante anárquico, solapándose en algunos casos las definiciones de modo intrínseco y en otros casos hay que usar diversas clasificaciones para definirlos.

#### **2.2.7.2.1. CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN.**

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

- 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).

#### **2.2.7.2.2. CARACTERISTICAS DEL TRABAJO A REALIZAR.**

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

#### **2.2.7.2.3. CONDICIONES DEL AMBIENTE.**

- Humedad.
- Temperatura.

### 2.2.8. LA TUBERÍA.

“Es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza la denominación específica de oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas, se utiliza la denominación específica de gasoducto. También es posible transportar mediante tubería materiales que, si bien no son un fluido, se adecúan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etcétera.”

#### 2.2.8.1. FABRICACIÓN.

Hay tres métodos de fabricación de tubería.

- Sin costura (sin soldadura). La tubería se forma a partir de un lingote cilíndrico el cuál es calentado en un horno antes de la extrusión. En la extrusión deforma con rodillos y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador. La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones. Además es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial.
- Con costura longitudinal. Se parte de una lámina de chapa la cual se dobla dándole la forma a la tubería. La soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro. Por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz. Variando la separación entre los rodillos se obtienen diferentes curvas y con ello diferentes diámetros de tubería. Esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible.

- Con soldadura helicoidal (o en espiral). La metodología es la misma que el punto anterior con la salvedad de que la soldadura no es recta sino que recorre la tubería siguiendo la tubería como si fuese roscada.

### **2.2.8.2. TUBO ESTRUCTURAL.**

En el ámbito de la construcción metálica, los tubos estructurales se han impuesto en el mundo gracias a sus innegables ventajas y propiedades estructurales y arquitectónicas que los hacen ideales para la construcción de todo tipo de edificaciones.

Principalmente se han utilizado en la construcción de edificaciones para uso colectivo de grandes espacios como coliseos deportivos, estadios, iglesias y bodegas industriales (en especial entre las que almacenan o procesan alimentos por su limpieza y facilidad de mantenimiento, debido a la ausencia de caras internas o secciones inaccesibles) Su geometría cuadrada, redonda o rectangular los hace ideales para todo tipo de diseños arquitectónicos, entre los que se destacan la combinación con el vidrio, permitiendo un mejor aprovechamiento y manejo de la luz natural. De igual forma su resistencia y características estructurales permiten el manejo de grandes distancias y luces en cubiertas y fachadas.

Entre las más importantes características y ventajas de los tubos estructurales se destacan:

- Gran resistencia al viento por la geometría del perfil, esquinas redondeadas que hacen las estructuras más seguras y agradables al tacto.
- Posibilidad de utilizarlos en aplicaciones telescópicas.
- Excelente comportamiento a la flexión y a la torsión.
- Acabado estético perfecto, de incomparable belleza y usos arquitectónicos.

- Ausencia de uniones o soldadura visible a lo largo de las secciones.
- Limpieza en acabado y mantenimiento. (Ideal para bodegas de almacenamiento y procesamiento de alimentos).
- Facilidad del manejo y de montaje frente a elementos armados como los perfiles en cajón.
- Ahorro en instalación y montaje.

### **2.2.9. CILINDRO NEUMÁTICO.**

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales.

#### **2.2.9.1. CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.**

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

Al cilindro de simple efecto se le aplica presión solo por un extremo, con lo cual solo realiza trabajo en un sentido, cuando el aire que les ha hecho salir escapa, retroceden.

Existen dos tipos de cilindros de simple efecto, de retroceso por muelle y de retroceso por fuerza externa



## Cilindro del simple efecto.

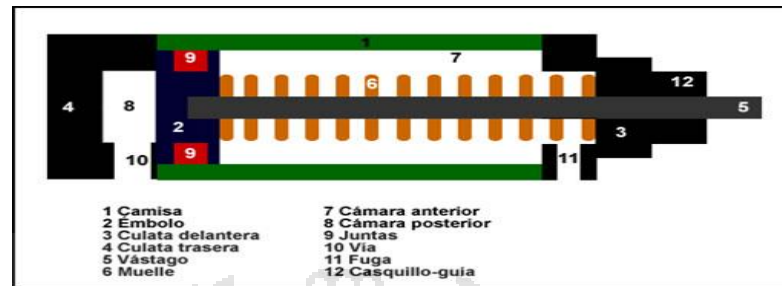


Figura N° 23

**Fuente:** <http://sitioniche.nichese.com/cilindros-simples.html>

**2.2.9.2. CILINDRO DE DOBLE EFECTO.**

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos. Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conexionado, siendo su función la comunicación con la atmósfera con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara).

El perfil de las juntas dinámicas también variará debido a que se requiere la estanqueidad entre ambas cámaras, algo innecesario en la disposición de simple efecto.

Cilindro doble efecto.

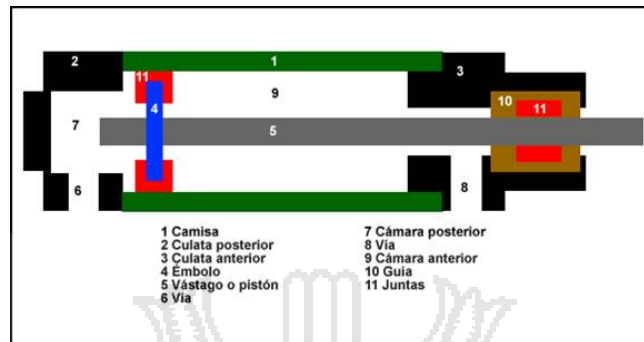


Figura N° 24

**Fuente:** <http://sitioniche.nichese.com/cilindros-dobles.html>

## 2.2.10. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.

Automatizar quiere decir emplear medios artificiales, de tal forma que un proceso transcurra de forma automática. En una planta esto significa equiparla con autómatas de tal forma que trabaje automáticamente. Un autómata es un sistema artificial, que sigue un programa de forma propia o automática. Gracias al programa el sistema debe tomar decisiones basadas en las entradas y el estado del sistema, para de esta forma cumplir con tareas asignadas.

### 2.2.10.1. CAMPOS DE APLICACIÓN.

Se pueden diferenciar dos campos fundamentales de la automatización.

- Por un lado los procesos pueden ser automatizados. Por ejemplo el medir automáticamente sin la intervención adicional del hombre, diversas variables en una planta de producción.

- Pero además también se pueden automatizar las tareas. A modo de ejemplo “la generación automática de código fuente” de un diagrama; es decir el usuario genera el programa gráficamente, por ejemplo en forma de un diagrama UML y el computador genera automáticamente el código necesario. Estas herramientas son cada vez de más significancia para los desarrolladores, ya que les permite ahorrarse mucho tiempo, además de hacer más intuitivo el trabajo (por ej. Rhapsody, Matlab, SciLab...).

### 2.2.10.2. DESAFIOS Y OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACION.

La Automatización aún no está en un estado totalmente maduro, quedan muchas cosas por mejorar y muchas por resolver.

- Los objetivos de la automatización son:

Mejorar la productividad.

Acelerar los procesos.

Aligerar la carga del trabajador.

Simplificar el proceso productivo.

Realizar tareas que manualmente sería imposibles de realizar

- Los desafíos que tiene la automatización son:

Dominar procesos cada vez más complejos.

Tener en cuenta más señales del sistema.

Tener en cuenta más datos de otros procesos (circunvecinos).

Optimizar procesos empresariales.

Optimizar procesos logísticos.

Optimizar procesos económicos.

Aumentar la confiabilidad del sistema.

Aumentar la seguridad del sistema.

La justificación de la automatización de un proceso se puede dividir en 4 categorías de razones diferentes:

**Seguridad.-** por medio de la automatización se puede incrementar la seguridad en el sitio de trabajo. Por ejemplo en ambientes de trabajo peligrosos como en el caso de la fundición o la fragua, si el proceso es automatizado, se reducirían los accidentes físicos de los trabajadores.

**Humanización.-** La humanización de los puestos de trabajo juega un rol muy importante a la hora de incentivar la automatización. Esto significa que tanto el trabajo en sí mismo, como también las condiciones del entorno pueden ser amenizadas. Por ejemplo pueden instalarse máquinas que realicen las tareas más difíciles, o las que se llevan a cabo bajo condiciones de entorno extremas como por ejemplo altas temperaturas, o altos niveles de ruido o de contaminación. El trabajador puede así concentrarse cada vez más en el controlar, supervisar o planear, y de esta manera evitar los riesgos a su salud.

**Calidad.-** La calidad del producto se puede mejorar mediante la automatización, debido a que se suprimen deficiencias humanas como falta de atención, cansancio o fatiga.

**Racionalización.-** Desde el punto de vista empresarial juega un rol relevante. A través de la racionalización se pueden reducir los costos en una gran cantidad o se posibilita una expansión de la empresa. En caso de carencia de mano de obra, la producción se puede mantener en pie mediante un aumento de la maquinaria. En este sentido se debe tener en cuenta que el Racionalizar no necesariamente va acompañado de una disminución de puestos de trabajo, sino que puede significar una verdadera reestructuración de la empresa.

### 2.2.10.3. TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN.

Existen cinco formas de automatizar en la industria moderna, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el esquema más adecuado.

Los tipos de automatización son:

➤ **El control automático de procesos.**

Se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de calentamiento del agua para el tratamiento de los cueros.

Entremos directamente por definir que es control: es la Técnica de medir o detectar una condición o situación, compararla con el valor que de ella se desea tener, y a actuar en correspondencia a fin de reducir la diferencia entre ambas.

Esta definición, amplia de por sí, es aplicable a infinidad de cosas que el hombre hace, o dice hacer; desde el control de tránsito, de natalidad, de contaminación, de la evasión de impuestos, hasta el inventario y calidad de productos elaborados, son condiciones o situaciones que a algunos humanos les toca controlar.

Algunas de ellas son de medición bastante frecuente, como, cuando conducimos un automóvil y otras más espaciadas, como cuando verificamos nuestro estado financiero, mensual o anual. En las citas anteriores hemos supuesto que todo lo descrito se hace mediante el accionar de un ser humano, en tal caso el control es manual o humano.

Si todas las tareas son efectuadas sin intervención de un eslabón humano, el control es automático.

- **El procesamiento electrónico de datos.-** frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores.
- **La automatización fija.-** es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los (PLC'S) O Controladores Lógicos Programables.
- **El Control Numérico Computarizado.-** Un mayor nivel de flexibilidad lo poseen las máquinas de control numérico computarizado. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN). Entre las MHCN podemos mencionar: Fresadoras CNC, Tornos CNC, Máquinas de Electro erosión, Máquinas de Corte por Hilo, etc.

➤ **La Automatización Flexible.**

El mayor grado de flexibilidad en cuanto a automatización se refiere al de los Robots industriales que en forma más genérica se les denomina como "Celdas de Manufactura Flexible".

#### **2.2.10.4. SISTEMA DE LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO.**

Un sistema que mantiene una relación establecida entre la salida y la entrada diferencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina sistema de control realimentado o de lazo cerrado.

También existen los sistemas de lazo abierto en los cuales la salida no afecta la acción de control. En esta sección veremos las características de cada uno y también sus diferencias.

##### **2.2.10.4.1. SISTEMAS EN LAZO CERRADO.**

###### **DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS.**

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control de lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente, como se muestra en la Figura.

En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la salida de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales) a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente.

El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentando para reducir el error del sistema.

### **ELEMENTOS BÁSICOS.**

1. Elemento de comparación: Este elemento compara el valor requerido o de referencia de la variable por controlar con el valor medido de lo que se obtiene a la salida, y produce una señal de error la cual indica la diferencia del valor obtenido a la salida y el valor requerido.
2. Elemento de control: Este elemento decide que acción tomar cuando se recibe una señal de error.
3. Elemento de corrección: Este elemento se utiliza para producir un cambio en el proceso al eliminar el error.
4. Elemento de proceso: El proceso o planta, es el sistema dónde se va a controlar la variable.
5. Elemento de medición: Este elemento produce una señal relacionada con la condición de la variable controlada, y proporciona la señal de realimentación al elemento de comparación para determinar si hay o no.



## Elementos básicos del sistema en lazo cerrado.

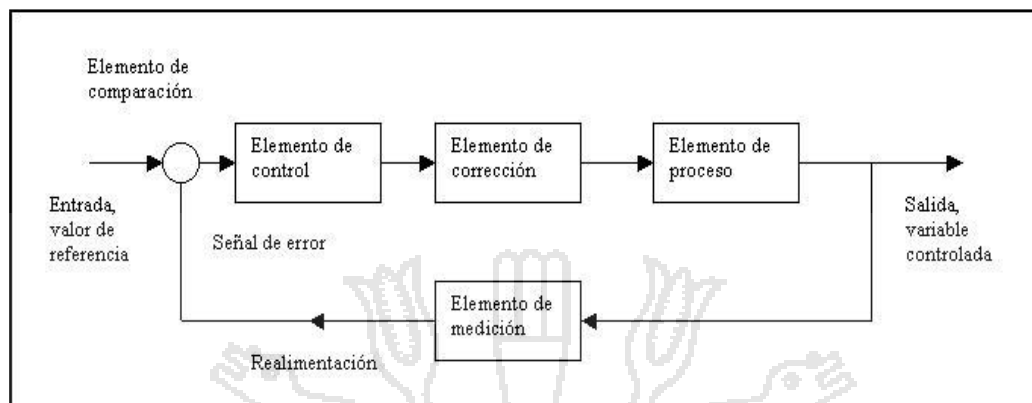


Figura N° 25

**Fuente:** [http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema2/pags/la\\_lc/lc](http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema2/pags/la_lc/lc).

#### 2.2.10.4.2. SISTEMAS EN LAZO ABIERTO.

##### DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS.

Son los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control. En un sistema en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada, como se muestra en la figura. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se utiliza si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado.

**ELEMENTOS BÁSICOS.**

1. Elemento de control: Este elemento determina qué acción se va a tomar dada una entrada al sistema de control.
2. Elemento de corrección: Este elemento responde a la entrada que viene del elemento de control e inicia la acción para producir el cambio en la variable controlada al valor requerido.
3. Proceso: El proceso o planta en el sistema en el que se va a controlar la variable.

Elementos básicos del sistema en lazo abierto.

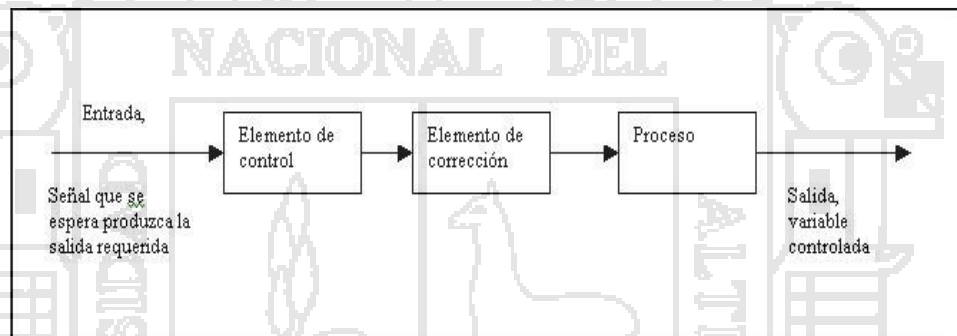


Figura N° 26

**Fuente:** [http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema2/pags/la\\_lc/lc](http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema2/pags/la_lc/lc).

#### 2.2.10.4.3. SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO CONTRA LOS SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO.

Las ventajas de tener una trayectoria de realimentación y, por lo tanto, un sistema en lazo cerrado en lugar de un sistema en lazo abierto son:

1. Más exacto en la igualación de los valores real y requerido para la variable.
2. Menos sensible a las perturbaciones.

3. Menos sensible a cambios en las características de los componentes.
4. La velocidad de respuesta se incrementa y, por lo tanto, el ancho de banda es mayor, es decir, el intervalo de frecuencias en los que el sistema responderá.

Pero hay algunas desventajas:

1. Hay una pérdida en la ganancia en cuanto a que la función de transferencia de un sistema en lazo abierto, se reduce de  $G$  a  $G/(1+GH)$  por una trayectoria de realimentación con una función de transferencia  $H$ .
2. Existe una gran posibilidad de inestabilidad.
3. El sistema es más complejo y, por lo tanto, no sólo más caro, sino más propenso a descomposturas.

#### 2.2.10.5. PLC.

Los PLC (Programmable Logic Controller en sus siglas en inglés) o Controlador de lógica programable, son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial.

PLC = Es un hardware industrial, que se utiliza para la obtención de datos. Una vez obtenidos, los pasa a través de bus (por ejemplo por Ethernet) en un servidor.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operando, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

#### **2.2.10.5.1. PLC EN COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS DE CONTROL.**

Los PLC están adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. Estos son típicos en procesos industriales en la manufactura donde el costo de desarrollo y mantenimiento de un sistema de automatización es relativamente alto contra el costo de

la automatización, y donde van a existir cambios en el sistema durante toda su vida operacional. Los PLC contienen todo lo necesario para manejar altas cargas de potencia; se requiere poco diseño eléctrico y el problema de diseño se centra en expresar las operaciones y secuencias en la lógica de escalera (o diagramas de funciones). Las aplicaciones de PLC son normalmente hechos a la medida del sistema, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de la contratación del diseñador para un diseño específico que solo se va a usar una sola vez. Por otro lado, en caso de productos de alta producción, los sistemas de control a medida se amortizan por sí solos rápidamente debido al ahorro en los componentes, lo que provoca que pueda ser una buena elección en vez de una solución "genérica".

Sin embargo, debe ser notado que algunos PLC ya no tienen un precio alto. Los PLC actuales tienen todas las capacidades por algunos cientos de dólares.

Diferentes técnicas son utilizadas para un alto volumen o una simple tarea de automatización, Por ejemplo, una lavadora de uso doméstico puede ser controlada por un temporizador a levas electromecánico costando algunos cuantos dólares en cantidades de producción.

Un diseño basado en un micro controlador puede ser apropiado donde cientos o miles de unidades deben ser producidas y entonces el coste de desarrollo (diseño de fuentes de alimentación y equipo de entradas y salidas) puede ser dividido en muchas ventas, donde el usuario final no tiene necesidad de alterar el control. Aplicaciones automotrices son un ejemplo, millones de unidades son vendidas cada año, y pocos usuarios finales alteran la programación de estos controladores.

Algunos procesos de control complejos, como los que son utilizados en la industria química, pueden requerir algoritmos y características más allá de la capacidad de PLC de alto nivel. Controladores de alta velocidad también requieren de soluciones a medida; por ejemplo, controles para aviones.

Los PLC pueden incluir lógica para implementar bucles analógicos, “proporcional, integral y derivadas” o un controlador PID. Un bucle PID podría ser usado para controlar la temperatura de procesos de fabricación, por ejemplo. Históricamente, los PLC's fueron configurados generalmente con solo unos pocos bucles de control analógico y en donde los procesos requieren cientos o miles de bucles, un Sistema de Control Distribuido (DCS) se encarga. Sin embargo, los PLC se han vuelto más poderosos, y las diferencias entre las aplicaciones entre DCS y PLC han quedado menos claras.

Resumiendo, los campos de aplicación de un PLC o autómatas programables en procesos industriales son: cuando hay un espacio reducido, cuando los procesos de producción son cambiantes periódicamente, cuando hay procesos secuenciales, cuando la maquinaria de procesos es variable, cuando las instalaciones son de procesos complejos y amplios, cuando el chequeo de programación se centraliza en partes del proceso. Sus aplicaciones generales son las siguientes: maniobra de máquinas, maniobra de instalaciones y señalización y control.

#### **2.2.10.5.2. SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES.**

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de On/Off (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente). Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta. Las señales discretas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al

On y otro rango al Off. Un PLC puede utilizar 24V de voltaje continuo en la E/S donde valores superiores a 22V representan un On, y valores inferiores a 2V representan Off. Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas.

Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos. Por ejemplo, una entrada de 4-20 mA o 0-10 V será convertida en enteros comprendidos entre 0-32767. Las entradas de intensidad son menos sensibles al ruido eléctrico (como por ejemplo el arranque de un motor eléctrico) que las entradas de tensión.

#### **2.2.10.5.3. VENTAJAS DE LOS PLC.**

Se puede hablar de las siguientes ventajas del uso de los PLC frente a lógica cableada antigua:

- Menor tiempo empleado en la elaboración del proyecto.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir elementos.
- Reducido espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de instalación.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento, al quedar reducido el de cableado.

- Posibilidad de controlar varias máquinas con el mismo autómata.
- Economía de mantenimiento.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

Como es una tecnología que sigue evolucionando seguramente este listado se incrementará día a día.

#### **2.2.10.5.4. INCONVENIENTES.**

Inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.

El coste inicial también puede ser un inconveniente.

#### **2.2.10.5.5. ESTRUCTURA INTERNA.**

Para poder interpretar luego el funcionamiento de un PLC, como se muestra en la Figura 27, donde se muestra un esquema de su estructura interna.

Podemos distinguir cinco bloques en la estructura interna de los Autómatas Programables, que pasaremos a describirlos:



## Funcionamiento de un PLC.

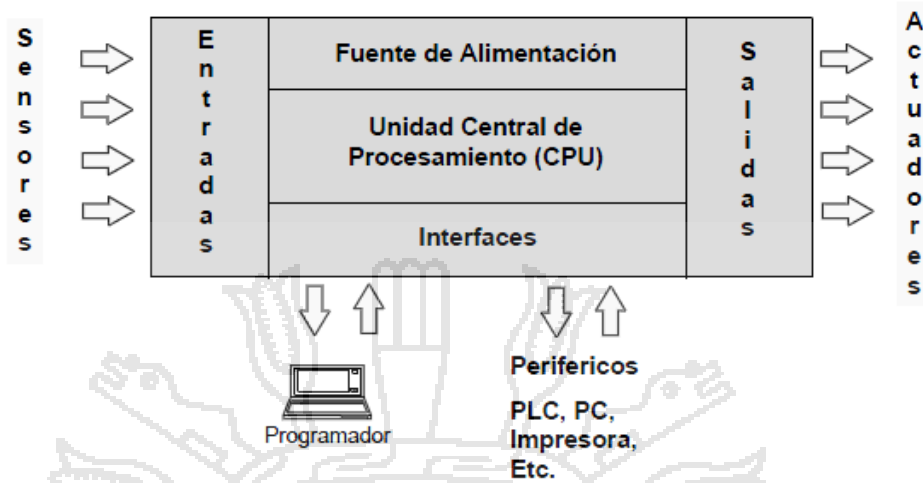


Figura N° 27

**Fuente:** [http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema4/pags/la\\_lc/lc](http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema4/pags/la_lc/lc).

1. Bloque de Entradas. En él se reciben las señales que proceden de los sensores. Estas son adaptadas y codificadas de forma tal que sea comprendida por la CPU. También tiene como misión proteger los circuitos electrónicos internos del PLC, realizando una separación eléctrica entre éstos y los sensores.
2. Bloque de Salidas: Trabaja de forma inversa al anterior. Interpreta las órdenes de la CPU, las descodifica y las amplifica para enviarlas a los actuadores. También tiene una interface para aislar la salida de los circuitos internos.
3. Unidad Central de Procesamiento CPU): En ella reside la inteligencia del sistema. En función de las instrucciones del usuario (programa) y los valores de las entradas, activa las salidas.

