

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



**DISEÑO DE UN TALADRO DE COLUMNA AUTOMATIZADO
PARA CONTROLAR LA PROFUNDIDAD DE PERFORACIÓN Y
LA SUJECIÓN DE PIEZAS MEDIANTE PLC**

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

AUTOR

JORGE LUIS AQUINO HUAMAN

ASESOR

JORGE ALBERTO VILLANUEVA ZAPATA

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

Chiclayo, 2022

**DISEÑO DE UN TALADRO DE COLUMNA
AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR LA
PROFUNDIDAD DE PERFORACIÓN Y LA SUJECCIÓN DE
PIEZAS MEDIANTE PLC**

PRESENTADA POR

JORGE LUIS AQUINO HUAMAN

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

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Alexander Querevalu Morante

PRESIDENTE

Wilson Alejandro Jimenez Zuloeta

SECRETARIO

Jorge Alberto Villanueva Zapata

VOCAL

Dedicatoria

A Dios por ser quien me guío y me fortaleció en todo momento, gracias por darme una familia maravillosa y amigos con quienes puedo confiar.

A mis padres por todos los consejos y por siempre estar pendientes de mí y apoyarme con tanto cariño.

A mis hermanos por compartirme sus sueños y alegrías y por ser parte importante de mi familia.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial por todo el apoyo metodológico y profesional para la orientación en el desarrollo de esta tesis al Mgtr. Elmer Polo Briceño y al Doctor. Jorge Alberto Villanueva Zapata, esta tesis no hubiera sido posible sin sus participaciones. Asimismo, gracias por la gran cantidad y calidad de saberes brindados en este tiempo.

Así mismo agradecemos a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, a la Facultad de Ingeniería; y en especial, a nuestra querida Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y a toda su plana docente, por los conocimientos y orientación impartidos durante nuestra formación profesional.

TESIS JORGE LUIS AQUINO HUAMAN

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Infile Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
6	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Francisco de Vitoria Trabajo del estudiante	1%
8	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	1%

Índice

Resumen	11
Abstract	12
I. Introducción	13
Realidad problemática	15
Formulación del problema	18
Justificación e importancia de la investigación.....	18
Objetivos.....	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos.....	18
II. Marco teórico	18
Antecedentes	18
Bases teóricas.....	20
Modelo estructural de un Sistema Automatizado.....	20
PLC.....	20
Fuente de Alimentación.....	21
Panel de operador	21
SERVOMOTORES	22
Control de posición mediante una señal de pulso.....	23
Control de velocidad por voltaje analógico.....	23
Control de par por voltaje analógico	24
DISEÑO DE CONTROL	25
Grafcet.....	25
LADDER COMBINACIONAL.....	26
Definición de términos básicos.....	27
III. Metodología	29
Tipo y nivel de investigación.....	29
Diseño de investigación	29
Población y muestra.....	29
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
Diseño de investigación	30
Operación de variables.....	31
Matriz de consistencia.....	32
IV. Resultados	33
4.1. Identificación de las Capacidades Operacionales de los Tipos de Taladros de Columna	33
Proceso de especificación del taladro.....	33
Criterios para la selección de componentes.....	36
Matriz Morfológica Del Diseño	37
Evaluación de los conceptos de solución	39

Lista de Taladros de Columna	43
Partes principales del Taladro en Estudio.....	47
Valores de especificaciones	51
RPM – Gama de Velocidades.....	52
Velocidades recomendadas	52
4.2. Diseño del Sistema Automatizado del Control de profundidad de perforación del Taladro de Columna y Sujeción por vacío de la pieza de trabajo	53
Cálculo de las fuerzas que actúan durante el maquinado	53
Mecanismo piñón – cremallera.....	54
Control de avance del Mecanismo piñón – cremallera.....	56
Selección del servomotor	59
Selección del Vacuum Table	61
Sistema de acople al taladro de columna.....	63
Análisis Estático	70
Huella de carbono.....	78
4.3. Elaborar la programación implementado en el Controlador Lógico Programable (PLC)	81
4.4. Realizar la Evaluación Económica del Proyecto.	85
V. Discusión	89
VI. Conclusiones	90
VII. Recomendaciones.....	91
VIII. Referencias.....	92
IX. Anexos	94

Lista de tablas

Tabla 1: Operación de variables	31
Tabla 2: Matriz de consistencia	32
Tabla 3: Identificación de necesidades del cliente	33
Tabla 4: Lista de métricas para el diseño	34
Tabla 5: Matriz de Necesidades -Métricas	35
Tabla 6: Matriz Morfológica	37
Tabla 7: Evaluación técnica.....	39
Tabla 8: Evaluación económica.....	40
Tabla 9: Evaluación Total.....	41
Tabla 10: Características del Taladro N°01	43
Tabla 11: Características del taladro N°02	45
Tabla 12: Valores de especificaciones del taladro en estudio.	51
Tabla 13: Elementos principales del Taladro de columna en estudio.	63
Tabla 14: Información detallada de malla del CAD/CAE del Cabezal del taladro.	71
Tabla 15: Información detallada de malla del CAD/CAE del Eje piñon	75
Tabla 16: Tabla de beneficios o ingresos de la evaluación económica.....	85
Tabla 17: Tabla de costos o egresos de la evaluación económica.....	85
Tabla 18: Tabla de beneficios y costos del proyecto con una proyección de 20 años. ...	87
Tabla 19: Tabla final de la Evaluación Técnica Económica del proyecto	88

Lista de figuras

Figura 1: Modelo estructural de un sistema automatizado [10]	20
Figura 2: Un controlador lógico programable [11]	21
Figura 3: Fuente de alimentación del PLC [12]	21
Figura 4:Panel de operador TP170A - Pantalla HMI [12]	21
Figura 5: Sistema de conexión del servomotor al PLC [13].....	22
Figura 6: Control de posición del servomotor [15]	23
Figura 7:Control de velocidad del servomotor [15]	24
Figura 8:Control de par del servomotor [15].....	24
Figura 9:Elementos gráficos del GRAFCET.....	25
Figura 10:GRAFCET con Sensores y Actuadores [16]	25
Figura 11:Esquema del LADDER Combinacional [16].....	26
Figura 12: Taladro de columna.....	27
Figura 13: Taladro radial	27
Figura 14: Proceso de taladrado	28
Figura 15: Industria Metalmecánica	28
Figura 16: Diseño de Investigación	30
Figura 17: Diagrama de evaluación final técnico – económica.....	41
Figura 18: Medidas del taladro N°01.	43
Figura 19: Vista lateral del taladro N°01	44
Figura 20: Cabezal del taladro N°01	44
Figura 21: Combinación de velocidades del taladro N°01	44
Figura 22:Medidas del taladro N°02.	45
Figura 23: Vista Isométrica del taladro N°02.....	45
Figura 24:Medidas del taladro N°03.	46
Figura 25: Taladro de banco N°03	46
Figura 26:Vista Isométrica del Taladro en estudio.....	47
Figura 27:Vista Isométrica de la Base del Taladro en Estudio.....	48
Figura 28:Vista Isométrica de la Mesa del taladro en estudio.....	48
Figura 29:Vista Isométrica de la Columna del taladro en estudio.....	49
Figura 30: Vista Isométrica del Cabezal del taladro en estudio.	49
Figura 31: Vista Isométrica del Mecanismo de avance del taladro en estudio.....	50
Figura 32:Vista Isométrica del husillo del taladro en estudio	50
Figura 33: Gama de velocidades del taladro en estudio.	52
Figura 34: Velocidades recomendadas para el taladrado.	52
Figura 35:Software Online sobre potencia en mecanizado.	53
Figura 36: Mecanismo piñón-cremallera.....	54
Figura 37:Radio del eje piñón	54
Figura 38:Control de avance en un mecanismo piñón-cremallera	56
Figura 39:Relacion de avance entre el piñón y la cremallera.....	56
Figura 40:Número de dientes del eje piñón.....	57
Figura 41: Numero de dientes por centímetro de cremallera.	57
Figura 42: Servomotor a utilizar.....	59

Figura 43: Dimensiones del servomotor.....	59
Figura 44:Driver SINAMIC V90	60
Figura 45:Vacuum Table o Mesa de vacío.....	61
Figura 46: Bomba de vacío.....	62
Figura 47: Diferentes vistas de la bomba	62
Figura 48:Identificación de cada elemento del taladro.....	63
Figura 49: Sección A donde se acopla el sistema automatizado en el taladro.	64
Figura 50: Plano de medidas del servomotor utilizado en el acople.	64
Figura 51: Vista Isométrica del taladro acoplado con el servomotor.	65
Figura 52:Ampliacion de la vista isométrica del servomotor.....	65
Figura 53:Sección B donde se acopla el sistema automatizado en el taladro.....	66
Figura 54:Plano de medidas de la mesa de sujeción por vacío utilizado en el acople. ..	66
Figura 55:Ampliacion de la vista isométrica de la mesa de sujeción por vacío.....	67
Figura 56: Vista Isométrica del taladro acoplado con el sistema automatizado completo.	67
Figura 57:Vista Isométrica del controlador lógico programable - PLC.....	68
Figura 58:Vista ampliada del tablero de control con el PLC.	68
Figura 59:Vista isométrica del diseño completo del taladro de columna automatizado.	69
Figura 60:Vista trimétrico del diseño completo del taladro de columna automatizado.	69
Figura 61:Cargas y Sujeciones aplicados en el CAD/CAE del Cabezal del taladro.	70
Figura 62: Calidad de mallado del CAD/CAE del Cabezal del taladro.	70
Figura 63: Resultados de esfuerzos del CAD/CAE del Cabezal del taladro.	71
Figura 64: Resultados de desplazamientos del CAD/CAE del Cabezal del taladro.....	72
Figura 65: Resultados de deformaciones unitarias del CAD/CAE del Cabezal del taladro.	72
Figura 66: Resultados de factor de seguridad del CAD/CAE del Cabezal del taladro. .	73
Figura 67: Resultados de comprobación de fatiga del CAD/CAE del Cabezal del taladro.	73
Figura 68:Cargas y Sujeciones aplicados en el CAD/CAE del Eje piñón.....	74
Figura 69:Calidad de mallado del CAD/CAE del Eje piñón.....	74
Figura 70:Resultados de esfuerzos del CAD/CAE del Eje piñón	75
Figura 71:Resultados de desplazamientos del CAD/CAE del Eje piñón	76
Figura 72:Resultados de deformaciones unitarias del CAD/CAE del Eje piñón	76
Figura 73:Resultados de factor de seguridad del CAD/CAE del Eje piñón.....	77
Figura 74:Resultados de comprobación de fatiga del CAD/CAE del Eje piñón.....	77
Figura 75:Indicar las variables que se utilizan en la programación.	81
Figura 76: Paso 1 de la programación	81
Figura 77:Paso 2 de la programación	82
Figura 78:Paso 3 de la programación	82
Figura 79: Pantalla principal del HMI del sistema automatizado.	83
Figura 80:Segunda pantalla del HMI para inspección y selección del proceso de sistema automático del taladrado.....	83
Figura 81: Selección driver y el servomotor con el software V-ASSISTANT.	84
Figura 82: Parámetros a configurar del servomotor.	84

Figura 83: Puntos de ingresos y costos para la evaluación económica 86

Resumen

Debido al crecimiento de la industria metalmecánica, se han diseñado y fabricado maquinaria industrial automatizada, con el fin de facilitar las labores en las diferentes empresas a nivel mundial, por lo que entre sus productos sobresalen, taladros manuales, de pedestal, fresadoras, CNC.

Según el informe del McKinsey Global Institute, la industria automatizada manufacturera tiene el 60% del potencial de automatización y un aumento de 17-20% en la productividad con una mejor utilización de la máquina y la optimización del uso de energía mediante sistemas de fabricación inteligentes.

En el Perú muy pocas empresas disponen de la tecnología automatizada en máquinas manufactureras la cual permita obtener un producto con mejor maquinado. En la mayoría de las industrias metalmecánicas sólo utilizan taladros mecánicos no automatizados, donde sus operaciones de taladrado y profundidad de perforado son un problema cuando son realizadas de forma manual, lo que afecta notablemente en la producción y manufactura de piezas metalmecánicas.

La presente tesis tiene por objetivo diseñar un taladro de columna automatizado, con un sistema que controle la graduación de nivel de profundidad de perforado y la sujeción de la pieza a trabajar, mediante automatización con PLC, controlado con una unidad central de procesos (CPU), junto con los servomotores se logrará automatizar el monitoreo y el control de producción de maquinado a gran escala.

El control automatizado se realizará mediante PLC, además de la utilización de servomotores para el control en el eje Z (eje de perforación del taladro), mesa de vacío para la sujeción de piezas y HMI para la interacción del proceso entre hombre-maquina.

Palabras claves: Automatización, Taladro de Columna Automatizado, PLC, Industrias Metalmecánicas.

Abstract

Due to the growth of the metalworking industry, automated industrial machinery has been designed and manufactured, in order to facilitate the work in different companies worldwide, so among its products stand out, manual drills, pedestal, milling machines, CNC.

According to the McKinsey Global Institute report, the automated manufacturing industry has 60% of the automation potential and a 17-20% increase in productivity with better machine utilization and optimization of energy use through intelligent manufacturing systems .

In Peru, very few companies have automated technology in manufacturing machines which allows obtaining a product with better machining. In most metalworking industries they only use non-automated mechanical drills, where their drilling operations and depth of drilling are a problem when performed manually, which significantly affects the production and manufacture of metalworking parts.

The objective of this thesis is to design an automated column drill, with a system that controls the graduation of the drilling depth level and the clamping of the workpiece, through automation with PLC, controlled with a central processing unit (CPU) Together with the servomotors it will be possible to automate the monitoring and control of large-scale machining production.

The automated control will be carried out by means of PLC, in addition to the use of servomotors for the control in the Z axis (drilling axis of the drill), vacuum table for clamping parts and HMI for the interaction of the process between man-machine.

Keywords: Automation, Automated Column Drill, PLC, Metalworking Industries.

I. Introducción

La automatización, desde su inicio, tuvo como objetivo principal la mejora de la productividad, de tal manera que, los costos de mano calificada y los tiempos de ciclos se reduzcan. Además, a través de la automatización, se logra una mejora en la calidad de las piezas fabricadas, de tal manera que los daños ocasionados por un manejo manual de dichas piezas, disminuyan gracias a la automatización, y la intervención humana se reduzca y la seguridad de los operarios mejore en condiciones peligrosas de trabajo. Esta tecnología de la automatización se puede aplicar principalmente en tornos, fresadoras y taladros. [1]

La automatización de la perforación inicialmente ganó aceptación en la industria del petróleo y el gas como una solución para aumentar la seguridad del sitio de perforación. Si bien se ha implementado la automatización de la perforación relacionada con la seguridad, muchas empresas están comenzando a reconocer que la automatización de la perforación también ofrece posibilidades de mejora del rendimiento. [2]

El proceso de perforación es el proceso de mecanizado más común en las industrias para hacer agujeros en madera u otros materiales. Esta máquina utiliza una herramienta de perforación con filo en su punta para quitar material de la pieza de trabajo. La herramienta de corte se sujeta en la máquina perforadora mediante un mandril cónico y se gira y se alimenta a la pieza de trabajo. Esta máquina también se puede utilizar para realizar otras operaciones como taladrado, avellanado, avellanado, refrentado, etc. [3]

Las máquinas de perforación simples como taladradoras portátiles de mano donde se requiere fuerza humana no se pueden utilizar para varias operaciones de mecanizado para aplicaciones específicas. Porque la profundidad de perforación no se puede estimar correctamente y por lo tanto la pieza de trabajo puede estropearse. Además, no se pueden perforar orificios de diferentes tamaños sin cambiar la broca, lo que consume mucho tiempo para realizar múltiples trabajos repetidos. [3]

Los métodos de mecanizado convencionales, solo se puede trabajar un trabajo a la vez, lo que resulta en una menor producción. Los requisitos industriales actuales exigen una producción más rápida con mayor precisión. Estas demandas se pueden cumplir con un dispositivo o accesorios de propósito especial, que aumentarán la productividad a la realización de operación simultánea en múltiples trabajos y al usar accesorios y dispositivos de sujeción para la ubicación precisa de los trabajos. [4]

¿Sera factible lograr un control de profundidad de perforación y sujeción de la pieza a trabajar?

La presente tesis tiene como finalidad el diseño de un taladro de columna automatizada para perforar los agujeros automáticamente y puede mantener la profundidad del agujero con precisión utilizando uno de los tipos de sistemas de automatización como es el PLC, ya que dispone de conexión de hardware y software, la cual se utilizan para la automatización de procesos electromecánicos, como el control de maquinaria en líneas de montaje de fábricas, atracciones o accesorios de iluminación.

Con la mejora continua de la automatización de fábricas y la expansión de la base de capacidad del mercado de controladores de PLC, la tasa de crecimiento de PLC en los países industrializados se ha desacelerado en los últimos años. Sin embargo, el crecimiento del PLC en China y otros países en desarrollo es muy rápido. [5]

En la década de 1970, el controlador PLC solo tenía control lógico de encendido y apagado, y la primera aplicación fue la industria de fabricación de automóviles. En los últimos 10 años, con la disminución continua del precio del controlador PLC y la expansión de la demanda de los usuarios, cada vez más equipos pequeños y medianos han comenzado a adoptar un controlador PLC. [5]

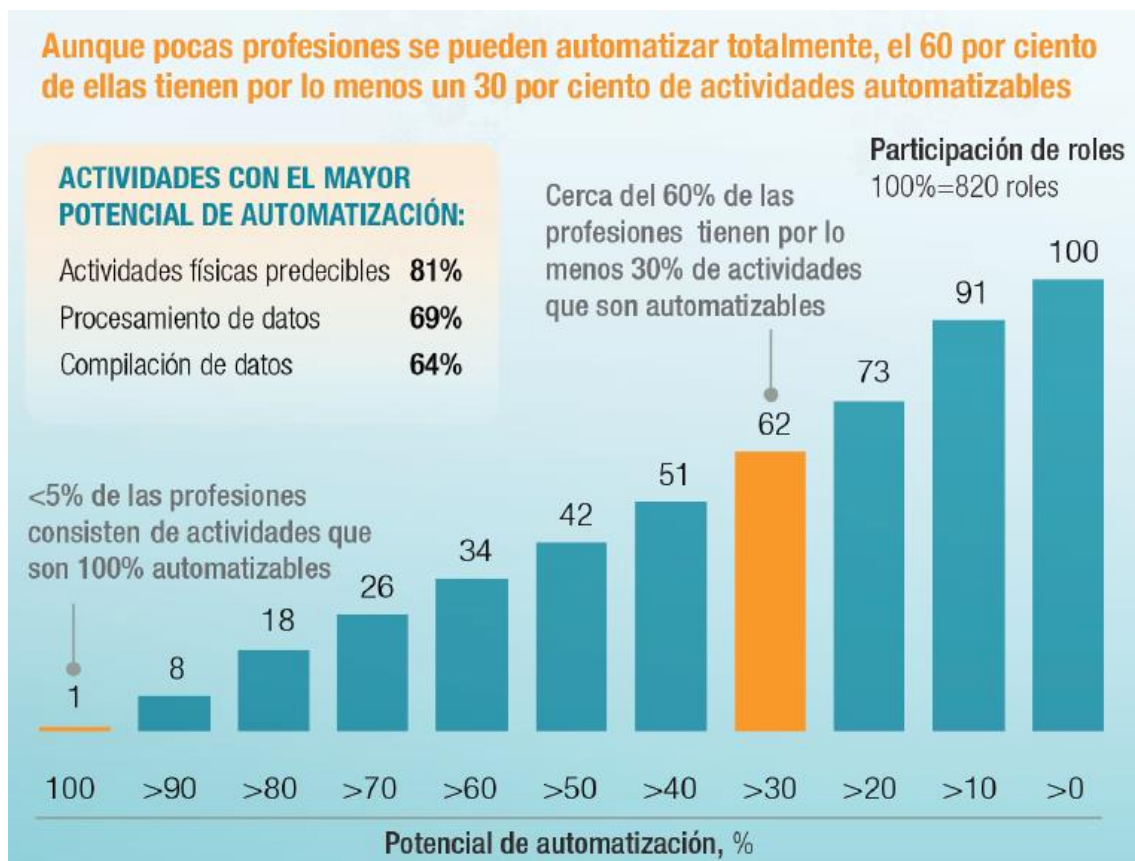
En consecuencia, con este trabajo se generará un mejor control de perforación y sujeción de diversas piezas de trabajo para obtener mayor calidad de acabado, además de una seguridad en los procesos de mecanizado y seguridad en el personal a cargo del manejo del taladro de columna automatizado.

Realidad problemática

La automatización es un elemento clave para la industria tan exigente como la metalmecánica, principalmente, por su intervención en casi todos los procesos de cualquier fábrica, ayudando en la productividad y reduciendo los riesgos para los operarios. [6]

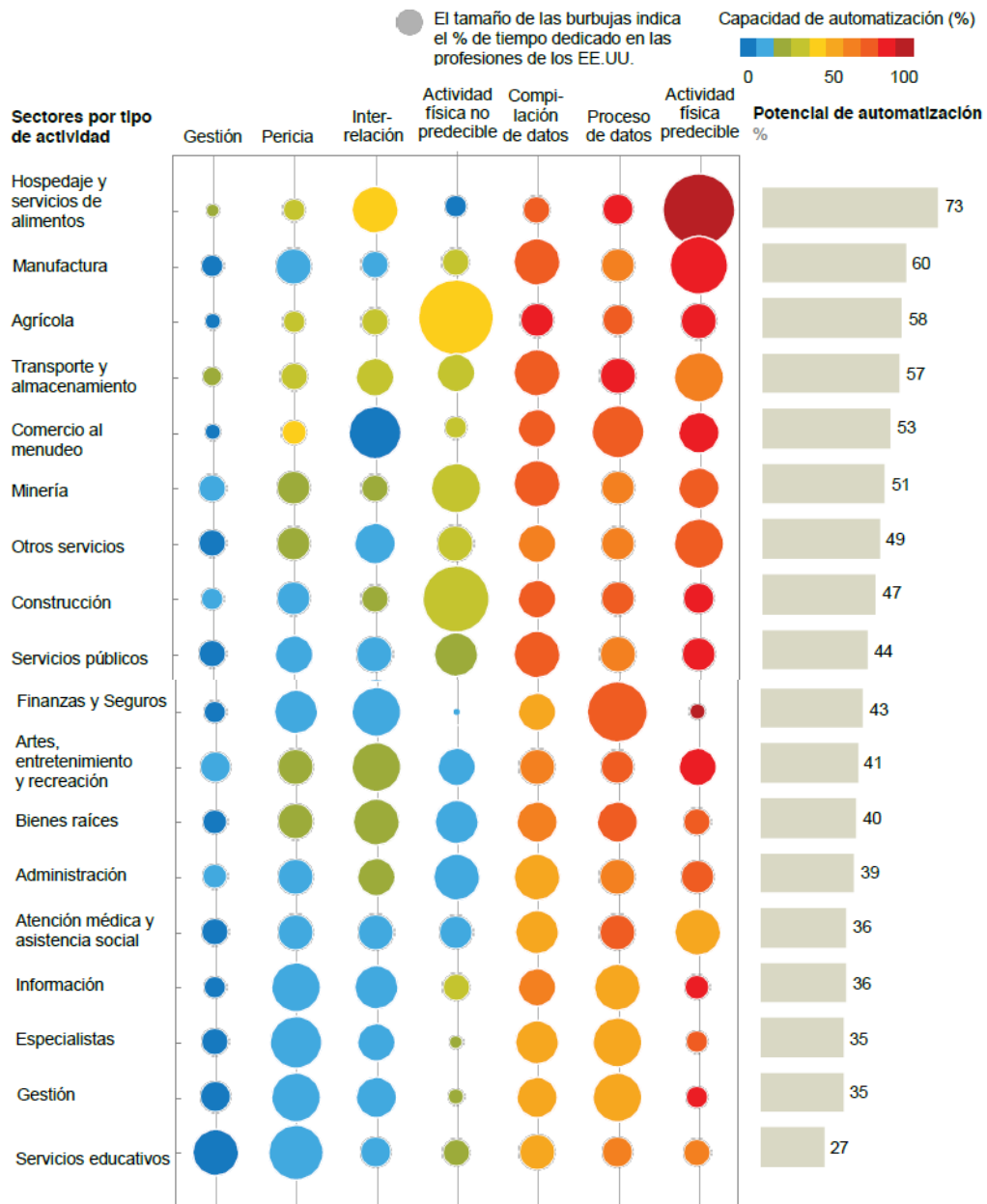
La implementación de la automatización a los procesos de maquinado integra una mejora en calidad, minimiza tiempos, esfuerzos y costos de mano de obra. Eleva el nivel de seguridad en el personal que opera las máquinas y reduce el daño de las piezas de trabajo causado por el manejo manual de dicha máquina.

Según el informe del McKinsey Global Institute, el potencial de impacto que tiene la automatización se presenta en actividades individuales. Además, se aprecia que en menor proporción las profesiones (menos del 5%) son posibles la aplicación completa de automatizar hoy día. Sin embargo, existe un alto porcentaje de actividades dentro de las profesiones que sean automatizables. Se estima que cerca de la mitad de las actividades que son remuneradas en el mundo son automatizables si se adaptan las tecnologías probadas en la actualidad.



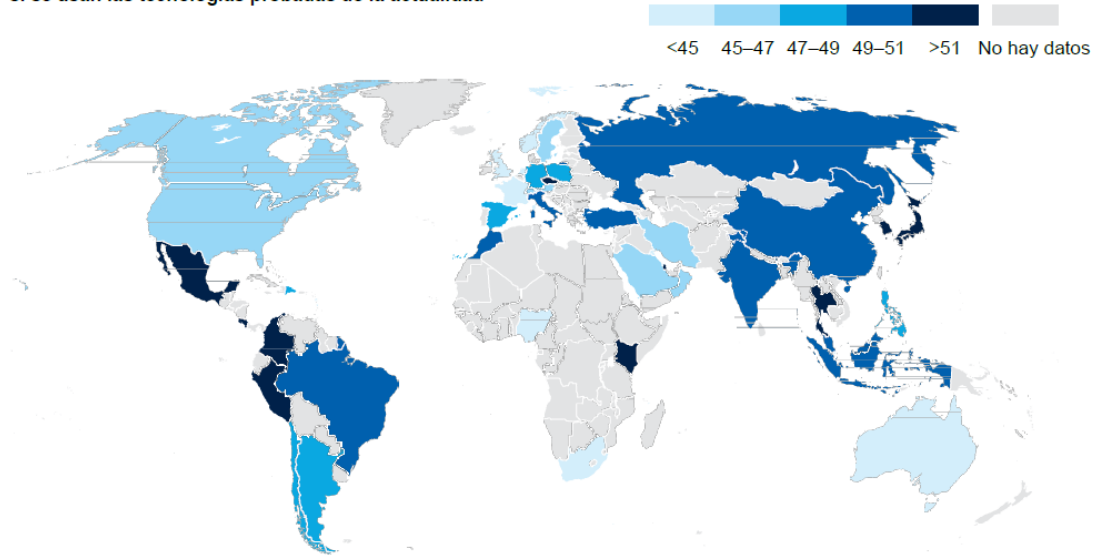
El informe del McKinsey Global Institute también muestra que la industria automatizada manufacturera tiene el 60% del potencial de automatización y un aumento de 17-20% en la productividad con una mejor utilización de la máquina y la optimización del uso de energía mediante sistemas de fabricación inteligentes.

El potencial de automatización varía en todos los sectores dependiendo de la mezcla de tipos de actividades



En el Perú muy pocas empresas disponen de la tecnología automatizada en máquinas manufactureras la cual permita obtener un producto con mejor maquinado, como se ve reflejado en el siguiente mapa del informe del McKinsey Global Institute, donde muestra el porcentaje de actividades que se pueden automatizar.

Porcentaje ponderado total de las actividades de los empleados que se pueden automatizar si se usan las tecnologías probadas de la actualidad¹



Como se aprecia en el mapa de porcentajes ponderado, el Perú se encuentra en un porcentaje ponderado total mayor al 51% (tonalidad azul oscuro) de las actividades de los empleados que se pueden automatizar. Esto afirma que existe en el Perú, una demanda muy elevada de automatizar las actividades de los empleados, dentro de ella están las actividades de manufactura.

En la mayoría de las industrias metalmecánicas sólo utilizan taladros mecánicos no automatizados, donde sus operaciones de taladrado y profundidad de perforado son un problema cuando son realizadas de forma manual, lo que afecta notablemente en la producción y manufactura de piezas metalmecánicas.

Formulación del problema

¿De qué manera influye el diseño de un taladro de columna automatizado en el control de la profundidad de perforación y sujeción de piezas para la industria metalmecánica?

Justificación e importancia de la investigación

- **Social:** Los técnicos u operarios a cargo serán los beneficiados al momento de manejar el taladro automatizado, ya que el control de profundidad proporcionara un mejor acabado y así mismo brinda una mayor seguridad al operario en cada proceso de maquinado.
- **Económico:** Cada uno de los componentes utilizados se obtendrán fácilmente en el mercado nacional, dicha inversión será considerablemente justificada con la mayor producción y acabados que tendrán las piezas a trabajar con el taladro de columna automatizado, además de que los PLC tiene capacidad para controlar más procesos de automatización. Brindará un menor tiempo de mecanizado, la cual se obtiene un ahorro en consumo de energía eléctrica.
- **Ambiental:** Se dispone a diseñar el taladro de columna automatizado que sea amigable con el ambiente, evitando producir algún tipo de contaminación.
- **Tecnológico:** Se utilizará un acople automatizado del control de profundidad de perforación y sujeción de piezas de trabajo en el taladro de columna, el cual permitirá al operario de la maquina una precisión y exactitud al realizar la perforación.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un taladro de columna automatizado para controlar la profundidad de perforación y sujeción de la pieza utilizando PLC en la industria metalmecánica.

Objetivos específicos

1. Analizar las capacidades operacionales de los tipos de taladros de columna que son más utilizados en la industria metalmecánica, utilizando una matriz de necesidades – métricas.
2. Diseñar un sistema automatizado del control de profundidad de perforación del taladro de columna y sujeción por vacío de la pieza de trabajo.
3. Elaborar un diagrama de funciones en escalera mediante el lenguaje de programación LADDER implementando en el controlador lógico programable (PLC) para controlar la profundidad de perforación y sujeción de la pieza de trabajo.
4. Realizar la evaluación económica del proyecto.

II. Marco teórico

Antecedentes

El sistema automático de taladrado de piezas se efectuó con el objetivo de poder ver las salidas que tiene un PLC, el cual facilitara el aprendizaje de temas como la programación

y la práctica de dicho aprendizaje, con apoyo de lenguajes de programación como son el lenguaje LADDER o GRAFCET. Además, se logrará aprender sobre la manipulación de una pantalla HMI (interfaz humano máquina), la cual permite accionar distintas variables de la programación en el PLC de algún sistema automatizado, con el objetivo de reforzar los conceptos base de la automatización. [7]

El taladro electroneumático es un sistema de enseñanza utilizado por los estudiantes para lograr un desarrollo y aplicación de distintos lenguajes de programación, como LADDER y GRAFCET. El diseño del sistema incluye un dispositivo de seguridad, dispositivos de entrada, como un pulsador, además de un PLC para controlar tanto las entradas como las salidas del sistema. [7]

Un control de circuito cerrado para la automatización que monitorea continuamente los parámetros de perforación y el rendimiento de la perforación en tiempo real y ajusta constantemente el peso en la broca (WOB), la velocidad de rotación (RPM) y el par en la broca (TORQUE) para maximizar la tasa instantánea de penetración (ROP). [8]

Una estructura de perforación a presión (MPD) automatizada estándar para cubrir las aplicaciones de perforación que enfrenta la operación en diferentes tipos de pozos en la industria del petróleo y gas. Los modelos de automatización gobiernan los parámetros de perforación y brindan la capacidad de cambiar entre diferentes aplicaciones de MPD según el tipo de pozo y el problema de perforación. [9]

Bases teóricas

Modelo estructural de un Sistema Automatizado

El modelo estructural se clasifica en dos partes: Parte operativa y Parte de control.

La parte operativa está conformada de dispositivos, maquinas o subprocesos, que se diseñan con el objetivo de realizar las funciones de fabricación, operaciones de mecanizado, etc. La parte de control o llamada también mando, tiene como objetivo realizar la coordinación de las operaciones bajo el control de tecnología como la electrónica, la neumática, la hidráulica, etc.

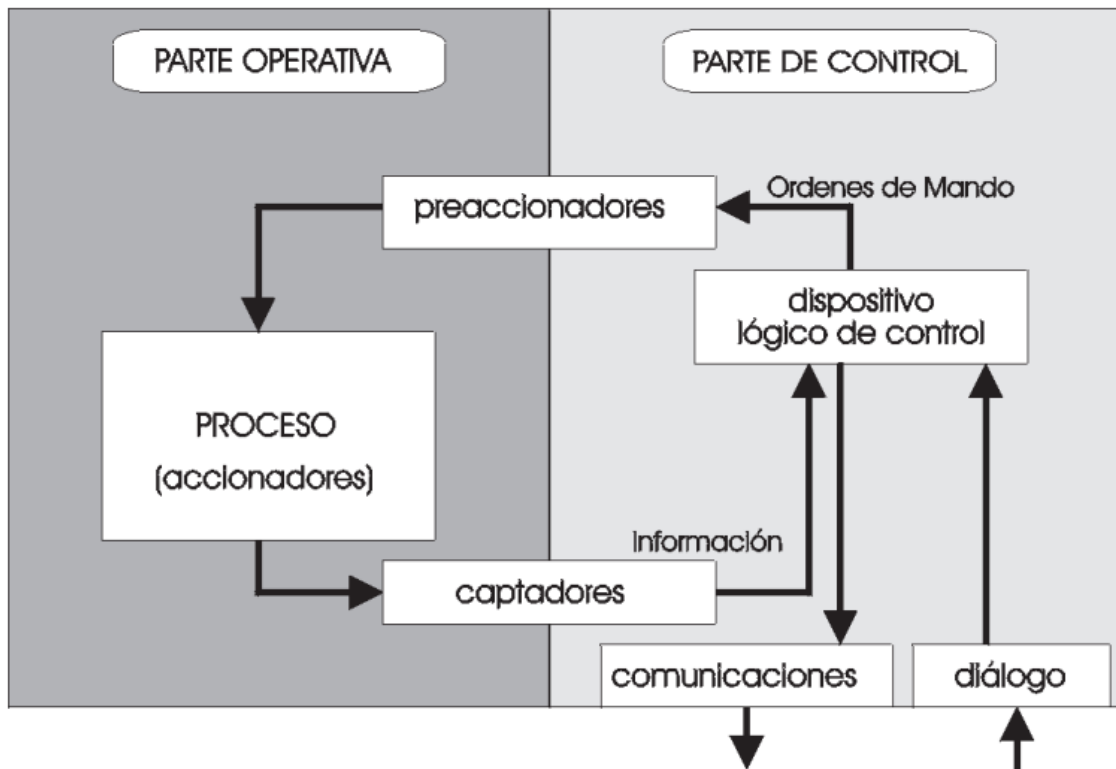


Figura 1: Modelo estructural de un sistema automatizado [10]

PLC

Un controlador lógico programable (PLC) se basa en un microprocesador que utiliza una memoria programable que le permite el almacenamiento de instrucciones y funciones como son la lógica, secuenciación, temporización, conteo, etc. Este le permite controlar tanto maquinas como procesos. Este tipo de controlador solo pueden ser manejados por ingenieros, no están diseñados para aquellos que son programadores. Esta diseñado para ser usado mediante un lenguaje simple. Puede realizar el manejo de dispositivos de entrada, como, por ejemplo, sensores, interruptores y dispositivos de salida, como, por ejemplo, motores, válvulas, etc. Finalmente, el programador realiza una secuencia de instrucciones en la memoria del PLC, para monitorear tanto las entradas como las salidas.

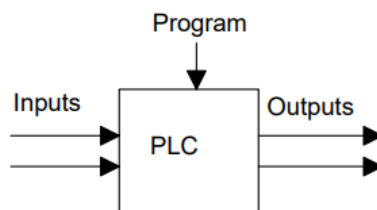


Figura 2: Un controlador lógico programable [11]

Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación se instala con la finalidad de alimentar al CPU del PLC, esta fuente entrega una tensión de 24v al CPU. [12]



Figura 3: Fuente de alimentación del PLC [12]

Panel de operador

Los dispositivos HMI, llamados también paneles de operador, brindan al usuario poder ver de forma grafica cada uno de los procesos, sus valores en tiempo actual y averías que puedan ocurrir durante el control automático. También brinda la posibilidad de manejar la maquina con la que se está trabajando. [12]

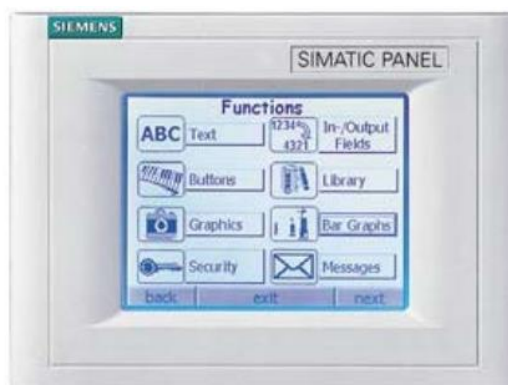


Figura 4: Panel de operador TP170A - Pantalla HMI [12]

SERVOMOTORES

Un servomotor es un motor que cuenta con un sistema de realimentación (llamado encoder), para indicar al driver la posición en la que se encuentra el eje del servomotor y pueda corregir su posición. Esta característica le permite brindar una precisión y poder mantener un torque constante a diferentes revoluciones (hasta 3000 rpm). [13]



Figura 5: Sistema de conexión del servomotor al PLC [13]

La electrónica del servomotor trabaja con "Modulación de Ancho de Pulso", que es más común escuchar por sus siglas en inglés "Pulse Width Modulation" PWM. Cuanto mayor sea el ancho de pulso (5V) de la señal, mayor es el ángulo del servo. La relación entre el ángulo del servo y el ancho del pulso (medido en milisegundos) es la siguiente:

$$t = 1 + \frac{\text{angulo}}{180} [14]$$

Control de posición mediante una señal de pulso

El PLC ingresa pulsos para la posición de destino, el codificador verifica la posición actual.

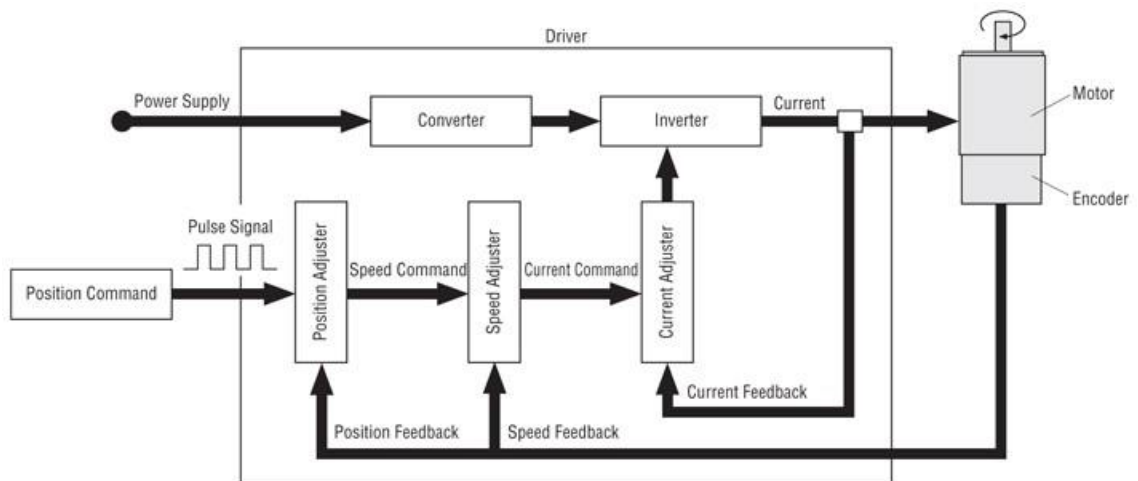
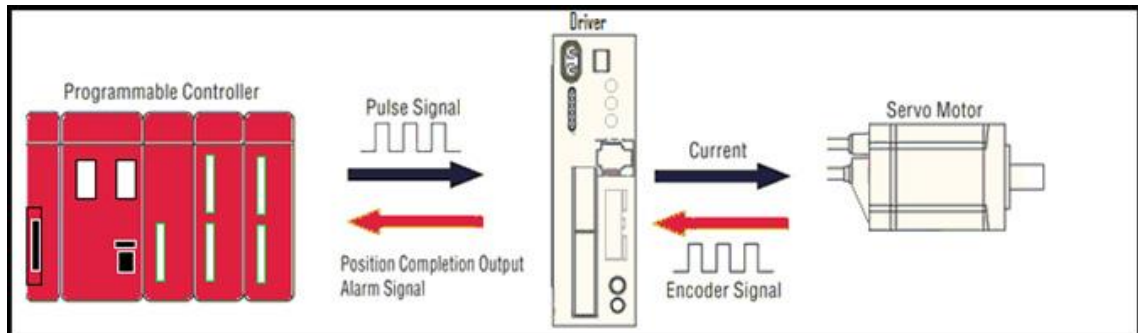
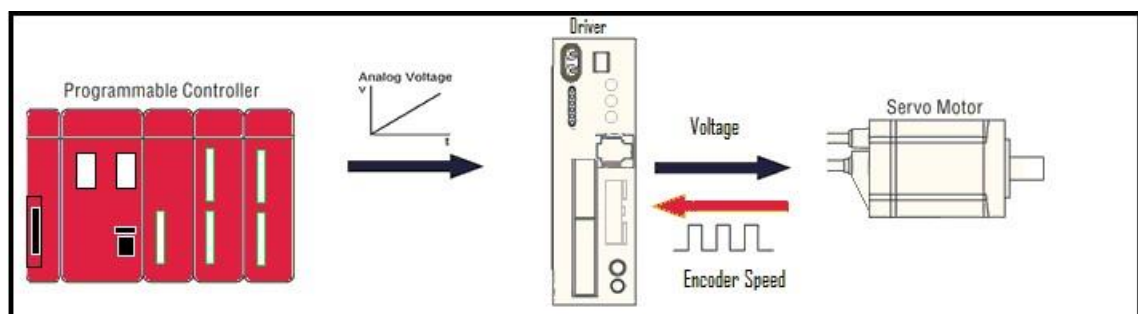


Figura 6: Control de posición del servomotor [15]

Control de velocidad por voltaje analógico

El voltaje analógico del PLC establece la velocidad.



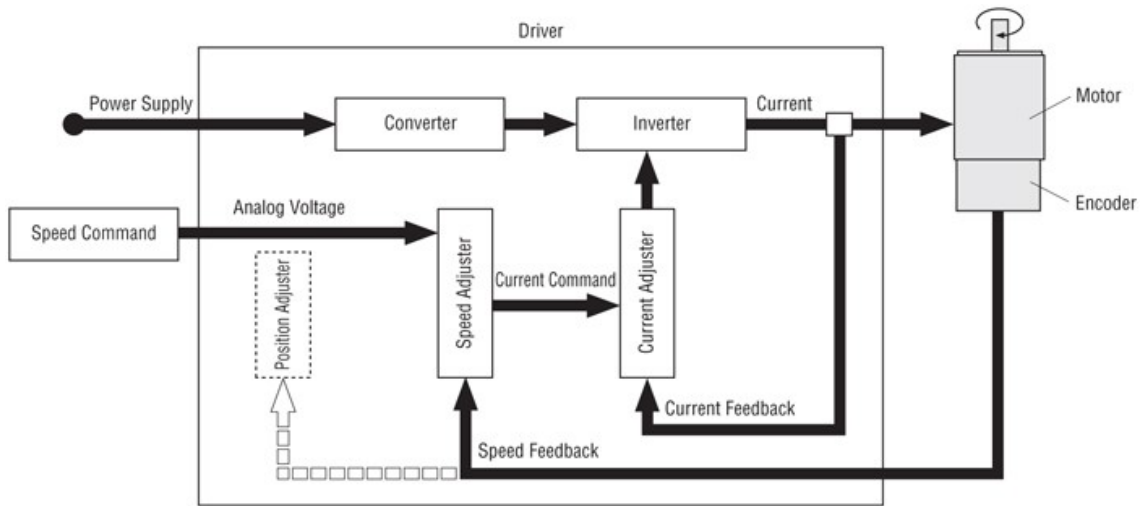


Figura 7: Control de velocidad del servomotor [15]

Control de par por voltaje analógico

El voltaje analógico del PLC limita el par.

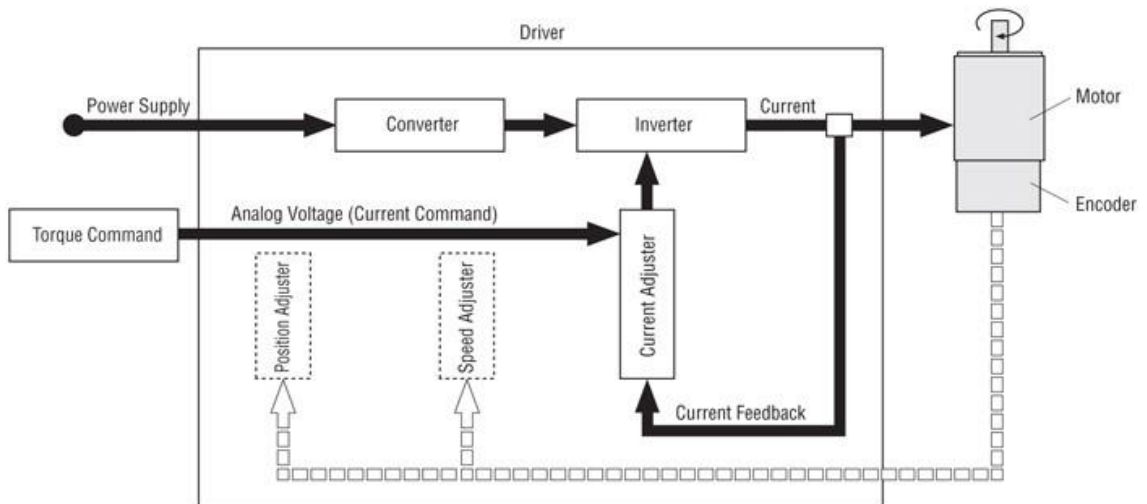
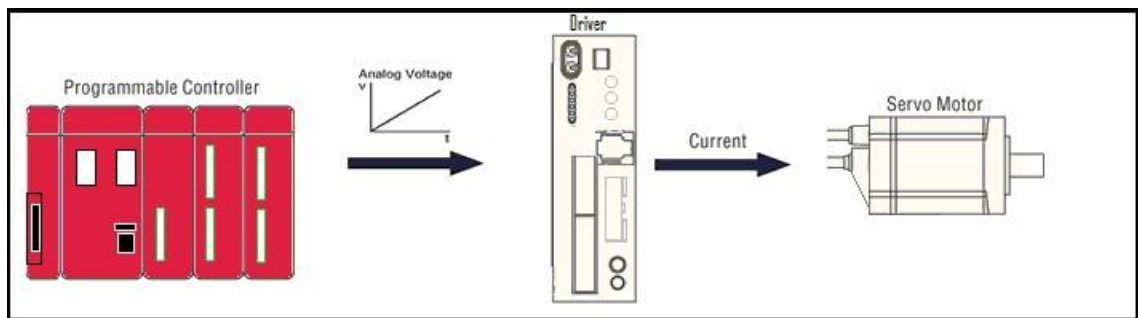


Figura 8: Control de par del servomotor [15]

DISEÑO DE CONTROL

Grafcet

El Grafcet (*GRAficio Funcional de Control de Etapas y Transiciones*) es un diagrama funcional que describe la evolución del proceso que se quiere automatizar. Está definido por elementos gráficos y reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema. Todo automatismo secuencial o concurrente se puede estructurar en una serie de etapas que representan estados o sub-estados del sistema en los cuales se realiza una o más acciones, así como transiciones, que son las condiciones que deben darse para pasar de una etapa a otra.

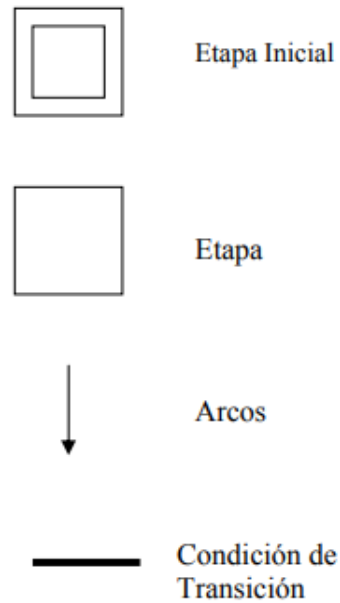


Figura 9: Elementos gráficos del GRAFCET

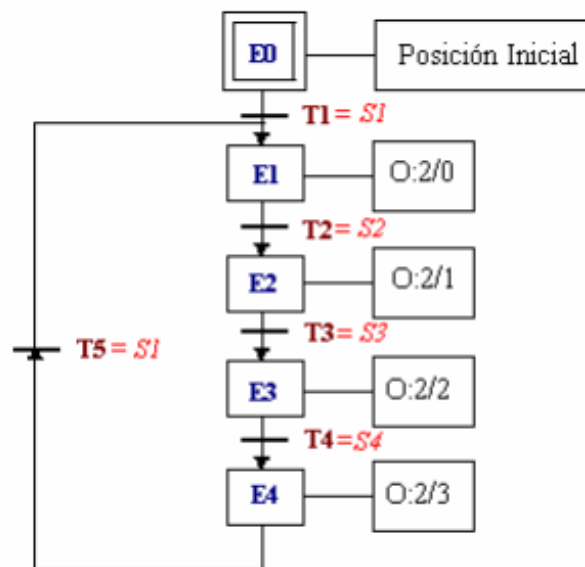


Figura 10: GRAFCET con Sensores y Actuadores [16]

LADDER COMBINACIONAL

El LADDER combinacional comprende todas las acciones a ejecutar dentro de cada etapa, en esta fase se diseñan las acciones a desarrollar por cada etapa del proceso y se obtiene el esquema lógico, utilizando los estados de las variables de estado y eventualmente otras condiciones adicionales.

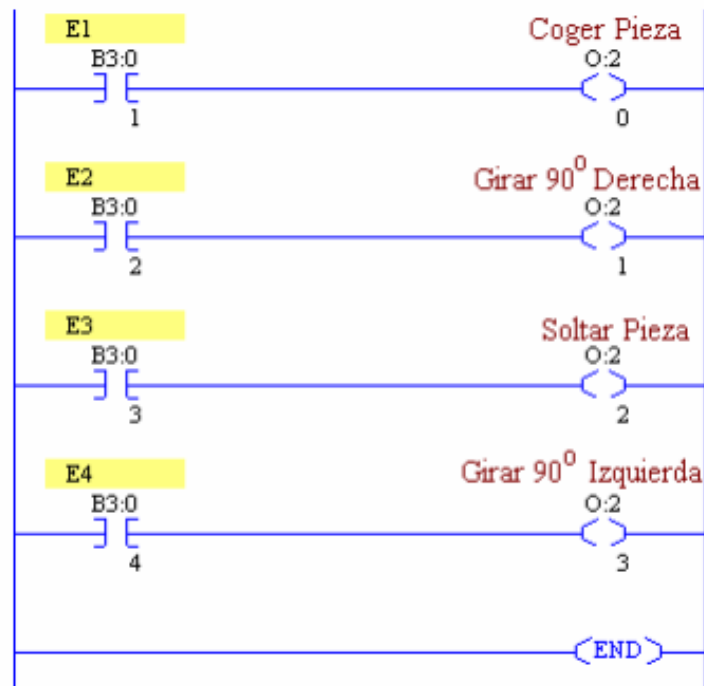


Figura 11: Esquema del LADDER Combinacional [16]

Definición de términos básicos

Taladro de columna: Es una máquina que se encuentra fijada y en una posición vertical. Posee una columna y una base que le brinda soporte y apoyo al momento del taladrado de una pieza. Este tipo de máquina es sencilla y muy común, ya que posee un mecanismo de avance manual de la herramienta de corte. [17]



Figura 12: Taladro de columna

Taladro radial: Este tipo de taladro está diseñada para el maquinado de piezas grandes. Tiene la característica de poder movilizar su cabezal, la mesa de trabajo y su husillo mediante motores de manera independiente. La parte del husillo proporciona movimientos para cualquier lugar en su rango de alcance, a través del cabezal, el brazo y la rotación del mismo alrededor de la columna. [17]



Figura 13: Taladro radial

Proceso de taladrado: El principio de la operación es perforar o hacer un agujero en una pieza en cualquier material. Al taladrar metales se produce una fricción muy grande y por esta razón es recomendable refrigerar. El taladrado es la operación que tiene por objeto hacer agujeros por arranque de viruta, con una herramienta llamada broca, sobre diferentes tipos de material, cuya posición, diámetro y profundidad han sido determinados previamente. En el proceso de taladrado se realizan dos movimientos: el movimiento de corte y el de avance. [17]



Figura 14: Proceso de taladrado

La Industria Metalmecánica: Se vincula con los sectores productivos y en el sector minería. Es considerado un sector avanzado en la parte de industria, ya que posee un efecto multiplicador, además de un arrastre de otros sectores y principalmente genera empleo de nivel calificado, donde sus procesos necesitan de una complejidad de la parte tecnológica y brinda una modernización en el ámbito económico. [18]



Figura 15: Industria Metalmecánica

III. Metodología

Tipo y nivel de investigación

El Tipo de Investigación corresponde a un tipo de carácter Aplicativa, ya que hace uso de conocimientos de ingeniería para ser aplicados a los problemas del sector metalmecánica en máquinas manufactureras.

El Nivel de la Investigación es de carácter Correlacional. Es correlacional ya que la variable independiente y dependiente tienen una relación a evaluar.

Diseño de investigación

El diseño de esta investigación corresponde a un diseño experimental, ya que se manipulará la variable independiente para analizar los efectos que se originan en la variable dependiente. En esta investigación la variable independiente es el diseño del taladro de columna automatizado y la variable dependiente es el control de la perforación y sujeción de la pieza. Finalmente, este estudio se enfoca en el diseño de un taladro de columna automatizado y de que manera el sistema de control influye positivamente en la perforación y sujeción de piezas a mecanizar.

Población y muestra

La población comprende las máquinas de perforación más utilizados en la industria metalmecánica.

La muestra para llevar a cabo la investigación se tomó como unidad de estudio el taladro de columna automatizado.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada para la recolección de datos empleada en la investigación fue mediante encuestas con las empresas metalmecánicas con apoyo de los operarios del taladro de columna convencional. Además, se usará la observación a través de archivos audiovisuales, fichas técnicas de los taladros de columna para su posterior análisis.

Diseño de investigación

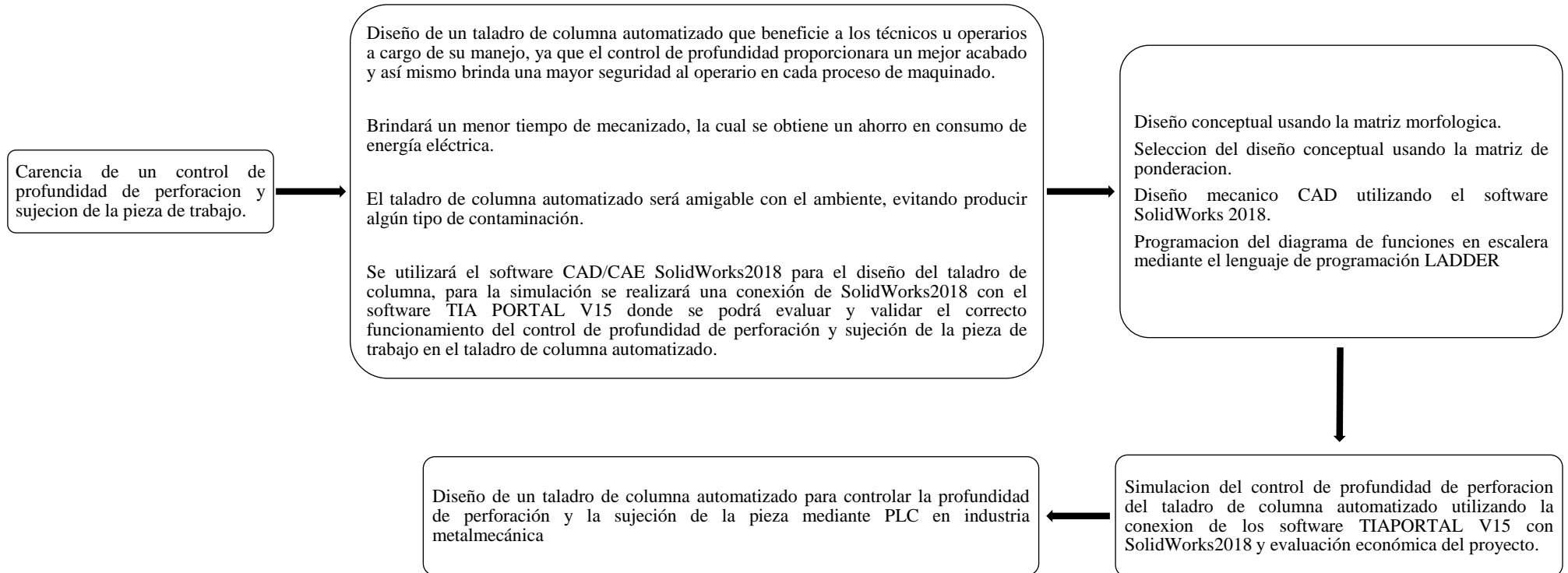


Figura 16: Diseño de Investigación

Operación de variables

Tabla 1: Operación de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Diseño de un taladro de columna automatizado mediante PLC.</p>	<p>Máquina de perforación automática cargada con sensores que utilizan un algoritmo de control para realizar la perforación de forma autónoma. [8]</p>	<p>El diseño de un taladro de columna automatizado el cual se medirá a través del PLC mediante la programación secuencial del proceso de perforación.</p>	<p>Programación de procesos secuenciales</p>	<p>Lenguaje de programación</p> <p>PLC</p>	<p>LADDER</p> <p>Profundidad (mm)</p>

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Control de la profundidad de perforación y la sujeción de la pieza.</p>	<p>El sistema de perforación es una colección de varios sistemas que incluyen sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos, hardware, software y de datos. [19]</p>	<p>El control de profundidad de perforación y sujeción de pieza de trabajo el cual se medirá mediante los sistemas de control.</p>	<p>Control de profundidad de perforación a la pieza de trabajo y la sujeción de esta.</p>	<p>Longitud</p> <p>Presión</p>	<p>mm</p> <p>Pa</p>

Matriz de consistencia

Tabla 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
¿De qué manera influye el diseño de un taladro de columna automatizado en el control de la profundidad de perforación y sujeción de piezas para la industria metalmeccánica?	GENERAL	GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE Diseño de un taladro de columna automatizado mediante PLC. INDICADORES: Lenguaje de programación LADDER PLC (PROFUNDIDAD) VARIABLE DEPENDIENTE Control de la profundidad de perforación y la sujeción de la pieza. INDICADORES: Longitud (mm) Presión (Pa)	DISEÑO DE INVESTIGACION Tipo aplicada-correlacional TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS En este proyecto de investigación se usará la observación a través de archivos audiovisuales, además de encuestas a trabajadores técnicos, y fichas de registros. POBLACION Y MUESTRA La unidad de estudio es el taladro de columna automatizado. La población serán las máquinas de perforación más utilizados en la industria metalmeccánica.
	Diseñar un taladro de columna automatizado para controlar la profundidad de perforación y sujeción de la pieza utilizando PLC en la industria metalmeccánica.	Si se diseña un taladro de columna automatizado utilizando PLC, entonces, se lograría un control de profundidad de perforación y una sujeción de la pieza de trabajo en la industria metalmeccánica.		
	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS		
	1. Realizar un análisis de capacidades operacionales de los tipos de taladros de columna que son más utilizados en la industria metalmeccánica, utilizando una matriz de comparación.	1. Si se realiza un análisis de capacidades operacionales de los tipos de taladros de columna utilizando una matriz de comparación, entonces, se obtendrá las funcionalidades de los taladros de columna más adecuados, en la industria metalmeccánica.		
	2. Diseñar el taladro de columna automatizado con un sistema de control de perforación y sujeción de la pieza de trabajo.	2. Si se diseña el taladro de columna automatizado con un sistema de control de perforación y sujeción de la pieza de trabajo, entonces, el diseño final cumplirá los requerimientos solicitados para su funcionamiento.		
3. Elaborar un diagrama de funciones en escalera mediante el lenguaje de programación LADDER implementando en el controlador lógico programable (PLC) para controlar la profundidad de perforación y sujeción de la pieza de trabajo.	3. Si se elabora un diagrama de funciones en escalera mediante el lenguaje de programación LADDER implementando en el controlador lógico programable (PLC), entonces, se desarrollará la programación secuencial del taladro para controlar la profundidad de perforación y la sujeción de la pieza.			
4. Realizar la evaluación económica del proyecto	4. Si se realiza la evaluación económica del proyecto, entonces, se determinará una inversión accesible para automatizar el taladro de banco.			