4. Fuente de Alimentación: Su misión es adaptar la tensión de red (220V/50Hz) a los valores necesarios para los dispositivos electrónicos internos (generalmente 24Vcc y 5Vcc).
5. Interfaces: Son los canales de comunicación con el exterior.

Por ejemplo con:

- Los equipos de programación.
- Otros automáticos.
- Computadoras.

### 2.3 GLOSARIOS DE TÉRMINOS BÁSICOS.

**A) DISEÑO:** Se define como el proceso previo de configuración mental, "pre-figuración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo.

**B) IMPLEMENTACIÓN:** Es la realización de una aplicación, instalación o la ejecución de un plan, idea, modelo científico, diseño, especificación, estándar, algoritmo o política.

**C) SISTEMA:** Es un objeto complejo cuyos componentes se relacionan al menos algún otro componente; puede ser material o conceptual. Todos los sistemas tienen composición, estructura y entorno, pero sólo los sistemas materiales tienen mecanismo, y sólo algunos sistemas materiales tienen figura (forma). Según el sistemismo, todos los objetos son sistemas o componentes de otro sistema.

**D) AUTOMATIZACIÓN:** Aplicación de las máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.

**E) PROYECCIÓN:** Lanzamiento o impulso de una cosa hacia adelante con fuerza para que llegue a gran distancia.

**F) PRECISIÓN:** La precisión es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio.

## **2.4. HIPÓTESIS Y VARIABLES.**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.**

- Es posible implementar y automatizar una dobladora de tubos a través de un PLC utilizando un motor trifásico, variador de velocidad, válvulas neumáticas de doble efecto, gatas neumáticas y supervisadas por un sistema scada.

### **2.4.2 HIPOTESIS ESPECÍFICAS.**

- Es posible Diseñar un mecanismo para el doblado de tuberías usando el programa solidwork.
- Es posible Implementar el mecanismo de acuerdo a las especificaciones del diseño.

**2.5 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE:  Diseño e implementación de un sistema asistido por PLC	Planeamiento del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Software AutoCAD</li> <li>➤ Software solid Works</li> <li>• Software diseño de engranajes</li> </ul>	
	Ejecución del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismos</li> <li>• Materiales</li> <li>• Circuitos</li> <li>• Eléctricos</li> <li>• Sensores</li> <li>• Actuadores</li> </ul>	
VARIABLE DEPENDIENTE:  automatización de una dobladora de tubos	Programación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software LOGO SOFT COMFORT</li> </ul>	Encuestas Muy Malo Malo Regular Bueno Muy Bueno



## **CAPÍTULO III**

### **III.- DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

El tipo de investigación del presente proyecto de investigación será EXPERIMENTAL.

Es experimental porque nos encontramos en una situación de control en el cual se manipulan de manera intencional una o más variables independientes.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **POBLACIÓN.**

La población para el desarrollo del presente trabajo de investigación, la Planta de Cemento Sur S.A. en el distrito de Caracoto.

##### **MUESTRA.**

Para verificar la funcionalidad del sistema se tomó como muestra todas las tuberías dobladas en el taller.

#### **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACION DE INFORMACIÓN.**

Para la obtención de información relacionada a cada variable e indicador, se emplearán las técnicas e instrumentos que se presenta a continuación:

##### **3.3.1 TÉCNICAS.**

**OBSERVACIÓN.-** Consiste en examinar minuciosa y detalladamente los diferentes aspectos de una cosa; o durante un período definido a un fenómeno determinado con el fin de captar, registrar y sistematizar sus condiciones y manifestaciones similares o periódicamente distintas, según el caso. Esto es, establecer contacto con el fenómeno bajo estudio.

### 3.3.2 INSTRUMENTOS.

#### GUÍA DE OBSERVACIÓN:

Según hurtado la observación es la primera forma de contacto o de relación con los objetos que van a ser estudiados. Para el cual el investigador se apoya en sus sentidos (vista, oído, tacto, olfato, sentidos, kinestesticos y cenestésicos).

#### 3.4 PLAN DE ANALISIS.

Mediante la observación se podrá determinar los parámetros reales y necesarios del proceso de doblado del tubos, después de esto se tomarán los datos de tiempo y exactitud del ángulo de dobles, para lo cual se contará con un cuaderno de apuntes, 4 cronómetros para tener varios datos de entrada para luego representarlas en gráficos, siendo estos la manera más cómoda de visualizar e interpretar los registros de los datos ya mencionados y esto facilitara dar conclusiones y juicios más acertados.

#### 3.5 FASES DE LA INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo del diseño de la investigación se divide en las siguientes fases:

- **Primero.-** Revisión bibliográfica análisis del sistema diseño del mecanismo, usando programas existentes en el mercado SOLIDWORK.
- **Segundo.-** implementación del mecanismo siguiendo las especificaciones del diseño.
- **Tercero.-** diseño e implementación del tablero de control, diagramas de fuerza y control según las necesidades del mecanismo.
- **Cuarto.-** programación del LOGO PLC, variador de velocidad delta, calibración y cableado del mecanismo con sistemas hidráulicos y neumáticos.



## **CAPITULO IV**

### **IV.- ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**



#### 4.1 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

#### 4.2 DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA MAQUINA DOBLADORA DE TUBOS.

El diseño de la dobladora de tubos se realizó en un programa llamado SOLIDWORKS 2013, es un programa de diseño asistido por computadora, a continuación se detalla el diseño de piezas.

#### 4.3 DISEÑO DE SOPORTE BASICO PARA LA CURVADORA DE TUBOS.

A continuación se detalla el plano del mecanismo para el soporte básico de la dobladora de tubos diseñado en solidwork 2013.

Propiedades de masa de mesa metálica.

Densidad = 7.10 gramos por centímetro cúbico.

Masa = 67763.26 gramos.

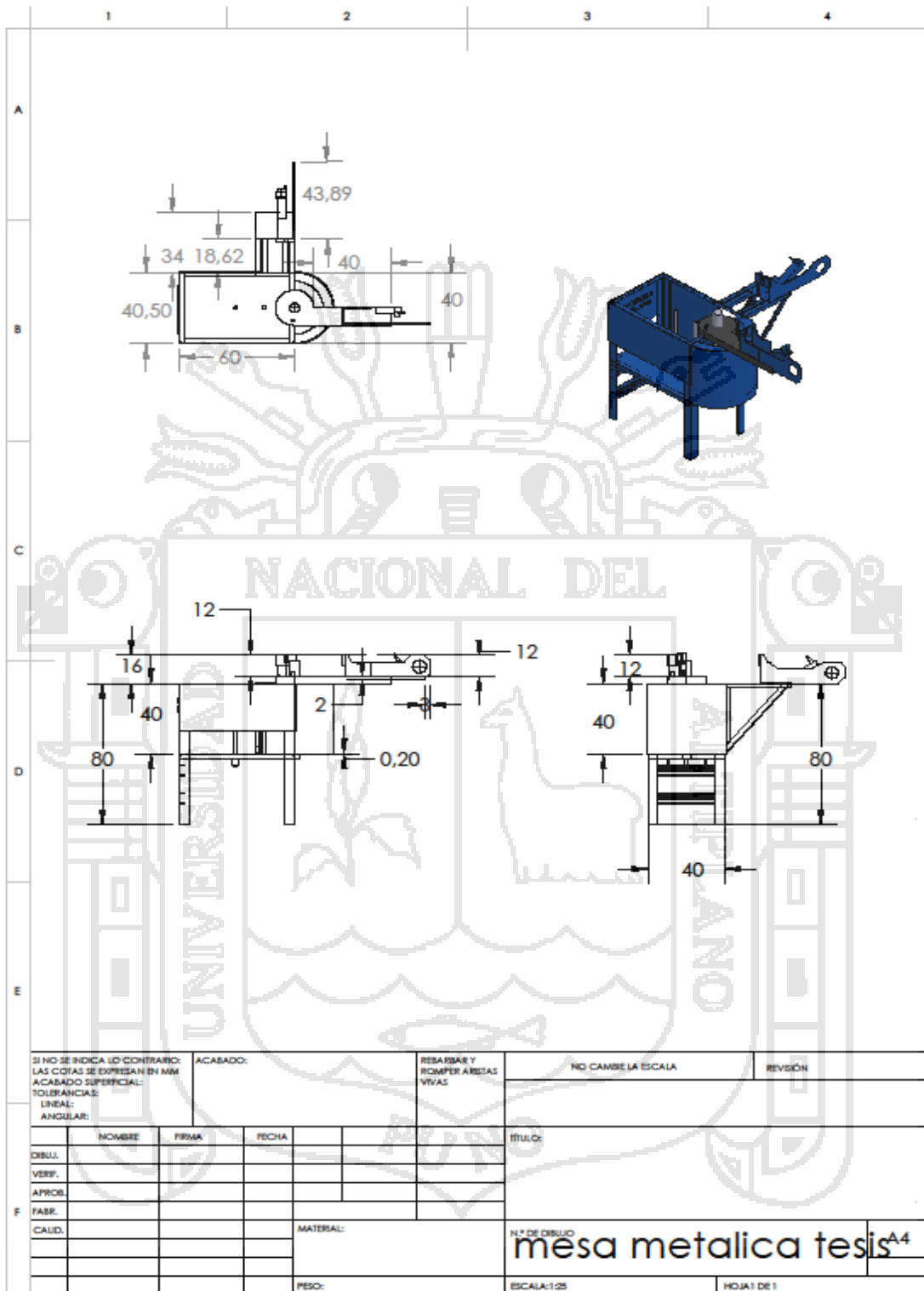
Volumen = 9544.12 centímetros cúbicos.

Área de superficie = 35805.45 centímetros cuadrados.

Centro de masa: (centímetros).

X = 32.11 , Y = 66.85, Z = -2.

Plano de soporte metálico.



Plano N° 01

Fuente: investigadores

Soporte básico en 3D para la curvadora de tubos

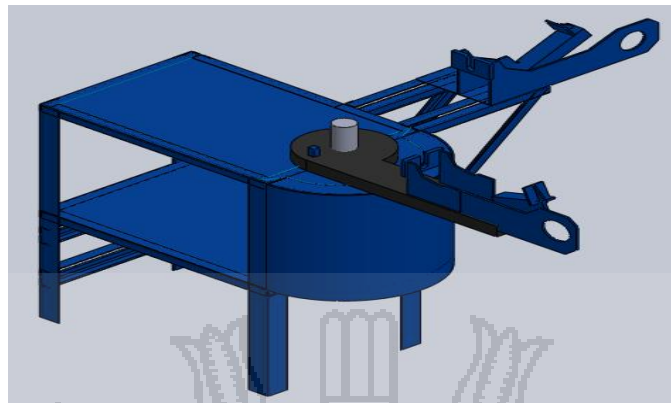


Figura N° 28

**Fuente:** investigadores.

#### 4.3.1 DISEÑO DE UNA BASE PARA LA UÑA MOVIL FIJA.

una móvil en 3D

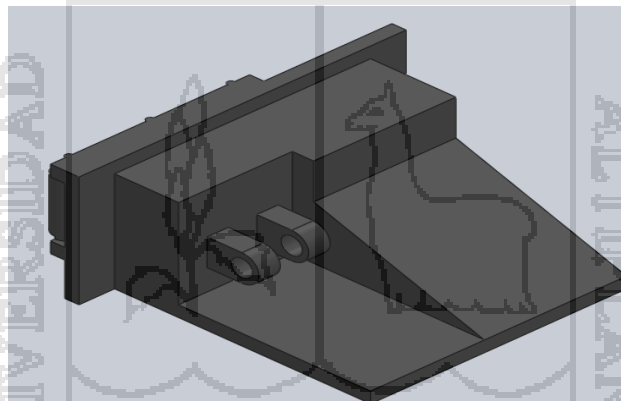


Figura N° 29

**Fuente:** investigadores

Propiedades de masa de base de uña móvil de 1p.

Densidad = 7.10 gramos por centímetro cúbico.

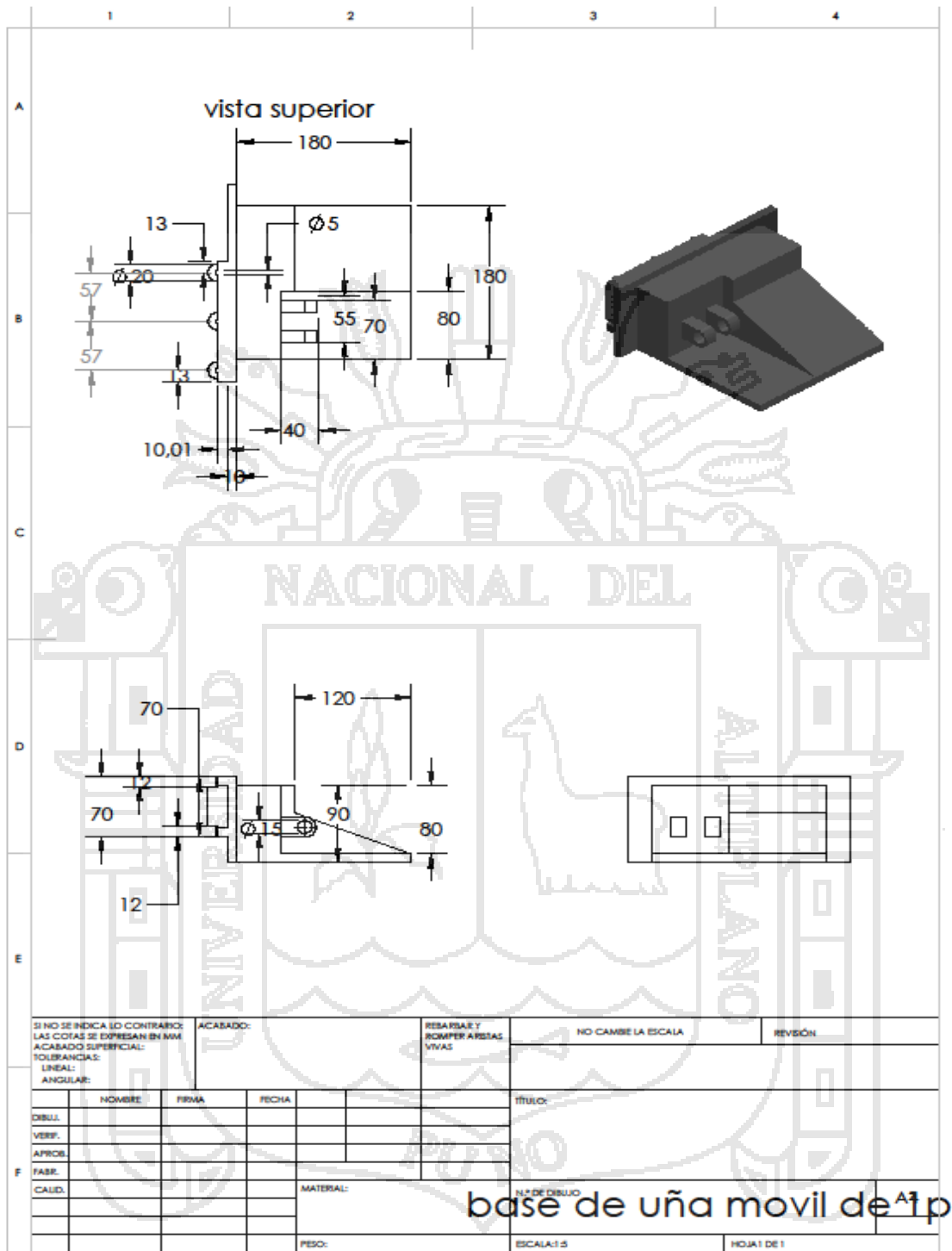
Masa = 12092.27 gramos.

Volumen = 1703.14 centímetros cúbicos.

Área de superficie = 1538.37 centímetros cuadrados.

Centro de masa: (centímetros) X = -4.45      Y = 3.79      Z = -0.71

Plano de uña móvil de 1".



Plano Nº 02

Fuente: investigadores

### 4.3.2 DISEÑO DE UÑA MOVIL FIJA.

Diseño de una uña móvil fija.

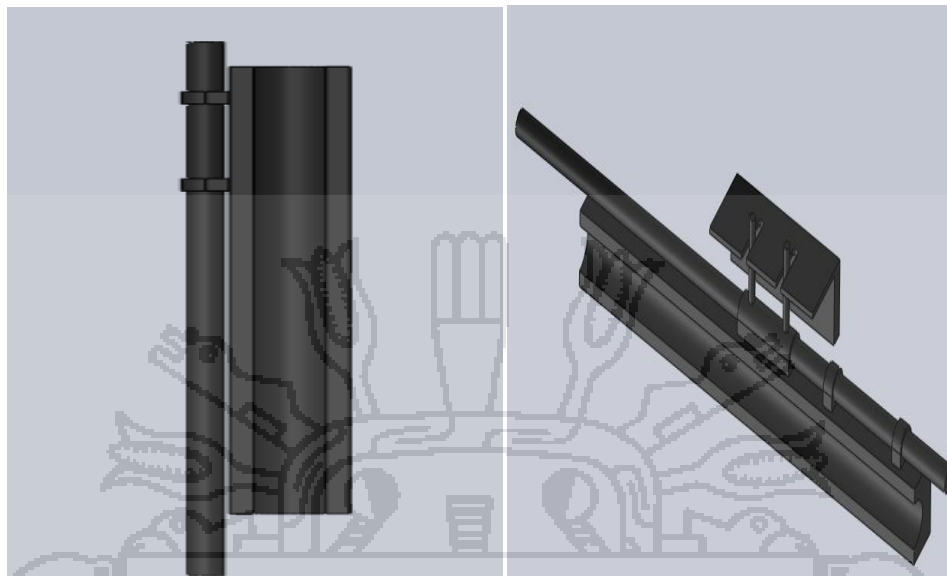


Figura N° 30

**Fuente:** investigadores.

Propiedades de masa de uña móvil de 1p.

Densidad = 7.10 gramos por centímetro cúbico.

Masa = 4134.76 gramos.

Volumen = 582.36 centímetros cúbicos.

Área de superficie = 911.82 centímetros cuadrados.

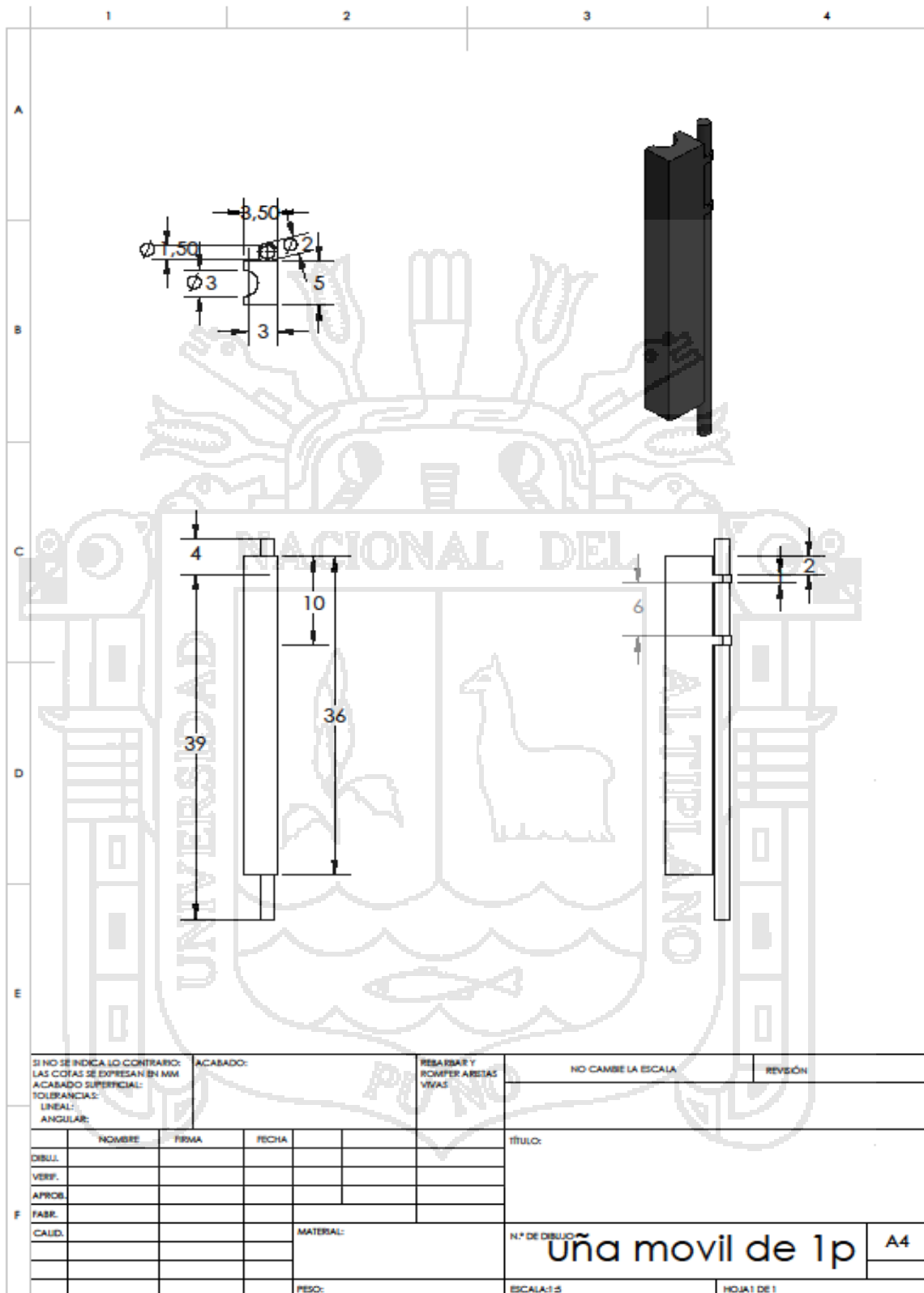
Centro de masa: (centímetros).

X = 0.35

Y = 17.88

Z = -0.48

Uña móvil fija.



Plano Nº 03

Fuente: investigadores

### 4.3.3 DISEÑO DE SOPORTE PARA LA SEGUNDA UÑA MOVIL.

soporte de la segunda uña movil.

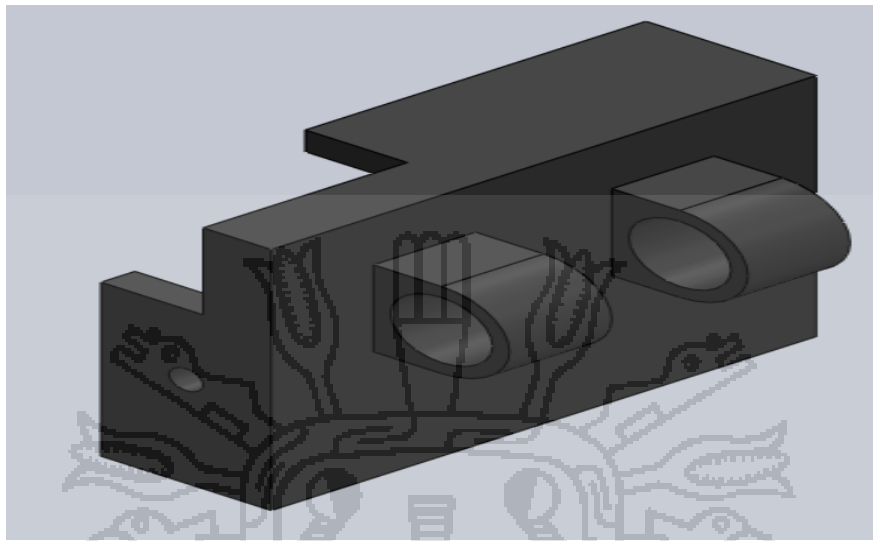


Figura N° 31

Fuente: investigadores

Propiedades de masa de base para uña de 1p.