IV. Resultados

4.1. Identificación de las Capacidades Operacionales de los Tipos de Taladros de Columna

La identificación de las capacidades operaciones de los tipos de taladros de columna se obtuvieron realizando entrevistas uno a uno con los operadores de la máquina. Primero nos centramos en las necesidades al momento de su uso, centrándose en la necesidad del usuario.

Proceso de especificación del taladro

Las especificaciones del objeto de estudio, en este caso el taladro de columna, son basadas en las necesidades del cliente. Por esa razón, desarrollamos una lista de necesidades del cliente en función de valores ideales y admisibles. La Tabla 2, muestra una lista con la identificación de las necesidades del cliente, frente a la automatización del taladro, dando una importancia (Imp) a cada necesidad como corresponde.

Tabla 3: Identificación de necesidades del cliente

N°	NECESIDAD	Imp
1	La Automatización sostiene las piezas de acero a perforar.	5
2	La Automatización mueve el husillo automáticamente.	5
3	La Automatización efectúa perforaciones en madera, metal, plástico y otros materiales.	3
4	La Automatización permite aplicaciones más numerosas, frecuentes, complejas, rigurosas y/o de alta precisión.	4
5	La Automatización permite operaciones de mecanizado, tales como escariado, roscado, redoblado, avellanado y rectificado.	3
6	La Automatización logra montarse sobre un soporte, o bien atornillarse al piso o a una mesa o banco de trabajo.	2
7	La Automatización las capacidades de perforación van de los 13 mm a los 40 mm de diámetro.	1
8	La Automatización producir agujeros cilíndricos en una pieza con herramientas de arranque de viruta.	3
9	La Automatización brinda una máquina fija, de gran tamaño y potencia.	3
10	La Automatización proporciona una guía laser para mecanizado con dimensiones más exactas.	5

De la Tabla anterior, se puede rescatar que existe una mayor importancia en que la automatización sostenga las piezas de trabajo al momento de perforar (Necesidad N°01)

y mueva el husillo automáticamente (Necesidad N°02). Además de cubrir la necesidad de proporcionar una guía laser para lograr un mecanizado con mayor exactitud (Necesidad N°10).

Luego de establecer un conjunto de especificaciones que explican, con detalles precisos y medibles las necesidades, elaboramos una lista de métricas que reflejen en forma tan directa como es posible, el grado al cual el taladro propuesto satisface las necesidades del operario al realizar el mecanizado. En la Tabla 3, se muestra una lista de métricas relacionadas con las necesidades mostradas en la lista de la Tabla 2, agregando de igual manera la importancia y la unidad con la que será medible cada una de las métricas.

Tabla 4:Lista de métricas para el diseño

Valor N°	Necesidad	Métrica	Imp	Unidad
1	1	Sistema de sujeción por vacío	5	Pa, bar
2	2	Sistema de control automático de perforación	5	mm
3	3;5;8	Movimiento de corte	3	mm
4	3;5;8	Velocidad de corte	3	m/min
5	3;5;8	Velocidad del husillo	3	rpm
6	4;10	Precisión	5	mm
7	6;9	Ajuste adecuado de atornillado	3	psi
8	7	Tamaños de brocas para perforación	3	mm

De la Tabla anterior, podemos destacar la importancia de las dos primeras métricas que están en relación con las dos primeras necesidades de la lista de la Tabla 2, obteniendo una importancia de 5. De la misma manera destaca la métrica de Precisión (Métrica N°06) que está en relación con la necesidad 4 y 10, con una importancia de 5.

Se puede deducir que las necesidades con mayor importancia, junto con sus métricas, son las que se priorizaran durante el desarrollo del sistema automatizado acoplado al taladro de columna.

Una vez tengamos la lista de necesidades del usuario y de métricas, lo relacionamos y formamos una matriz de Necesidades – Métricas, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 5: Matriz de Necesidades -Métricas

		N°	1	2	3	4	5	6	7	8
		Métrica	Sistema de sujeción por vacío	Sistema de control automático de perforación	Movimiento de corte	Velocidad de corte	Velocidad del husillo	Precisión	Ajuste adecuado de atornillado	Tamaños de brocas para perforación
N°	NECESIDAD									
1	<i>sostiene las piezas de acero a perforar.</i>		●							
2	<i>mueve el husillo automáticamente.</i>			●						
3	<i>efectúa perforaciones en madera, metal, plástico y otros materiales.</i>				●	●	●			
4	<i>permite aplicaciones más numerosas, frecuentes, complejas, rigurosas y/o de alta precisión.</i>							●		
5	<i>permite operaciones de mecanizado, tales como escariado, roscado, redoblado, avellanado y rectificado.</i>				●	●	●			
6	<i>logra montarse sobre un soporte, o bien atornillarse al piso o a una mesa o banco de trabajo.</i>								●	
7	<i>las capacidades de perforación van de los 13 mm a los 40 mm de diámetro.</i>									●
8	<i>producir agujeros cilíndricos en una pieza con herramientas de arranque de viruta.</i>				●	●	●			
9	<i>brinda una máquina fija, de gran tamaño y potencia.</i>								●	
10	<i>proporciona una guía laser para mecanizado con dimensiones más exactas.</i>							●		

Criterios para la selección de componentes

Para realizar la selección de los componentes del sistema de control automatizado acoplado al taladro de columna, se tendrá en cuenta ocho criterios:

Función

El sistema automatizado de acople al taladro de columna debe tener la capacidad de realizar un control de perforación a diferentes distancias, además contar con características en lo funcional y económico.

Programación

El sistema automatizado contará la con programación adecuada para dicho control, que sea capaz de una fácil configuración y adecuado para la industria metalmecánica.

Conectividad

La comunicación del sistema automatizado con cada componente debe ser cableada y fácil conexión.

Peso

El sistema automatizado acoplado al taladro de columna no debe pesar demasiado, esto se tendrá en cuenta para ser accesible a un traslado óptimo de la máquina.

Montaje

Los componentes del sistema automatizado deben tener un fácil acople al taladro para poder acceder a cada uno de ellos y lograr el mantenimiento de cada uno de los componentes.

Operatividad

El diseño del sistema automatizado deberá permitir al operador maniobrar con facilidad y comodidad el equipo.

Seguridad










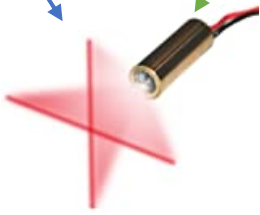

El sistema automatizado debe ser confiable y estable para evitar accidentes al operador y daños al equipo.




Durabilidad

Es esencial que los cada uno de los componentes que conforman el sistema automatizado acoplado al taladro de columna no se desgaten en poco tiempo.

Matriz Morfológica Del Diseño

Tabla 6: Matriz Morfológica

Componente	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Motor			
Mecanismo de sujeción			
Controlador			
Laser guía			

Tipo de línea	Concepto de Solución
	1
	2
	3
	4

Concepto de solución 1

Consiste en un acople de un Motor AC en la posición del mecanismo de avance del taladro para realizar el avance del husillo, además de un actuador cilíndrico neumático para el mecanismo de sujeción de la pieza a trabajar. Para la parte de programación, se utiliza un microcontrolador PIC, para controlar el motor AC, el actuador cilíndrico neumático y un Diodo módulo de láser rojo Cruz, el cual servirá como guía al momento de realizar la perforación.

Concepto de solución 2

Consiste en un acople de un Motor AC en la posición del mecanismo de avance del taladro para realizar el avance del husillo, además de un actuador eléctrico lineal para el mecanismo de sujeción de la pieza a trabajar. Para la parte de programación, se utiliza un Arduino Mega, para controlar el motor AC, el actuador eléctrico lineal y un Sensor laser Analógico, el cual servirá como guía al momento de realizar la perforación.

Concepto de solución 3

Consiste en un acople de un Servomotor en la posición del mecanismo de avance del taladro para realizar el avance del husillo, además de un actuador eléctrico lineal para el mecanismo de sujeción de la pieza a trabajar. Para la parte de programación, se utiliza un Controlador PLC, para controlar el Servomotor, el actuador eléctrico lineal y un Laser de punto, el cual servirá como guía al momento de realizar la perforación.

Concepto de solución 4

Consiste en un acople de un Servomotor en la posición del mecanismo de avance del taladro para realizar el avance del husillo, además de un Vacuum Table para el mecanismo de sujeción de la pieza a trabajar. Para la parte de programación, se utiliza un Controlador PLC, para controlar el Servomotor, el Vacuum Table y un Diodo módulo de láser rojo Cruz, el cual servirá como guía al momento de realizar la perforación.

Evaluación de los conceptos de solución

Tabla 7: Evaluación técnica

<i>P = Puntaje</i>												
<i>1 = Muy Malo; 2 = Malo; 3 = Regular; 4 = Bueno; 5 = Muy Bueno</i>												
<i>Pc = Ponderación de criterio</i>												
Variantes de Evolución			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución Ideal	
N°	Criterios de Evaluación	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc
1	Función	5	4	20	4	20	4	20	4	20	5	25
2	Programación	4	3	15	4	20	4	20	5	25	5	25
3	Conectividad	4	2	10	4	20	5	25	5	25	5	25
4	Peso	5	2	10	2	10	5	25	5	25	5	25
5	Montaje	4	3	15	3	15	4	20	4	20	5	25
6	Operatividad	4	3	15	3	15	4	20	5	25	5	25
7	Seguridad	5	2	10	3	15	4	20	5	25	5	25
8	Durabilidad	4	4	20	4	20	4	20	5	25	5	25
Puntaje máximo P o Pc		35	23	115	27	135	34	170	38	190	40	200
Valor técnico Xi		-	0.58		0.68		0.85		0.95		1.00	
Orden de selección		-	4		3		2		1		-	

Tabla 8: Evaluación económica

<i>P = Puntaje</i>												
<i>1 = Muy Malo; 2 = Malo; 3 = Regular; 4 = Bueno; 5 = Muy Bueno</i>												
<i>Pc = Ponderación de criterio</i>												
Variantes de Evolución			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución Ideal	
N°	Criterios de Evaluación	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc
1	Costo de componentes	5	5	25	5	25	4	20	4	20	5	25
2	Costo de maquinado	4	3	15	3	15	5	25	5	25	5	25
3	Costo de montaje	3	2	10	3	15	4	20	5	25	5	25
Puntaje máximo P o Pc		12	10	50	11	55	13	65	14	70	15	75
Valor económico Yi		-	0.67		0.73		0.87		0.93		1.00	
Orden de selección		-	4		3		2		1		-	

Tabla 9: Evaluación Total

	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	Solución Ideal
Valor técnico X_i	0.58	0.68	0.85	0.95	1.00
Valor económico Y_i	0.67	0.73	0.87	0.93	1.00

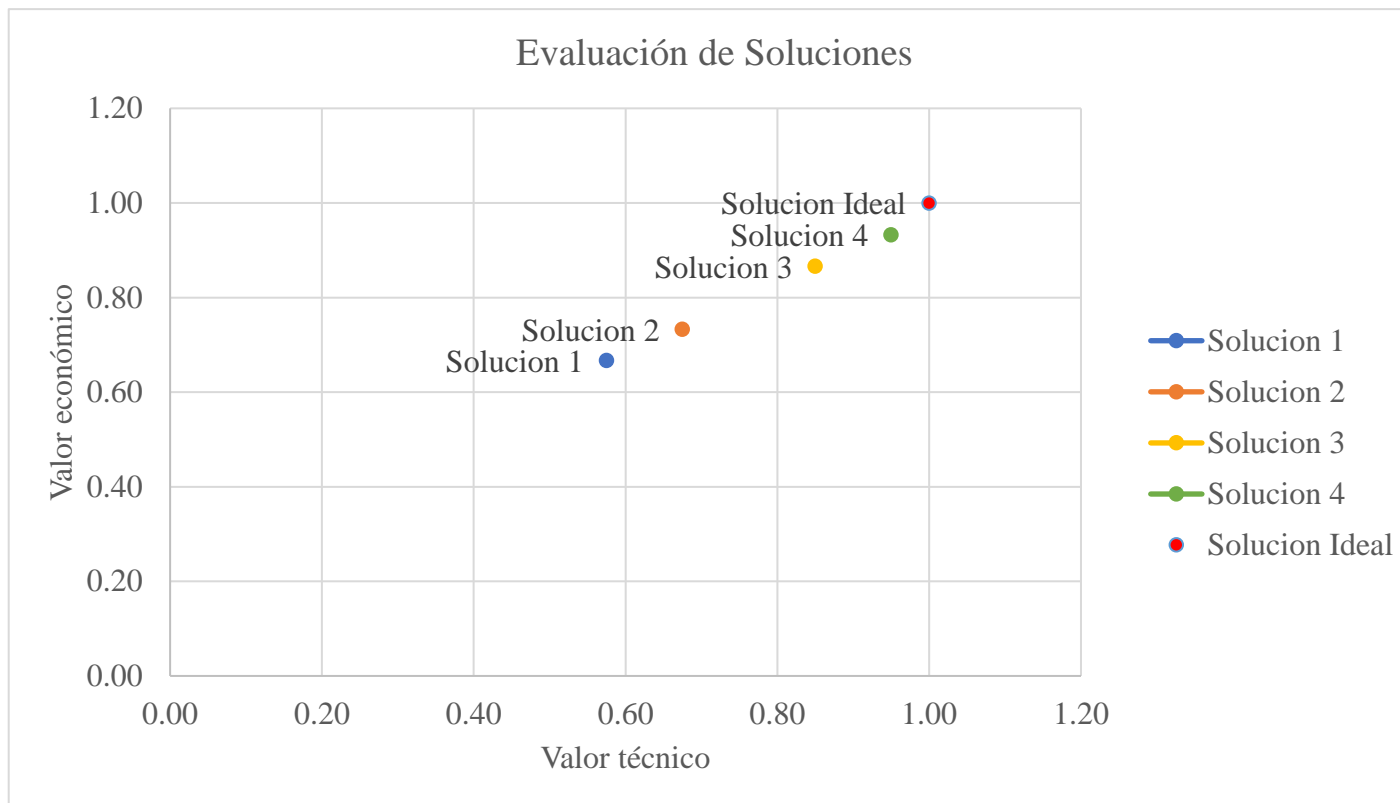


Figura 17: Diagrama de evaluación final técnico – económica

Con ayuda de la evaluación de los conceptos de solución, apoyado en las tablas de evaluación técnica y económica; podemos observar en el diagrama de evaluación final que el diseño más idóneo es la solución 4.

Lista de Taladros de Columna

A continuación, se detalla la información recolectada de cada taladro de columna por medio de la encuesta realizada a los talleres metalmeccánico de Chiclayo.

Taladro N°01

En la Tabla 9, se muestra las características del Taladro N°01, indicando la marca, modelo, capacidad, voltaje y su potencia.

Tabla 10: Características del Taladro N°01

TALADRO N°01	
Marca	KAILI INDUSTRIAL USA – PROFESSIONAL
Modelo	ZJQ5125
Capacidad	25mm
Voltaje	220v
Potencia	1100W

En la Figura 18, se indica las medidas del Taladro N°01, obtenidas despues de ir a la empresa metalmeccanica a realizar las respectivas mediciones necesarias para su diseño.

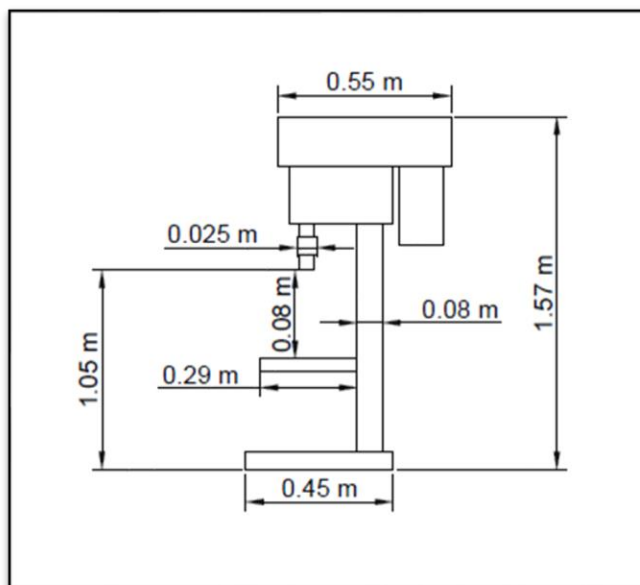


Figura 18: Medidas del taladro N°01.

En la Figura 19, se muestra la vista isométrica del Taladro N°01 tomada al momento de ir al taller para tomar la información necesaria para su estudio.



Figura 19: Vista lateral del taladro N°01

Además, se muestra en la Figura 20 una imagen del cabezal del Taladro N°01, donde se puede apreciar las 3 poleas que la conforman y sus fajas.



Figura 20: Cabezal del taladro N°01

En la Figura 21, se muestra la combinación de velocidades que posee el Taladro N°01.



Figura 21: Combinación de velocidades del taladro N°01

Taladro N°02

En la Tabla 10, se muestra las características del Taladro N°02, indicando el voltaje, su potencia y su velocidad.

Tabla 11: Características del taladro N°02

TALADRO N°02	
VOLTAJE	220v
POTENCIA	770W
VELOCIDAD	1720rpm

En la Figura 22, se indica las medidas del Taladro N°02, obtenidas después de ir a la empresa metalmeccánica a realizar las respectivas mediciones necesarias para su diseño.

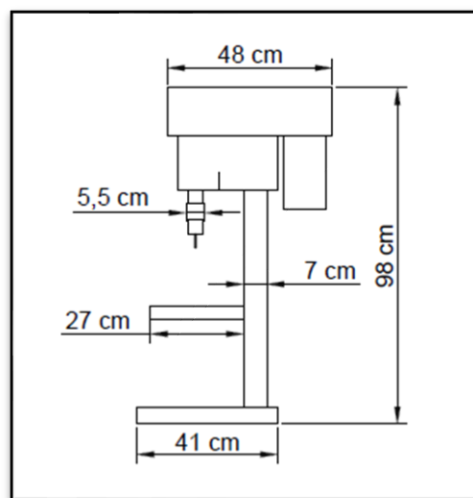


Figura 22: Medidas del taladro N°02.

En la Figura 23, se muestra la vista isométrica del Taladro N°02 tomada al momento de ir al taller para tomar la información necesaria para su estudio.



Figura 23: Vista Isométrica del taladro N°02

Taladro N°03

En la Figura 24, se indica las medidas del Taladro N°03, obtenidas despues de ir a la empresa metalmeccanica a realizar las respectivas mediciones necesarias para su diseño.

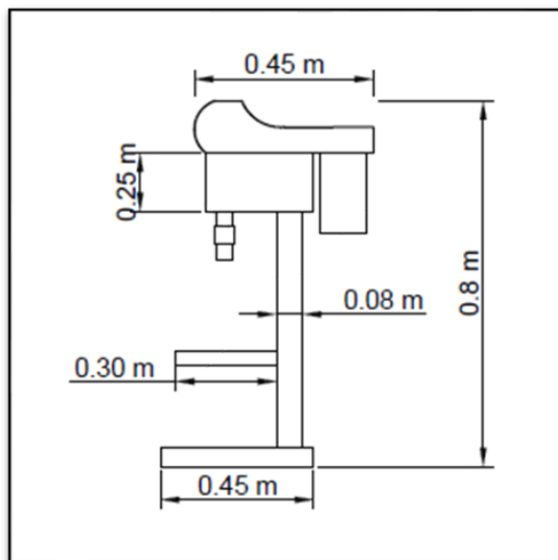


Figura 24: Medidas del taladro N°03.

En la Figura 25, se muestra la vista isométrica del Taladro N°03 tomada al momento de ir al taller para tomar la información necesaria para su estudio.



Figura 25: Taladro de banco N°03

Partes principales del Taladro en Estudio

Para identificar las partes principales del taladro de banco en estudio, se dibujó el diseño CAD en el software SolidWorks2021.

En la Figura 26, se muestra la vista isométrica del dibujo CAD del taladro en estudio, obtenido de Solidworks2021.

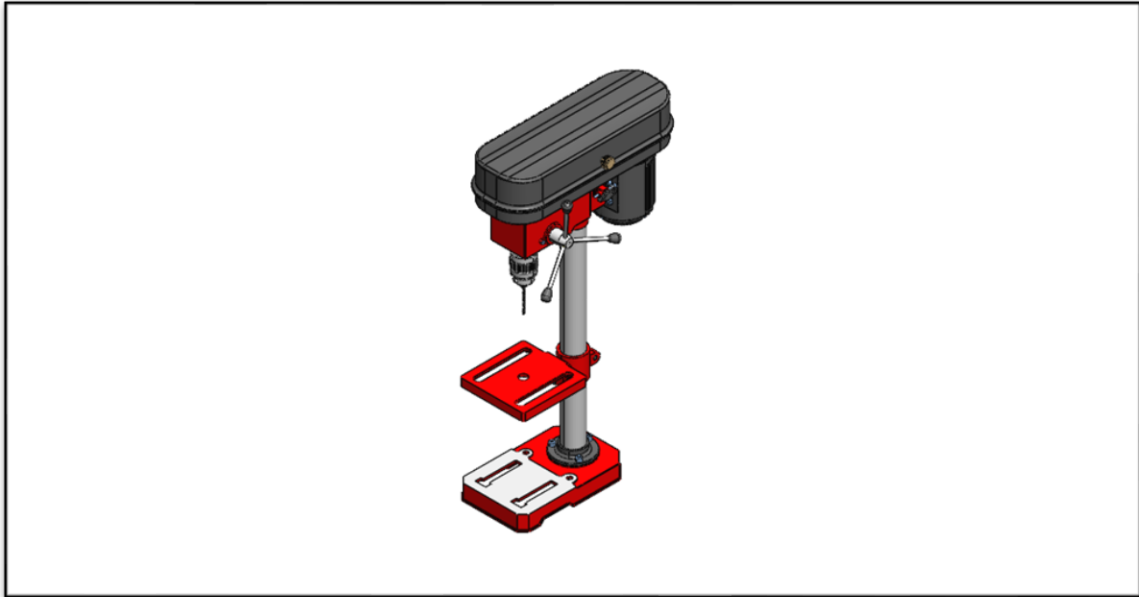


Figura 26: Vista Isométrica del Taladro en estudio.

Base Del Taladro

Esta parte del taladro se fabrica con el material de fundición de hierro, la cual le brinda estabilidad a toda la maquina y liquidez al momento del montaje con la columna del taladro. Además, la base tiene unos agujeros para que pueda atornillarse a una mesa o a un banco.

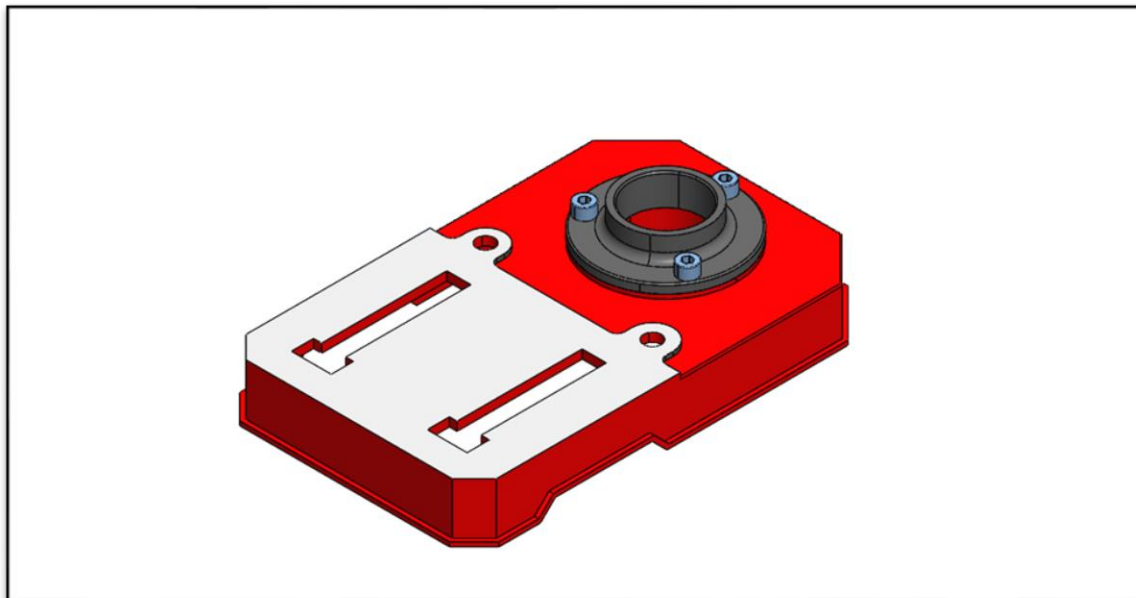


Figura 27: Vista Isométrica de la Base del Taladro en Estudio.

Mesa Del Taladro

La mesa de trabajo donde se apoya la pieza que se desea taladrar, puede tener una forma redonda o rectangular. Esta parte del taladro se posiciona a un ángulo recto con la columna del taladro y posee características como bajar, subir o girar alrededor de la columna del taladro.

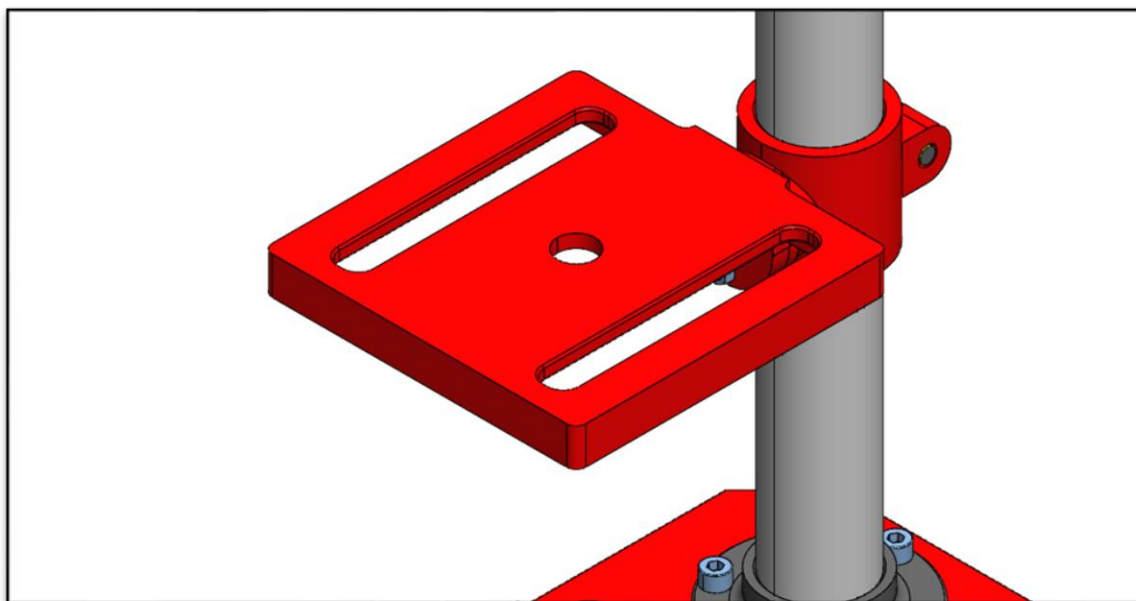


Figura 28: Vista Isométrica de la Mesa del taladro en estudio.

Columna Del Taladro

La columna del taladro tiene una forma cilíndrica, que va ajustado a la base. Además, se realiza el montaje del cabezal de taladro en la parte superior de la columna.

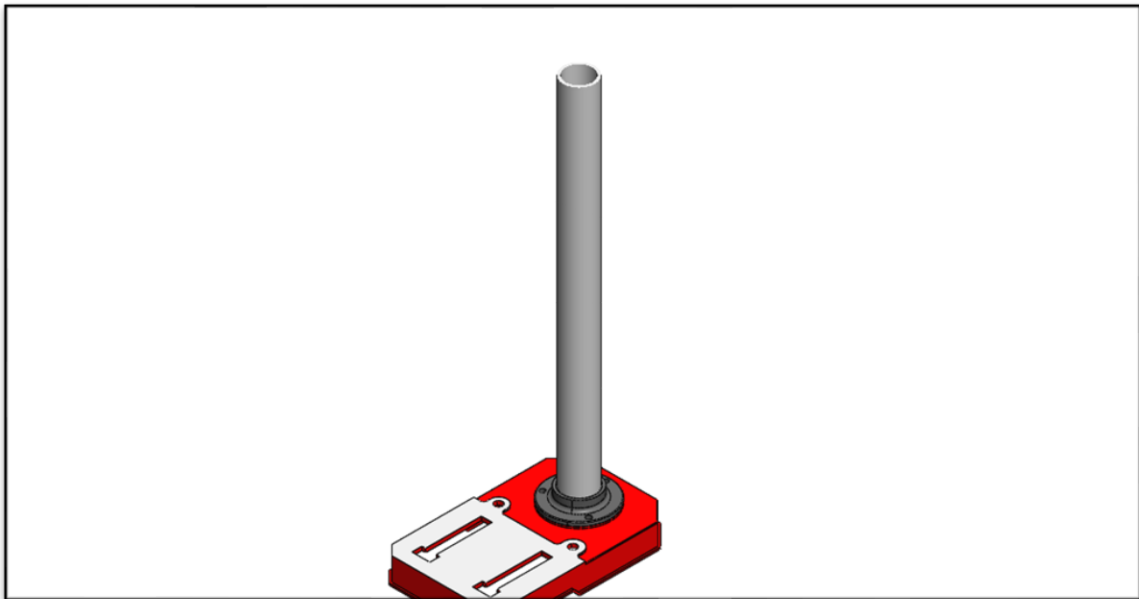


Figura 29: Vista Isométrica de la Columna del taladro en estudio

Cabezal Del Taladro

En esta parte del taladro se encuentra el mecanismo de avance y herramientas de corte para el mecanizado de la pieza de trabajo.

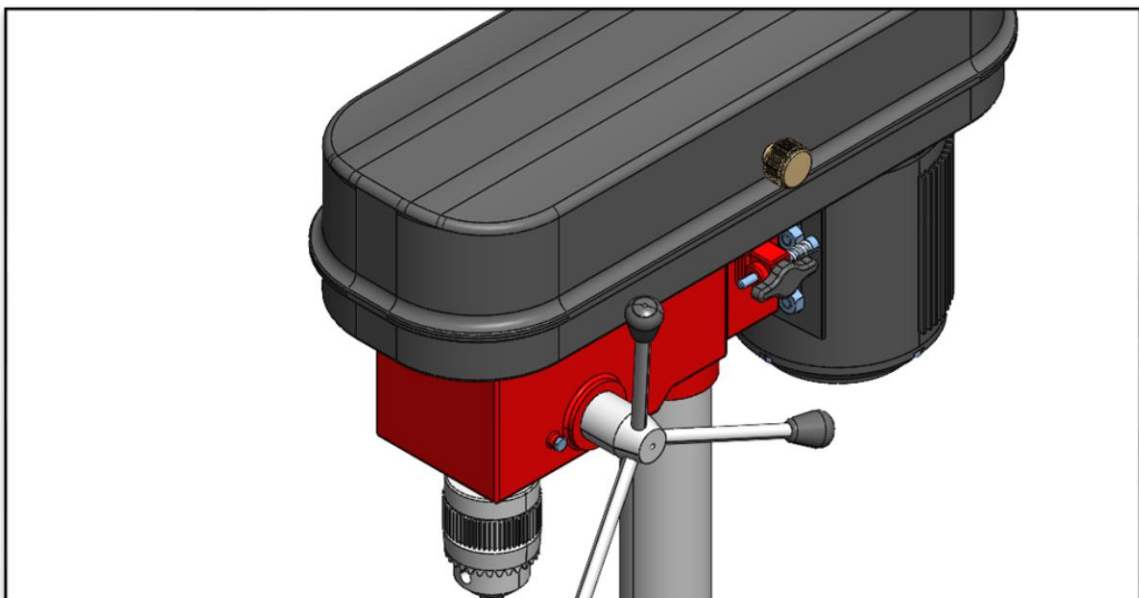


Figura 30: Vista Isométrica del Cabezal del taladro en estudio.

Mecanismo De Avance

El mecanismo de avance consiste en un eje el cual lleva tallado engranaje que transmite la fuerza de tres palancas solidarias al eje y accionadas manualmente para conseguir la fuerza necesaria de penetración para taladrar la pieza.

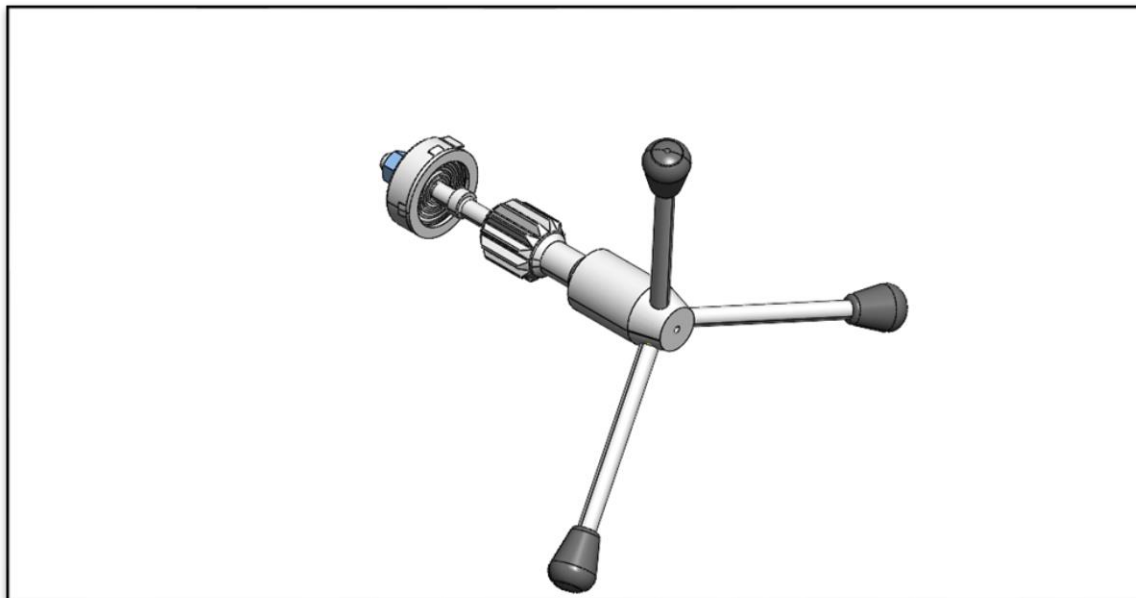


Figura 31: Vista Isométrica del Mecanismo de avance del taladro en estudio.

Husillo

El husillo es un eje montado sobre rodamientos. En un extremo lleva tallado un engranaje que engrana con una de las poleas de transmisión. En el otro extremo lleva un orificio en cono morse, donde se aloja la cola del mandril.

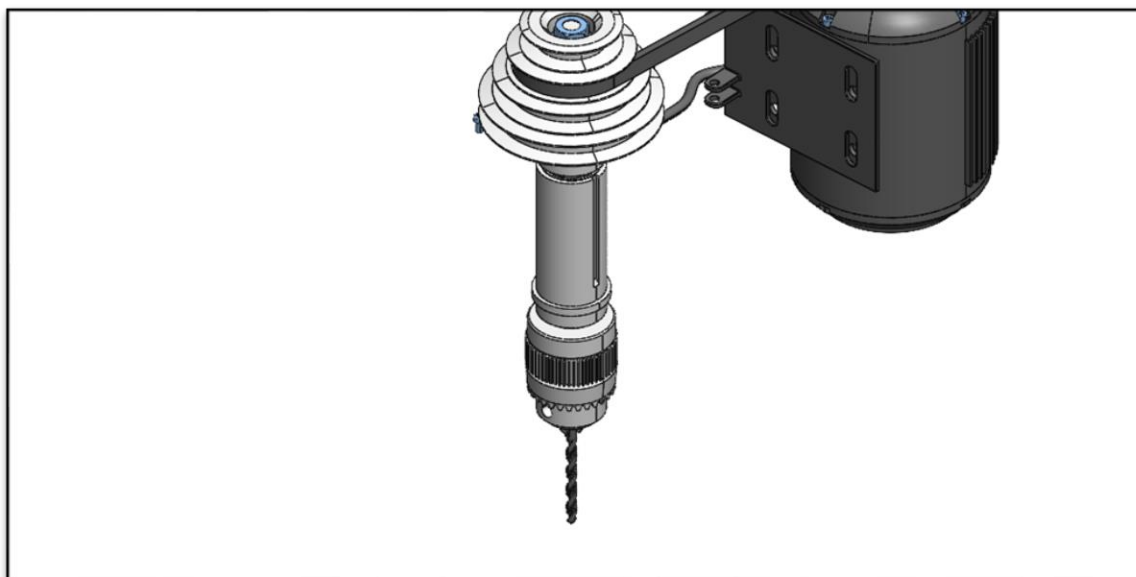


Figura 32: Vista Isométrica del husillo del taladro en estudio

Valores de especificaciones

En la Tabla 11 se muestran los valores de especificaciones con la cual se basa el taladro de columna en estudio. Estos valores servirán de base para el diseño de acople automatizado que se aplicará al taladro de columna.

Tabla 12: Valores de especificaciones del taladro en estudio.

DATOS DEL TALADRO	MODELO – ZJ4113B
<i>Fase</i>	<i>Monofásico</i>
<i>Voltaje</i>	<i>220 V</i>
<i>Potencia</i>	<i>350 W</i>
<i>Velocidad de trabajo</i>	<i>5</i>
<i>RPM</i>	<i>740-3140</i>
<i>Cono del husillo</i>	<i>B16</i>
<i>Cono del mandril</i>	<i>DIN/B16</i>
<i>Capacidad de mandril</i>	<i>1.5-13 mm</i>
<i>Max Capacidad de taladrado</i>	<i>13 mm</i>
<i>Max Recorrido del husillo</i>	<i>50 mm</i>
<i>Dimensiones de la mesa</i>	<i>160 x 160 mm</i>
<i>Dimensiones de la base</i>	<i>290 x 190 mm</i>
<i>Diámetro de la columna</i>	<i>46 mm</i>
<i>Distancia del mandril-columna</i>	<i>105 mm</i>
<i>Distancia mandril-mesa</i>	<i>220 mm</i>
<i>Distancia del mandril-base</i>	<i>300 mm</i>
<i>Altura total</i>	<i>580 mm</i>
<i>Peso</i>	<i>19 kg</i>

RPM – Gama de Velocidades

En la siguiente Figura, se muestra las diferentes velocidades con la que cuenta el taladro de columna en estudio. Se puede observar que el taladro cuenta con 5 velocidades, desde 740 RPM hasta 2602 RPM.

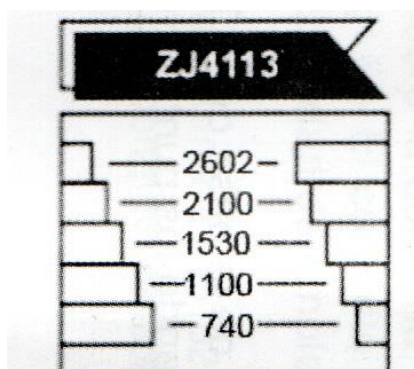


Figura 33: Gama de velocidades del taladro en estudio.

Velocidades recomendadas

En la Figura 34, se visualiza las velocidades óptimas para cada material y en concordancia con el diámetro de la broca con la que se realizara el taladrado.

Material Broca (mm)	Fundición de Hierro	Acero	Hierro Dulce	Aluminio	Bronce
Ø 2	4.000	3.000	3.500	10.000	8.500
Ø 3	2.550	1.600	2.230	9.500	8.000
Ø 4	1.900	1.200	1.680	7.200	6.000
Ø 5	1.530	955	1.340	5.700	4.800
Ø 6	1.270	800	1.100	4.800	4.000
Ø 7	1.090	680	960	4.100	3.400
Ø 8	960	600	840	3.600	3.000
Ø 9	850	530	740	3.200	2.650
Ø 10	765	480	670	2.860	2.400
Ø 11	700	435	610	2.600	2.170
Ø 12	640	400	560	2.400	2.000
Ø 13	590	370	515	2.000	1.640
Ø 14	545	340	480	2.000	1.700
Ø 16	480	300	420	1.800	1.500
Ø 18	425	265	370	1.600	1.300
Ø 20	380	240	335	1.400	1.200
Ø 22	350	220	305	1.300	1.100
Ø 24	320	200	280	1.180	1.000
Ø 26	295	185	255	1.090	920
Ø 28	270	170	240	1.010	850
Ø 30	255	160	225	950	800
Ø 32	240	150	210	890	750

Figura 34: Velocidades recomendadas para el taladrado.

4.2. Diseño del Sistema Automatizado del Control de profundidad de perforación del Taladro de Columna y Sujeción por vacío de la pieza de trabajo

Cálculo de las fuerzas que actúan durante el maquinado

Según el proyecto de fin de carrera “Diseño y cálculo de un taladro de columna” del autor Sergio Barrio Blázquez, Universidad de Zaragoza, obtenemos el siguiente dato: “El resultado de fuerza axial para un caso extremo es de 944 N, valor con el que se comprueba el eje que aloja el portabrocas”.

Comprobando dicho valor en el software online de propiedad de la compañía ISCAR, se aprecia que la fuerza axial durante el proceso de taladrado tiene un valor de 943.62 N, como se observa en la Figura 35. Este valor se aproxima al obtenido en el anterior proyecto.

The screenshot shows the MP software interface for calculating drilling parameters. On the left is a navigation menu with options like 'Machining Power (Full)', 'Vc/n - Cutting / Spindle speed', 'Vf - Feed speed', 'P/T - Power / Torque', 'Q - Material removal rate', 'F - Cutting forces', and 'T - Cutting time'. The main area features a diagram of a drill bit cutting into a workpiece, with labels for 'SIG' (point angle), 'd' (pre-drilled hole diameter), and 'DC' (cutting diameter). To the right, a form allows input of various parameters:

- Cutting diameter (DC): 13 mm
- Pre-drilled hole diameter (d): 0 mm
- Face effective cutting edge count (ZEPF): 2
- Feed per revolution (f_r): 0.08 mm
- Workpiece material: AISI 1095
- Effective rake angle (γ): 0 deg.
- Point angle (SIG): 118 deg.

Buttons for 'Reset' and 'Calculate' are present. Below the form, the calculated 'Axial Force' is displayed as 943,62 N, highlighted with a red box.

Figura 35: Software Online sobre potencia en mecanizado.

Con ese valor obtenido, procedemos a realizar las demás operaciones, como la selección de los componentes que se acoplarán al sistema del taladro y el análisis de fatiga en el cabezal y el eje del mecanismo de avance del taladro de columna.

Mecanismo piñón – cremallera

Este tipo de mecanismo se encuentra presente en el sistema de avance del taladro de columna, como se puede apreciar en la siguiente Figura.

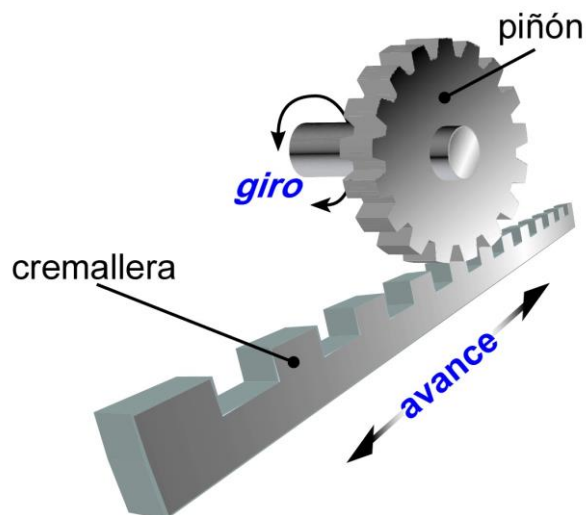


Figura 36: Mecanismo piñón-cremallera

Como se puede apreciar en el dibujo CAD, el radio del eje piñón del mecanismo de avance del taladro, tiene un radio de 14.22 mm. Este valor nos servirá para hallar el torque que actúa en el eje y el mismo que tendrá efecto en el servomotor.

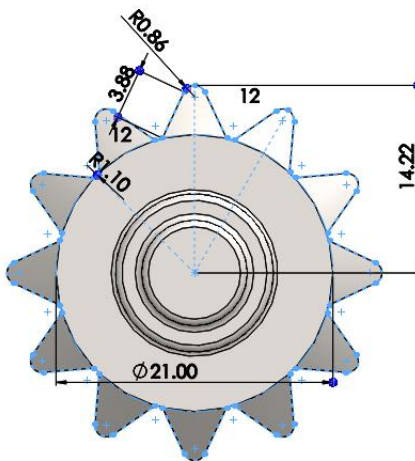


Figura 37: Radio del eje piñón

El torque en el eje piñón, tiene relación con el valor de la fuerza axial obtenida anteriormente, de 944 N, obteniendo un torque de:

$$T = F \times d$$

$$T = 944 \times 14.22 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$T = 13.42 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm} = 13.42 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Finalmente, el torque que actúa en el mecanismo piñón-cremallera es de 13.42 N.m.

Control de avance del Mecanismo piñón – cremallera

Este sistema permite una relación entre la velocidad de giro del piñón (N) y la velocidad lineal de la cremallera (V).

Esta relación depende de dos factores: la cantidad de dientes que posee el piñón (Z) y la cantidad de dientes por cada centímetro que posee la cremallera (n).

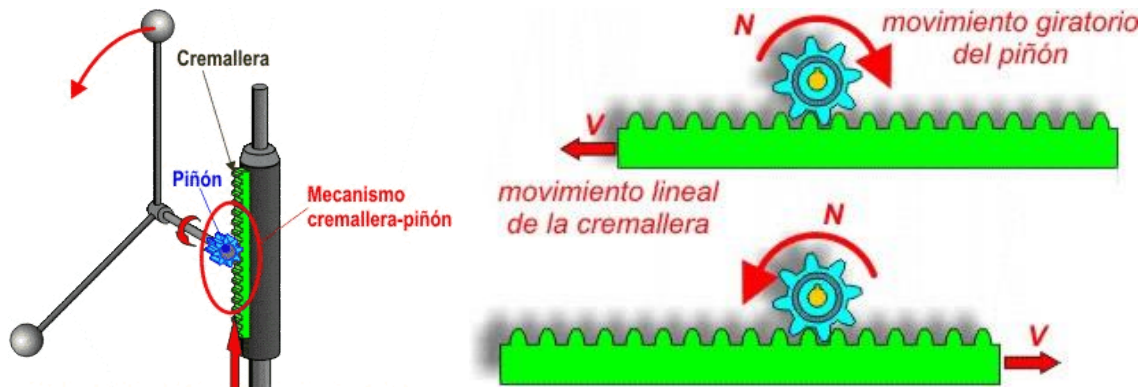


Figura 38: Control de avance en un mecanismo piñón-cremallera

Por lo tanto, cuando el piñón realice una vuelta completa, la cremallera tendrá un desplazamiento determinado por la cantidad de dientes que tenga el piñón.

Así tenemos que la distancia se plantea mediante la siguiente ecuación:

$$d = z/n$$

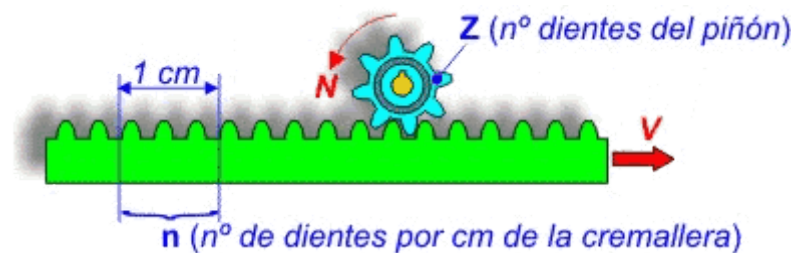


Figura 39: Relación de avance entre el piñón y la cremallera

El número de dientes (Z) que presenta el eje piñón es de 12 dientes, como se observa en la siguiente figura.

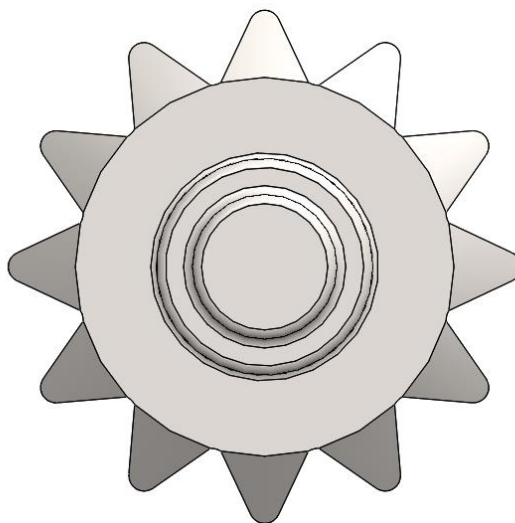


Figura 40: Número de dientes del eje piñón.

El número de dientes por centímetro de cremallera (n) es de 2 dientes, como se puede apreciar en la Figura 41.

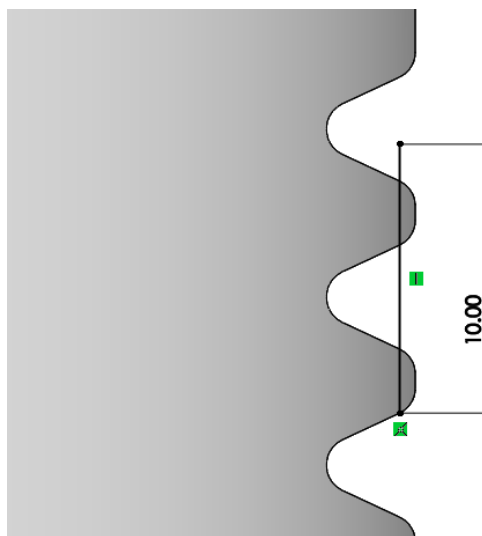


Figura 41: Número de dientes por centímetro de cremallera.

Por lo tanto, la relación de avance se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$d = z/n$$

$$d = \frac{12}{2}$$

$$d = 6$$

En conclusión, por cada vuelta completa del eje piñón, el avance de la cremallera será de 6 cm.

La velocidad del desplazamiento en el mecanismo se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = N \cdot (z/n)$$

Donde, la velocidad de giro del piñón (N) tiene unidades en revoluciones por minuto (r.p.m.), y la velocidad lineal de la cremallera (V) tiene unidades en centímetros por minuto (cm/minuto).

Selección del servomotor

Para la selección del servo, tenemos en cuenta el torque en el caso más extremo con un valor de 13.42 N.m, y la velocidad del servomotor con un valor de 3000 rpm, dichos valores sirven para encontrar la potencia del servomotor de los catálogos, obteniendo un valor de 0.4kW:

Servomotor 1FL6034-2AF21-1AA1



Figura 42: Servomotor a utilizar

Dimensión del servomotor (unidad = mm)

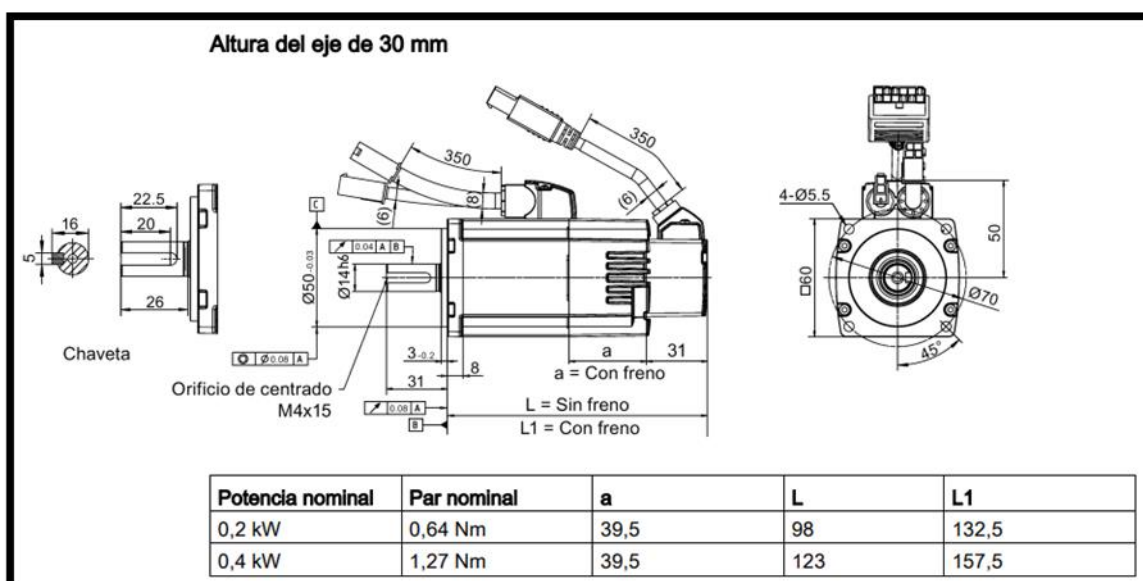


Figura 43: Dimensiones del servomotor

Driver- modelo 6SL3210-5FB10-4UF1



Figura 44:Driver SINAMIC V90

Selección del Vacuum Table

Para la selección del Vacuum table, tenemos en cuenta el dimensionamiento realizado anteriormente en el software AUTOCAD, con estas medidas elegiremos en los catálogos.

Modelo: RAL series



Figura 45: Vacuum Table o Mesa de vacío

De todos los modelos, elegimos por sus dimensiones de 200x200 mm el modelo VT2020 RAL.

Item Name	Part No.	Ex Dimension (mm)	Clamping Area (mm)	Vacuum Chambers
VT2012 RAL	VT2012-RAL	216 x 136 x 20	200 x 120	2
VT2020 RAL	VT2020-RAL	216 x 216 x 20	200 x 200	2
VT3020 RAL	VT3020-RAL	316 x 216 x 20	300 x 200	3
VT4020 RAL	VT4020-RAL	416 x 216 x 20	400 x 200	4
VT4030 RAL	VT4030-RAL	416 x 316 x 20	400 x 300	4
VT5030 RAL	VT5030-RAL	516 x 316 x 20	500 x 300	5
VT5040 RAL	VT5040-RAL	516 x 416 x 20	500 x 400	5
VT6040 RAL	VT6040-RAL	616 x 416 x 20	600 x 400	6
VT7050 RAL	VT7050-RAL	716 x 516 x 20	700 x 500	7
VT10060 RAL	VT10060-RAL	1016 x 616 x 20	1000 x 600	10

Bomba de Vacío

Para la selección de la bomba de vacío, tenemos en cuenta las dimensiones de las piezas que queremos realizar vacío, en este caso realizaremos el proceso de taladrado a piezas pequeñas, por lo tanto, elegimos una bomba con potencia de 0.75kW obtenido de los catálogos:

LIQUID RING - L.S.V.U - ST 25



Figura 46: Bomba de vacío

Especificaciones

Potencia del motor: 0,75 kW 1 ~ 220V 60Hz

Velocidad del motor: 2.800 rpm

Salida de líquido: 250 L / h

Desplazamiento nominal / caudal volumétrico: 24 m³ / h

Peso: ca. 21 kg

Largo/ancho/alto: 600x250x560 mm



Figura 47: Diferentes vistas de la bomba

Sistema de acople al taladro de columna

El taladro de columna en estudio, es el **TALADRO N°02**. Este taladro de columna trabaja a un voltaje de 220v, con una potencia de 350W y con velocidad de 3140rpm.

Las partes principales del taladro de columna estudiado, se describe en la Figura 31:

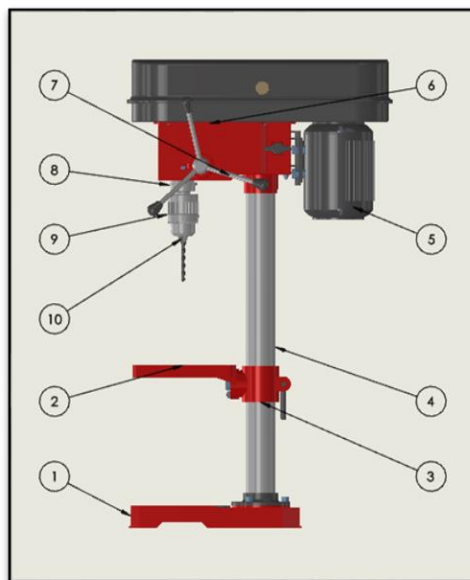


Figura 48: Identificación de cada elemento del taladro

Tabla 13: Elementos principales del Taladro de columna en estudio.