Densidad = 7.10 gramos por centímetro cúbico.

Masa = 319.06 gramos.

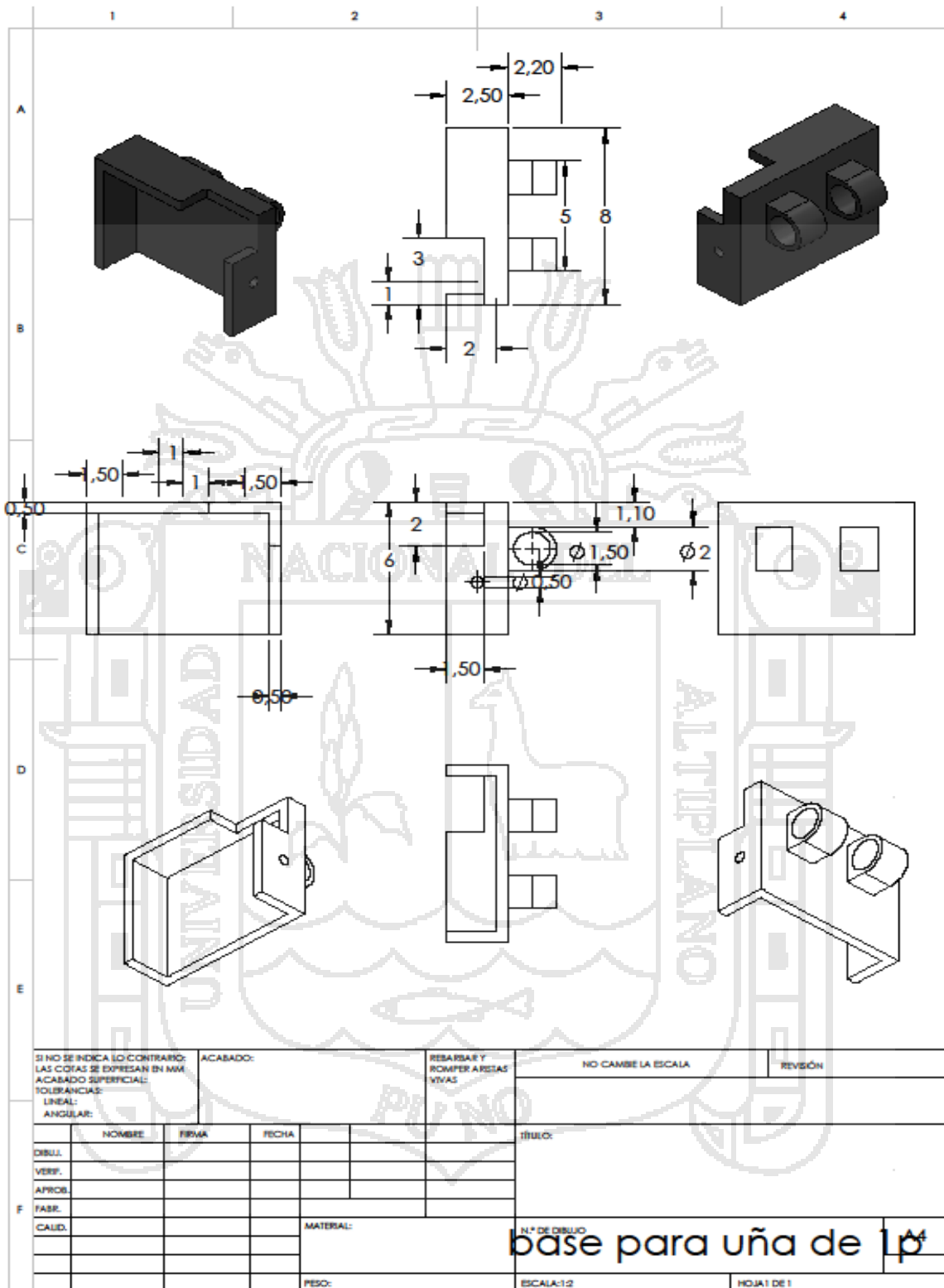
Volumen = 44.94 centímetros cúbicos

Área de superficie = 207.17 centímetros cuadrados

Centro de masa: (centímetros) X = 0.71 Y = 3.36

Z = -0.23

Plano de soporte para la segunda uña móvil.



Plano N° 04

Fuente: investigadores.



#### 4.3.4 DISEÑO DE LA SEGUNDA UÑA MOVIL.

Uña móvil de 1”.

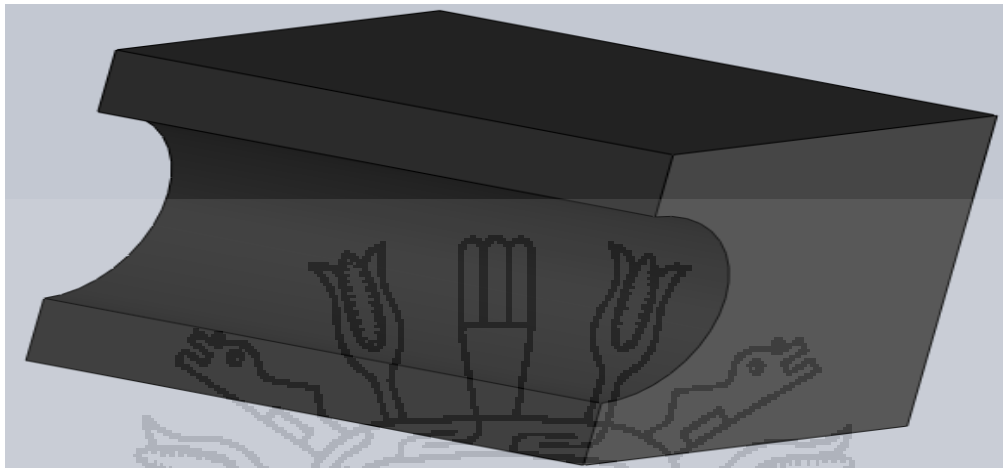


Figura N° 32

**Fuente:** investigadores.

Propiedades de masa de uña 1p.

Densidad = 7.10 gramos por centímetro cúbico.

Masa = 914.44 gramos.

Volumen = 128.79 centímetros cúbicos.

Área de superficie = 173.21 centímetros cuadrados.

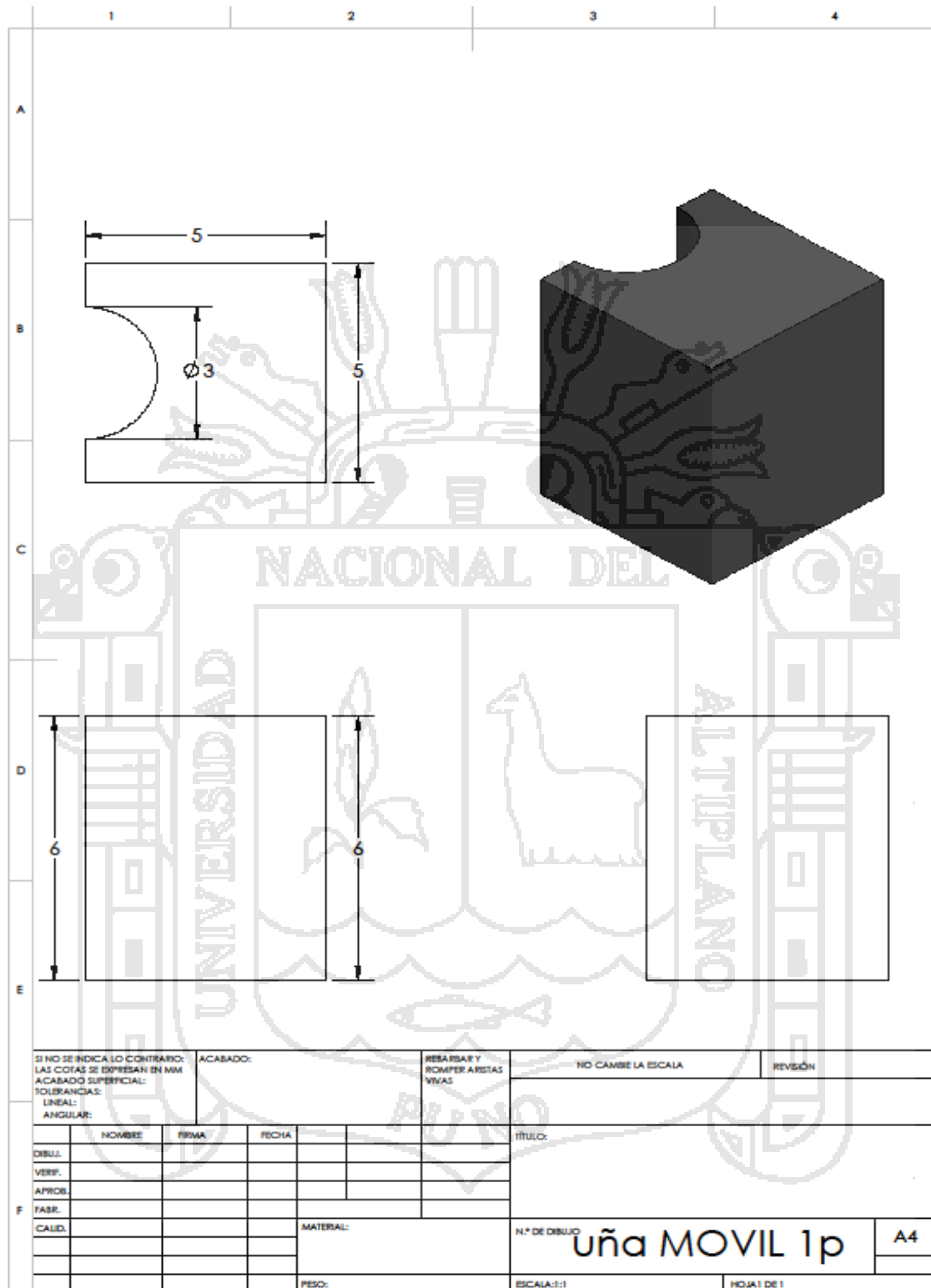
Centro de masa: (centímetros).

X = 0.31

Y = 3.00

Z = 0.00

UÑA MOVIL 1P.



Plano N° 05

Fuente: investigadores.

#### 4.3.5 DISEÑO DE CILINDRO NEUMÁTICO PARA EL ENSAMBLE DEL MECANISMO.

Cilindro neumático.

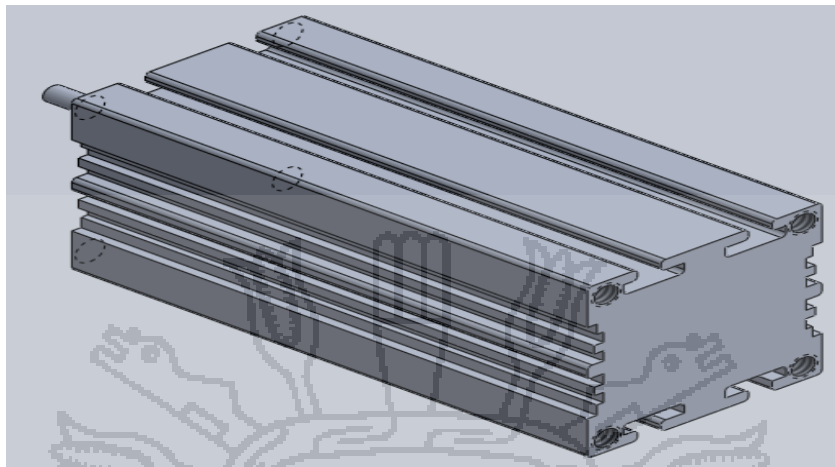


Figura N° 33

**Fuente:** investigadores.

Propiedades de masa de cilindro neumático.

Densidad = 2.73 gramos por centímetro cúbico.

Masa = 649.22 gramos.

Volumen = 237.81 centímetros cúbicos.

Área de superficie = 445.92 centímetros cuadrados

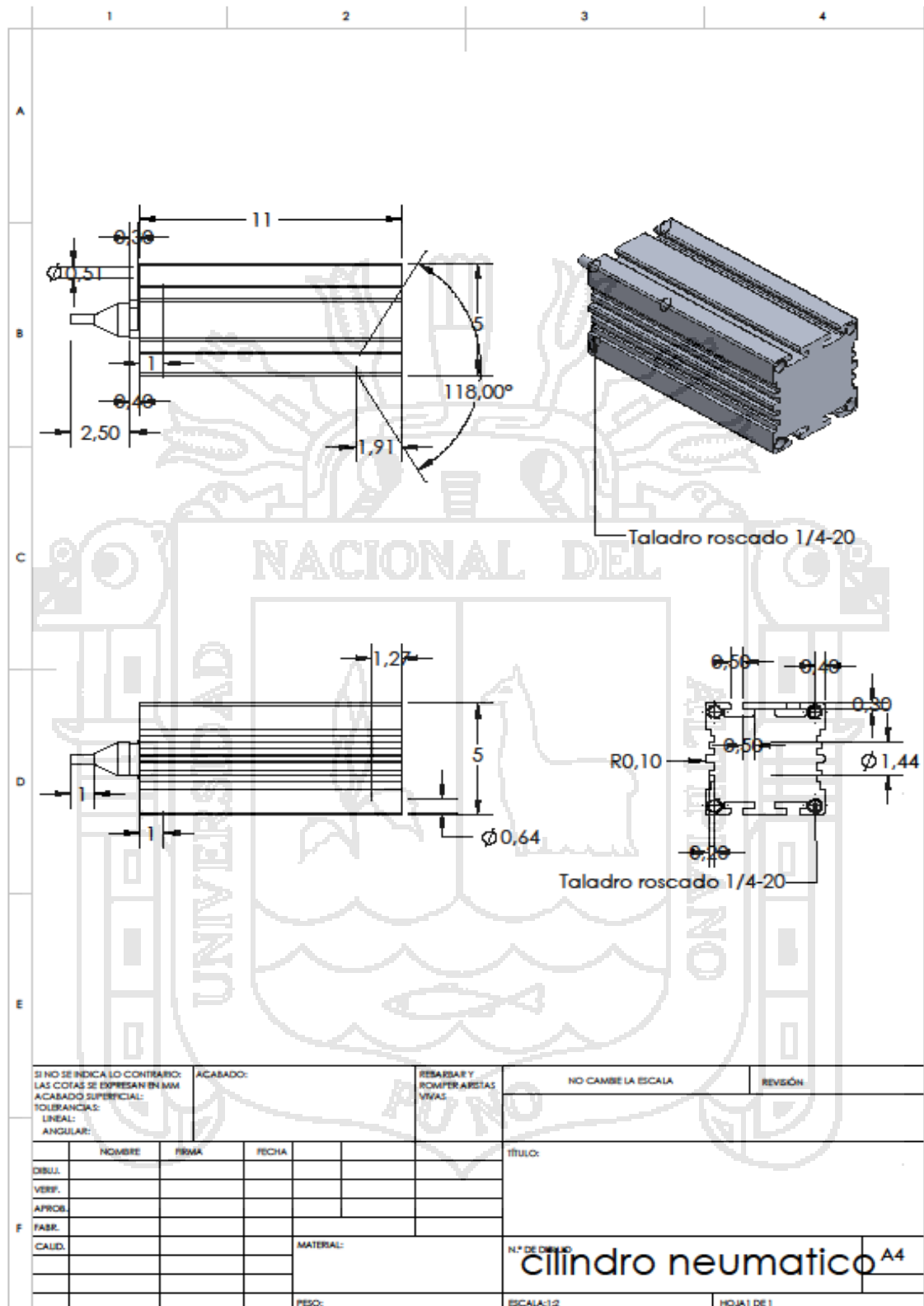
Centro de masa: (centímetros).

X = -0.08

Y = 2.50

Z = -0.00

Cilindro neumático para el ensamble del mecanismo.



Plano Nº 06

Fuente: investigadores.

#### 4.3.6 DISEÑO DE BRAZOS HIDRÁULICOS.

Diseño de brazos hidráulicos.

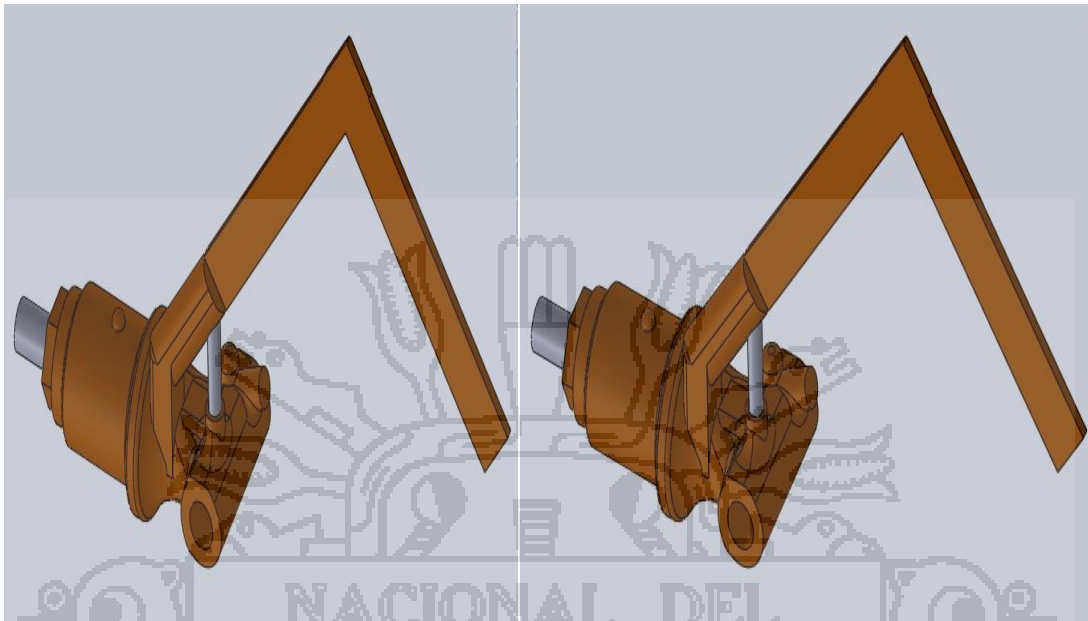


Figura N° 34

**Fuente:** investigadores.

Propiedades de masa de gata hidráulica.

Densidad = 7.10 gramos por centímetro cúbico.

Masa = 3540.47 gramos.

Volumen = 498.66 centímetros cúbicos.

Área de superficie = 772.63 centímetros cuadrados.

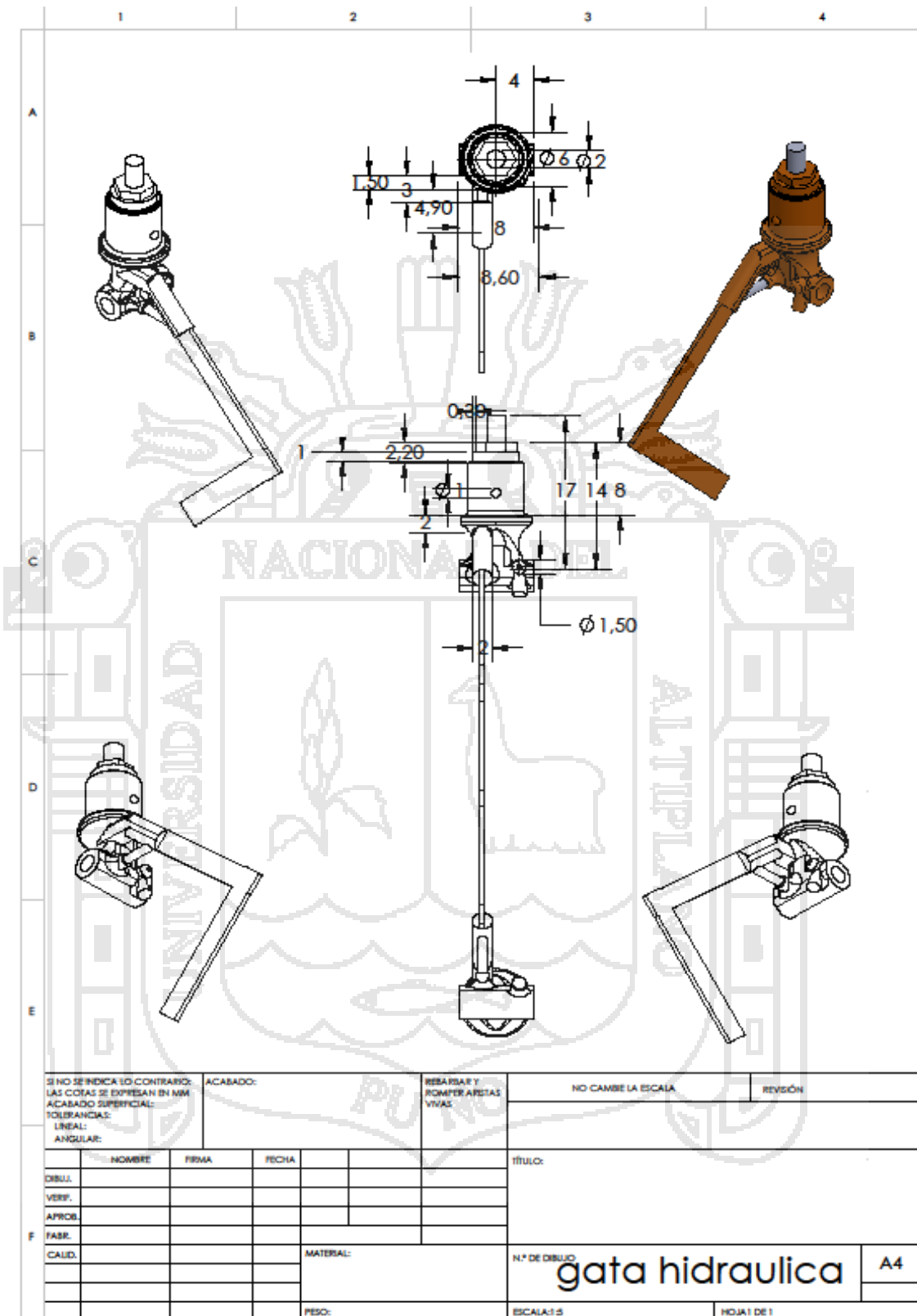
Centro de masa: (centímetros).

X = -0.25

Y = 4.00

Z = 2.03

Diseño de Brazos hidráulicos.



Plano N° 07

Fuente: investigadores.

#### 4.3.7 MOTORES TRICO.

Estos motores se usaron como un actuador de la gata hidráulica con el fin de automatizar los brazos hidráulicos.