No DE ELEMENTO	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	BASE	1
2	MESA	1
3	REGULADOR DE MESA	1
4	COLUMNA	1
5	MOTOR	1
6	CABEZAL	1
7	MECANISMO DE AVANCE	1
8	HUSILLO	1
9	CHUCK	1
10	BROCA	1

La Sección A, como indica la siguiente figura, es donde se realizará el acople es en la parte del CABEZAL del taladro de columna, el cual servirá como soporte del motor paso a paso que controlará la profundidad de perforación mediante el movimiento del husillo.

Para realizar el control automático de profundidad de perforación, retiraremos el MECANISMO DE AVANCE del taladro de columna, y en su lugar acoplamos el motor

paso a paso a una distancia aproximada de 17 cm, el cual controlara el avance del husillo, controlando así la profundidad al momento de realizar el proceso de perforación.

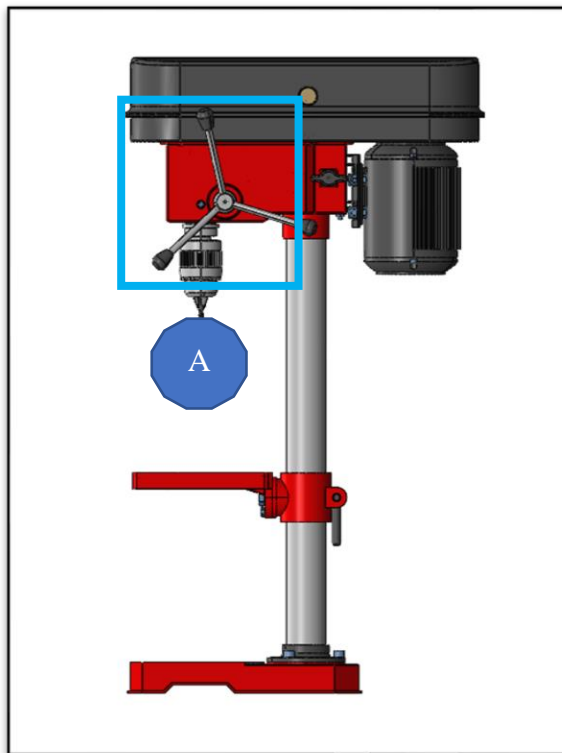


Figura 49: Sección A donde se acopla el sistema automatizado en el taladro.

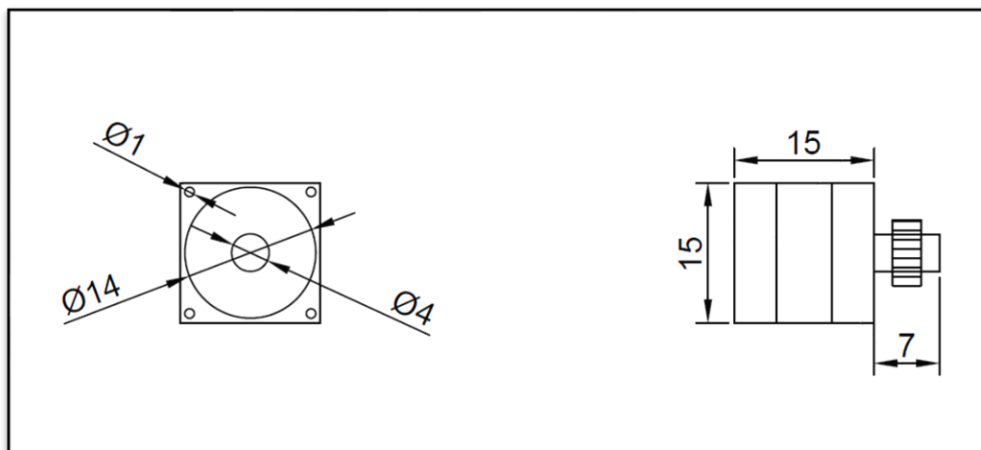


Figura 50: Plano de medidas del servomotor utilizado en el acople.

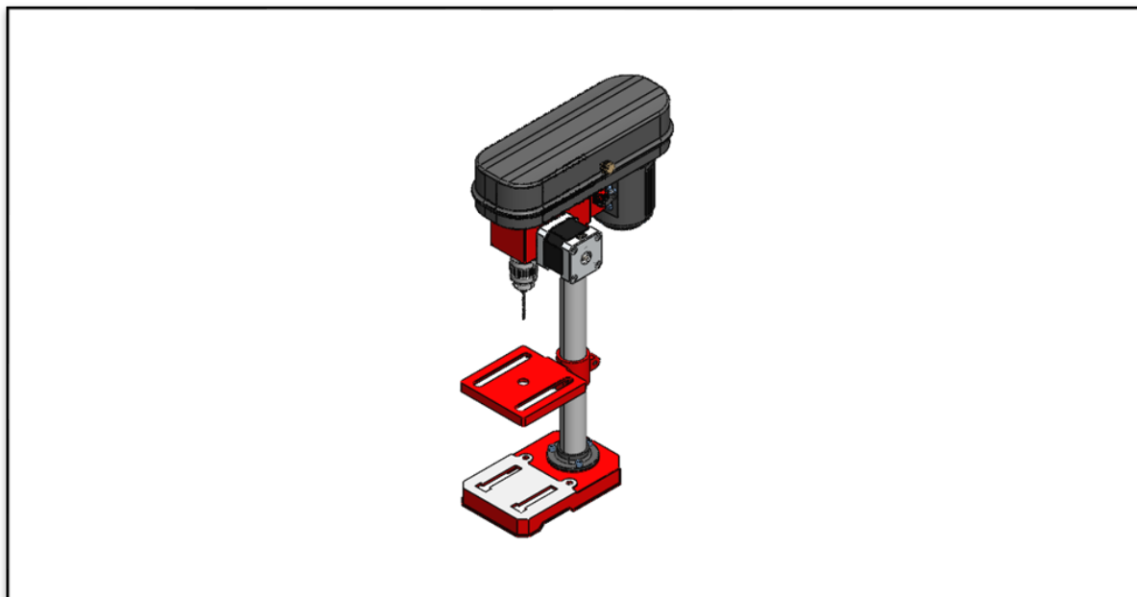


Figura 51: Vista Isométrica del taladro acoplado con el servomotor.

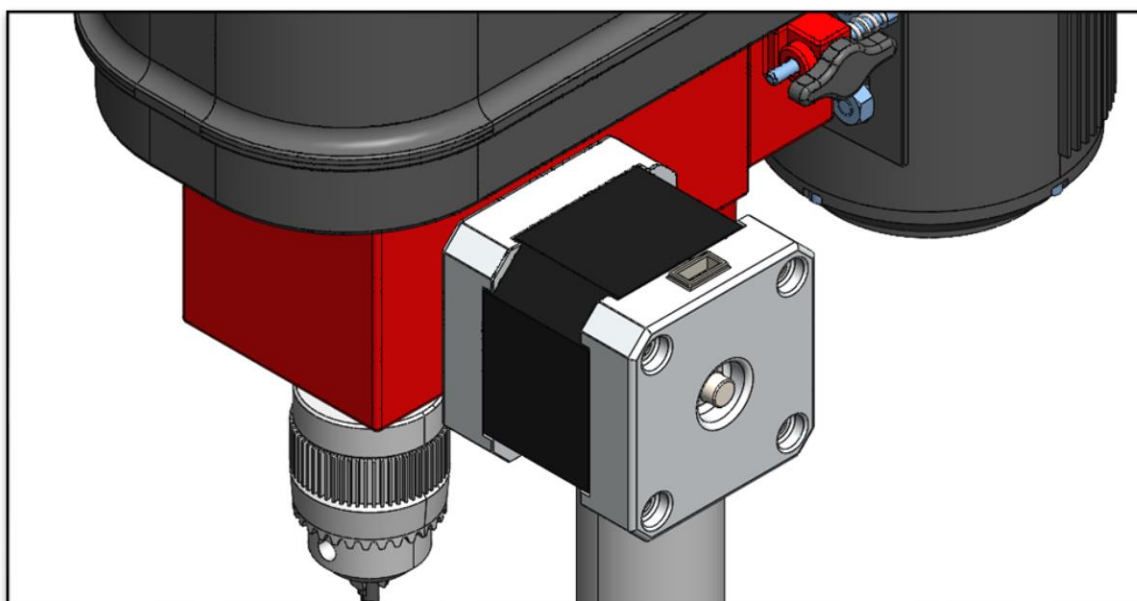


Figura 52:Ampliacion de la vista isométrica del servomotor.

Para la Sección B, se implementa la sujeción por vacío de las piezas de trabajo, acoplando a la MESA del taladro de columna una nueva MESA con mecanismos de sujeción automática que será controlado por el PLC para lograr una mejor precisión al momento de realizar la perforación:

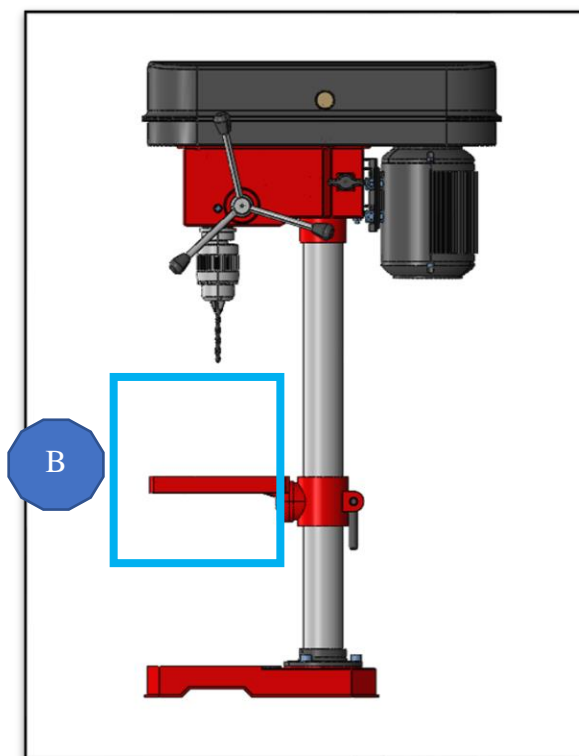


Figura 53: Sección B donde se acopla el sistema automatizado en el taladro.

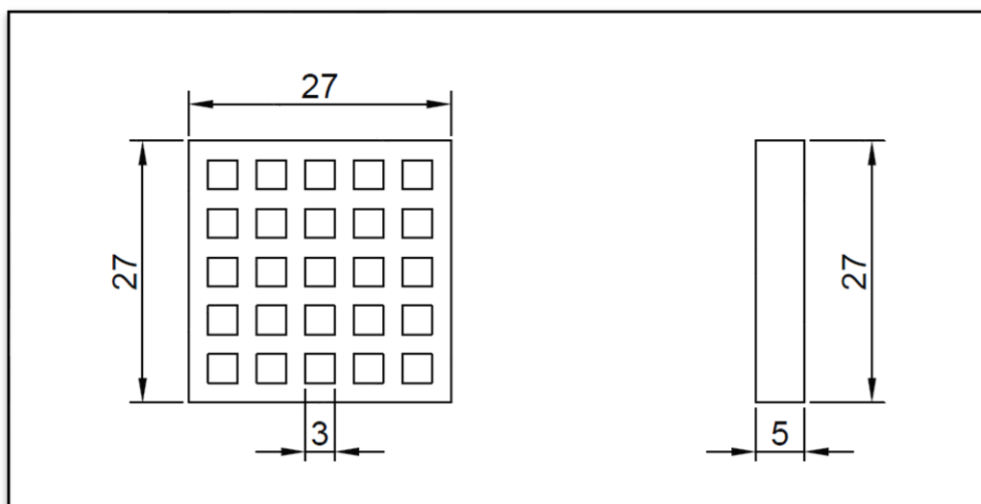


Figura 54: Plano de medidas de la mesa de sujeción por vacío utilizado en el acople.

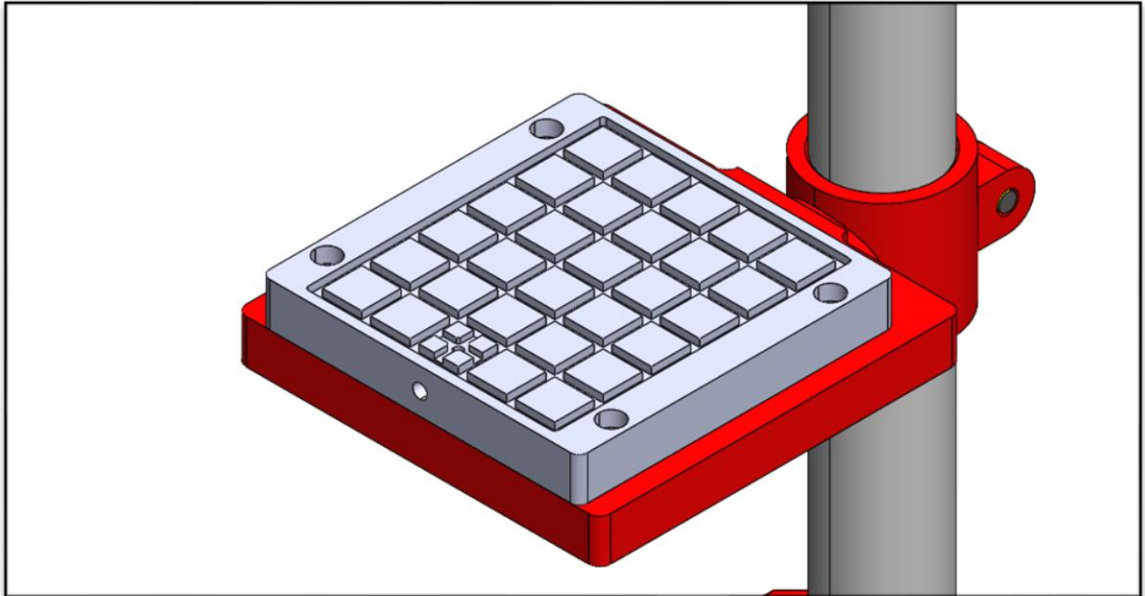


Figura 55:Ampliacion de la vista isométrica de la mesa de sujeción por vacío.

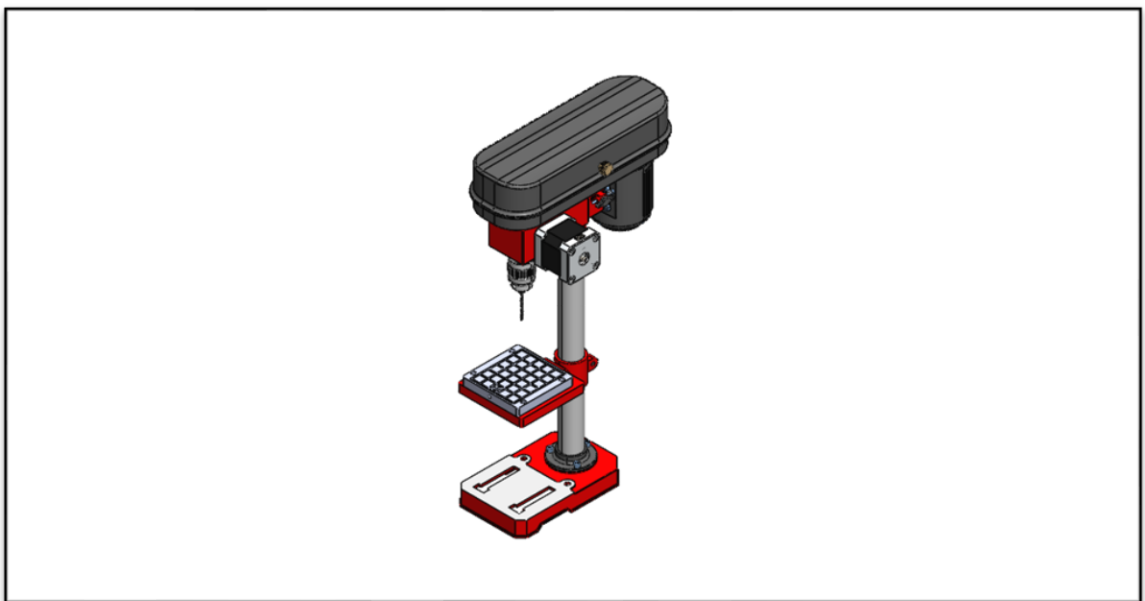


Figura 56: Vista Isométrica del taladro acoplado con el sistema automatizado completo.

El controlador lógico programable a utilizar, se instala en un panel de control separado del taladro de columna:



Figura 57: Vista Isométrica del controlador lógico programable - PLC.

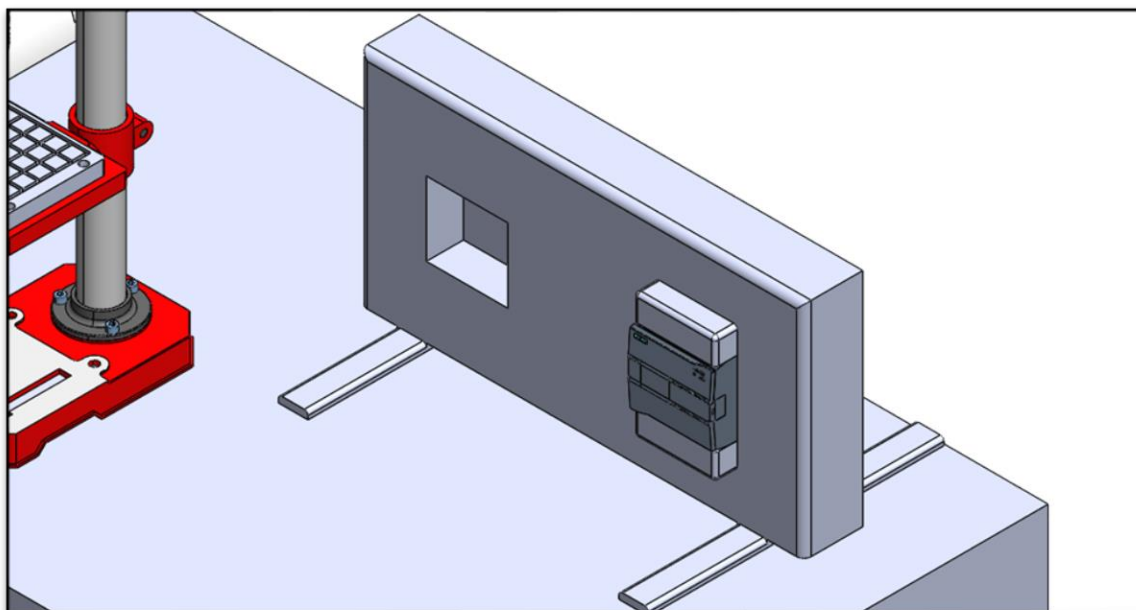


Figura 58: Vista ampliada del tablero de control con el PLC.

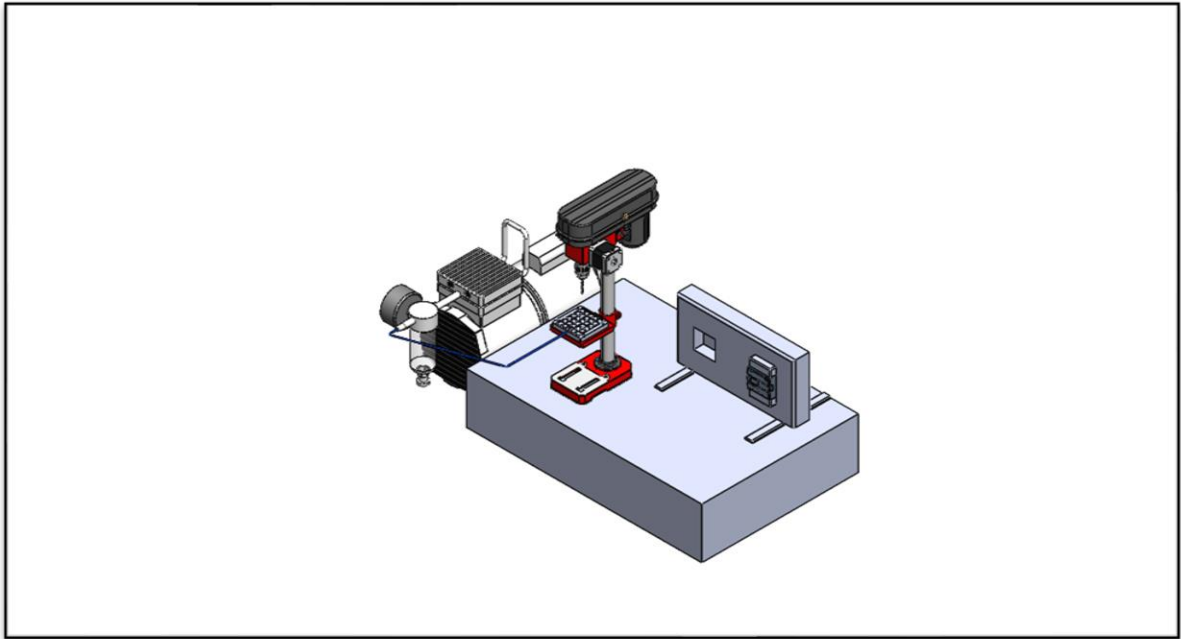


Figura 59: Vista isométrica del diseño completo del taladro de columna automatizado.

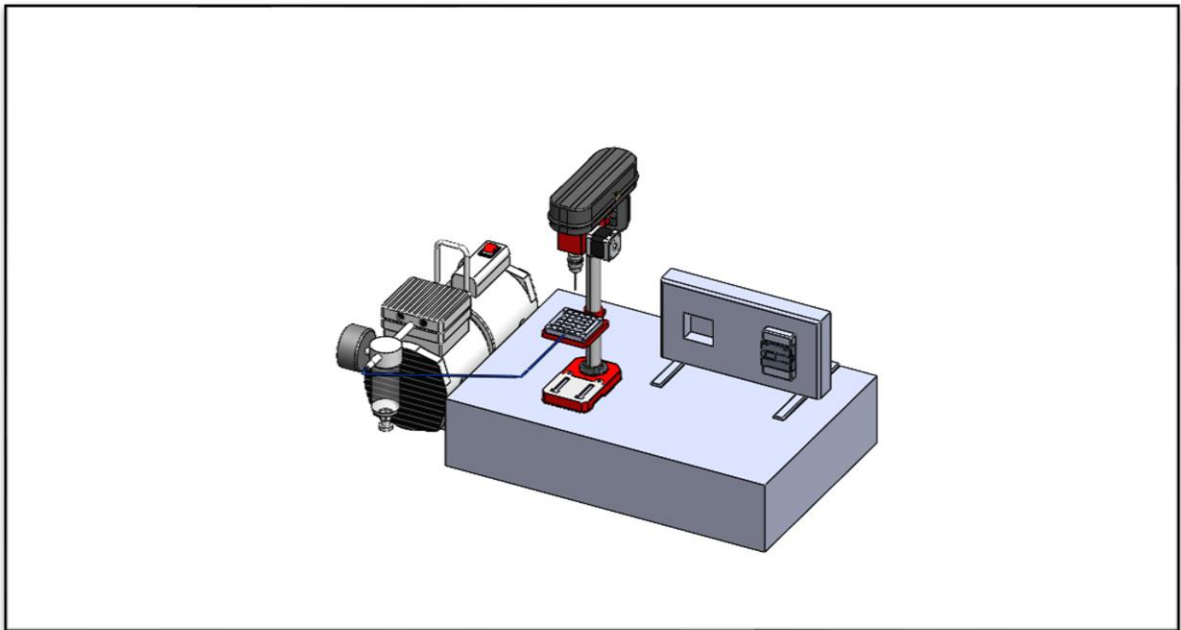


Figura 60: Vista trimétrico del diseño completo del taladro de columna automatizado.

Análisis Estático

Realizamos el análisis estático al cuerpo del taladro donde se acoplará el sistema automatizado, ya que es en esta parte del taladro es donde ejercerán la fuerza de torque del servomotor y el peso del mismo.

Cuerpo del taladro

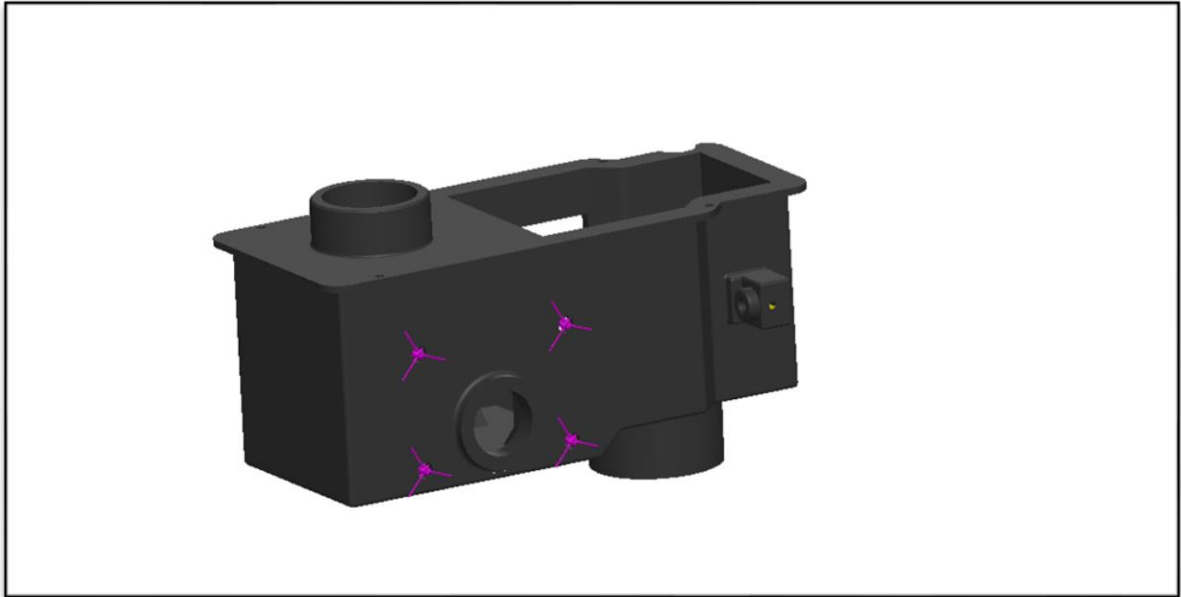


Figura 61: Cargas y Sujeciones aplicados en el CAD/CAE del Cabezal del taladro.

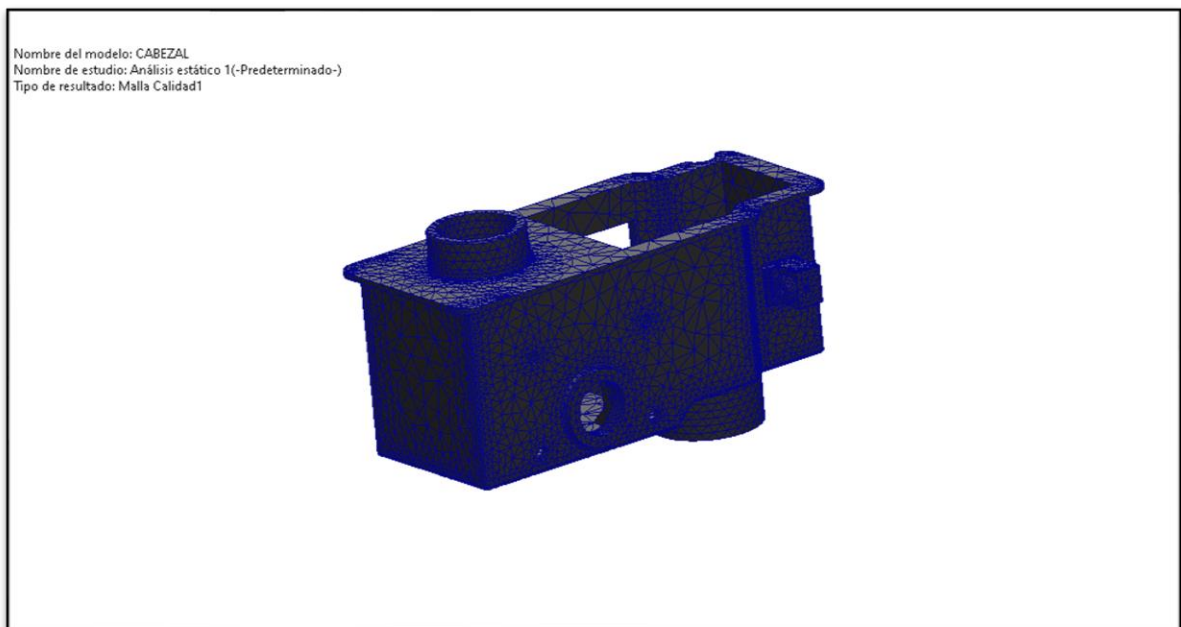


Figura 62: Calidad de mallado del CAD/CAE del Cabezal del taladro.

Información detallada de malla

Tabla 14: Información detallada de malla del CAD/CAE del Cabezal del taladro.

Información de malla	
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Tamaño máximo de elemento	13.5081 mm
Tamaño mínimo del elemento	2.70163 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	80629
Número total de elementos	45084
Cociente máximo de aspecto	30.51
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	89.4
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0799
Porcentaje de elementos distorsionados	0

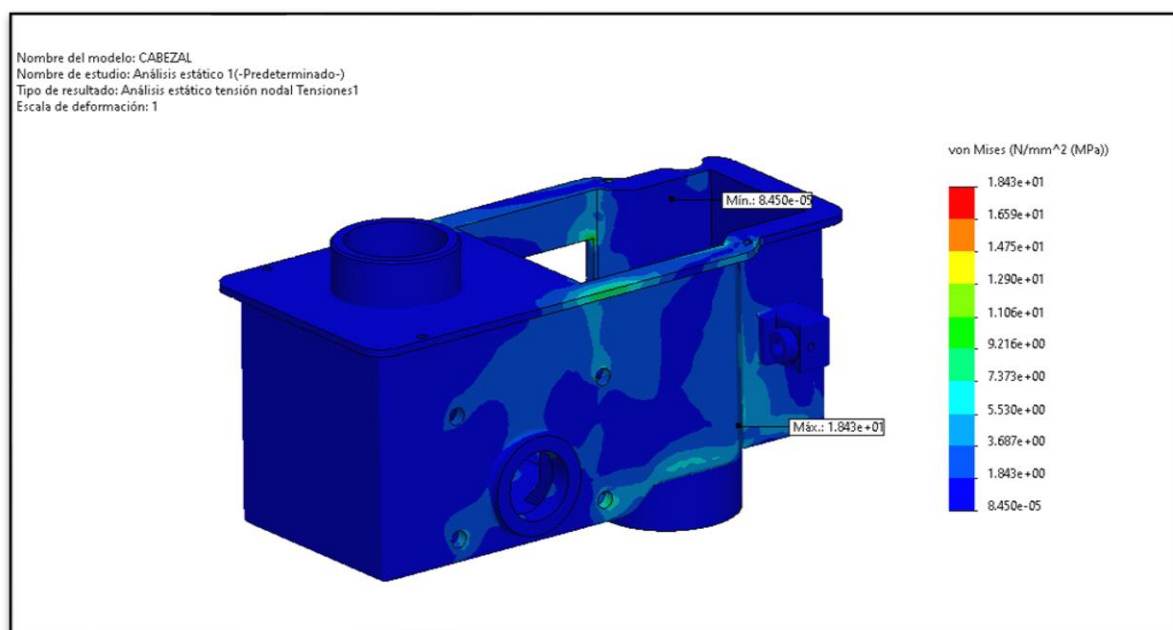


Figura 63: Resultados de esfuerzos del CAD/CAE del Cabezal del taladro.

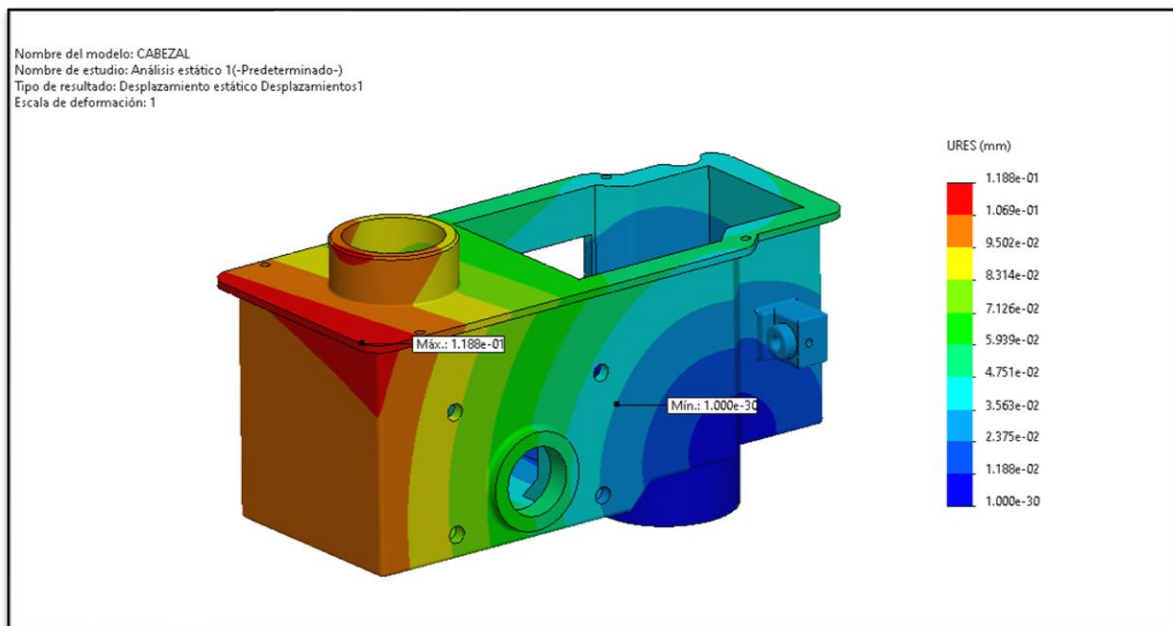


Figura 64: Resultados de desplazamientos del CAD/CAE del Cabezal del taladro.

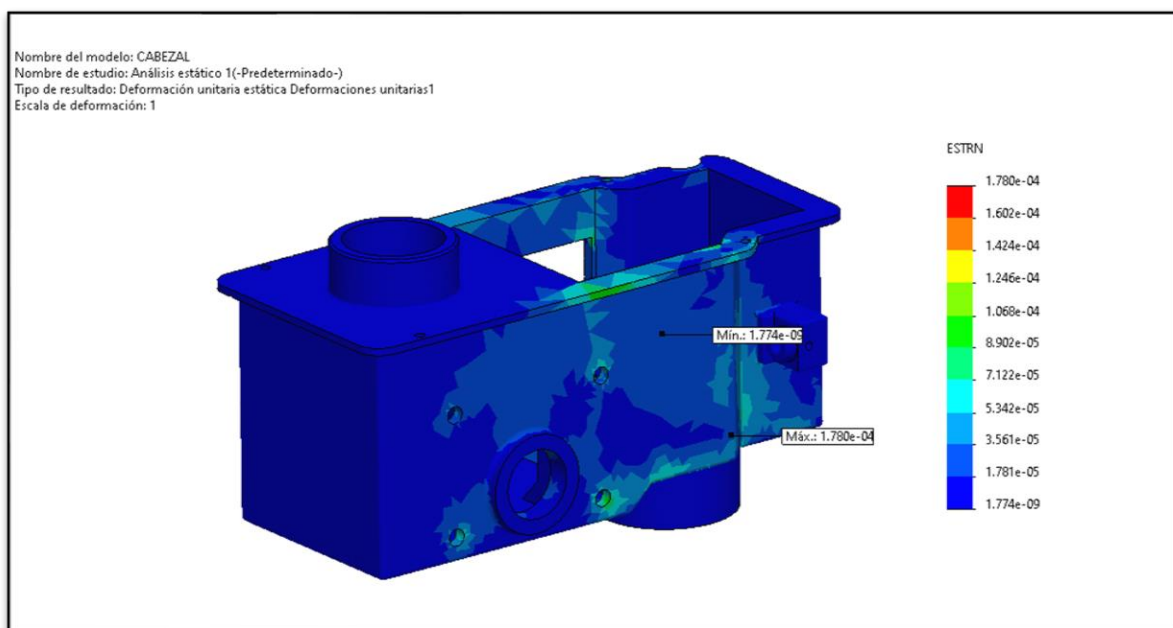


Figura 65: Resultados de deformaciones unitarias del CAD/CAE del Cabezal del taladro.

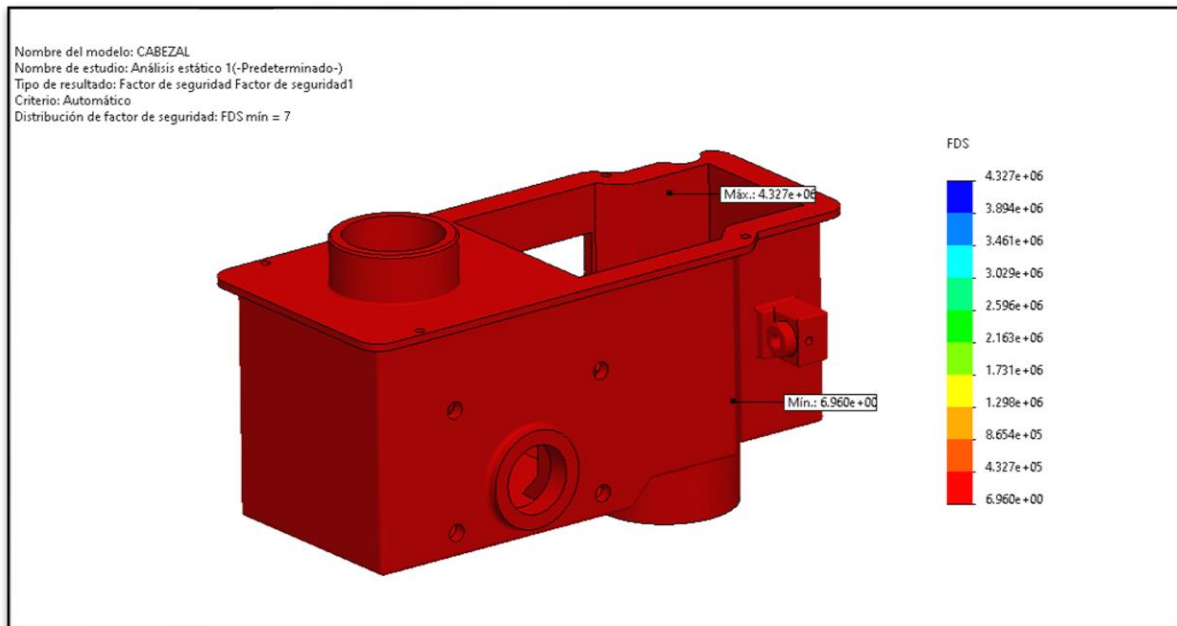


Figura 66: Resultados de factor de seguridad del CAD/CAE del Cabezal del taladro.

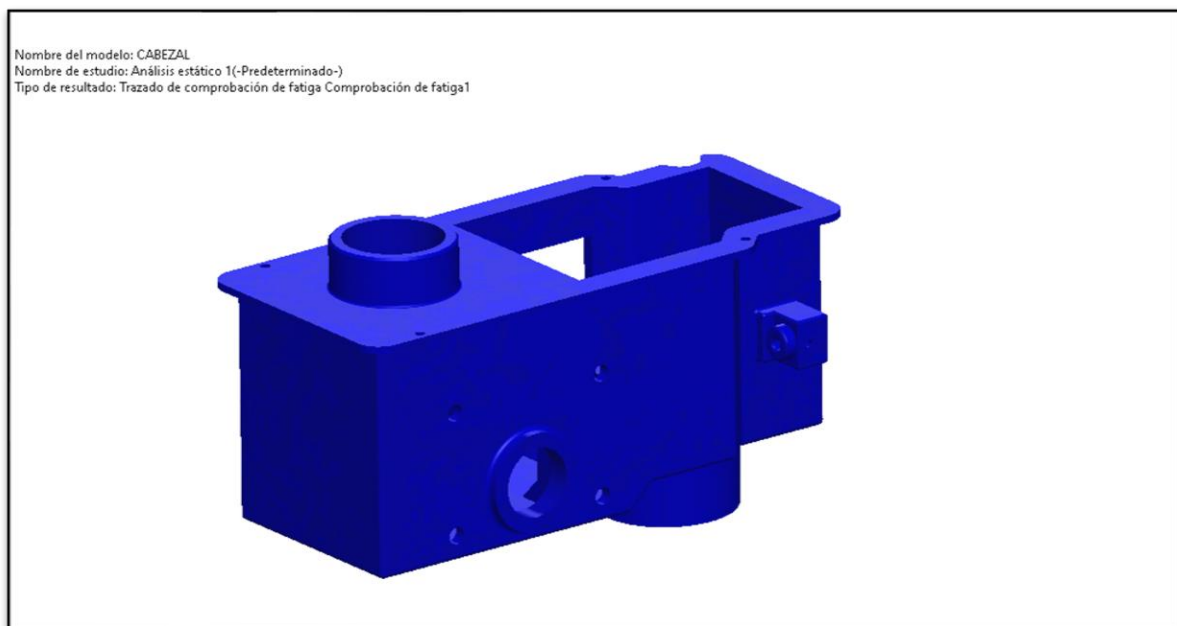


Figura 67: Resultados de comprobación de fatiga del CAD/CAE del Cabezal del taladro.

Con los resultados obtenidos de la simulación CAD/CAE, se puede concluir que el sistema automatizado que queremos acoplar a dicha parte del taladro, no afecta los esfuerzos, los desplazamientos son mínimo y el factor de seguridad es óptimo, así como la comprobación de fatiga no afecta al cabezal de taladro.

Eje – Engranaje

Realizamos también un análisis estático al eje engranaje o eje piñón, ya que es en esta parte es donde ejercerán la fuerza de torque del servomotor y la fuerza axial que actúa durante el taladrado.

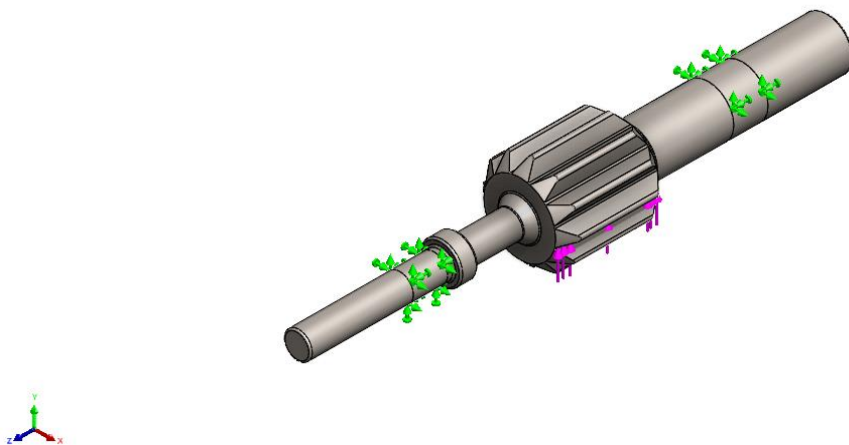


Figura 68: Cargas y Sujeciones aplicados en el CAD/CAE del Eje piñón

Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Malla Calidad1

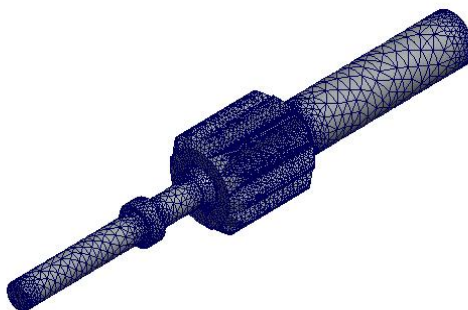


Figura 69: Calidad de mallado del CAD/CAE del Eje piñón

Información detallada de malla

Tabla 15: Información detallada de malla del CAD/CAE del Eje piñón

Información de malla	
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	3.81322 mm
Tamaño mínimo del elemento	0.762644 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	186329
Número total de elementos	128175
Cociente máximo de aspecto	6.6883
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.5
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
Porcentaje de elementos distorsionados	0

Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1

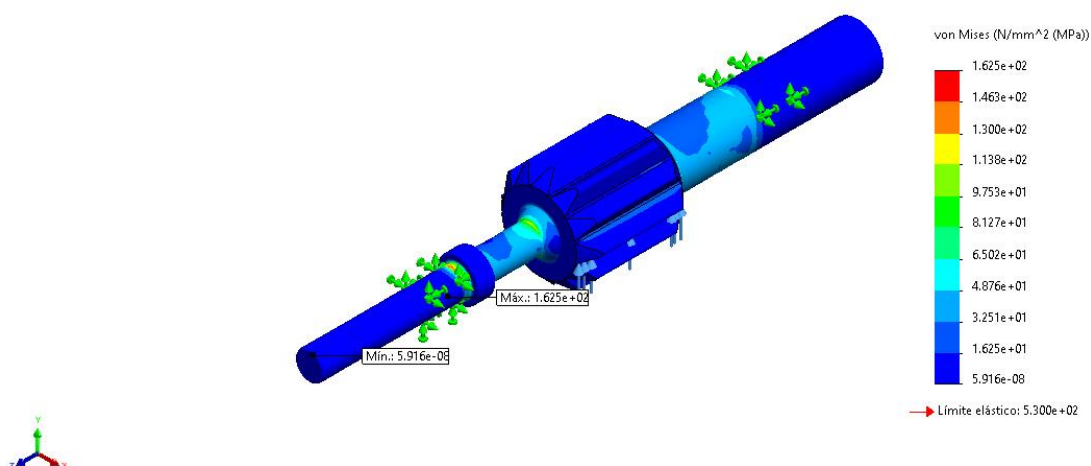


Figura 70: Resultados de esfuerzos del CAD/CAE del Eje piñón

Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1

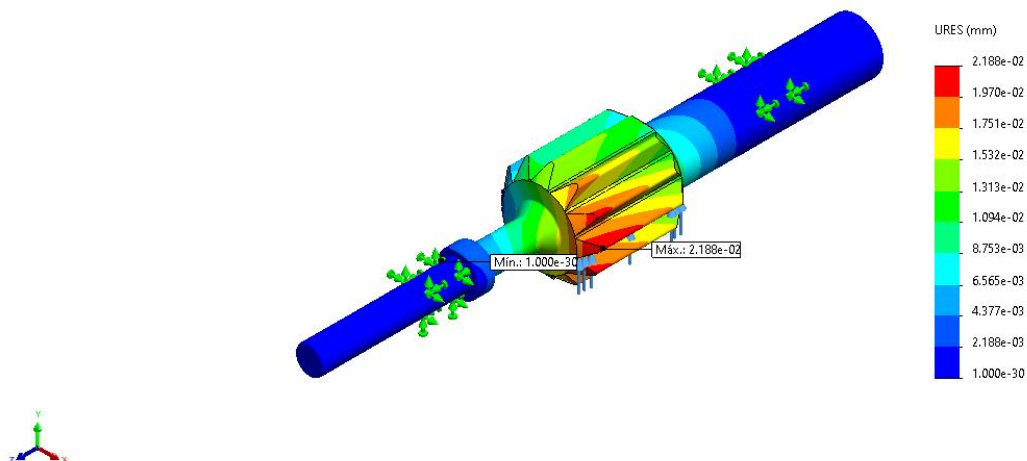


Figura 71: Resultados de desplazamientos del CAD/CAE del Eje piñon

Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 1

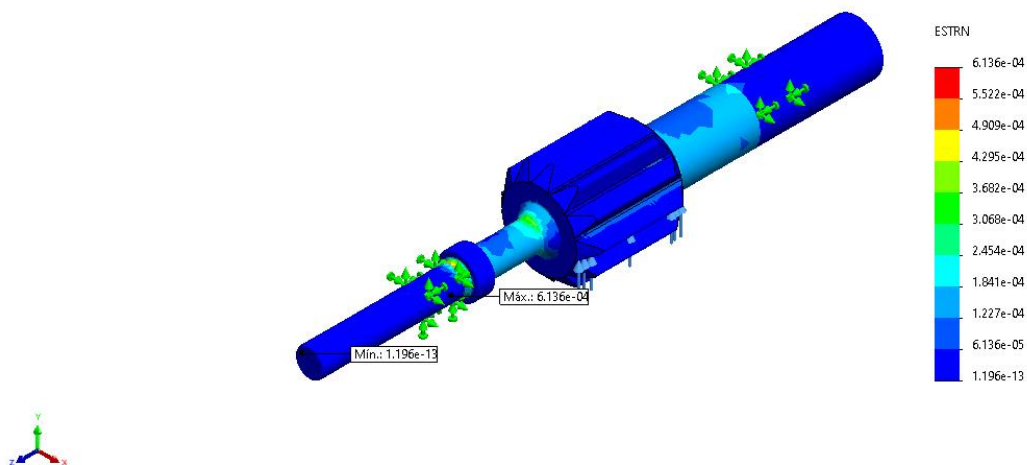


Figura 72: Resultados de deformaciones unitarias del CAD/CAE del Eje piñon

Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 3.3

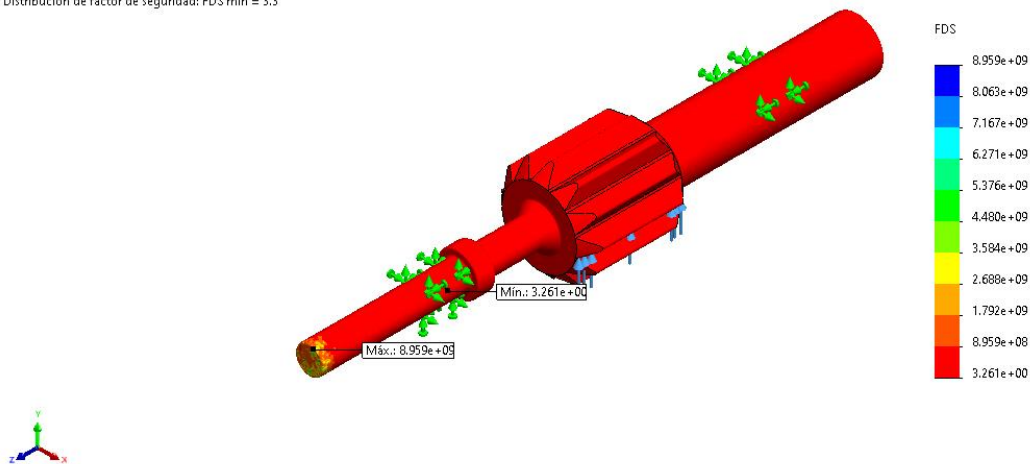


Figura 73: Resultados de factor de seguridad del CAD/CAE del Eje piñon

Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Trazado de comprobación de fatiga Comprobación de fatiga1

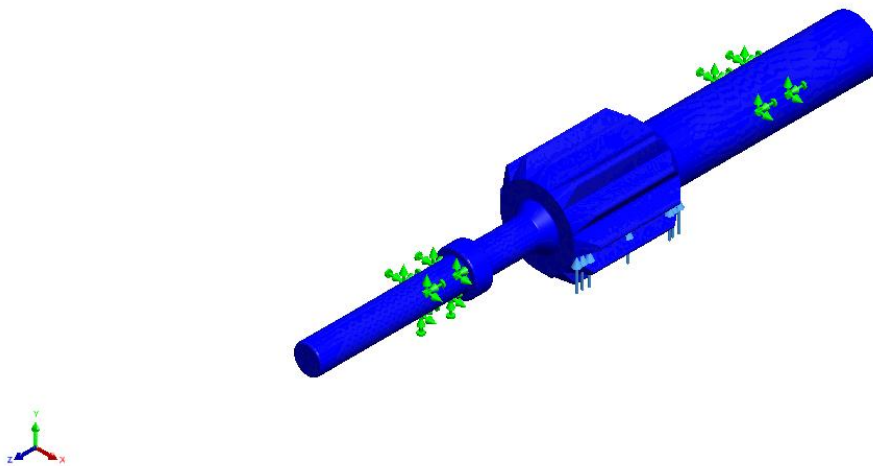


Figura 74: Resultados de comprobación de fatiga del CAD/CAE del Eje piñon

Con los resultados obtenidos de la simulación CAD/CAE, se puede concluir que la fuerza axial y el torque que interviene en el proceso de taladrado, no afecta los esfuerzos en el eje, los desplazamientos son mínimo y el factor de seguridad es óptimo, así como la comprobación de fatiga no afecta al eje piñon.

Huella de carbono

Para comprobar la huella de carbono, se utilizó el software CES Edupack 2019. Los resultados del estudio se muestran a continuación.

GIRANTA CES 2019 EDUPACK

Informe de Eco Audit



Nombre del producto

CABEZAL TALADRO

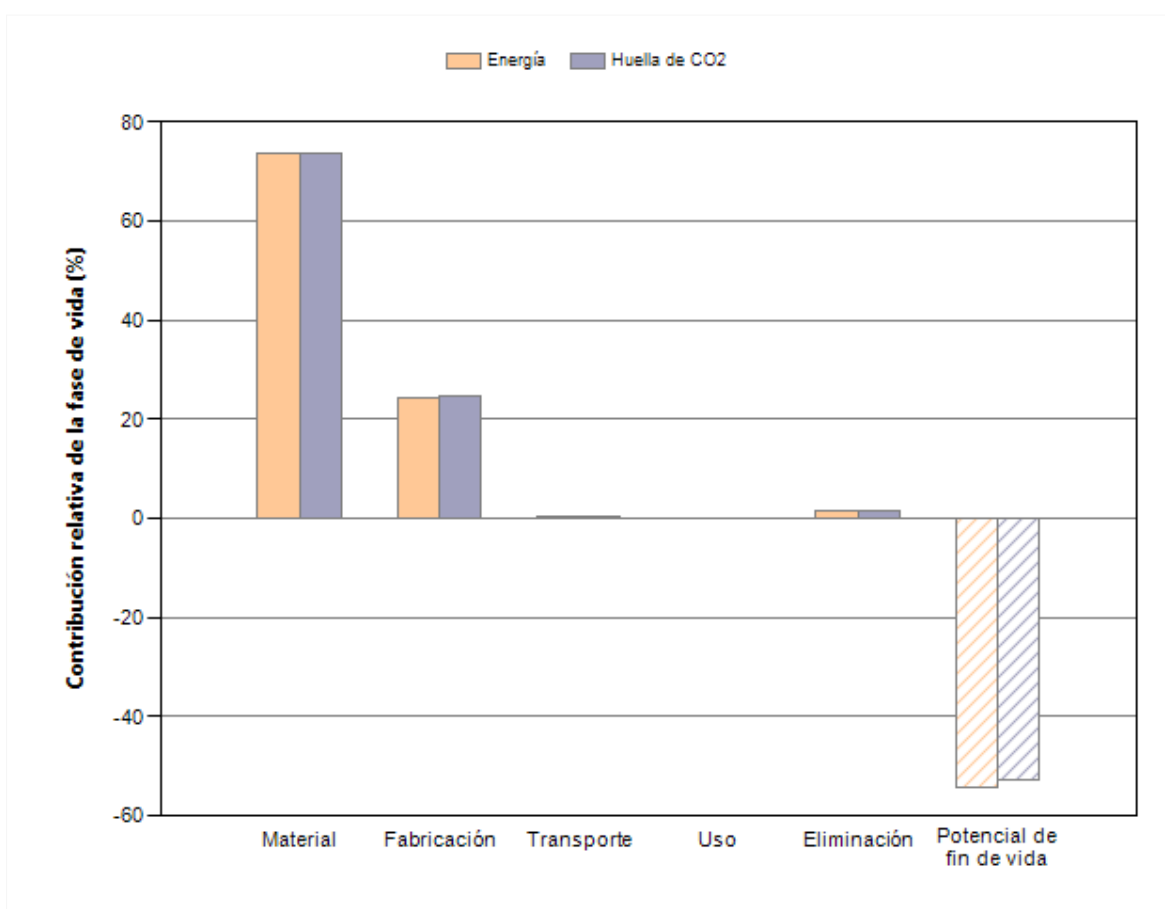
País de uso

Latinoamérica

Vida del producto (años)

15

Resumen:



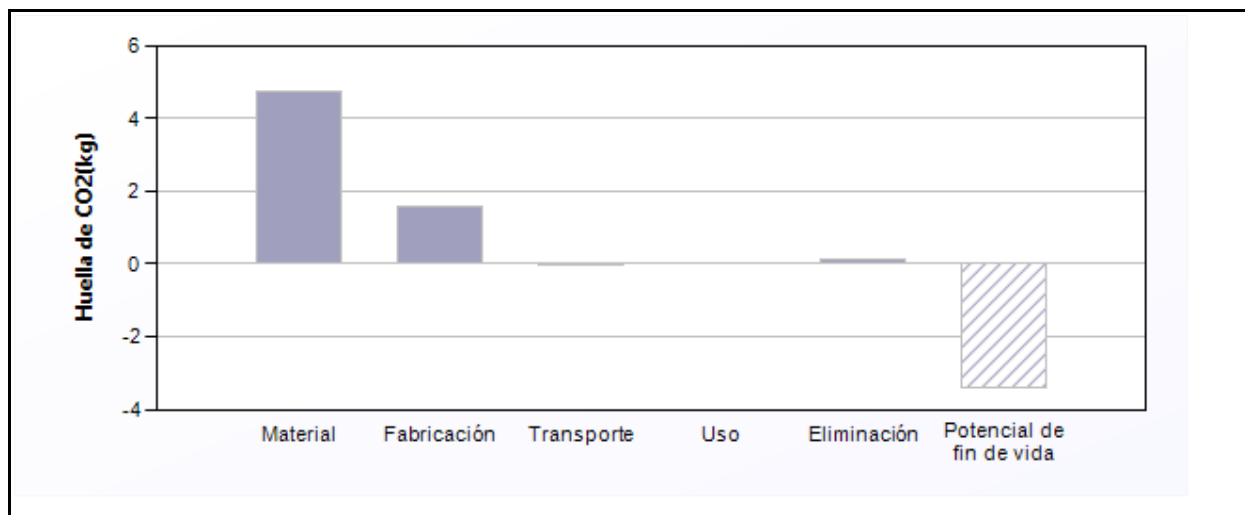
[Detalles energéticos](#)

[Detalles de la huella de carbono](#)

Fase	Energía (MJ)	Energía (%)	Huella de CO2(kg)	Huella de CO2 (%)
Material	64.6	73.8	4.74	73.5
Fabricación	21.1	24.2	1.59	24.6
Transporte	0.352	0.4	0.0253	0.4
Uso	0	0.0	0	0.0
Eliminación	1.4	1.6	0.098	1.5
Total (para primera vida)	87.5	100	6.45	100

Potencial de fin de vida	-47.6		-3.41	
--------------------------	-------	--	-------	--

Análisis de la huella de carbono

[Resumen](#)


	CO2 (kg/año)
Carga ambiental anual equivalente (promediada a lo largo de 15 año/s de vida útil del producto):	0.43

Desglose detallado de las fases de vida individual

Material:

[Resumen](#)

Componente	Material	% reciclado*	m (kg) pieza	Uds.	m total (kg)	Huella de CO2(kg)	%
	Cast iron, gray, flake graphite, EN GJL 250	Virgen (0%)	2	1	2	4.7	100.0
Total				1	2	4.7	100

*Típico: Incluye 'fracción de reciclaje en el suministro actual'

Fabricación:

[Resumen](#)

Componente	Proceso	Uds.	Huella de CO2(kg)	%
	Fundición	2 kg	1.6	100.0
Total			1.6	100

Transporte:

[Resumen](#)

Desglose por etapa de transporte

Nombre de etapa	Tipo de transporte	Distancia (km)	Huella de CO2(kg)	%
	Vehículo ligero de mercancías	80	0.025	100.0
Total		80	0.025	100

Desglose por componentes

Componente	Masa (kg)	Huella de CO2(kg)	%
	2	0.025	100.0
Total	2	0.025	100

Uso:

[Resumen](#)

Contribución relativa de los modos estáticos y móviles

Modo	Huella de CO2(kg)	%
Estático	0	
Móvil	0	
Total	0	100

Eliminación:

[Resumen](#)

Componente	Opción de fin de vida	Huella de CO2(kg)	%
	Reciclar	0.098	100.0
Total		0.098	100

Potencial de fin de vida:

Componente	Opción de fin de vida	Huella de CO2(kg)	%
	Reciclar	-3.4	100.0
Total		-3.4	100

Notas:

[Resumen](#)

4.3. Elaborar la programación implementado en el Controlador Lógico Programable (PLC)

En este objetivo desarrollamos la programación del sistema automatizado acoplado al taladro de columna. Con ayuda del software TIA PORTAL V15, se programó el sistema automatizado, mediante el lenguaje Ladder o lenguaje de escalera.