Motores tricos como actuadores de la gata hidráulica.

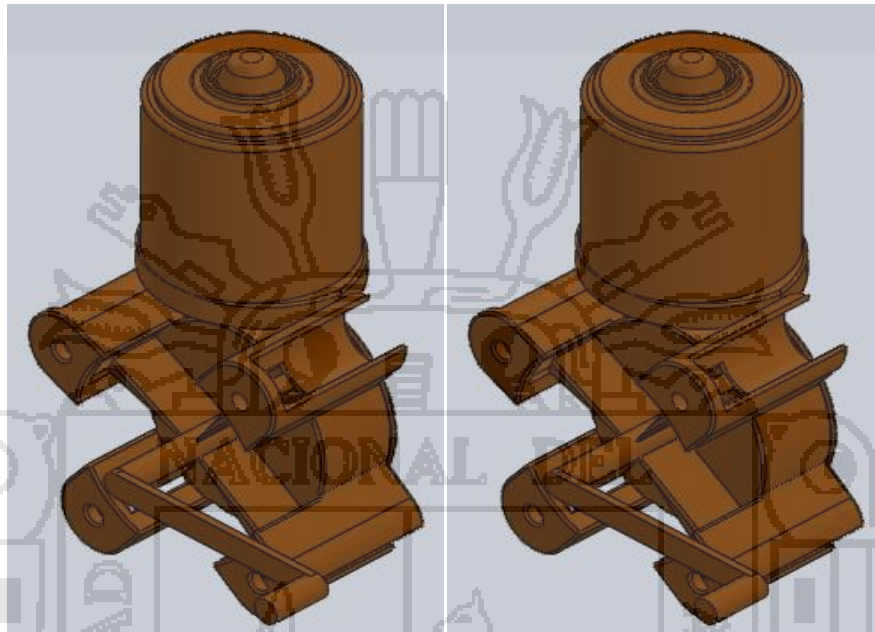
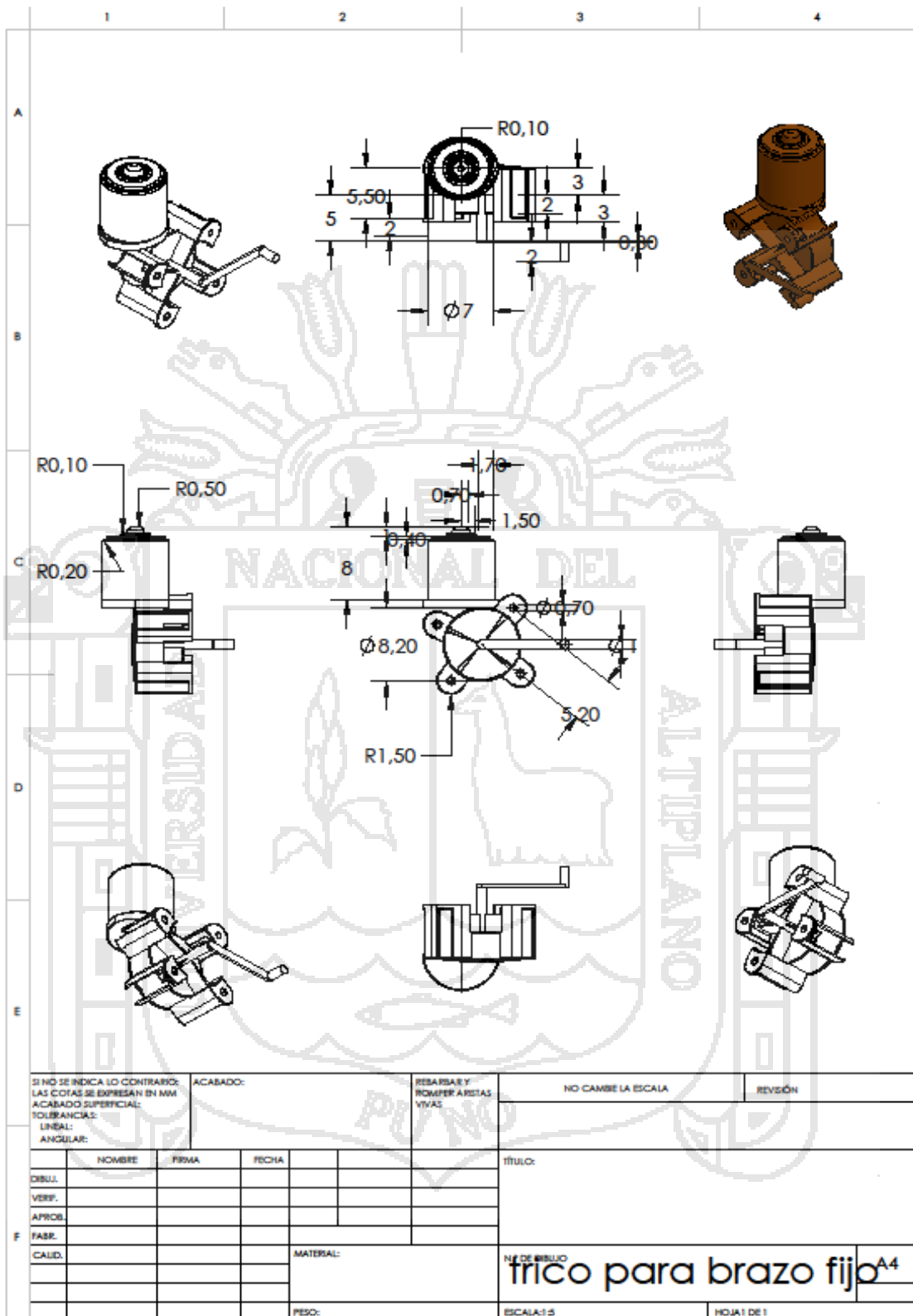


Figura N° 35

Fuente: investigadores.

Motores trico como actuador para los brazos hidráulicos.



Plano N° 08

Fuente: investigadores.



#### 4.3.8 DISEÑO DE SOPORTE PARA BRAZO MOVIL.

Soporte de brazo móvil.

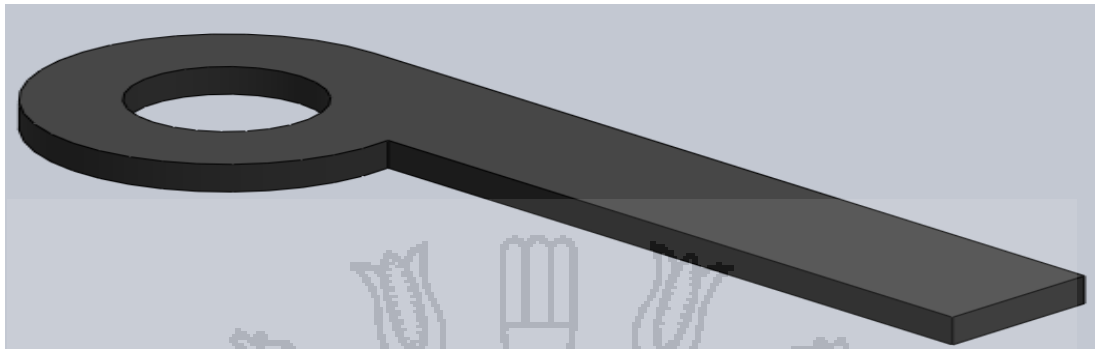


Figura N° 36

**Fuente:** investigadores.

Propiedades de masa de soporte para brazo móvil.

Densidad = 7.10 gramos por centímetro cúbico.

Masa = 1600.46 gramos.

Volumen = 225.42 centímetros cúbicos.

Área de superficie = 431.99 centímetros cuadrados.

Centro de masa: (centímetros)  $X = 8.48$   $Y = 0.75$   $Z = -1.72$

#### 4.3.9 DISEÑO DE SOPORTE PARA BRAZO FIJO.

Soporte de brazo fijo.

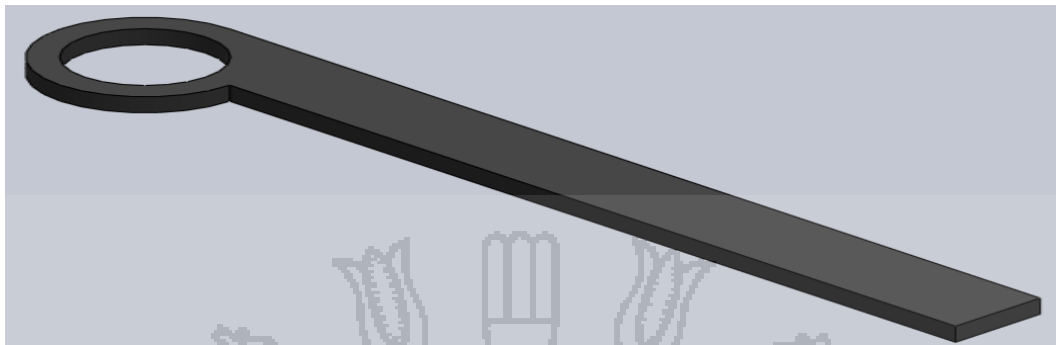


Figura N° 37

Fuente: investigadores.

Propiedades de masa de soporte para brazo fijo.

Densidad = 7.10 gramos por centímetro cúbico.

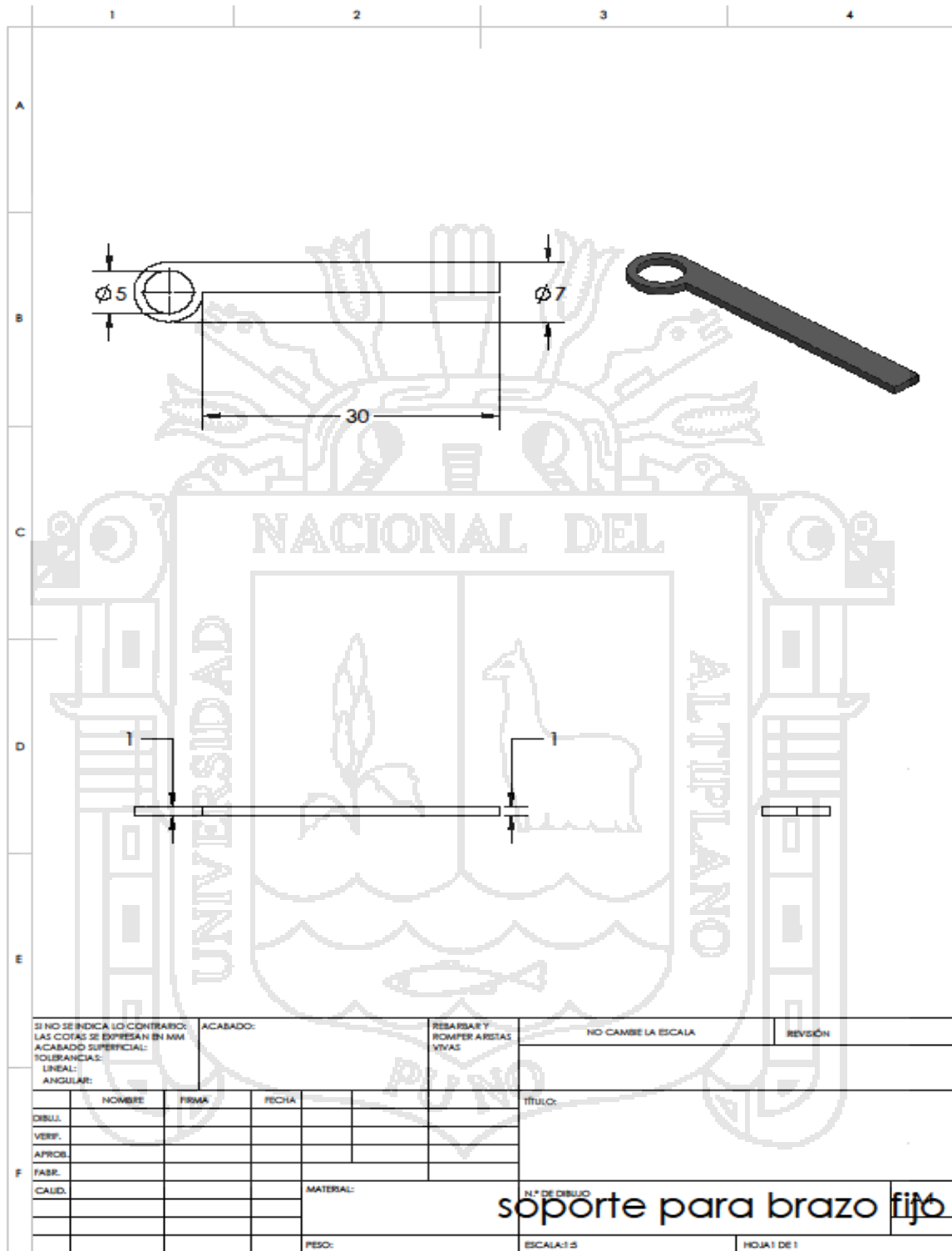
Masa = 898.00 gramos.

Volumen = 126.48 centímetros cúbicos.

Área de superficie = 352.16 centímetros cuadrados.

Centro de masa: (centímetros) X = 15.41 Y = 0.50 Z = -1.51

Soporte de brazo fijo.



Plano N° 09

Fuente: investigadores.

#### 4.3.10 DISEÑO DE MATRIZ DE 1”.

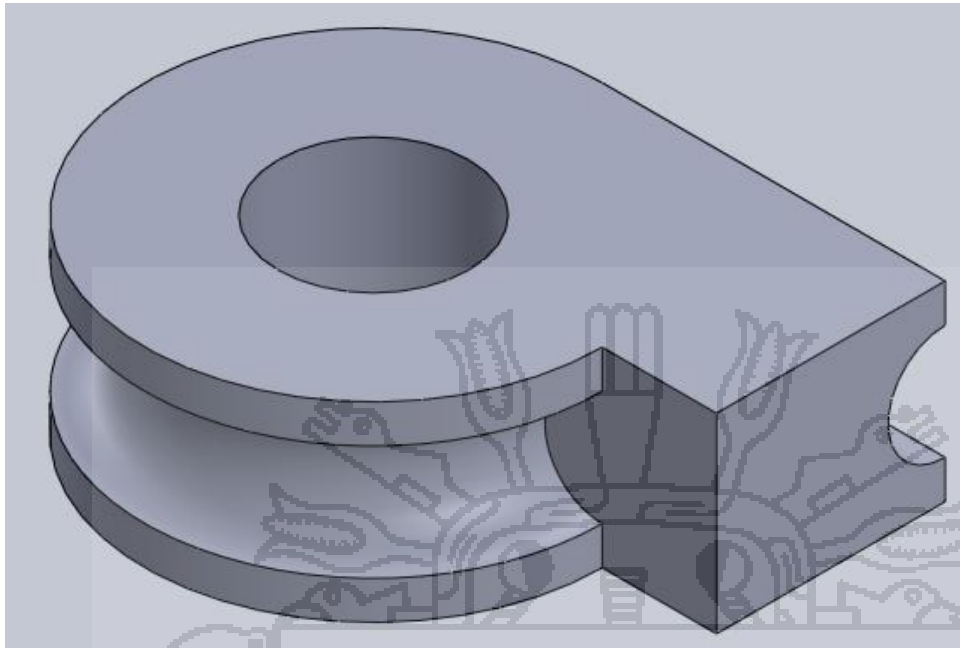


Figura N° 38

**Fuente:** investigadores.

Propiedades de masa de molde de doblez.

Densidad = 7.10 gramos por centímetro cúbico.

Masa = 3371.11 gramos.

Volumen = 474.80 centímetros cúbicos.

Área de superficie = 590.91 centímetros cuadrados.

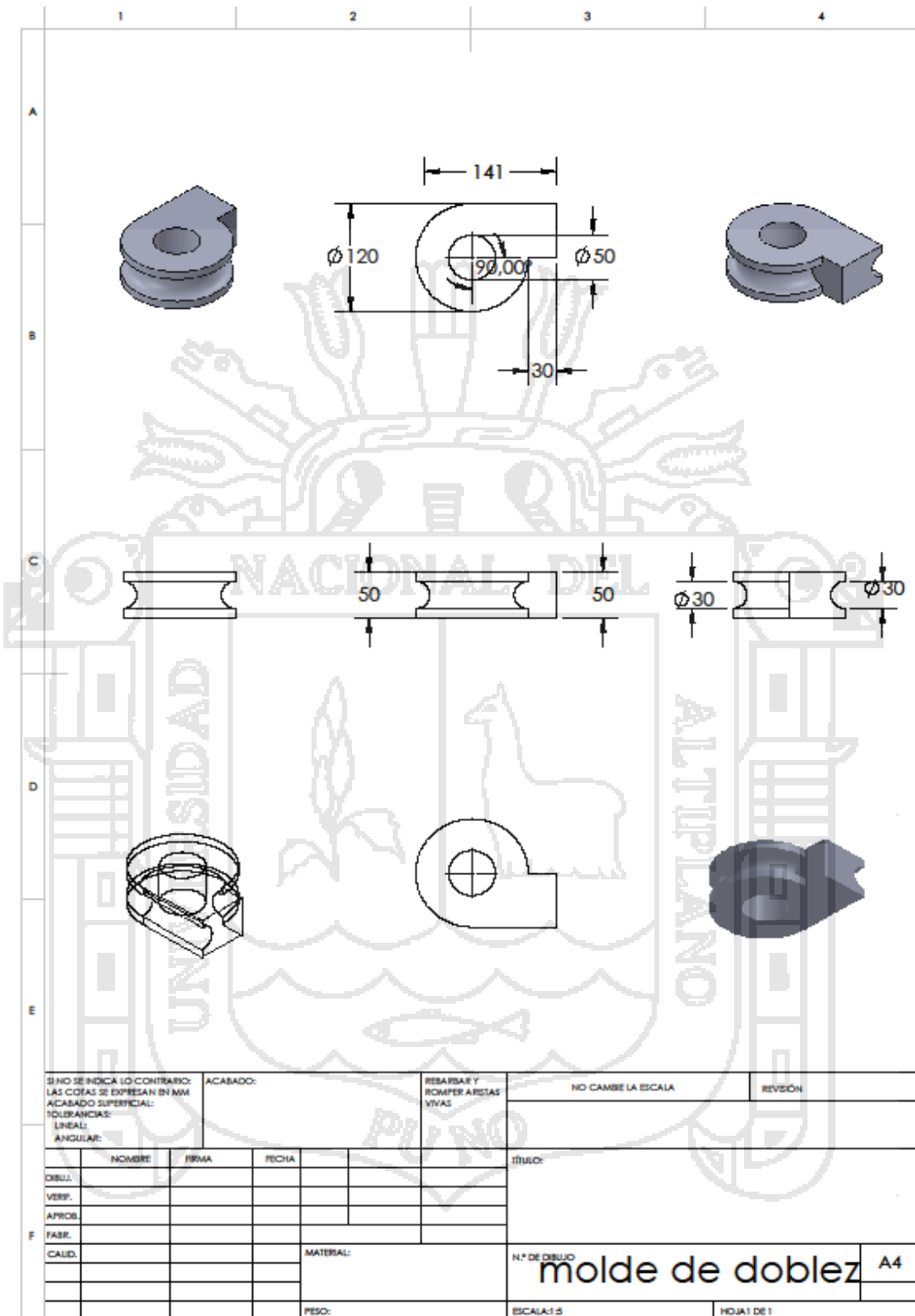
Centro de masa: (centímetros).

$$X = 1.71$$

$$Y = 2.50$$

$$Z = -0.80$$

Diseño de una matriz de 1".



Plano N° 10

Fuente: investigadores.

#### 4.3.11 DISEÑO DE POLEA MOTRIZ Y POLEA CONDUCCIDA.

A continuación se muestra el plano de las dos poleas que usaremos en el mecanismo de nuestra dobladora de tubos.

**Diseño de una polea motriz para el eje del motor trifásico.**



Figura N° 39

**Fuente:** investigadores.

**Diseño de una polea conducida.**

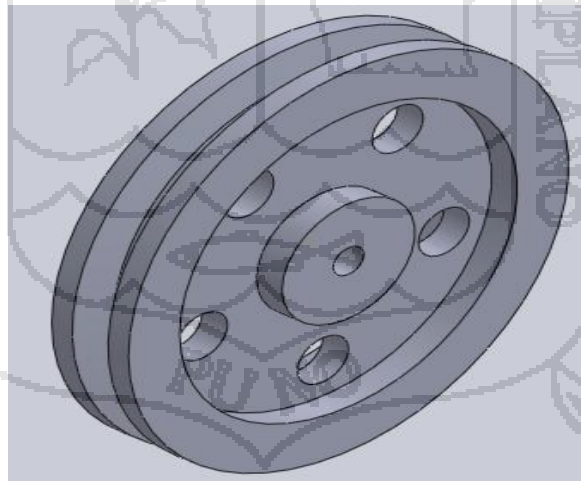
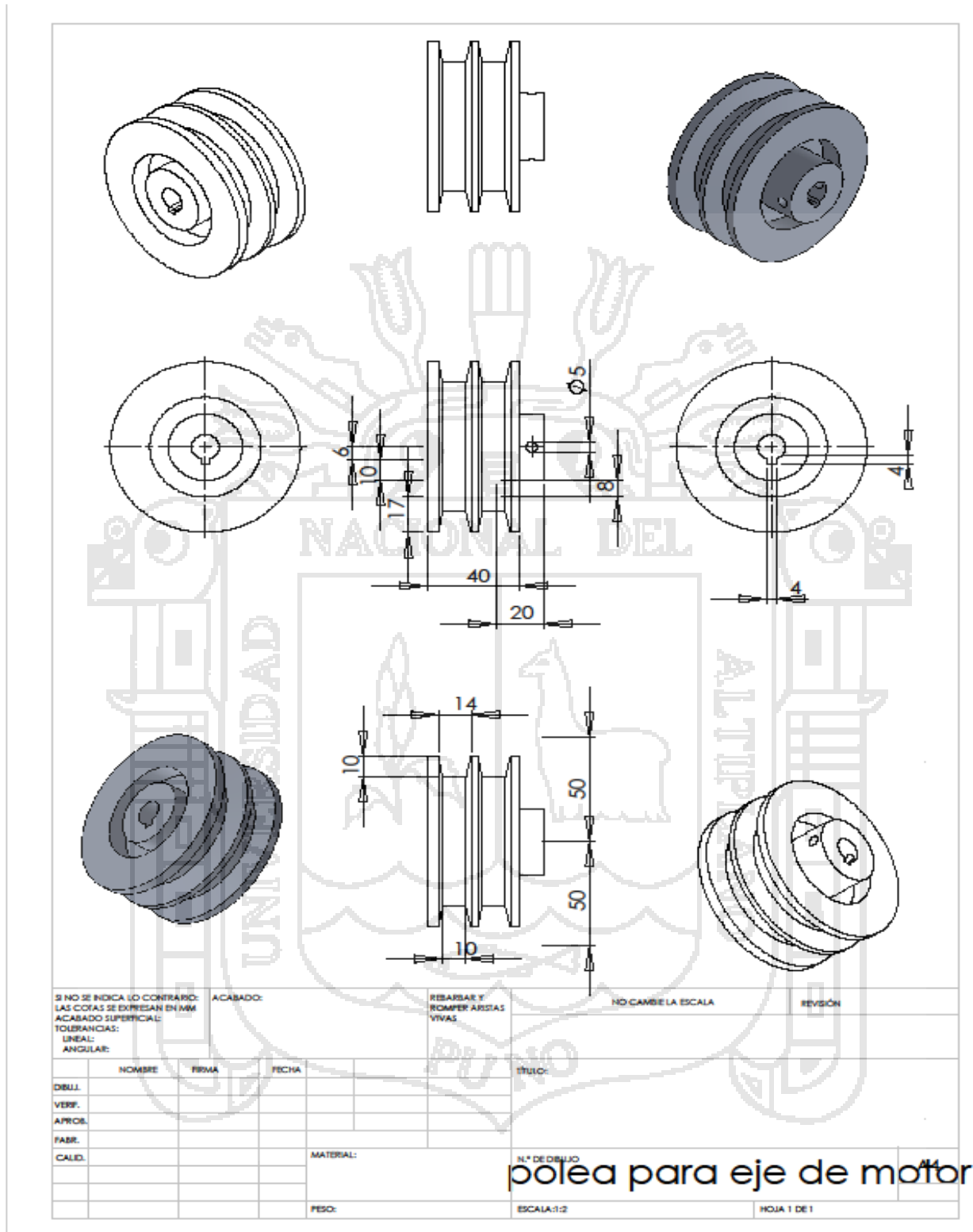


Figura N°40

**Fuente:** investigador.

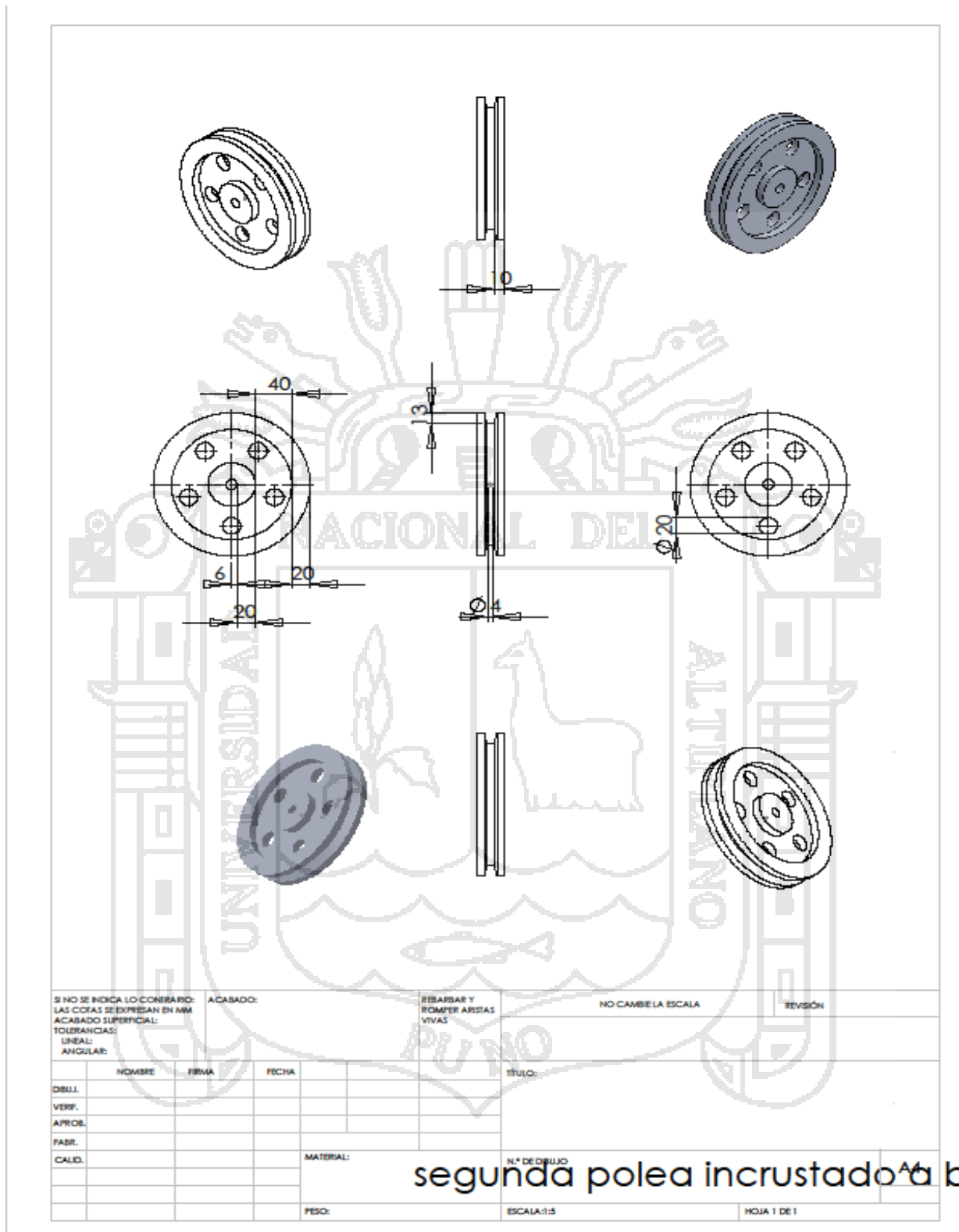
Diseño de polea motriz de 1" para el eje del motor trifásico.



Plano N° 11

Fuente: investigadores.

Diseño de polea conducida de 1".



Plano Nº 12

Fuente: investigadores.



#### 4.3.12 DISEÑO DE PIÑÓN Y ENGRANAJES PARA EL SISTEMA DE TRANSMISION CIRCULAR.

Diseño de engranajes 107 y 114 dientes respectivamente piñones de 9 y 11 dientes  
respectivamente.

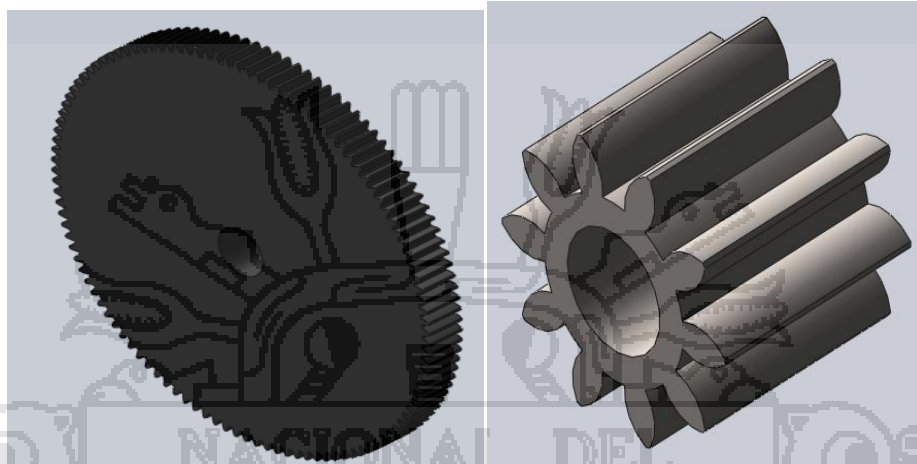
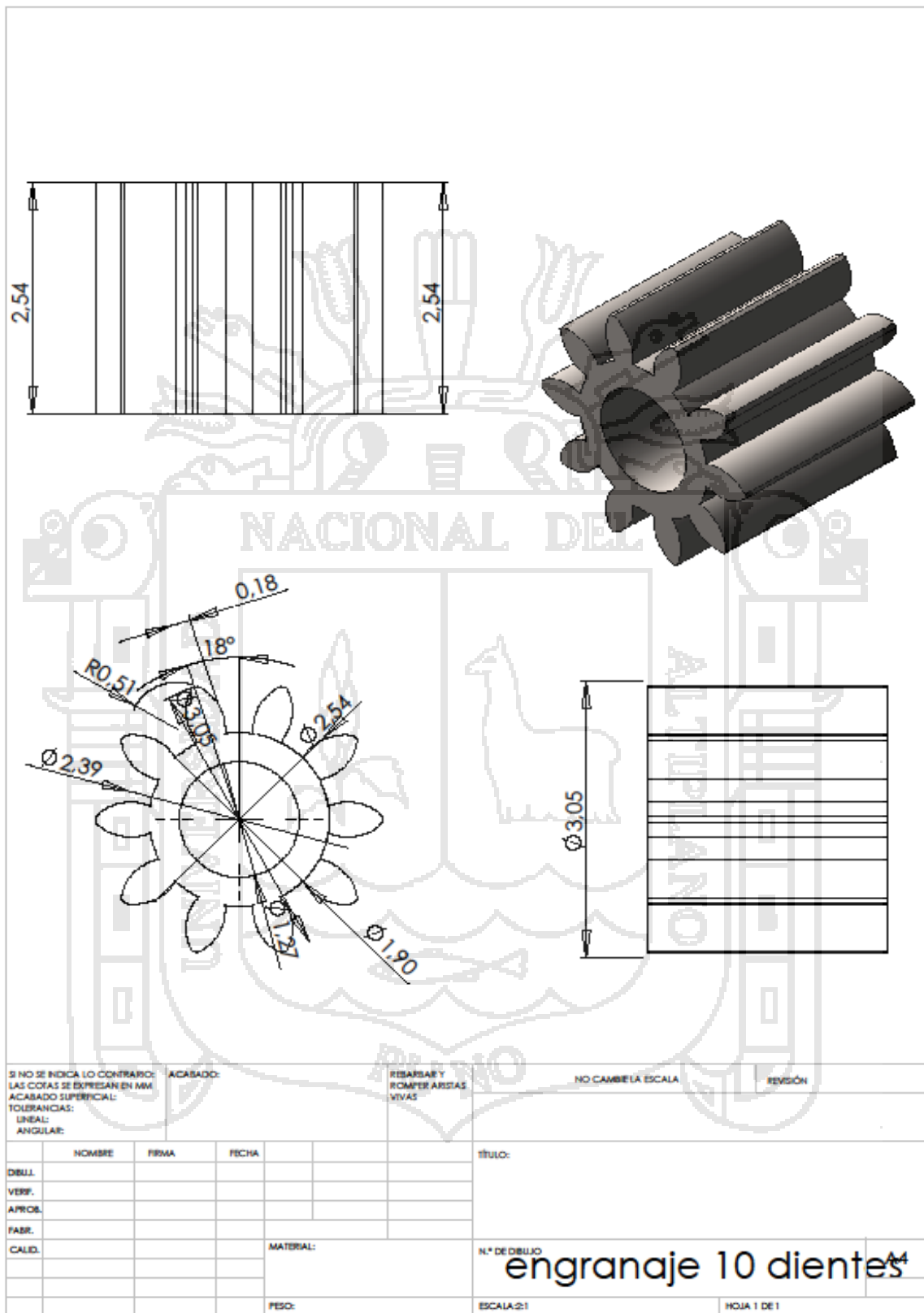


Figura N° 41

Fuente: investigador.

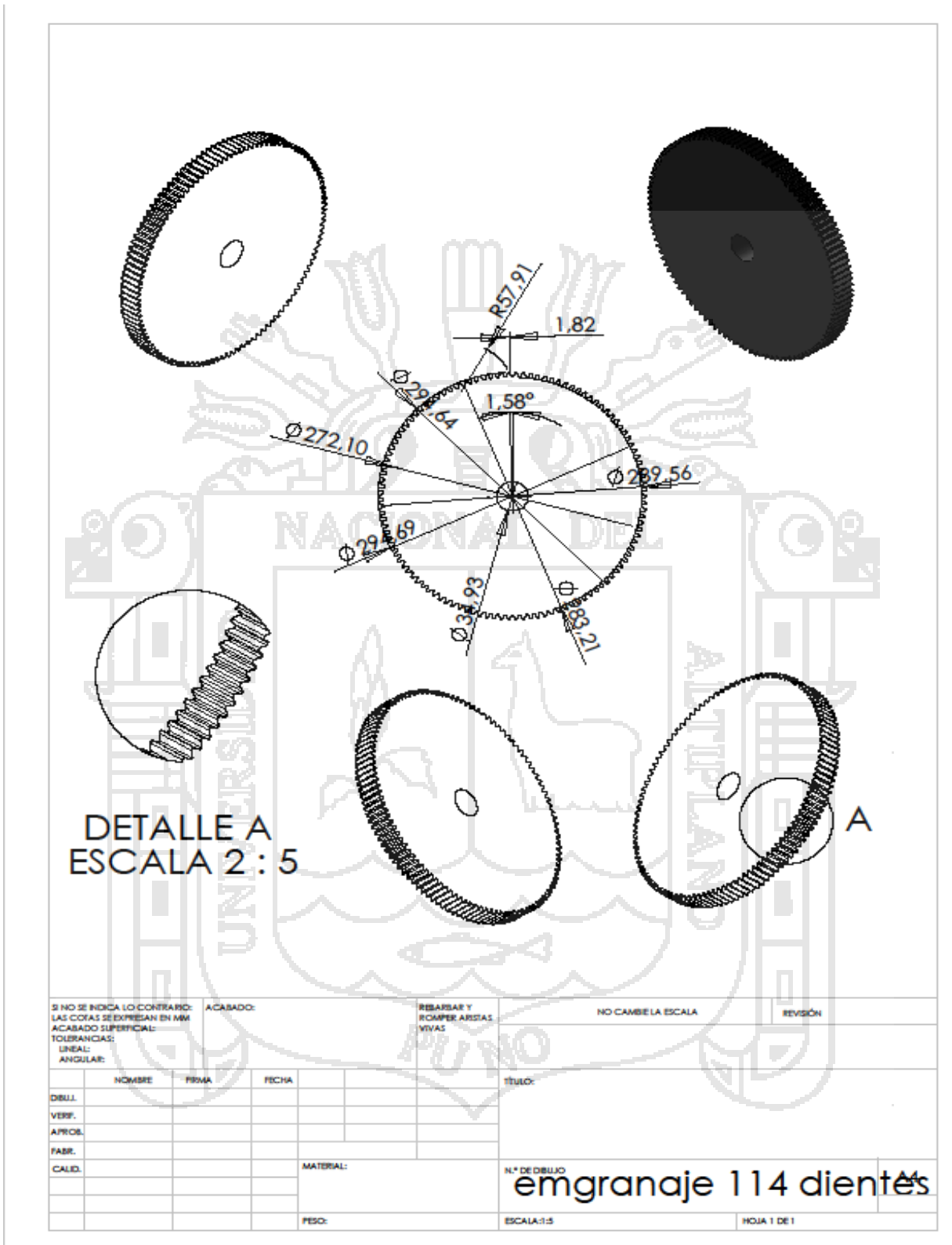
Diseño de piñones.



Plano Nº 13

Fuente: investigadores.

Diseño de engranajes.



Plano Nº 14

Fuente: investigadores.

#### 4.3.13 MOTOR TRIFASICO PARA EL ENSAMBLE DEL MECANISMO.

Motor trifásico de 1.5 HP según norma NEMA.

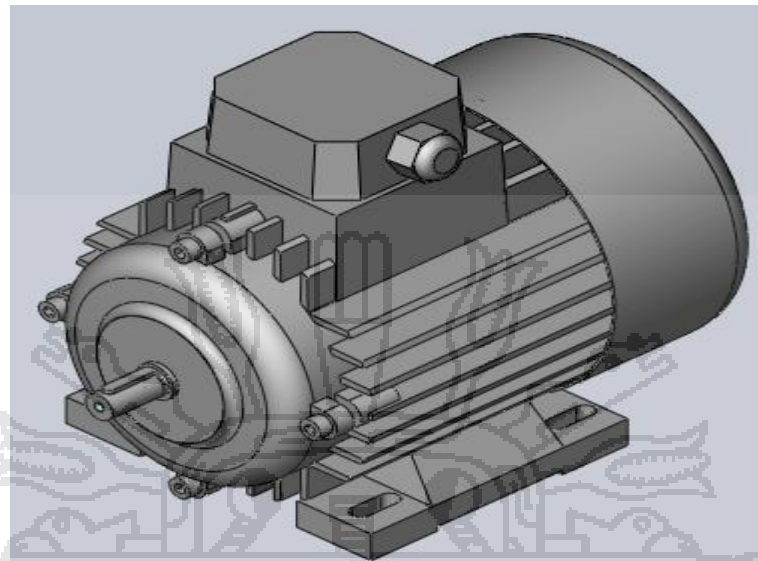


Figura N° 42

**Fuente:** investigadores.

##### 4.3.13.1 CALCULOS REALES PARA EL MOTOR TRIFÁSICO.

###### Datos del motor:

Voltaje:	230v
Frecuencia:	60hz
Rpm:	1710
Hp:	1.5
Amp:	4.50
Factor de potencia:	0.81
Nema neff:	0.936

**Calculo de potencia:**

Potencia de salida ( $P_{out}$ ).

$P_{out}=1.5hp$ .

$1hp=746w$ .

$P_{out}=1.5 \times 746=1119w$ .

Potencia de entrada ( $P_{in}$ )

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta_{eff}} = \frac{1119}{0.938} = 1195.52w$$

**Calculo de corriente de línea:**

Corriente de línea ( $I_l$ )

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} * I_l * V_l * fp$$

$$I_l = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} * V_l * fp}$$

$$I_l = \frac{1195.52}{\sqrt{3} * 230 * 0.81}$$

$$I_l = 3.874amp$$

**Corriente de arranque:**

$$I_{arr} = I_l * 5.6$$

$$I_{arr} = 21.68 amp.$$

Esquema de motor.

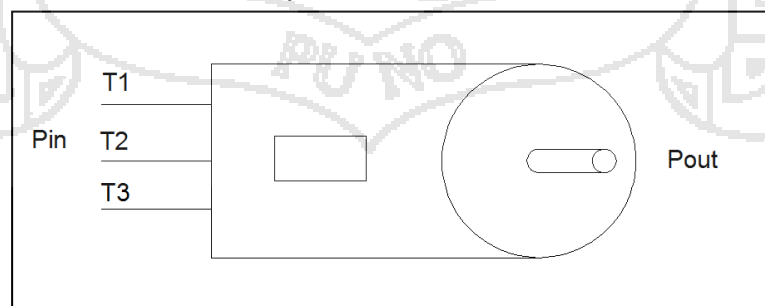


Figura N° 43

**Fuente:** investigadores.

Curva de corriente de arranque.

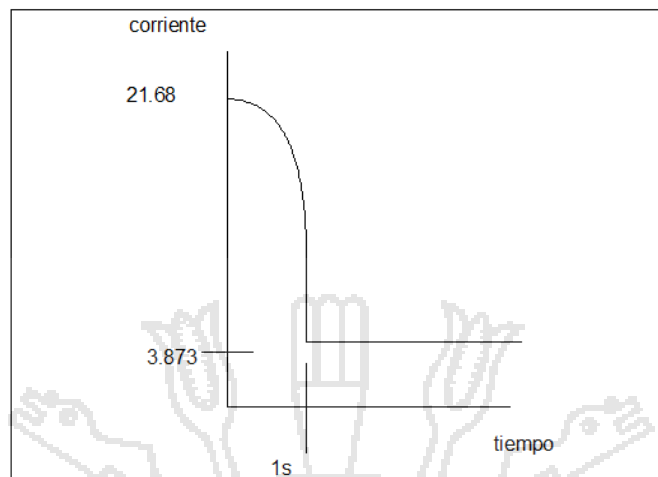


Figura N° 44

Fuente: investigadores.

#### 4.3.13.2 ENSAMBLE DE PIESAS.

##### 4.3.13.2.1 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE TRANSMISION.

Sistema de transmisión.

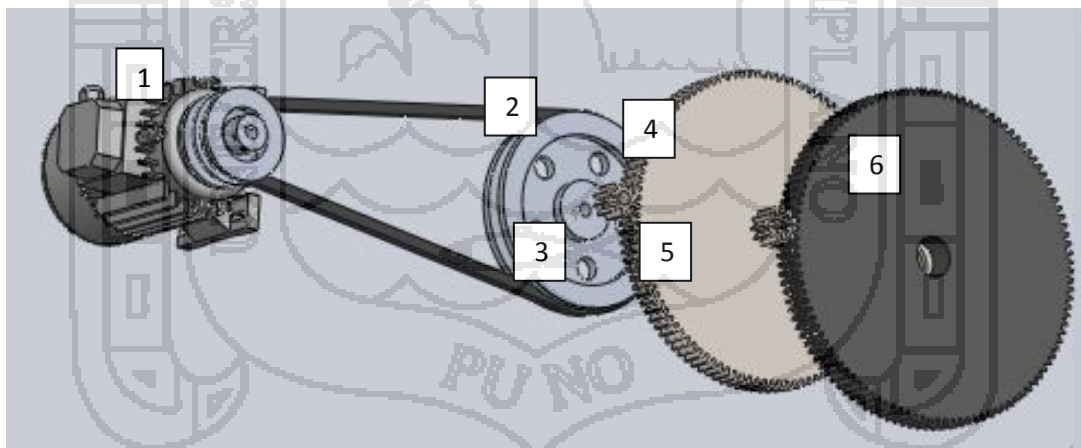


Figura N° 45

Fuente: investigadores.

#### 4.3.14 CALCULO DE VELOCIDAD EN EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.

##### Datos:

- 1.- polea motriz.
  - 2.-polea conducida.
  - 3.-primer piñón motriz 10 dientes.
  - 4.-primer engranaje conducido.
  - 5.-segundo piñón motriz.
  - 6.-segundo engranaje conducido.
- Diámetro de polea motriz 10cm.
  - Diámetro de polea conducida 17.20cm.
  - Piñón motriz ubicado sobre la polea conducida 10 dientes.
  - Primer engranaje conducida 107 dientes.
  - Piñón ubicado sobre el primer engranaje conducido 11 dientes.
  - Segundo engranaje conducido 114 dientes.
  - Motor trifásico de 1.5 Hp 1710 rpm.

Con estos datos calcularemos la velocidad final del eje conducido primero usaremos la formula de poleas descrito en el capítulo anterior.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Entonces despejando y reemplazando tenemos.

$$N_1 D_1 = N_2 D_2$$

Considerando que N es la velocidad en rpm.

$$(1710)(0.1) = (N_2) (0.1720)$$

$$N_2 = 994.19\text{rpm}$$

Ahora tomaremos este dato como la velocidad del eje motriz para el piñón entonces reemplazando tenemos.

$$N_1 Z_1 = N_2 Z_2$$

Reemplazando tenemos.

$$N_1 = 994.19 \text{rpm.}$$

$$Z_1 = 10 \text{ dientes.}$$

$$N_2 = ?$$

$$Z_2 = 107 \text{ dientes.}$$

Entonces despejando datos tenemos:

$$\frac{994.19}{107} (10) = N_2$$

$$N_2 = 92.91 \text{rpm velocidad del segundo piñón.}$$

Este valor nos servirá como dato para el segundo piñón.

Reemplazando nuevamente en la ecuación de engranajes queda de la siguiente forma:

$$\frac{92.91}{114} (11) = N_2$$

$$N_2 = 8.97 \text{rpm velocidad final del sistema de transmisión.}$$

- Con el sistema de transmisión que se diseñó la velocidad del motor trifásico se redujo de 1710 rpm a 8.97 rpm.