A continuación, se observa la programación realizada en el software.

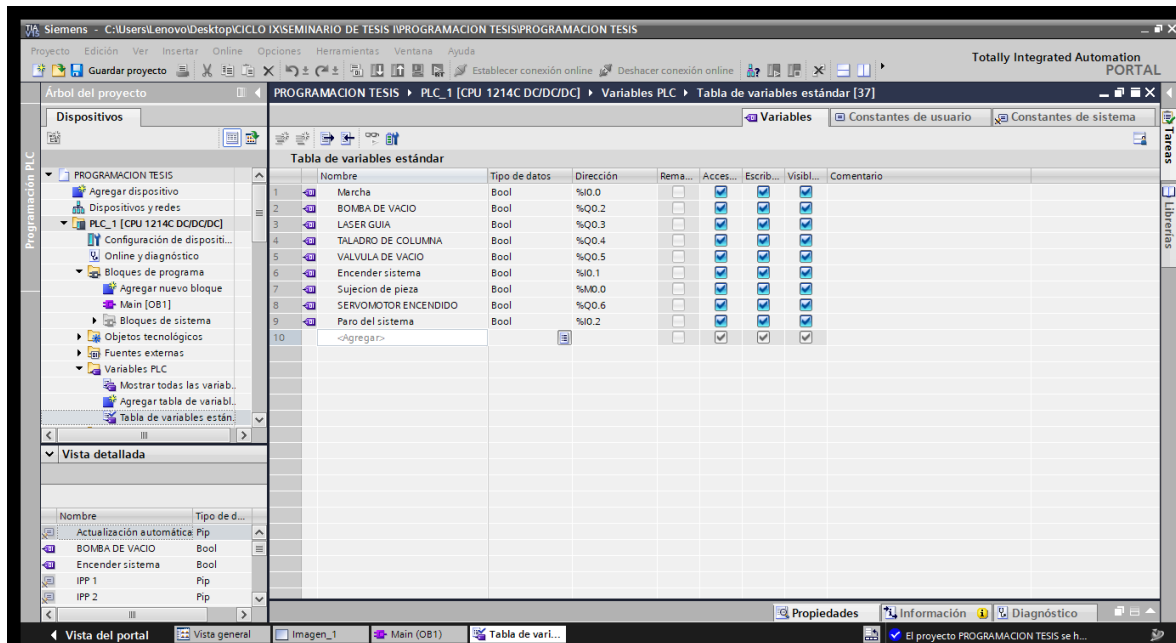


Figura 75: Indicar las variables que se utilizan en la programación.

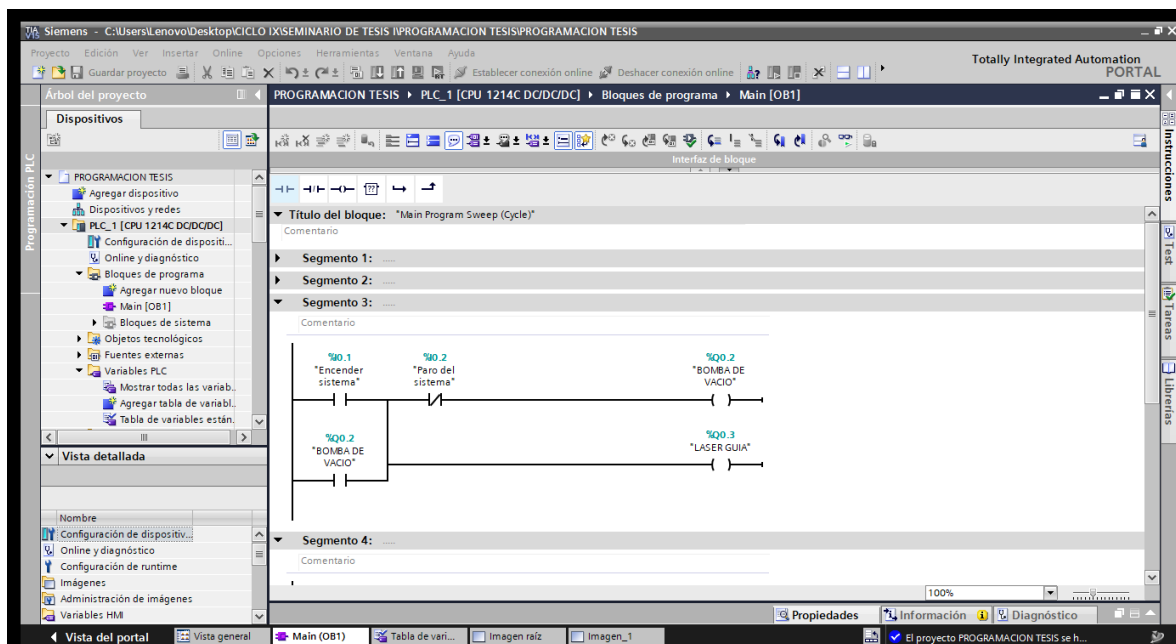


Figura 76: Paso 1 de la programación

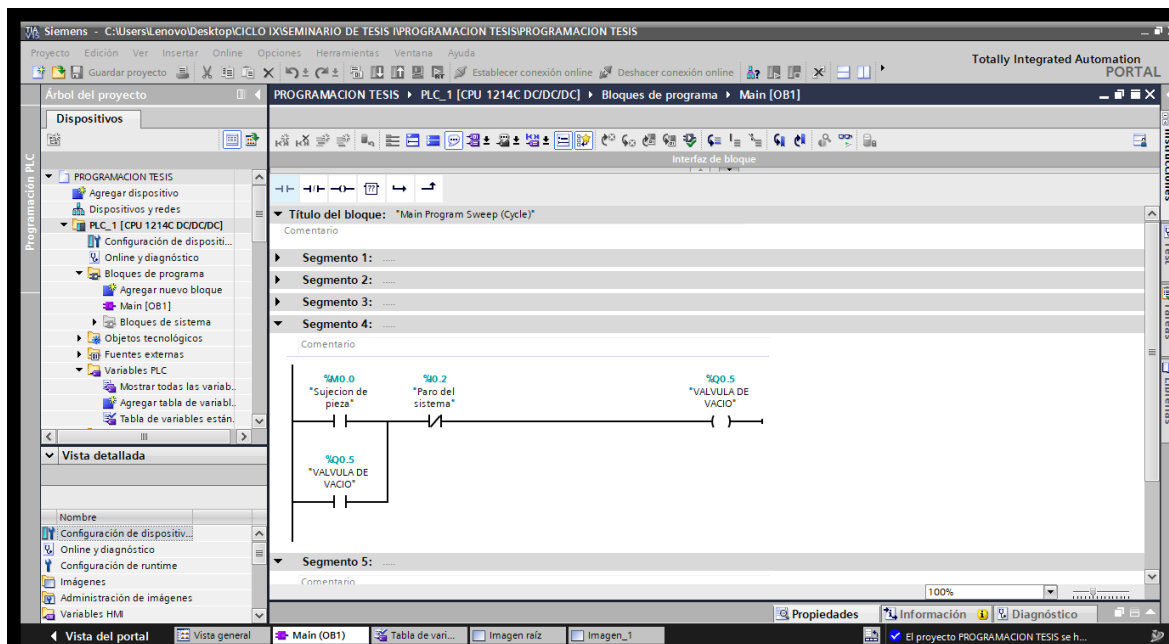


Figura 77: Paso 2 de la programación

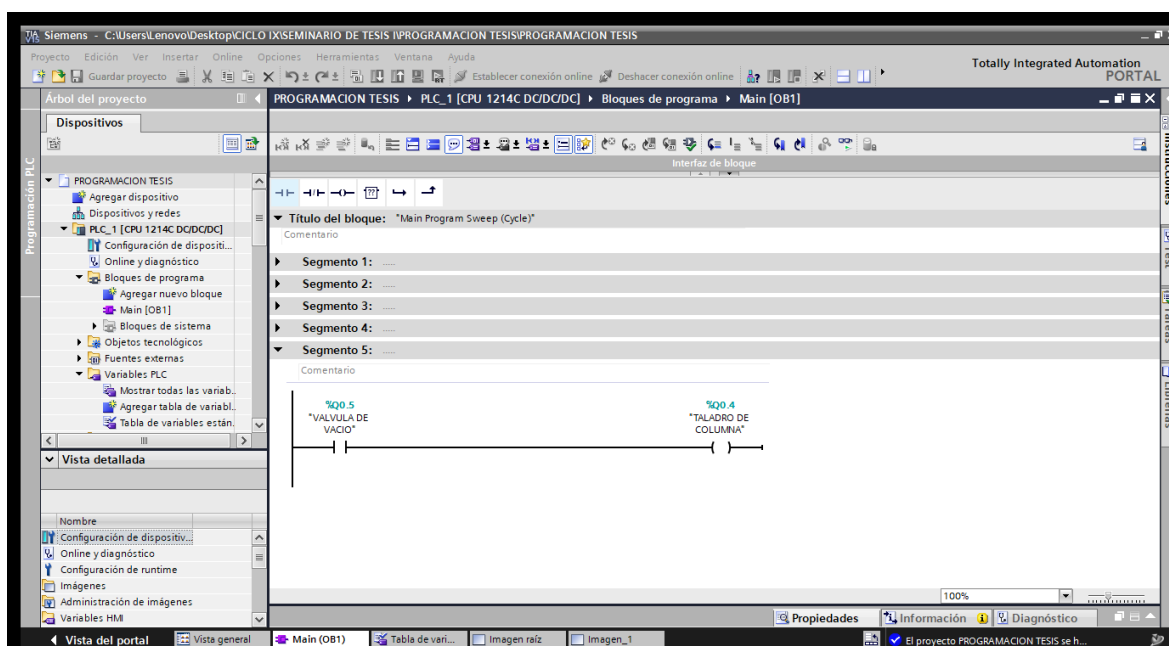


Figura 78: Paso 3 de la programación

Además, se programó una pantalla HMI para la interacción entre el Operador y la Máquina.

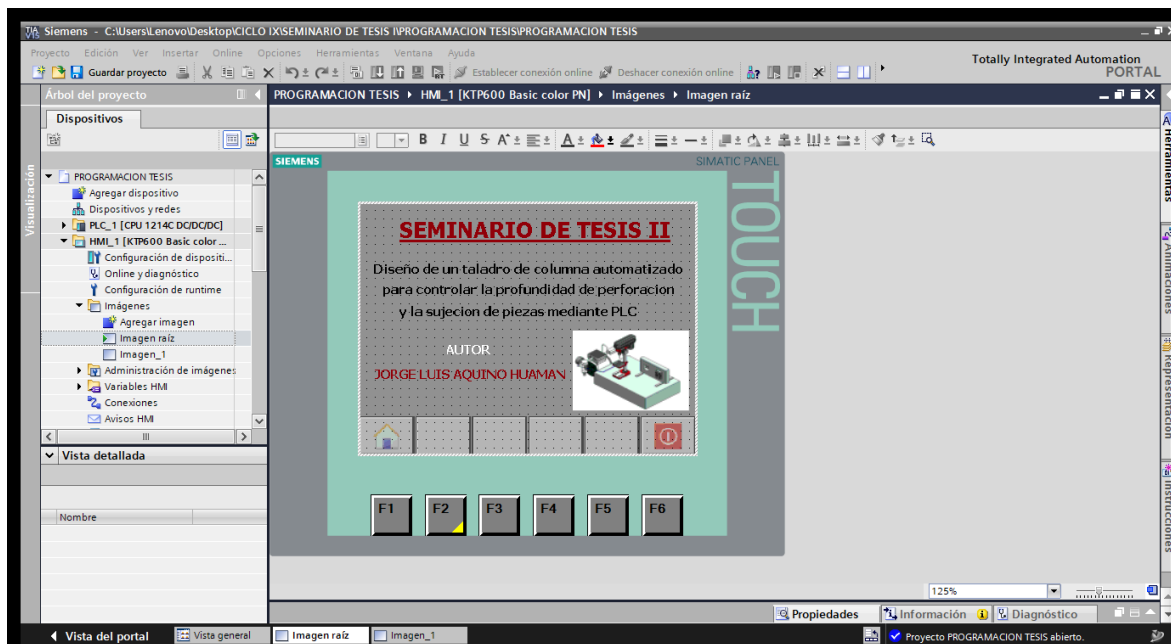


Figura 79: Pantalla principal del HMI del sistema automatizado.

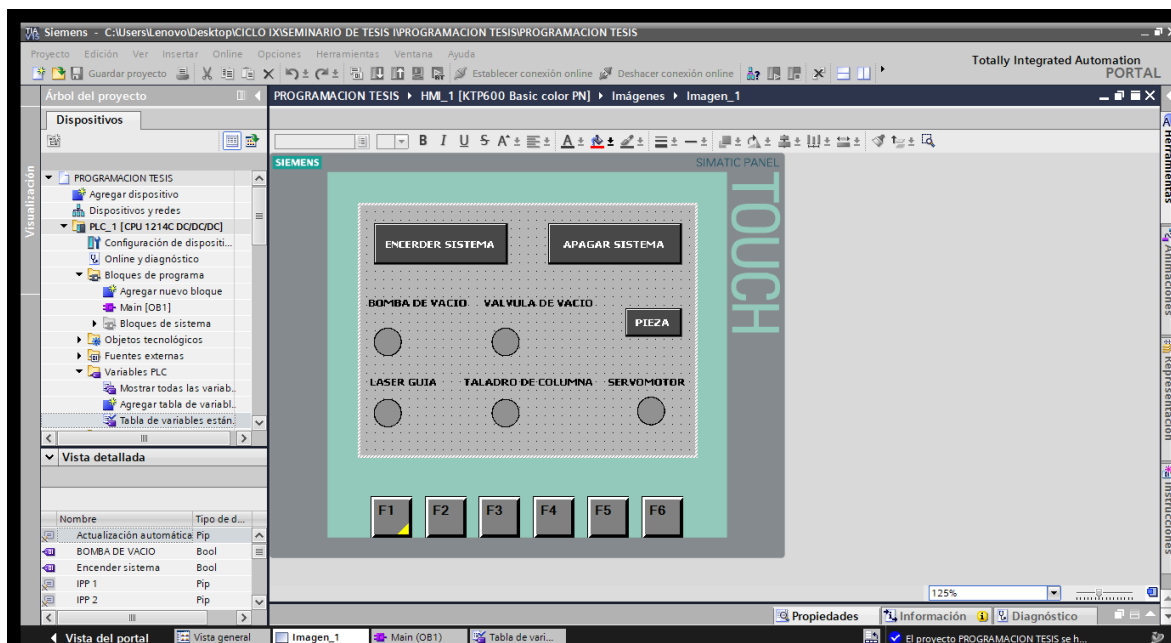


Figura 80: Segunda pantalla del HMI para inspección y selección del proceso de sistema automático del taladrado.

Con apoyo del software V-ASSISTANT, podemos seleccionar y verificar los componentes del sistema de control:

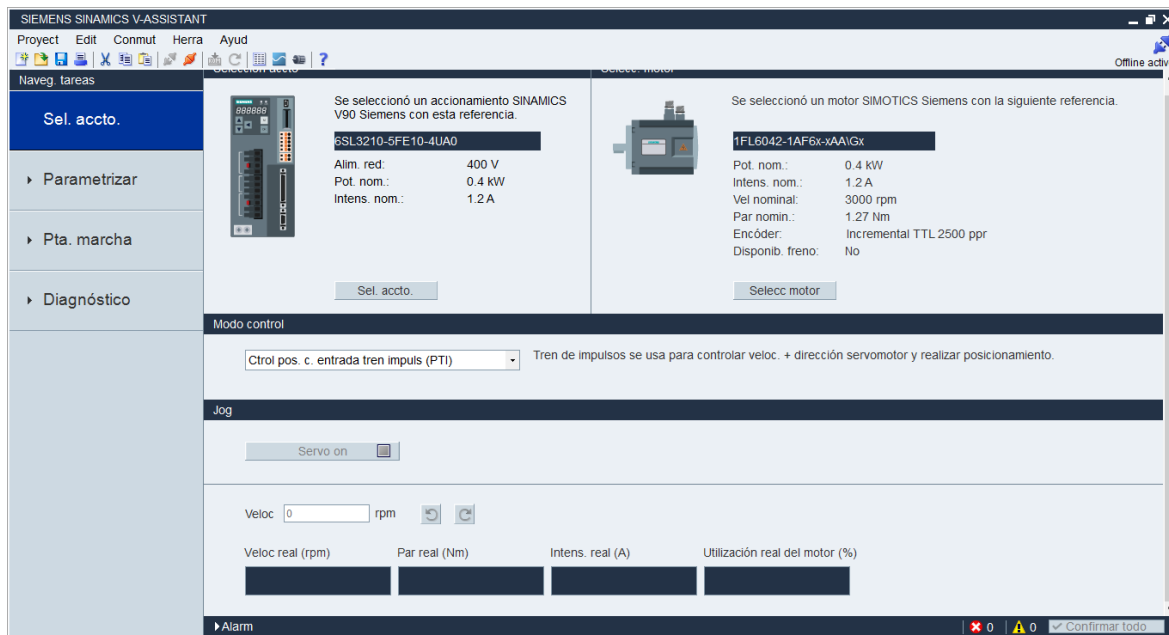


Figura 81: Selección driver y el servomotor con el software V-ASSISTANT.

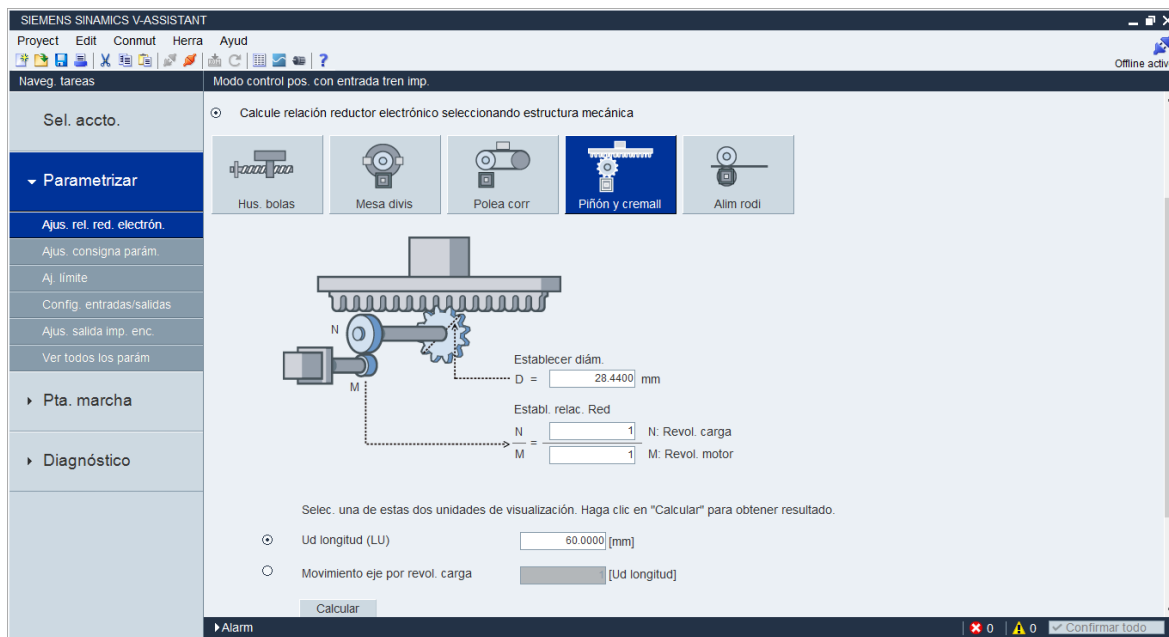


Figura 82: Parámetros a configurar del servomotor.

4.4. Realizar la Evaluación Económica del Proyecto.

En este objetivo desarrollamos la Evaluación económica del proyecto, indicando su VAN y TIR, junto con la evaluación de costos y beneficios.

La producción de piezas mecanizadas por el método convencional es de 7200, y con el sistema automatizado se eleva a un 20%, con un valor de 8640 piezas mecanizadas al mes, de esta manera se puede cubrir el mercado que requiere los mecanizados de piezas mecánicas.

Tabla 16: Tabla de beneficios o ingresos de la evaluación económica

ITEM	BENEFICIOS	VALOR (S/)
1	MAYOR PRODUCCION	
	TOTAL	S/ 51,840.00

Tabla 17: Tabla de costos o egresos de la evaluación económica

ITEM	COSTOS	VALOR (S/)
1	COSTO DE INVERSION INICIAL (CON IGV)	
	TOTAL	S/ 23,735.50
2	MANTENIMIENTO (ANUAL)	
	Porcentaje	2% S/ 474.71
3	REPOSICION (10 AÑOS)	
	Porcentaje	80% S/ 18,988.40
4	IMPUESTO A LA RENTA (30% x PRODUCCION)	
	Porcentaje	30% S/ 31,104.00
5	MERMA ANUAL (3% x PRODUCCION)	
	Porcentaje	3% S/ 3,110.40
6	REVISION TECNICA (2 VECES AL AÑO)	
	Porcentaje	2% S/ 949.42
7	COSTO DE ENERGIA ANUAL (CON IGV)	
	TOTAL	S/ 2,450.42

El impuesto a la renta, se considera el 30% del ingreso, en este caso el ingreso neto es de S/103 680.00, el cual el porcentaje considerado nos da un resultado de S/31 104.00.

Para la merma anual, se considera el 3% de la producción, con la cual obtenemos un valor de S/ 3 110.40. Considerando la merma con la inversión inicial, obtenemos un porcentaje de aproximadamente 13%.

Con la evaluación de los costos y beneficios del proyecto, pasamos a la evaluación técnica económica, indicando su VAN y TIR, con su tasa de retorno del proyecto y el año de recuperación de la inversión.

PROYECTO: DISEÑO DE UN TALADRO DE COLUMNA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR LA PROFUNDIDAD DE PERFORACIÓN Y LA SUJECIÓN DE PIEZAS MEDIANTE PLC	
UBICACIÓN	Departamento: Lambayeque
INGRESOS:	A). MAYOR PRODUCCION
COSTO:	1). COSTO DE INVERSION INICIAL 2). MANTENIMIENTO (ANUAL) 3). REPOSICION (10 AÑOS) 4). IMPUESTO A LA RENTA (30%) 5). MERMA ANUAL(3% DE LA PRODUCCION) 6). REVISION TECNICA (2 VECES AL AÑO) 7). COSTO DE ENERGIA ANUAL (CON IGV)

Figura 83: Puntos de ingresos y costos para la evaluación económica

Tabla 18: Tabla de beneficios y costos del proyecto con una proyección de 20 años.

AÑO	A). MAYOR PRODUCCION	BENEF (S/)
-	-	-
1	51,840.00	51,840
2	51,840.00	51,840
3	51,840.00	51,840
4	51,840.00	51,840
5	51,840.00	51,840
6	51,840.00	51,840
7	51,840.00	51,840
8	51,840.00	51,840
9	51,840.00	51,840
10	51,840.00	51,840
11	51,840.00	51,840
12	51,840.00	51,840
13	51,840.00	51,840
14	51,840.00	51,840
15	51,840.00	51,840
16	51,840.00	51,840
17	51,840.00	51,840
18	51,840.00	51,840
19	51,840.00	51,840
20	51,840.00	51,840

AÑO	1). COSTO INVERSION INICIAL	2). MANTENIMIENTO	3). REPOSICION	4). IMPUESTO A LA RENTA	5). MERMA ANUAL	6). REVISION TECNICA	7). COSTO DE ENERGIA ANUAL	COSTOS (/S)
0	23,735.50	-	-	-	-	-	-	23,735.50
1	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
2	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
3	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
4	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
5	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
6	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
7	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
8	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
9	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
10	-	474.71	18,988.40	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	57,077.35
11	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
12	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
13	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
14	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
15	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
16	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
17	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
18	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
19	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95
20	-	474.71	-	31,104.00	3,110.40	949.42	2,450.42	38,088.95

Tabla 19: Tabla final de la Evaluación Técnica Económica del proyecto

AÑO	B (/S)	C (/S)	F.E (/S)	PAYBACK	
0	-	23735.50	-23735.50	-23735.50	23.20
1	51840	38088.95	13751.05	-11457.78	12.54
2	51840	38088.95	13751.05	-495.52	0.61
3	51840	38088.95	13751.05	9292.21	-12.76
4	51840	38088.95	13751.05	18031.25	-27.73
5	51840	38088.95	13751.05	25833.97	-44.50
6	51840	38088.95	13751.05	32800.68	-63.28
7	51840	38088.95	13751.05	39020.96	-84.31
8	51840	38088.95	13751.05	44574.78	-107.87
9	51840	38088.95	13751.05	49533.54	352.49
10	51840	57077.35	-5237.35	47847.26	-145.24
11	51840	38088.95	13751.05	51800.36	-176.11
12	51840	38088.95	13751.05	55329.91	-210.69
13	51840	38088.95	13751.05	58481.30	-249.41
14	51840	38088.95	13751.05	61295.03	-292.78
15	51840	38088.95	13751.05	63807.30	-341.35
16	51840	38088.95	13751.05	66050.40	-395.76
17	51840	38088.95	13751.05	68053.16	-456.69
18	51840	38088.95	13751.05	69841.34	-524.93
19	51840	38088.95	13751.05	71437.93	-601.36
20	51840	38088.95	13751.05	72863.46	12.00
INVERSIÓN	S/ 23,735.50		VAN	72,863.46	
TASA DE DESCUENTO	12%		TIR	57%	
VAN COSTOS	S/ 314,352.50		PAYBACK	3 Años	
VAN BENEFICIOS	S/387,215.96		B/C	1.23	

Después de realizar la evaluación técnica económica, podemos interpretar que el VAN o valor neto actual del proyecto para los 20 años, conviene ya que los beneficios son mucho mayores que los costos. Además, la tasa interna de retorno o TIR que se obtiene es positivo con un valor de 57%, lo que podemos concluir que el proyecto es rentable; esto se ve reflejado en el PAYBACK, el cual nos indica que la inversión se recupera en el año 3.

V. Discusión

En la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos para el diseño de un taladro de columna automatizado con un sistema de control en la perforación y la sujeción de la pieza de trabajo.

El objetivo 1, Analizar las capacidades operacionales de los tipos de taladros de columna que son más utilizados en la industria metalmecánica, utilizando una matriz de necesidades – métricas, encontramos una lista de necesidades que se pueden aplicar al taladro convencional, que a través de las métricas podemos relacionarlas directamente a unidades utilizadas en ingeniería y en la automatización.

El objetivo 2, Diseñar un sistema automatizado del control de profundidad de perforación del taladro de columna y sujeción por vacío de la pieza de trabajo, mediante el diseño del taladro de columna automatizado se lograron la selección de los componentes y la ubicación de los mismos para su optimización del trabajo.

El objetivo 3, Elaborar un diagrama de funciones en escalera mediante el lenguaje de programación LADDER implementando en el controlador lógico programable (PLC) para controlar la profundidad de perforación y sujeción de la pieza de trabajo, con la aplicación de la programación automatizada al taladro de columna se obtuvo el diseño final para su posible operación y pruebas del diseño para finalmente ponerlo en marcha.

El objetivo 4, Realizar la evaluación económica del proyecto, se demuestra mediante el VAN y el TIR la rentabilidad del proyecto con un valor actual neto del proyecto y una tasa interna de retorno del mismo.

VI. Conclusiones

1. Mediante el análisis de las capacidades operacionales de los tipos de taladros de columna que son más utilizados en la industria metalmeccánica, evaluamos 3 taladros de columna con sus respectivas medidas, partes principales y características técnicas mediante unas encuestas realizadas a los operadores de los taladros. Además, utilizando la matriz de necesidades – métricas, y con ayuda de la encuesta a los operadores, obtuvimos las necesidades que requieren los operadores para un mejor manejo de los taladros de columna, donde las necesidades con mayor importancia fueron las de sujeción de las piezas a perforar y mover el husillo automáticamente, relacionándolo con sus métricas de sistema de sujeción por vacío y el sistema de control automático se llegó a la conclusión que son las necesidades – métricas con mayor importancia y donde nos enfocamos en su realización y solución.
2. Para el diseño del sistema automatizado del control de profundidad de perforación del taladro de columna y sujeción por vacío de la pieza de trabajo utilizamos un análisis de sistema mecánico del taladro en la parte del husillo, el cual presenta un mecanismo eje piñón – cremallera, logrando un resultado de una (1) vuelta completa del eje piñón es equivalente a un avance del husillo de seis centímetros (6 cm) con una precisión de 1000 pulsos por los 6cm, obteniendo así un valor de 6×10^{-3} (0.006). En la selección del servomotor para el avance del husillo automáticamente con el sistema de control, logramos un modelo Servomotor 1FL6034-2AF21-1AA1 y un driver modelo SL3210-5FB10-4UF1. Para aplicar el servomotor al taladro en estudio, se realizó unas modificaciones para lograr el acople del servo al cabezal y al eje piñón del taladro, esto conlleva a realizar un análisis estático del cabezal y del eje, obteniendo resultados óptimos de factor de seguridad y de la comprobación de fatiga, esta última no afectará ni al cabezal ni al eje del taladro.
3. Con la elaboración del diagrama de funciones en escalera mediante el lenguaje de programación LADDER, se logró implementar en el controlador lógico programable (PLC) para controlar todos los componentes seleccionados en el anterior objetivo. Finalmente, con la programación realizada, se concluye con el control óptimo de la profundidad de perforación y sujeción de la pieza de trabajo, mediante los contactos se controla la profundidad, el encendido y apagado de los contactores del taladro, la bomba de vacío y el servomotor. También se agregó una pantalla HMI, para el control del sistema automatizado, donde visualizamos el correcto funcionamiento del sistema.
4. En la realización de la evaluación técnica económica del proyecto, se obtuvo valores de rentabilidad del proyecto en un análisis de 20 años, como son el VAN y el TIR, con un valor actual neto de S/ 72863.46 y una tasa interna de retorno de 57%. El periodo de recuperación de inversión fue de 3 años, además se notó un desbalance en el año 10, producido por la reposición o reinversión tomada en cuenta para ese año. En conclusión, la aplicación de un diseño de taladro de columna automatizado, logra un control de profundidad de perforación y la sujeción de las piezas a perforar, además de disminuir los tiempos de perforación y como consecuencia una mayor producción de piezas mecanizadas con un valor de S/ 51 840.00 anuales.

VII. Recomendaciones

Para lograr una simulación completa del servomotor, se recomienda la compra del servomotor y su driver, de modelos 1FL6034-2AF21-1AA1 y SL3210-5FB10-4UF1 respectivamente, conectar al controlador lógico programable (PLC), implementado con la programación realizada en la presente investigación y simular con los parámetros de operación del servomotor.

VIII. Referencias

- [1] J. Rolong Ibáñez, S. Sierra Márquez , E. Tapias Higuera, M. Coba Salcedo, . E. Yime Rodríguez y J. Roldán Mckinley, «Controlador CNC para modernización del proceso de fresado a bajo costo: caso con fresadora Supernova,» *Revista UIS Ingenierías, Universidad Industrial de Santander*, vol. 18, nº 3, pp. 95-104, 2019.
- [2] N. Vishnumolakala, E. Gildin y S. Noynaert, «A Simulation Environment for Automatic Managed Pressure Drilling Control,» *IFAC-PapersOnLine, ScienceDirect*, vol. 48, nº 6, pp. 128-133, 2015.
- [3] M. R. Amin, H. Bhowmik, . M. Mainuddin y . S. M. Khalid Hossain, «Development of a PLC Controlled Drilling Machine,» *International Journal of Electronics & Data Communication*, vol. 3, nº 5, pp. 148-153, 2017.
- [4] Y. P Bhalla, S. P Deshmukh, A. S Limaye y R. R Jadhao, «Design And Manufacturing Of Special Purpose Machine For Drilling,» *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*, vol. 7, nº 5, pp. 168-175, 2018.
- [5] N. Guangqing, «Application of automatic control technology of drilling machine based on PLC,» *Institute of Thermomechanics CAS*, vol. 62, nº 1B, pp. 531-540, 2017.
- [6] Interempresas, «Canales sectoriales Interempresas,» Grupo Nova Àgora, 07 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/159479-Automatizacion-en-la-industria-metalmechanica.html>. [Último acceso: 25 Abril 2021].
- [7] J. A. Lopez Londoño y V. J. Zapata Correa, Artists, *Diseño de un sistema de control para un taladro electroneumático de banco, bajo norma Gemma y ambiente Scada, con seguimiento a ciclos de operación*. [Art]. Universidad Tecnologica de Pereira, 2014.
- [8] S. AGARWAL, Artist, *AUTOMATION AND INVESTIGATION OF INTELLIGENT DRILLING AND ITS IMPLEMENTATION IN EXPERIMENTAL SETUP*. [Art]. UNIVERSITY OF OKLAHOMA, 2019.
- [9] M. Qassim Hameed , Artist, *AUTOMATED MPD LEVEL IN THE OIL AND GAS INDUSTRY AND DEVELOPMENT POSSIBILITY*. [Art]. University Of Stavanger, 2015.
- [10] E. García Moreno, *Automatización De Procesos Industriales, Robótica Y Automática*, Universitat Politècnica de València, 1999.
- [11] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers Elsevier –*, Newnes, 2006.
- [12] J. D. Tena Fernández, Artist, *Cableado Y Puesta En Marcha De Puesto De Laboratorio De Automatización. Mecanizado De Taladro Automatizado*. [Art]. Universidad Carlos III de Madrid, 2011.

- [13] AADECA, «Servomotores: control, precisión y velocidad,» *AADECA REVISTA*, vol. Edición 4, pp. 22-23, 2017.
- [14] ArduRobotics, «ArduRobotics,» Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://ardurobotics.blogspot.com/2014/08/funcionamiento-del-servomotor.html>. [Último acceso: 20 Noviembre 2020].
- [15] P. Figie, *Servomotores: qué son y cómo funcionan*, EZAutomation.
- [16] O. ROJAS, Software para Aplicaciones Industriales, Universidad del Cauca.
- [17] E. T. I. T. Central-ETITC, «Procesos de manufactura,» ETITC, 20 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/procesosdemanufacturaetitic/tipos-de-procesos/proceso-de-taladrado>. [Último acceso: 7 Noviembre 2020].
- [18] C. M. Mecanicos-CMM, «Comites Metal Mecanicos,» SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS, 2020. [En línea]. Available: http://www.cmm.org.pe/articulos/pag_articulo_0230.htm. [Último acceso: 9 Noviembre 2020].
- [19] E. A. Løken, . J. Løkkevik y D. Sui, «Automated drilling algorithms implementation on a laboratory drilling rig,» *Modeling, Identification and Control*, vol. 41, n° 1, pp. 1-11, 2020.

IX. Anexos



UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
Encuesta e Capacidades Operacionales sobre el tema de tesis

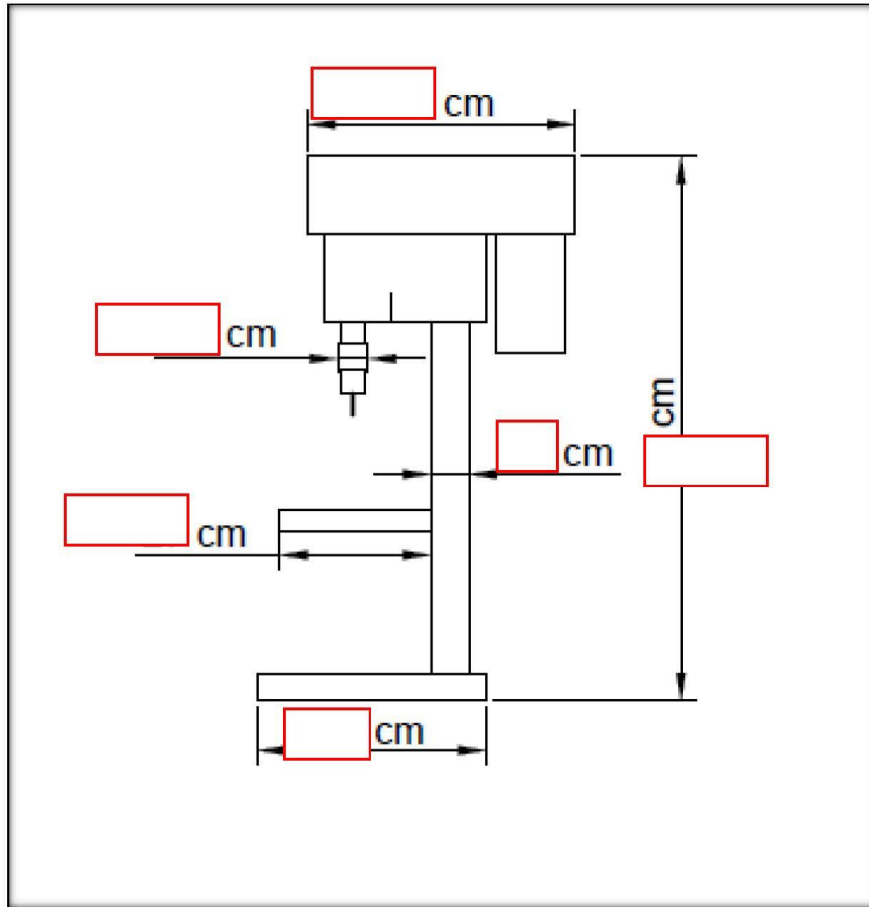
Facultad	Ingeniería
Escuela	Ingeniería mecánica eléctrica
Nombre del curso	Tesis I
Nombre del Asesor	Elmer Rolando Polo Briceño
Semestre Académico	2021-I
Estudiante (s)	Jorge Luis Aquino Huaman
Título de la Investigación	"Diseño de un taladro de columna automatizado para controlar la profundidad de perforación y la sujeción de piezas mediante PLC"
Nombre del Encuestado	

CARACTERÍSTICAS:

TALADRO N°01	
MARCA	
MODELO	
CAPACIDAD	
VOLTAJE	
POTENCIA	
VELOCIDAD	

BROCAS Y MATERIALES DE LAS PIEZAS:

NECESIDADES DEL OPERADOR:

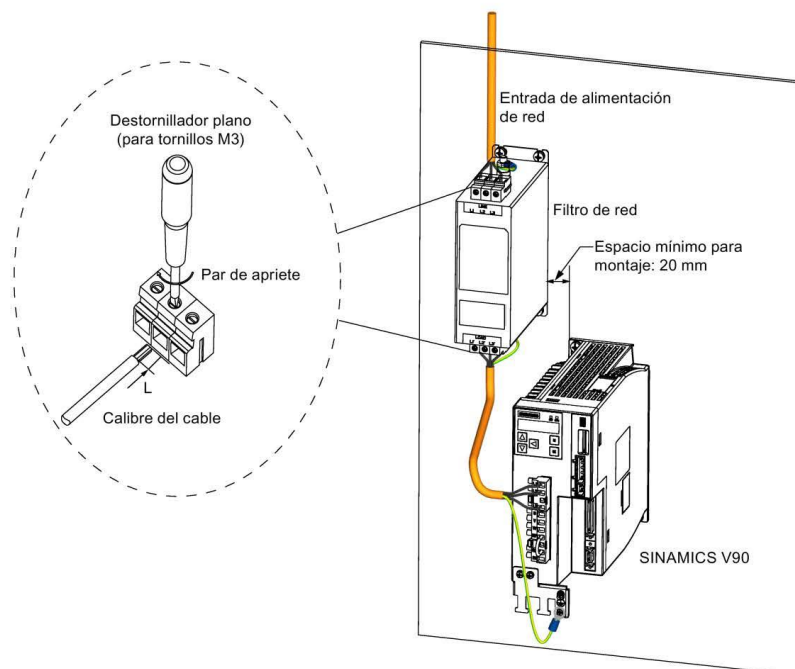


		Métrica	
		Nº	
		1	Sistema de sujeción por vacío
		2	Sistema de control automático de perforación
		3	Movimiento de corte
		4	Velocidad de corte
		5	Velocidad del husillo
		6	Precisión
		7	Ajuste adecuado de atornillado
		8	Tamaños de brocas para perforación
Nº	NECESIDAD		
1	<i>sostiene las piezas de acero a perforar.</i>	•	
2	<i>mueve el husillo automáticamente.</i>		•
3	<i>efectúa perforaciones en madera, metal, plástico y otros materiales.</i>		• • •
4	<i>permite aplicaciones más numerosas, frecuentes, complejas, rigurosas y/o de alta precisión.</i>		
5	<i>permite operaciones de mecanizado, tales como escariado, roscado, redoblado, avellanado y rectificado.</i>		• • •
6	<i>logra montarse sobre un soporte, o bien atornillarse al piso o a una mesa o banco de trabajo.</i>		
7	<i>las capacidades de perforación van de los 13 mm a los 40 mm de diámetro.</i>		
8	<i>producir agujeros cilíndricos en una pieza con herramientas de arranque de viruta.</i>		• • •
9	<i>brinda una máquina fija, de gran tamaño y potencia.</i>		
10	<i>proporciona una guía laser para mecanizado con dimensiones más exactas.</i>		•

REXON**LÍNEA PROFESIONAL****TALADRADORAS
DE BANCO Y COLUMNA****ZJ4113****ZJQ4116****ZJ4120****ZJQ5125****ZJQ5132****ZJ5132**

PROGRAMACION – LADDER

Filtro utilizado en la red trifásica

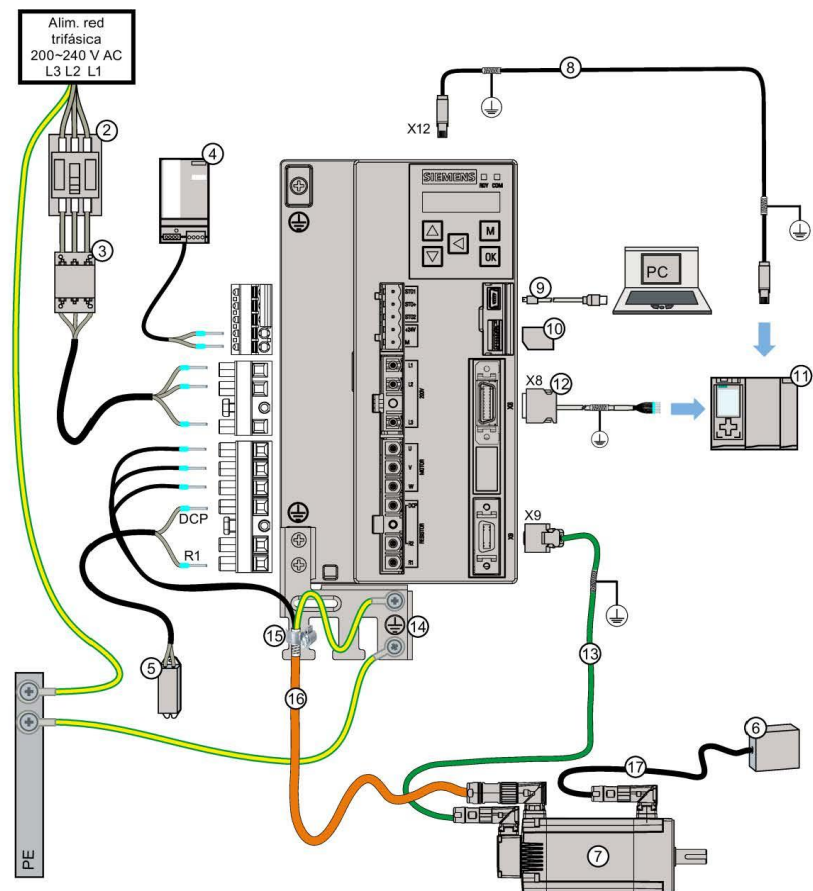


SINAMICS V90 PN	Intensidad nominal (A)	Par de apriete (Nm)	Calibre del cable (AWG)	Calibre del cable (mm ²)	Longitud de pelado de cable L (mm)
Variante de 200 V (6SL3210-5FB.-....)					
10-1UF2	5	De 0,7 a 0,8	De 14 a 12	De 2,08 a 3,32	8
10-2UF2			De 22 a 20	De 0,33 a 0,52	
10-4UF1					
10-8UF0					
11-0UF1	12	De 0,7 a 0,8	De 16 a 14	De 1,31 a 2,08	
11-5UF0			De 14 a 12	De 2,08 a 3,32	
12-0UF0					
Variante de 400 V (6SL3210-5FE.-....)					
10-4UF0	5	De 0,7 a 0,8	De 15 a 13	De 1,65 a 2,63	8
10-8UF0					
11-0UF0					
11-5UF0	12	De 0,7 a 0,8	De 15 a 14	De 1,65 a 2,08	
12-0UF0					
13-5UF0	20	De 0,7 a 0,8	De 11 a 10	De 4,17 a 5,26	
15-0UF0					
17-0UF0					

Conexión

4.1 Conexión del sistema

FSD en red trifásica



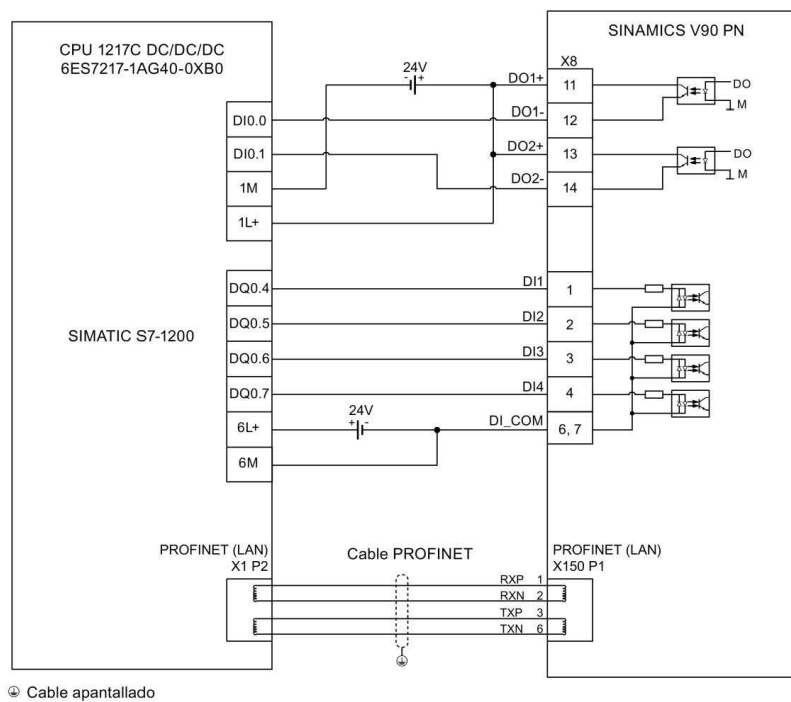
- | | |
|---|--|
| ① Servoaccionamiento SINAMICS V90 PN | ⑩ Tarjeta micro SD |
| ② Fusible/controlador de motor combinado de tipo E (opción) | ⑪ Controlador de host |
| ③ Filtro de red (opción) | ⑫ Cable de E/S PROFINET (20 pines) |
| ④ Alimentación de 24 V DC (opción) | ⑬ Cable de encóder |
| ⑤ Resistencia de frenado externa (opción, consulte "Resistencia de frenado (Página 46)" para seleccionarla) | ⑭ Placa de apantallado (en paquete V90) |
| ⑥ Relé externo (dispositivo de terceros) | ⑮ Abrazadera de tubo flexible (montada en cable de alimentación Siemens) |
| ⑦ Servomotor SIMOTICS S-1FL6 | ⑯ Cable de alimentación |
| ⑧ Cable PROFINET | ⑰ Cable de freno |
| ⑨ Cable USB | |

Conexión

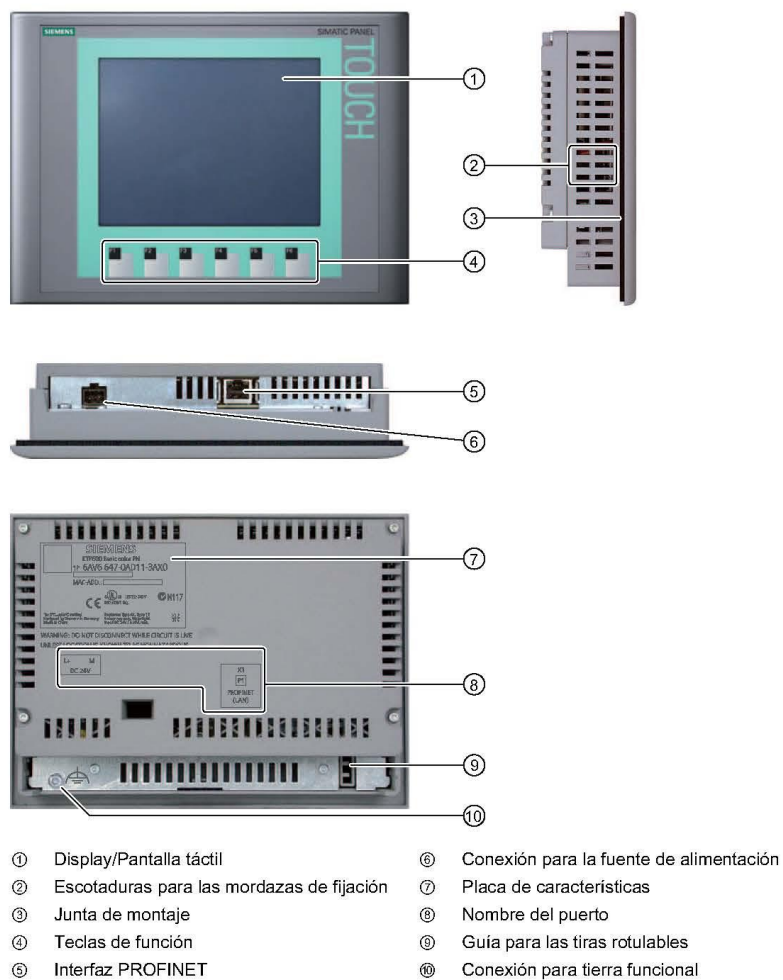
4.3 Interfaz de control/estado: X8

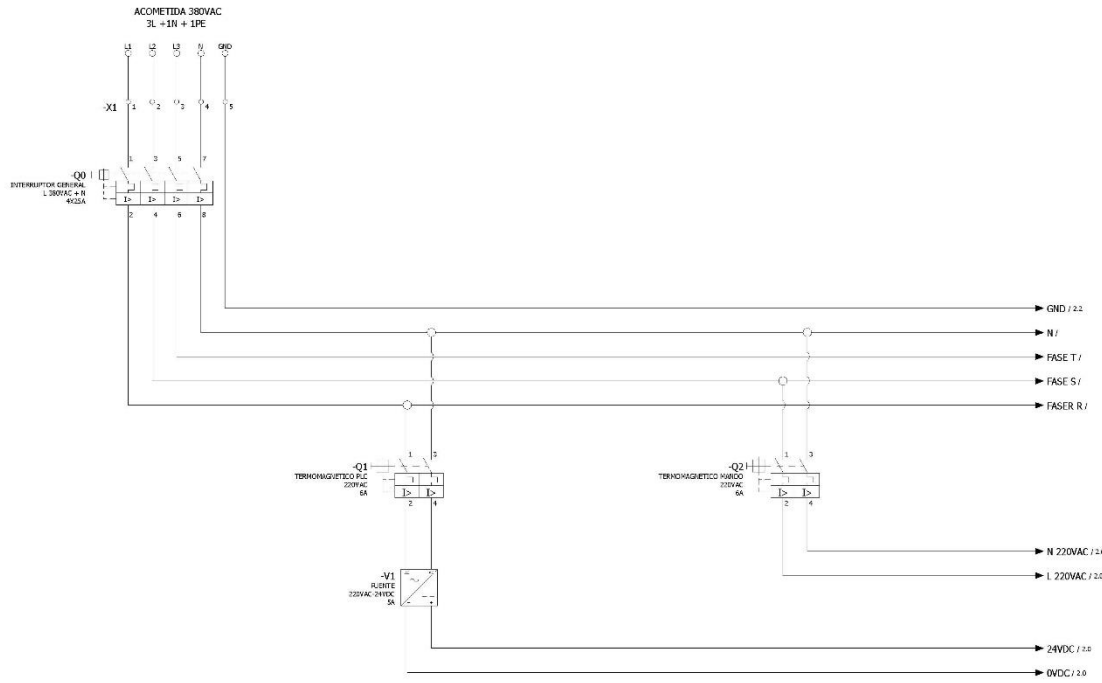
4.3.3 Ejemplo de conexión con PLC

4.3.3.1 SIMATIC S7-1200



1.4 Componentes del KTP600 PN Basic



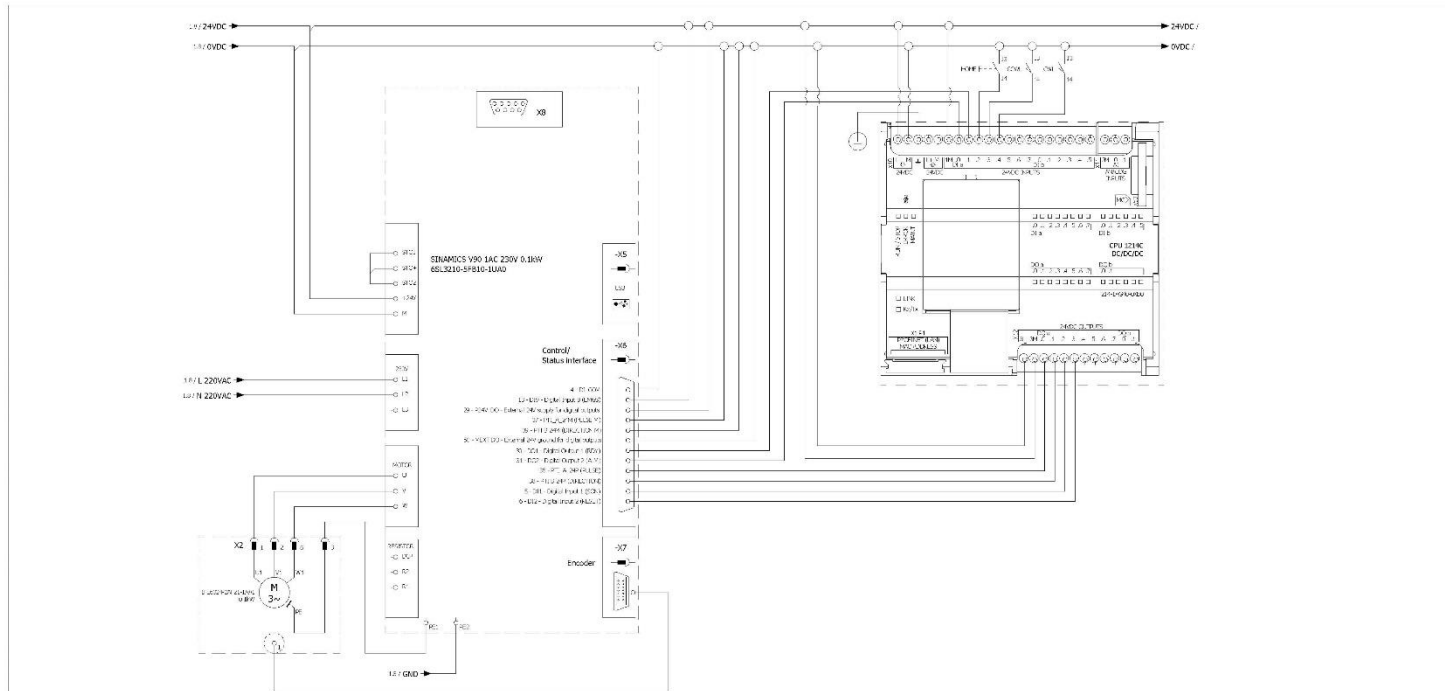


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA | ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DISEÑO DE UN TALADRO DE COLUMNA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR LA PROFUNDIDAD DE PERFORACION Y LA SUJECION DE PIEZAS MEDIANTE PC

 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	DIAGRAMA ELÉCTRICO DE ALIMENTACIÓN GENERAL	Fecha: 30/11/2021
	Dibujado por: Jorge Luis Aquino Huaman	Hoja 1 de 3
	Aprobado por: Jorge Alberto Villanueva Zapata	A4



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DISEÑO DE UN TALADRO DE COLUMNA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR LA PROFUNDIDAD DE PERFORACION Y LA SUJECION DE PIEZAS MEDIANTE PC



DIAGRAMA ELÉCTRICO DE MANDO PLC	Fecha: 30/11/2021
Dibujado por: Jorge Luis Aquino Huaman	Hoja 2 de 3
Aprobado por: Jorge Alberto Villanueva Zapata	A4



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DISEÑO DE UN TALADRO DE COLUMNA AUTOMATIZADO PARA CONTROLAR LA PROFUNDIDAD DE PERFORACION Y LA SUJECION DE PIEZAS MEDIANTE PC



DIAGRAMA ELÉCTROMECAICO DE TABLERO DE CONTROL	Fecha: 30/11/2021
Dibujado por: Jorge Luis Aquino Huaman	Hoja 3 de 3
Aprobado por: Jorge Alberto Villanueva Zapata	A4