- La velocidad óptima para deformar las propiedades del tubo se ajustara usando un variador de velocidad, de esta forma se podrá variar la velocidad del doblado en un rango de 1rpm a 9 rpm.

#### 4.3.15 ENSAMBLE DE UÑA MOVIL FIJA Y BASE.

Ensamble de uña móvil fija y base.

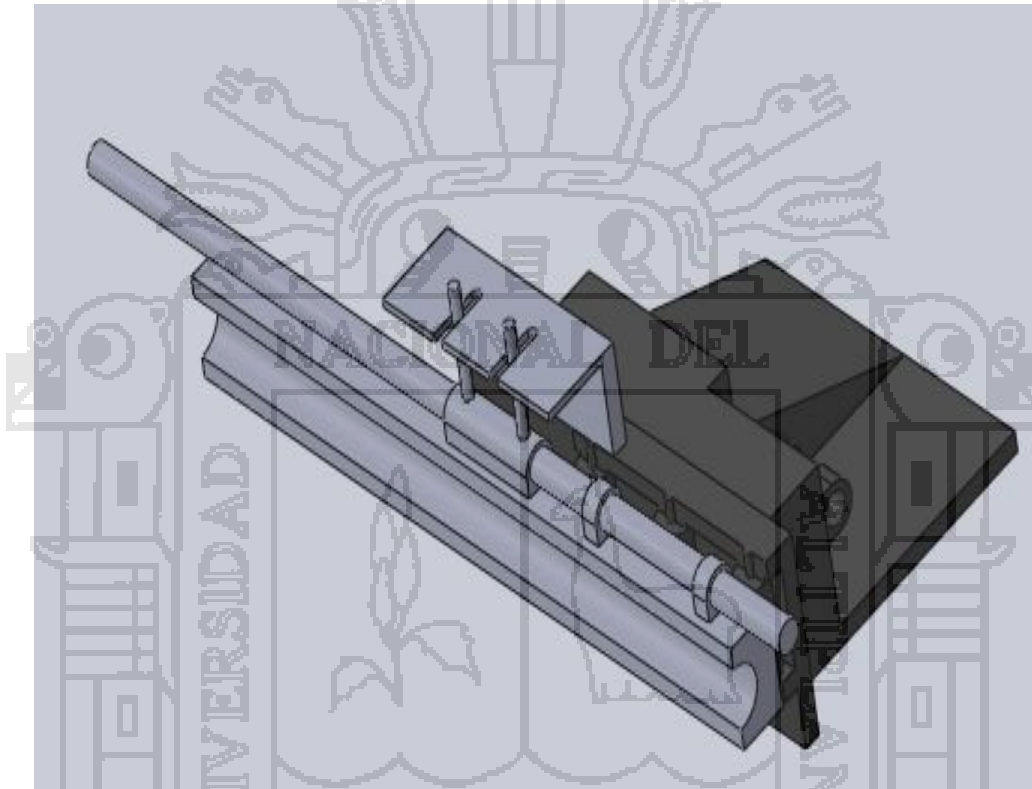


Figura N° 46

Fuente: investigadores.

#### 4.3.16 ENSAMBLE DE UÑA MOVIL GIRATORIO Y BASE.

Ensamble de uña móvil giratoria y base.

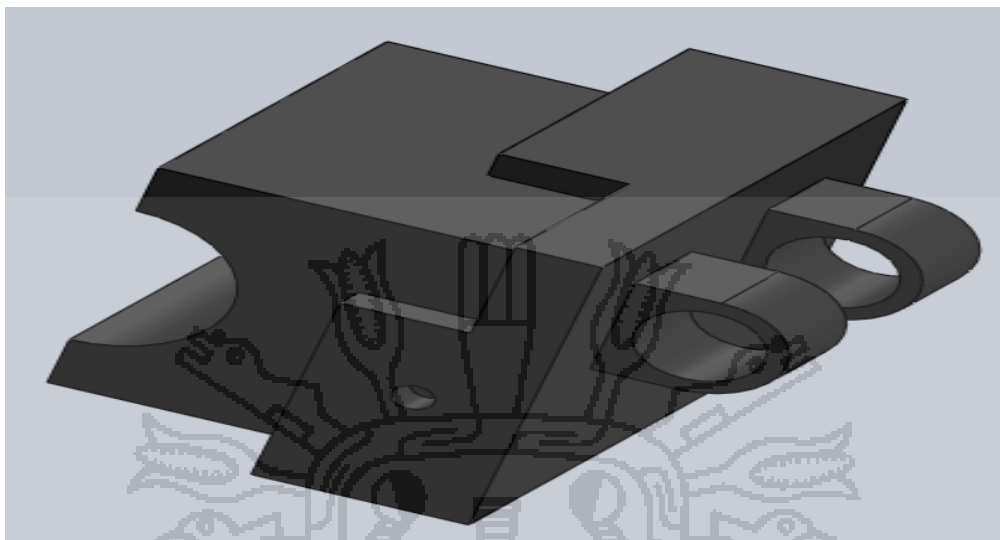


Figura N° 47

Fuente: investigadores.

#### 4.3.16.1 ENSAMBLE GATA Y ACTUADORES (NEUMATICA Y MOTORES TRICO).

Gata y actuadores.

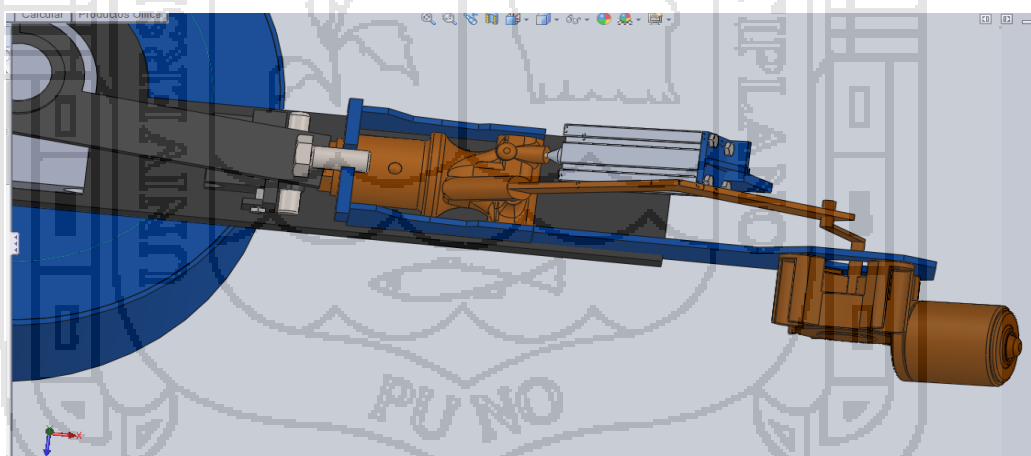
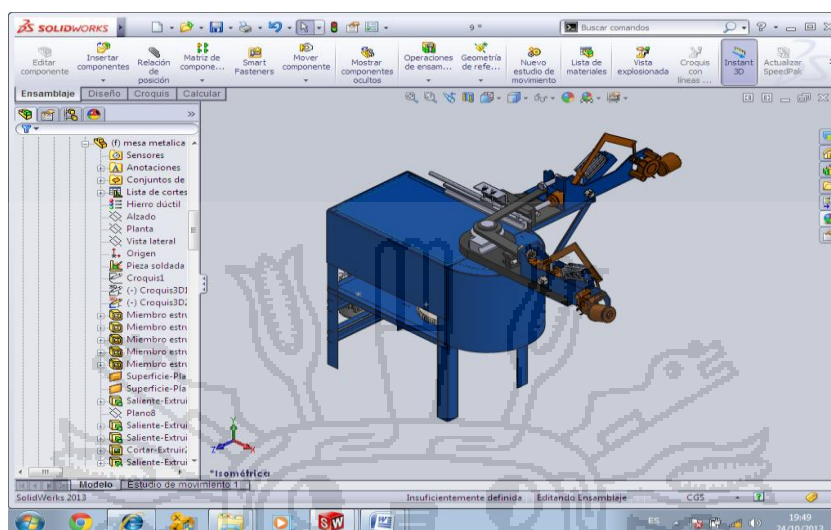


Figura N° 48

Fuente: investigadores.

#### 4.3.17 ENSAMBLE DE MECANISMO COMPLETO.

Mecanismo completo.



Fuente: investigadores.

Mecanismo completo.

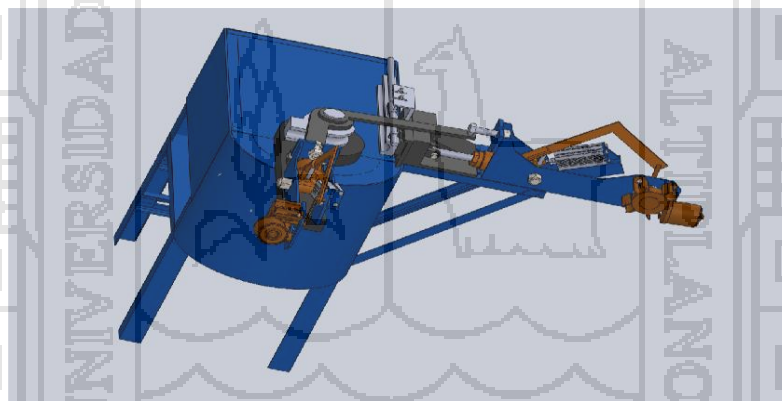


Figura N°49

Fuente: investigadores.

#### 4.3.18 PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD.

##### 4.3.18.1 AJUSTE DE VELOCIDAD, FRENADO DINÁMICO, POTENCIA Y CORRIENTE NOMINAL,

La velocidad óptima para deformar las propiedades del tubo se conseguirá variando la velocidad del variador VFD-L 230V / 0.13 – 2 HP para ello se programara dicho variado.

**GRUPO 0: PARAMETROS DEL USUARIO**

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fabrica
0-00	Potencia máxima que puede entregar el equipo. Parámetro de sólo lectura, no modificable	1:40W 2:100W 3:200W 4:400W 5:750W 6:1.5KW	
0-01	Corriente máxima Puede entregar el equipo. Parámetro de sólo lectura, No modificable	40W:0.4A 100W:0.8A 200W:1.6A 400W:2.5A 750W:4.2A 1.5KW:7.0A	
0-02	Parámetro de reset.	0: Este ajusta todos los parámetros a los valores de fábrica.	0
0-03	Display que muestra el funcionamiento del variador de frecuencia de AC.	0:F (Frecuencia de comando). 1:H (Frecuencia de salida). 2: U (Unidad definida por el usuario). 3: A (Corriente de salida).	0
0-04	Unidad a mostrar definida por el usuario	0: Muestra la unidad definida por el usuario (u). 1: Muestra el valor del contador(C). 2: Muestra la operación en proceso (1=tt) 3: Muestra el valor de voltaje del Bus de DC (U). 4: Muestra el voltaje de la Salida (E).	0
0-05	Coeficiente K definido por el usuario.	0.1 ~160	1.0
0-06	Versión de software.	Parámetro de sólo lectura, no	##
0-07	Clave o password de entrada.	0 ~999	0
0-08	Clave o password de configuración.	0 ~999	0

**GRUPO1: PARÁMETROS BÁSICOS**

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fabrica
1-00	Frecuencia de operación máxima.	50.0~400Hz	60.0
1-01	Máximo límite de frecuencia.	10.0~400Hz	60.0
1-02	Voltaje máximo de salida.	2.0 ~255V	220
1-03	Punto medio de la frecuencia.	1.0 ~400Hz	1.0
1-04	Punto medio del voltaje.	2.0 ~255V	12.0
1-05	Frecuencia de salida minima.	1.0~60.0Hz	1.0
1-06	Voltaje de salida minima.	2.0~255V	12.0
1-07	Límite de la frecuencia superior.	1 ~110%	100
1-08	Límite de la frecuencia inferior.	0 ~100%	0.0
1-09	Tiempo de aceleración1 (Tacc1).	0.1~600Seg.	10.0
1-10	Tiempo de desaceleración1 (Tdec1).	0.1~600Seg.	10.0
1-11	Tiempo de aceleración2.	0.1~600Seg.	10.0
1-12	Tiempo de desaceleración2.	0.1~600Seg.	10.0
1-13	Tiempo de aceleración de punteo.	0.1~600Seg.	10.0
1-14	Tiempo de Desaceleración de punteo.	0.0~600Seg.	10.0
1-15	Frecuencia de punteo.	1.0Hz~400Hz	6.0
1-16	Modo de aceleración y desaceleración.	0: Aceleración y desaceleración lineal. 1: Aceleración automática y desaceleración lineal.	0
1-16	Modo de aceleración y desaceleración.	2: Aceleración lineal y desaceleración automática. 3: Aceleración y desaceleración automática. 4:Aceleración y desaceleración automática, protección de parada.	0
1-17	Curva S, configuración de la aceleración.	0 ~7	0
1-18	Curva S, configuración de la desaceleración.	0 ~7	0

**GRUPO2: OPERACIÓN DE PARÁMETROS**

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fabrica
2-00	Fuente de comando de la frecuencia.	0: Teclado digital frontal. 1: Entrada analógica (AVI) de 0~10V. 2: Entrada analógica (AVI) de 4~20mA. 3: Control por potenciómetro frontal. 4: Puerto de comunicación RS-485.	0
2-01	Fuente de comando de operación.	0: Por teclado digital frontal. 1: Por borneras externas, el botón de STOP está habilitado. 2: Por borneras externas, el botón de STOP está deshabilitado. 3: Por el puerto de comunicaciones RS-485, el botón de STOP está habilitado. 4: Por el puerto de comunicaciones RS-485, el botón de STOP está deshabilitado.	0
2-02	Método de parada.	0: Por rampa. 1: Parada libre.	0
2-03	Frecuencia portadora.	3~10KHz.	10
2-04	Operación de reversa prohibida.	0: Reversa habilitada. 1: Reversa deshabilitada. 2: Marcha deshabilitada.	0
2-05	Entrada analógica ACI (4~20mA). Entrada de detección dañada.	0: Lleva la frecuencia de salida a 0Hz. 1: Parada Inmediata, muestra EF.2: Arranca con la última frecuencia.	0
2-06	Line start lockout.	0: Habilitado. 1: Deshabilitado.	1

**GRUPO3: PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE SALIDA**

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fabrica
3-00	Frecuencia deseada	1.0~400Hz.	1.0
3-01	Terminal de valor de cuenta.	0 ~999	0
3-02	Valor de cuenta preliminar.	0 ~999	0
3-03	Relee de salida multifunción.	0: No usado. 1: Variador de frecuencia de AC, operable. 2: Frecuencia máxima de salida alcanzada. 3: Velocidad Cero. 4: Sobre torque. 5: Indicación de bloqueo, la salida del variador se inhabilitará, cuando se cierre o abra el circuito entre GND y M1, M2, M3 de acuerdo a lo configurado. 6: Detección de voltaje bajo. 7: En funcionamiento. 8: Indicación de falla. 9: Frecuencia deseada alcanzada. 10: El programa del PLC está corriendo. 11: Completo el paso del programa del PLC. 12: El programa del PLC finalizó. 13: La operación del programa del PLC está en pausa. 14: Terminal de valor de cuenta alcanzado.	8
3-03	Relee de salida multifunción.	15: Valor de cuenta preliminar alcanzado. 16: Indicación de estado listo.	8

**GRUPO4: PARÁMETROS DE FUNCIONES DE ENTRADA**

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fábrica
4-00	Offset del potenciómetro	0.0~350Hz	0.0
4-01	Offset de la polaridad del potenciómetro.	0:Offset positivo 1:Offset negativo	0
4-02	Ganancia de la frecuencia del potenciómetro.	1 ~200%	100
4-03	Potenciómetro para movimiento de reversa habilitado.	0: No usado. 1: Movimiento de reversa habilitado. 2: Movimiento de marcha únicamente.	0
4-04	Terminal de entrada multifunción1 (M1). (d 0~d20)	0: No usado. 1:M0:FWD/STOP,M1 REV/STOP.	1
4-05	Terminal de entrada multifunción2 (M2).	2: M0: RUN/STOP, M1FWD/STOP. 3: Conexionado3 cables, M0, M1, M2.	6
4-06	Terminal de entrada multifunción3 (M3). (d 0, d4 ~d20)	4:Falla externa, contacto NA. 5: Falla externa, contacto NC. 6: Reset. 7: Comando1 de velocidad multipaso. 8: Comando2 de velocidad multipaso. 9: Operación de punteo. 10: Velocidad de aceleración y desaceleración prohibida. 11: Primera o segundas elección de tiempo aceleración o desaceleración. 12: Bloqueo de la salida (BB), contacto NA. 13: Correr programa del PLC. 14: PLC en pausa	7



**GRUPO5: MULTIVELOCIDADES Y PROGRAMACIÓN DEL PLC**

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fábrica
5-00	1 <sup>ra</sup> Frecuencia de velocidad de paso.	0.0 ~400Hz	0.0
5-01	2 <sup>da</sup> Frecuencia de velocidad de paso.	0.0 ~400Hz	0.0
5-02	3 <sup>ra</sup> Frecuencia de velocidad de paso.	0.0 ~400Hz	0.0
5-03	Modo PLC.	0: Operación del PLC desactivada. 1: Ejecuta un solo ciclo de programa. 2: Ejecución continúa de los ciclos de programa. 3: Ejecución de un ciclo de programa paso a paso, separado por un stop. 4: Ejecución continua del programa paso a paso, separado por un stop.	0
5-04	PLC, movimiento marcha/reversa.	0 ~15 (0:Marcha1:Reversa)	0
5-05	Tiempo de duración paso0.	0 ~65500Seg.	0
5-06	Tiempo de duración paso1	0 ~65500Seg.	0
5-07	Tiempo de duración paso2	0 ~65500Seg.	0
5-08	Tiempo de duración paso3	0 ~65500Seg.	0

**GRUPO6: PARÁMETROS DE PROTECCIÓN**

Parámetro	funciones	Ajuste	Ajuste de fabrica
6-00	Nivel de protección por sobre voltaje	0: Deshabilitado. 350~410V	390
6-01	Nivel de protección por sobre corriente.	0: Deshabilitado. 20 ~200%	170
6-02	Detección por sobre torque.	0: Deshabilitado. 1: Habilitado mientras que exista una velocidad constante de operación y continua hasta que un determinado límite se alcanza. 2: Habilitado mientras que exista una velocidad constante de operación y se detiene después de la detección. 3: Habilitado durante una constante aceleración y velocidad constante, antes de que la salida alcance el Tiempo configurado por el parámetro 6 4. sobre torque.	0
6-03	Nivel de detección por sobre torque.	30 ~200%	150
6-04	Tiempo de detección por sobre torque.	0.1~10.0Seg.	0.1
6-05	Protección electrónica (modelo térmico del motor)	0: No usado. 1: Actúa con un motor estándar. 2: Actúa con un motor especial.	0
6-06	Tiempo para irse a falla de la protección electrónica térmica.	30~600Seg.	60
6-07	Registro de fallas actual.	0:no ocurre ninguna falla 1: "oc" (Sobre corriente). 2: "ov" (Sobre voltaje). 3: "oH" (Sobre temperatura) 4: "oL" (Sobre carga). 5: "oL1" (Falla electrónica interna por sobre carga). 6:"EF" (Falla externa).	

**GRUPO7: PARÁMETROS DEL MOTOR**

Parámetro	Funciones	ajuste	Ajuste fabrica
7-00	Valor de la corriente del motor.	30 ~120%	85
7-01	Corriente en vacío	0 ~90%	50
7-02	Compensación de torque.	0 ~10%	1
7-03	Compensación de deslizamiento.	0.0~10.0%	0.0

**Grupo8: Parámetros especiales**

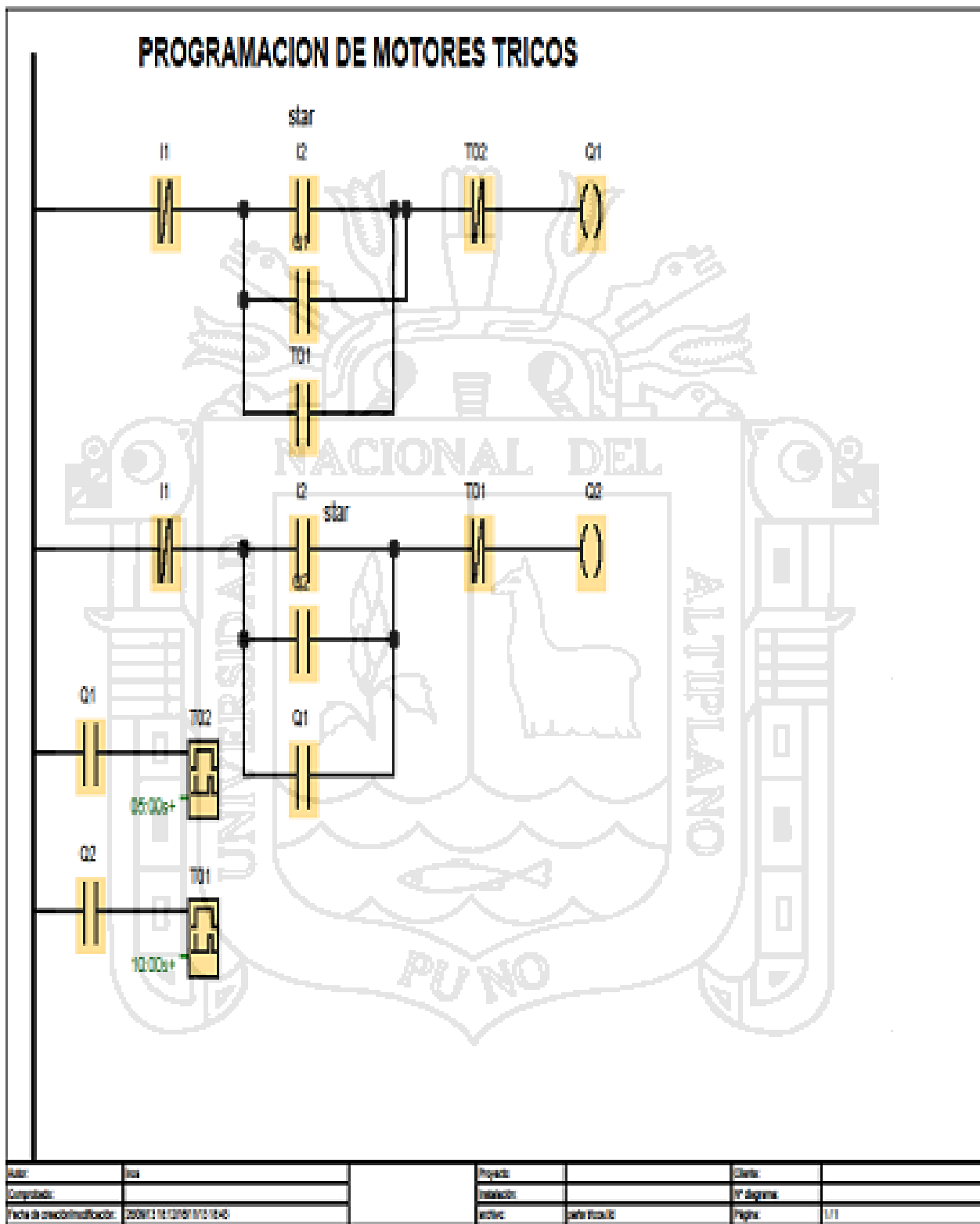
Parámetro	Funciones	ajuste	Ajuste fabrica
8-00	Nivel de intensidad de inyección de corriente continua, en el frenado	0 ~30%	0
8-01	Duración de la inyección de corriente continua de frenado, en el arranque	0.0~60.0Seg.	0.0
8-02	Duración de la inyección de corriente continua de frenado, en la parada.	0.0~60.0Seg.	0.0
8-03	Valor de la frecuencia para la cual se inicia el frenado.	0.0~400.0Seg.	0.0
8-04	Pérdida de potencia momentánea.	0: Detiene la operación, después de una pérdida momentánea de potencia. 1: Continua, después de una pérdida momentánea de potencia, se inicia la búsqueda de la velocidad con la frecuencia configurada en 8-03. 2: Continua, después de una pérdida momentánea de potencia, se inicia la búsqueda de la velocidad con la mínima frecuencia de salida	0
8-05	Tiempo máximo de la pérdida de potencia admisible.	0.3~5.0 Seg.	2
8-06	Tiempo de búsqueda de la velocidad, luego del bloqueo.	0.3~5.0 Seg.	0.5
8-07	Límite de la frecuencia de salto máxima1	0.0 ~ 400Hz	0.0

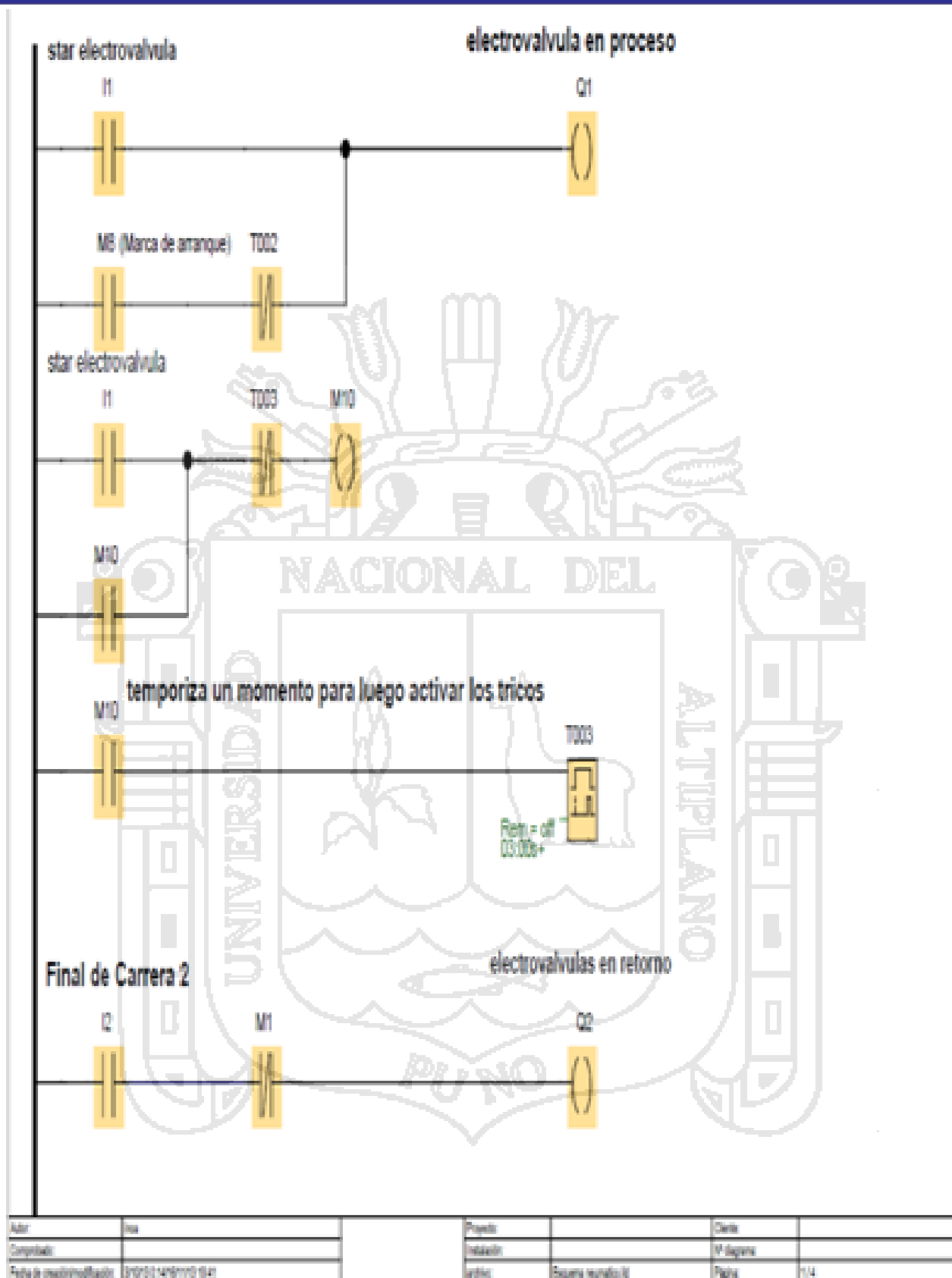
**GRUPO9: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN.**

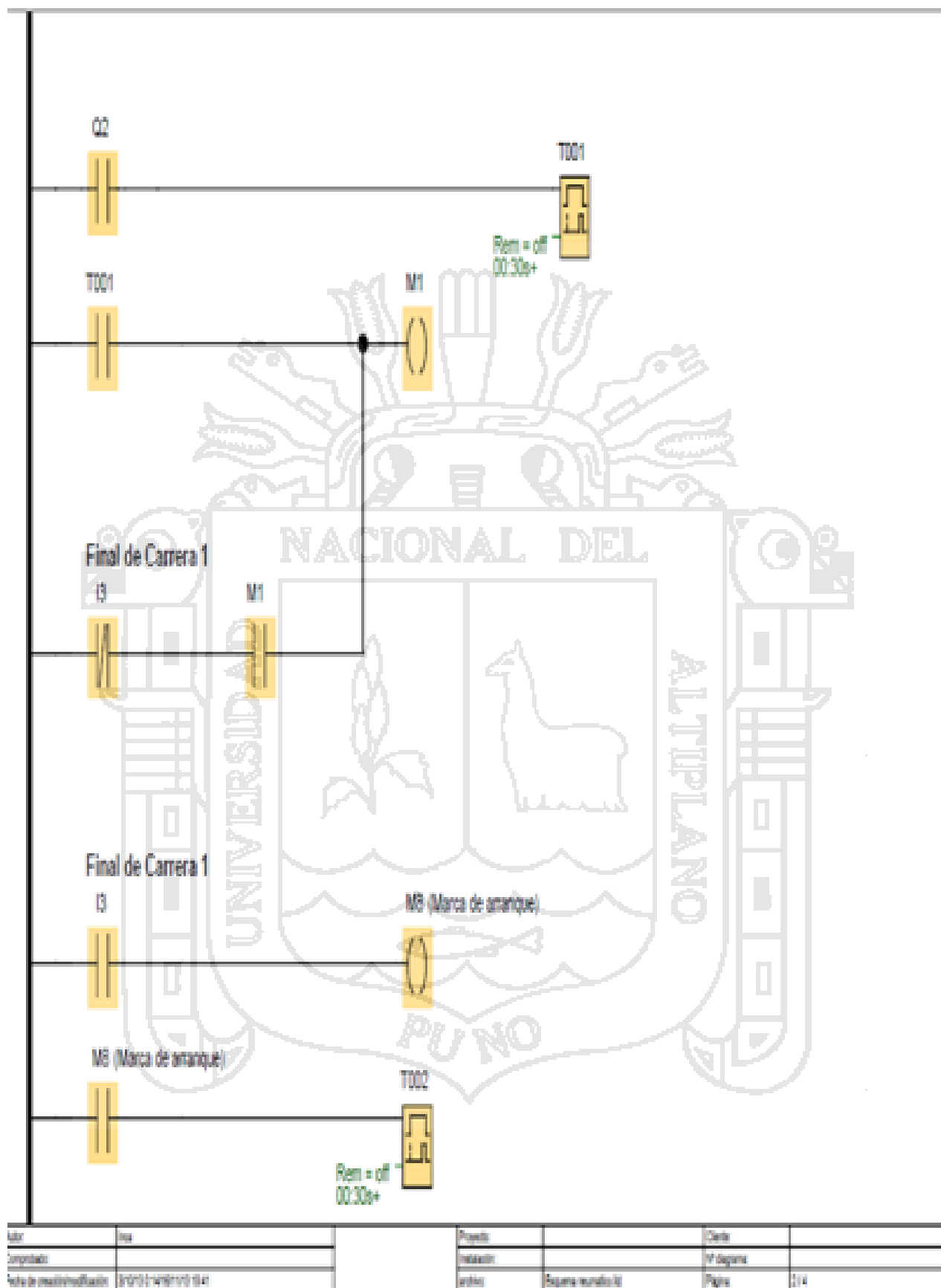
Parámetro	Funciones	Ajuste	Ajuste fabrica				
9-00	Dirección de comunicación	0 ~30%	1				
9-01	Velocidad de transmisión.	0:Baudrate4800. 1:Baudrate9600. 2:Baudrate19200.	1				
9-02	Tratamiento de la falla de comunicación.	0: Avisa y continúa corriendo. 1: Avisa y parada por rampa. 2: Avisa y parada libre. 3: No avisa y sigue corriendo.	0				
9-03	Tiempo watchdog de la comunicación Modbus.	0: No disponible. 1~20: 1~20Seg.	0				
9-04	Protocolo de comunicación	<table border="1"> <tr> <td>MODO ASCI</td> <td>0:7,N,2 1:7,E,1 2:7,O,1 3:8,N,2 4:8,E,1 5:8,O,1</td> </tr> <tr> <td>MODO RTU</td> <td>6:8,N,2 7:8,E,1 8:8,O,1</td> </tr> </table>	MODO ASCI	0:7,N,2 1:7,E,1 2:7,O,1 3:8,N,2 4:8,E,1 5:8,O,1	MODO RTU	6:8,N,2 7:8,E,1 8:8,O,1	0
MODO ASCI	0:7,N,2 1:7,E,1 2:7,O,1 3:8,N,2 4:8,E,1 5:8,O,1						
MODO RTU	6:8,N,2 7:8,E,1 8:8,O,1						

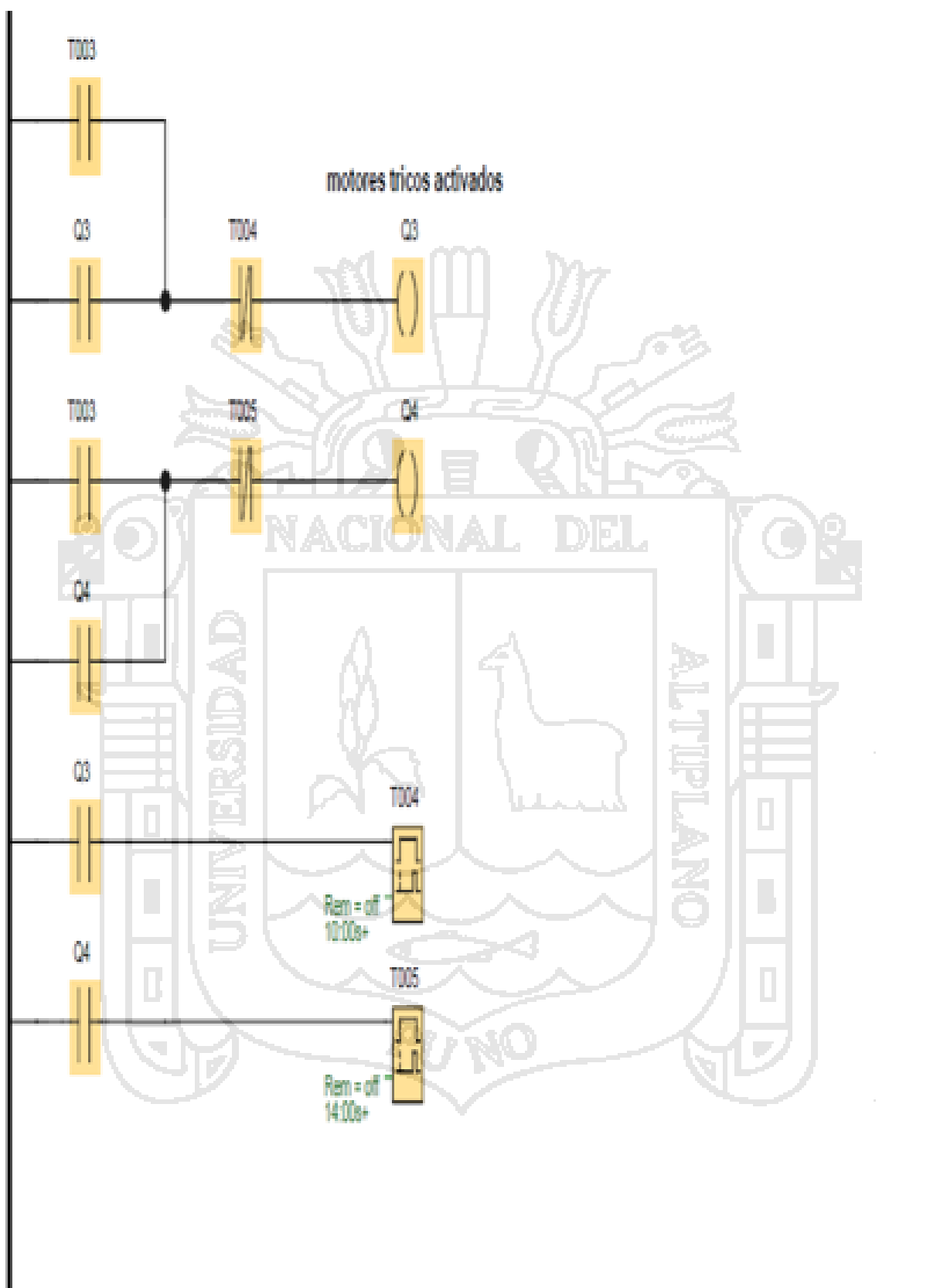
4.3.18.2 PROGRAMACION DE LOGO PLC.

A continuación se muestra el programa del logo PLC.









Auto	Auto		Puerto		Clase	
Comprobado			Instalado		V Altiplano	
Fecha de creación/modificación	3/2013 11/4/2013 10:41		Entero	Buena reunión II	Página	1/4



#### 4.3.18.3 COMPONENTES ELÉCTRICOS PARA EL ENSAMBLE DEL TABLERO.

##### a. GUARDA MOTOR:

El guarda motor (también llamado disyuntor magnetotérmico o protector de motor) es un dispositivo de protección contra los cortocircuitos, dentro de los límites de su poder de corte a través de disparadores magnéticos (un disparador por fase).

También protegen contra los contactos indirectos.

Dependiendo del tipo de circuito que se desee proteger (motor, distribución,...) el umbral de disparo magnético se situará entre 3 y 15 veces la corriente térmica  $I_{th}$ .

Dependiendo del guarda motor, dicho umbral de disparo puede ser fijo o ajustable por el usuario.

Cuando la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) no es muy elevada, los guarda motores funcionan a mayor velocidad que los fusibles.

Guarda motor eléctrico.



Figura N° 50

**b. CONTACTOR:**

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

**PARTES DEL CONTACTOR ELÉCTRICO:**

- **Contactos principales:** 1-2, 3-4, 5-6. Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia.
- **Contactos auxiliares:** 13-14 (NO) Se emplean en el circuito de mando o maniobras. Por este motivo soportarán menos intensidad que los principales. El contactor de la figura solo tiene uno que es normalmente abierto.
- **Circuito electromagnético:**  
Consta de tres partes.-
  - 1.- El núcleo, en forma de E. Parte fija.
  - 2.- La bobina: A1-A2.
  - 3.- La armadura. Parte móvil.
- **Aspecto físico:**

Contactor eléctrico.



Figura N° 51

### c. RELE DE SOBRECARGA TÉRMICO.

Es un mecanismo que sirve como elemento de protección del motor. Su misión consiste en desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor supera durante un tiempo corto a la permitida por este, evitando que el bobinado se queme. Esto ocurre gracias a que consta de tres láminas bimetálicas con sus correspondientes bobinas calefactoras que cuando son recorridas por una determinada intensidad, provocan el calentamiento del bimetálico y la apertura del relé. La velocidad de corte no es tan rápida como en el interruptor magnetotérmico. Se debe regular (tornillo 7), a la Intensidad nominal del motor ( $I_n$ ), para el arranque directo. Esta intensidad deberá venir indicada en la placa de características del motor.



Figura N° 52

**d. ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO.**

**Pulsadores:** Los pulsadores son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos. Existen tres tipos:

- Pulsador de paro.
- Pulsador de marcha.
- Pulsador de doble cámara.



4.3.18.4. ENSAMBLE DEL TABLERO ELÉCTRICO DIAGRAMA DE FUERZA.

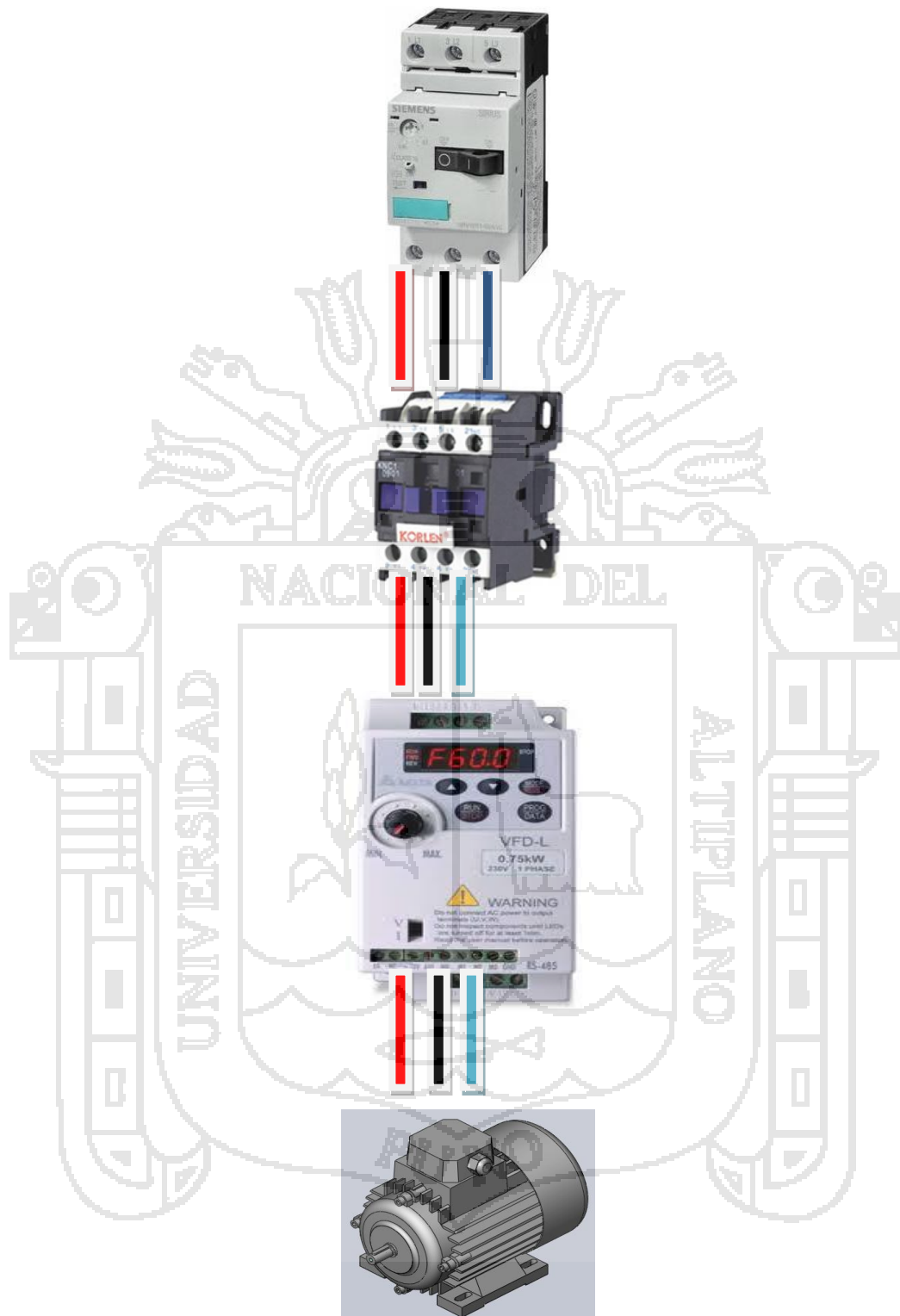


Figura N° 54

## CONCLUSIONES.

**PRIMERA:** Realizado la investigación se puede determinar que se cumplió con el objetivo principal de esta tesis, esto es el diseño e implementación un sistema asistido por PLC para la automatización de una dobladora de tubos y supervisado por un sistema scada”.

**SEGUNDA:** Se automatizó el proceso de curvado de tubería, rediseñando varios sistemas de máquina con la ayuda del software SolidWorks 2013, certificando que la misma cumple en forma segura con las exigencias que demanda del mercado.

**TERCERA:** Se logró controlar la seguridad operativa de la máquina mediante sensores que minimizan el riesgo de un posible incidente durante la operación de curvado.

## SUGERENCIAS

**PRIMERA:** Se sugiere utilizar los implementos de seguridad para el personal que lo va a operar.

**SEGUNDA:** Realizar un mantenimiento correcto de la máquina ayudará a que no se deteriore o dañe alguna pieza y pueda funcionar en óptimas condiciones de trabajo.

**TERCERA:** Las áreas y ambientes de trabajo deben contar con orden y una limpieza para permitir que las labores se efectúen con exactitud y eficiencia y no puedan causar accidentes.

**CUARTA:** Verificar que la toma de alimentación trifásica para la máquina sea siempre la que se encuentra asignada en el área de curvado de tubería, debido a que el sentido de giro del motor principal influye de sobre manera en la dirección del curvado, en el caso de producirse un giro en dirección errónea implicaría un riesgo tanto para la máquina como para el operador.

**BIBLIOGRAFIAS**

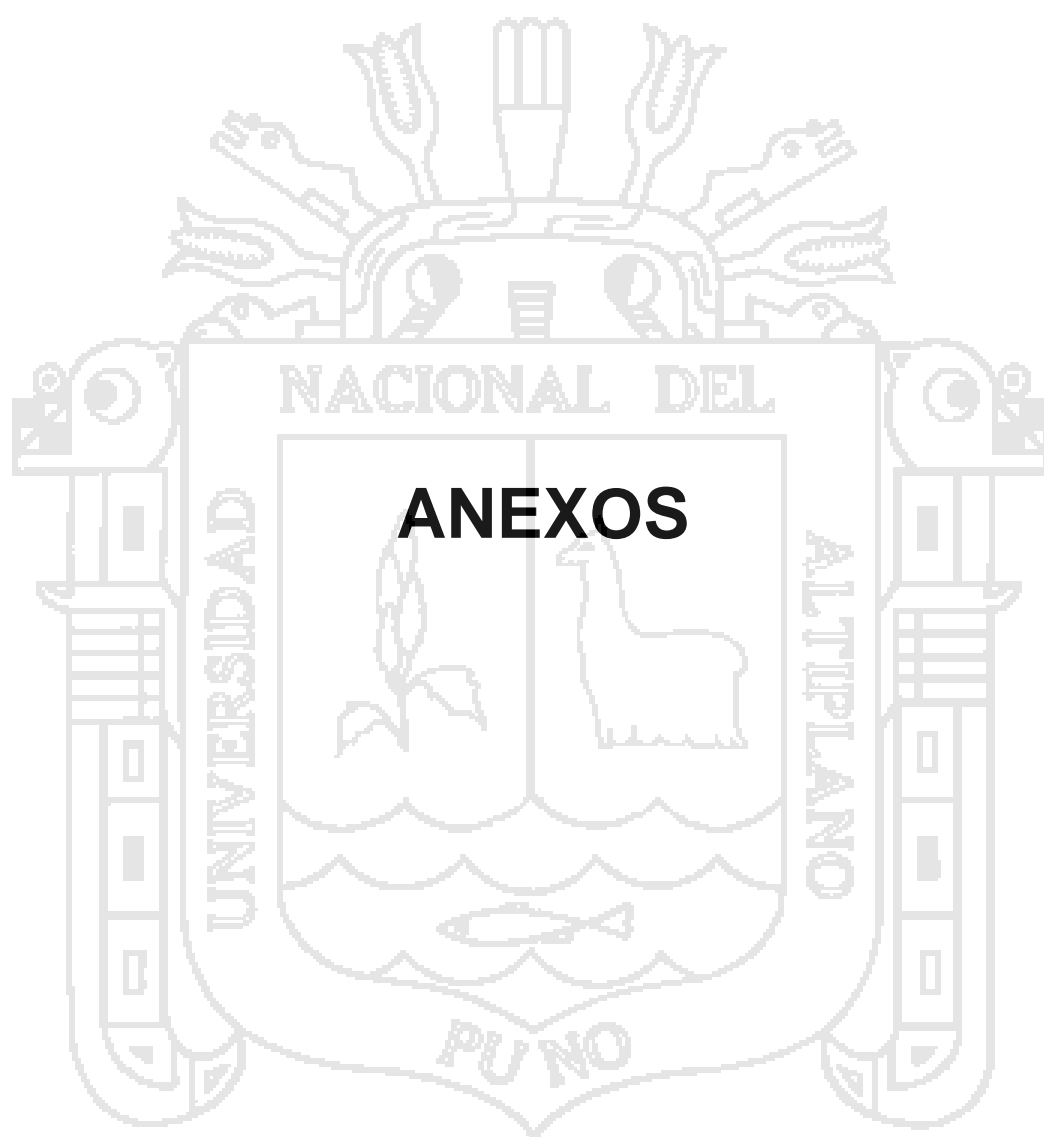
- ROBERT L. MOTT- diseño de elementos de máquinas Cuarta Edición, Pearson Education.
- DEPPERTY K. STOLL, dispositivos neumáticos - Introducción y Fundamentos.
- CREUS ANTONIO - neumática e hidráulica – primera edición.
- SALVADOR MILLAN - automatización neumática y electro neumático.
- JOSHEP SHIGLEY Y CHARLES MISCHKE - diseño en ingeniería mecánica.
- JACK C. Mc Cormac de “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD” 2da Ed.; Editorial Alfa omega; 2002; México, página 130,441.
- JAMES M. Gere “Mecánica de Materiales”; 6ta Ed.; Editorial Thomson; 2003 México, página 3, 39 .
- LEIVA FlowerLuís “Controles y Automatismos Eléctricos, Teoría y Prácticas” página 21-42.
- SCHNEIDER ELECTRIC “Manual de Tecnologías De Control Industrial”; Barcelona; 1999, Página 71.
- SHIGLEY, Josep E.; “Diseño en Ingeniería Mecánica” 6ta Ed.; McGraw-Hill; 2002; México, página 27, 434.



- MOTT Robert L. “Diseño de Elementos de Máquinas” ; 2da Ed.; Editorial Printice Hall; 1992; México, pagina 767.
- NAHMIAS Steven, análisis de la producción y las operaciones, Quinta edición, 2007 pág. 10.
- ROY R. Craig, jr. Mecánica de materiales cecsa. 2002.
- MC GRAW HILL. Elementos de maquinas.
- RENTICE-HALL Resistencia De Materiales Aplicada.
- LIMUSA Control De Motores Eléctricos.
- PALACIOS, L; Moya, J. Diseño y construcción de una Máquina Dobladora de Tubos. Escuela Politécnica Nacional. Marzo 2002 pág.9.
- TIMOSHENKO “Resistencia de Materiales” Tomo II.

**SITIOS EN WEB GRAFIAS**

- <http://clasificacion-de-herramientas.html>.
- <http://definicion.de/proceso-de-produccion/>.
- <http://www.monografias.com/trabajos6/prod/prod.shtml>.
- <http://www.monografias.com/trabajos16/objetivos-educacion/objetivos-educacion.shtml>.
- <http://www.curvamex.com.mx/Productos/DobladorasdeTubo/tabid/63/Default.aspx>.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores\\_de\\_velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad).
- <http://www.dismamex.com.mx/dobladotubo.html>.
- <http://www.curva-tubos.com/index1.htm>.
- [http://www.sapiensman.com/simbolos\\_neumaticos.mht](http://www.sapiensman.com/simbolos_neumaticos.mht).
- <http://www.unicrom.com/tutorial.asp>.
- <http://www.unicrom.com/tutorial.asp>.
- [http://www.transmision.com/Manufacturer\\_sprocketschain.com](http://www.transmision.com/Manufacturer_sprocketschain.com).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Actuador/Sensor>.
- Guía práctica para usos y selección de electrodos – AGA, pág. 24.



ENSAMBLE Y EVIDENCIAS DE LA DOBLADORA DE TUBOS PRIMERA FASE.



FOTO Nº 01



FOTO Nº 02

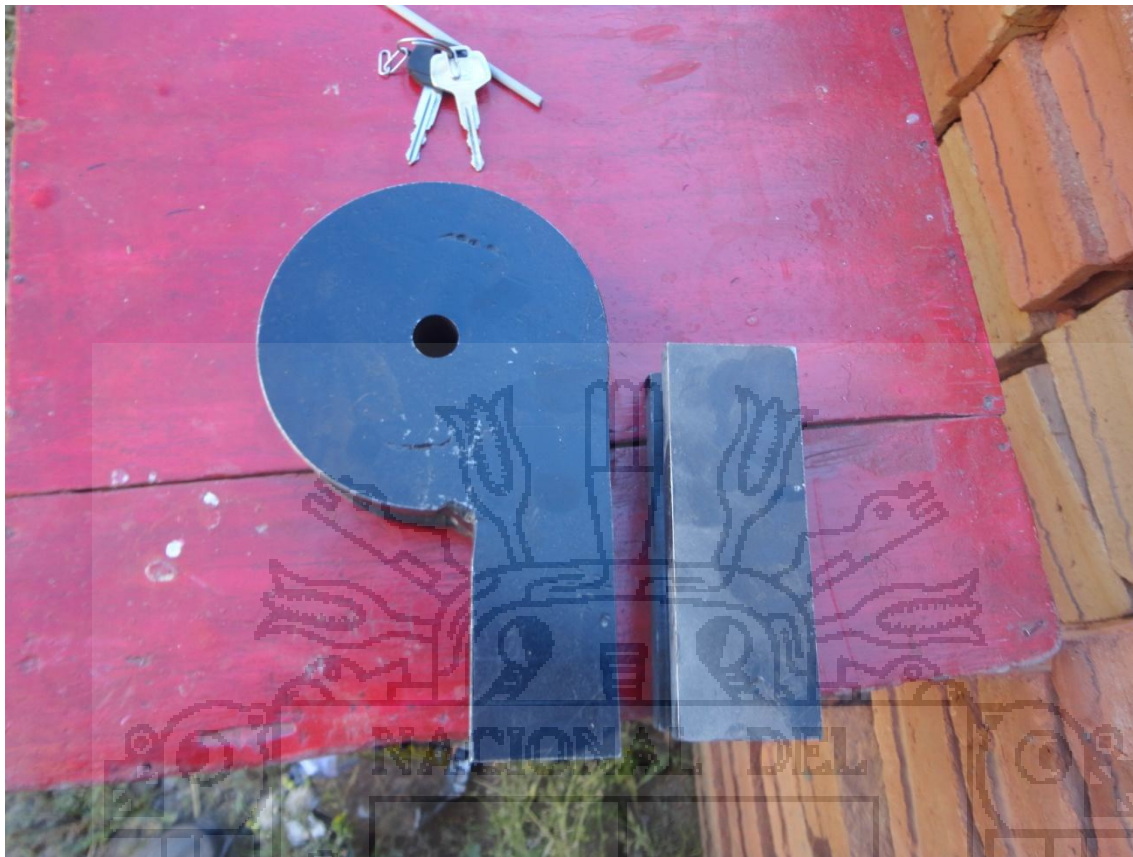


FOTO N° 03



FOTO N° 04

SEGUNDA FASE RESTRUCTURACION DEL MECANISMO



FOTO N° 05



FOTO N° 06



FOTO N° 07

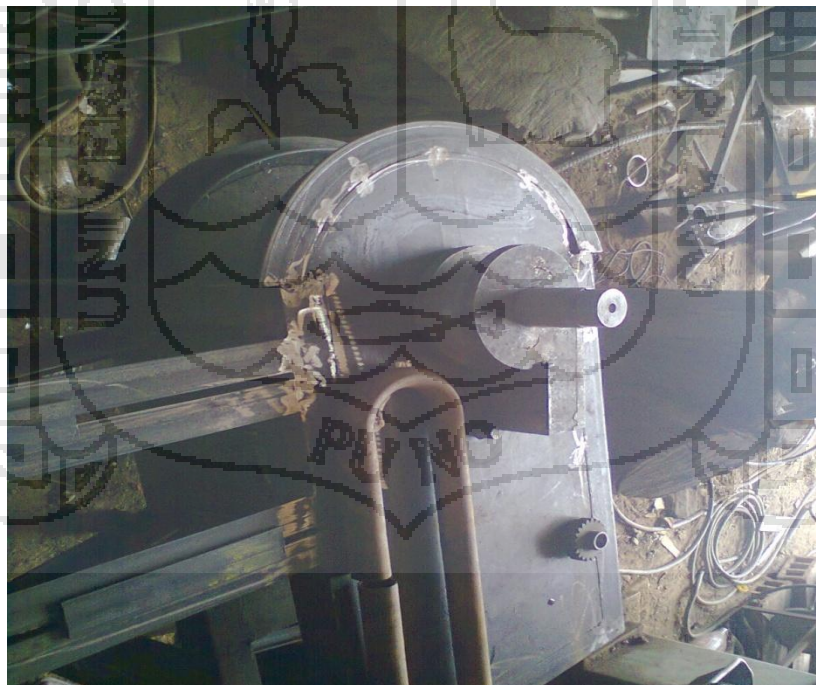


FOTO N° 08



FOTO N° 09



FOTO N° 10





FOTO N° 11



FOTO N° 12



FOTO N° 13



FOTO N° 14



FOTO N° 15

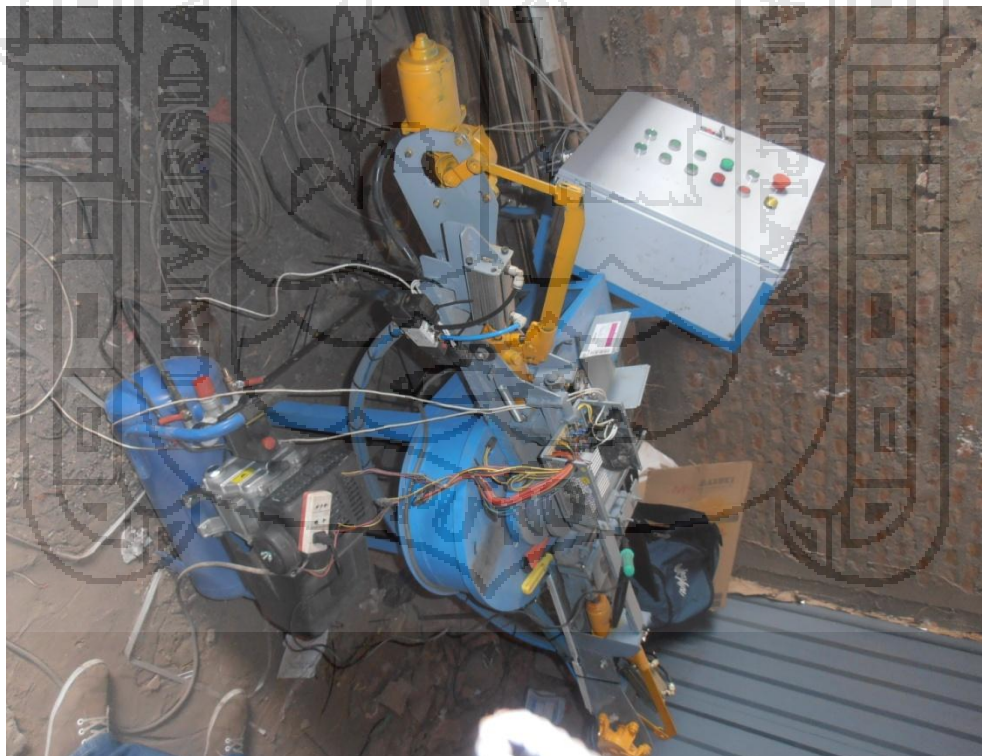


FOTO N° 16



FOTO N° 17



FOTO N° 18



FOTO N° 19

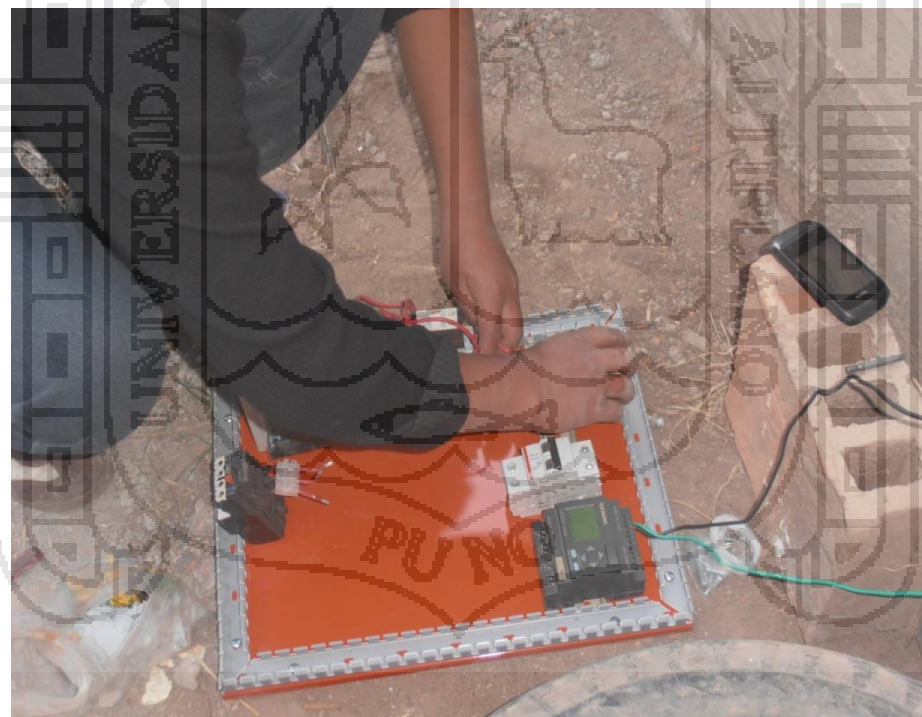


FOTO N° 20



FOTO N° 21

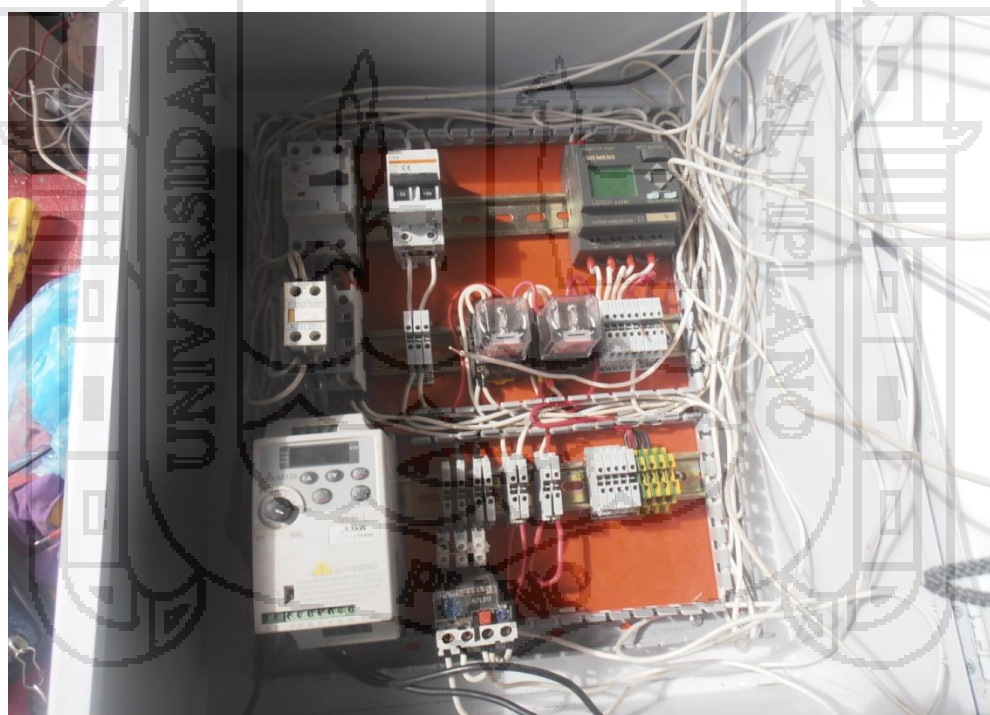


FOTO N° 22

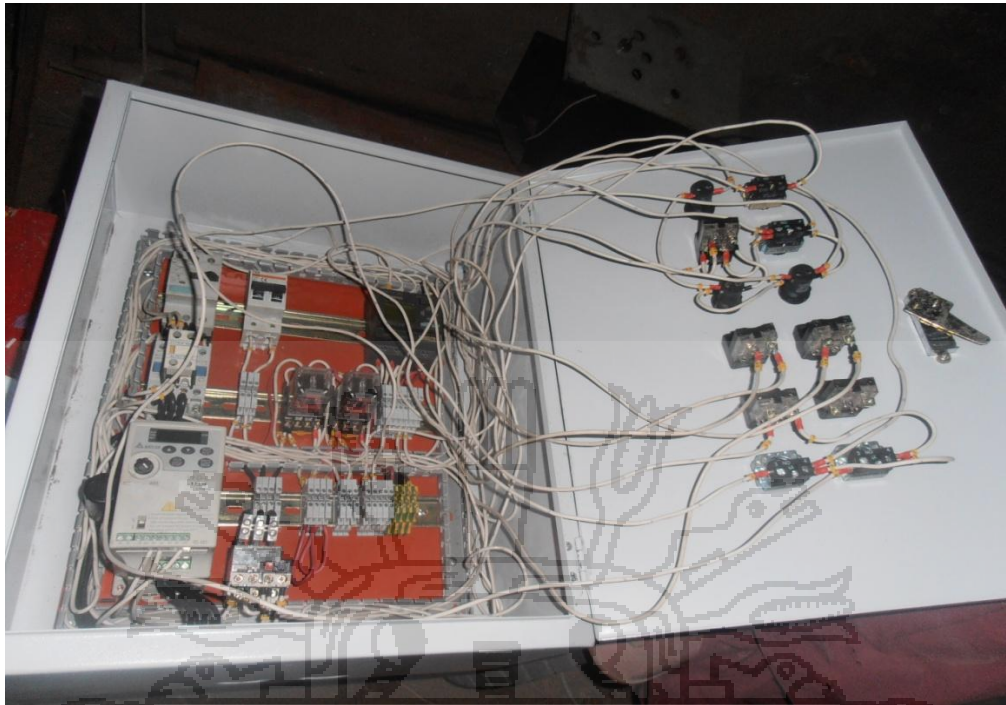


FOTO N° 24



FOTO N° 25



FOTO N° 26

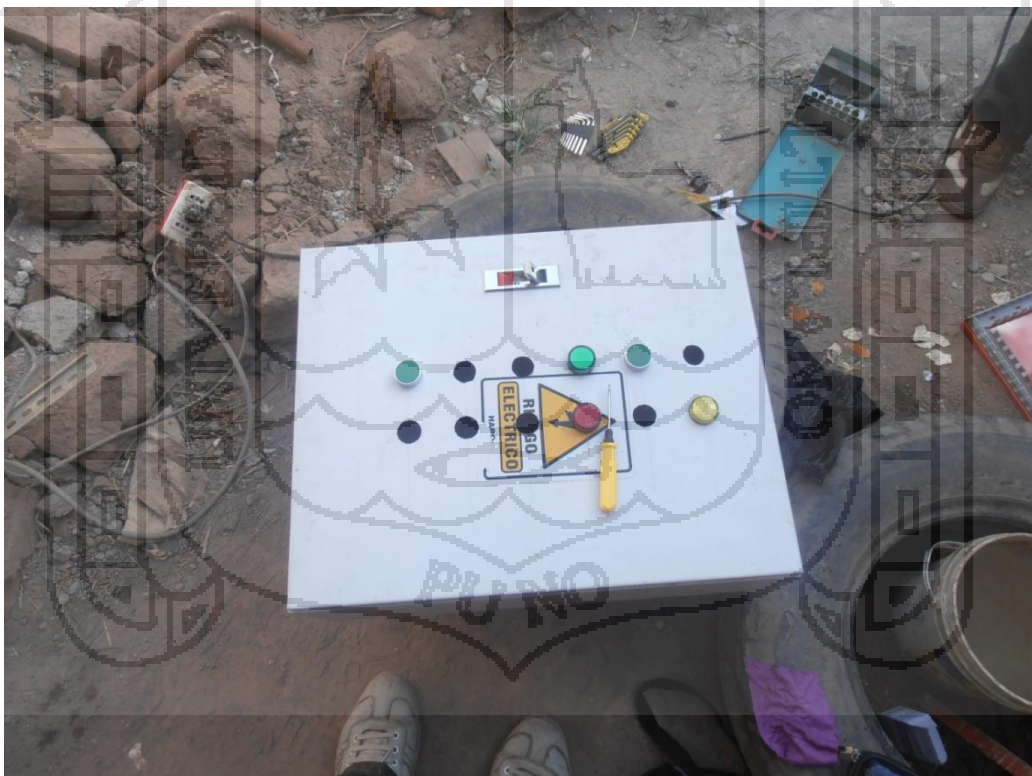


FOTO N° 27





FOTO N° 28



FOTO N° 29



FOTO N° 30

