

TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO

VIDA NUEVA

SEDE MATRIZ



TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA
BOBINADORA DE CARRETES APLICANDO TARJETAS ELECTRÓNICAS**

PRESENTADO POR

CUSANGUAN IMBAQUINGO JASSON ANDRES

ALVARADO CARRIEL JUAN SEBASTIAN

TUTOR

ING. RUIZ GUANGAJE CARLOS RODRIGO MG.

FECHA

MARZO 2024

QUITO – ECUADOR

Certificación del Tutor

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Diseño y construcción de un sistema de control para una máquina bobinadora de carretes aplicando tarjetas electrónicas”, presentado por los ciudadanos Cusanguan Imbaquingo Jasson Andrés y Alvarado Carriel Juan Sebastian, para optar por el título de Tecnólogo Superior en Electromecánica, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de marzo de 2024.

Tutor: Mg. Ruiz Guangaje Carlos Rodrigo

C.I.: 0604030635

Aprobación del Tribunal

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: “Diseño y construcción de un sistema de control para una máquina bobinadora de carretes aplicando tarjetas electrónicas”, presentado por los ciudadanos Cusanguan Imbaquingo Jasson Andrés y Alvarado Carriel Juan Sebastian, facultados en la carrera Tecnología Superior en Electromecánica.

Para constancia firman:

Ing.

C.I.:

DOCENTE TUVN

Cesión de Derechos de Autor

Yo, Cusanguan Imbaquingo Jasson Andrés portador de la cédula de ciudadanía 1723874671 y Alvarado Carriel Juan Sebastian portador de la cédula de ciudadanía 1726890104, facultados en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica autores de esta obra, certificamos y proveemos al Tecnológico Universitario Vida Nueva usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Diseño y construcción de un sistema de control para una máquina bobinadora de carretes aplicando tarjetas electrónicas”, con el objeto de aportar y promover la cultura investigativa, autorizando la publicación de nuestro proyecto en la colección digital del repositorio institucional, bajo la licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-Sin Derivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de marzo de 2024.

Cusanguan Imbaquingo Jasson Andrés

C.I.: 1723874671

Alvarado Carriel Juan Sebastian

C.I.: 1726890104

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios por permitirme haber llegado a este punto importante en mi vida, a mis padres por darme el coraje necesario para continuar ante cualquier problema y mi familia por los aprendizajes inculcados en el transcurso de mi desarrollo, a mi esposa Pamela Guerrón por tener una fe infinita en mí, y finalmente a mi amigo Juan Alvarado que ha sembrado en mi esa competencia académica que me inspira a ser mejor.

Jasson Andrés Cusanguan Imbaquingo

Dedico este trabajo a Dios que me brindo la sabiduría para culminar esta carrera, a mi Madre Clementina Carriel, que siempre está conmigo para aconsejarme, sin ella no lo hubiera logrado, a mi Padre Juan Alvarado por sus consejos por inculcarme siempre los buenos valores y seguirme guiando desde el cielo, a mis hermanos Luis y Lorena que de una u otra forma siempre me ayudan, a mi novia Sofia que siempre está conmigo sin importar la situación y a todos mis amigos que me apoyaron durante este proceso.

Juan Sebastian Alvarado Carriel

Agradecimiento

Agradezco al ingeniero Carlos Ruiz por haber transmitido sus enseñanzas y valores desde el primer día de clases y a los profesores de la carrera de electromecánica del instituto tecnológico universitario vida nueva por enseñarme todos los conocimientos y herramientas necesarias para poder enfrentarme a la vida profesional. Además, agradezco a mis compañeros de curso que durante el trayecto académico han logrado fomentar un espacio de amistad y compañerismo.

Jasson Andrés Cusanguan Imbaquingo

Agradezco al Ing. Carlos Ruiz por su aceptación como nuestro tutor para este proyecto, por sus consejos, enseñanzas y por la empatía profesional y como ser humano hacia mi persona. De igual manera, agradezco a los ingenieros Byron Machay, Edwin Machay y Darwin Tituaña por su enseñanza de primera categoría. También doy gracias a la empresa Magnecobre por la apertura que nos dio al realizar este trabajo y a todas las personas que hicieron posible el mismo.

Juan Sebastian Alvarado Carriel

Tabla de Contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Planteamiento del Problema	14
Descripción de la Situación Problemática	14
Formulación del Problema	15
Antecedentes	16
Justificación	18
Objetivos	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20
Marco Teórico	21
Electricidad	21
Electrostática	22
Electromagnetismo	23
Ley de Coulomb	23
Teoría de Control	25
Leyes de Kirchhoff	26
Electrónica	27
Software	28
Lenguajes de Programación	29
AutoCAD	30

	8
Proteus	31
Inkscape	31
Corriente Continua	32
Corriente Alterna	33
Motores de Corriente Alterna	34
Microcontrolador	35
Chumacera	36
Relé o Relevador	37
Metodología y Desarrollo del Proyecto	38
Diseño mediante AutoCAD	38
Diseño de Placas de Montaje	38
Diseño de Balanza	39
Armado de los Ejes	40
Construcción de Placas	40
Instalación de Ejes Acerados	41
Instalación del Motor a Pasos	42
Construcción del Eje de Control del Alambre	42
Instalación del Sistema de Motor a Pasos en la Máquina Bobinadora	43
Preparación del Gabinete Metálico	44
Instalación del Sensor de Peso	44
Diseño y Construcción de la Parte Eléctrica	45
Diseño de las Tarjetas Electrónicas	46
Impresión del Diseño de las Placas	46

Proceso de Quemado de Placas Electrónicas	47
Proceso de Perforación y Soldado	48
Colocación de Placas y Dispositivos en el Gabinete	48
Colocación de Placas y Dispositivos en el Gabinete	49
Adaptaciones Eléctricas	50
Diseño de Interfaz en Inkscape	50
Programación de la Interfaz en Nextion	51
Programación Motor a pasos en Arduino IDE	51
Programación Sensor de Peso en Arduino IDE	52
Comunicación Nextion y Arduino IDE	53
Propuesta	54
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
Referencias	60
Anexos	66

Resumen

Esta investigación abordó el tema de diseño y construcción de un sistema de control para una máquina bobinadora de alambre de cobre mediante tarjetas electrónicas en la empresa Magnecobre, debido a que la falta de maquinarias especializadas para mejorar el funcionamiento y calidad puede repercutir significativamente en pérdidas económicas a largo y corto plazo. El objetivo principal de la investigación fue automatizar el proceso de bobinado de alambre de cobre mediante el uso de tarjetas electrónicas, para mejorar los tiempos de entrega, además de optimizar el tiempo de los operarios en otras actividades de importancia. La información que se recopiló se basa en estudios anteriores e investigaciones en diferentes repositorios académicos referentes a los procesos de industrialización y líneas de producción. Con la información recopilada y las bases teóricas fundamentadas se logró materializar el proyecto de automatización en el control del bobinado mediante una pantalla Nextion y un motor a pasos, logrando cumplir con la función esperada. La condensación del estudio práctico recae en la materialización del sistema de control logrando las pruebas de funcionamiento con éxito para poder cumplir las funciones esperadas.

Palabras Clave: NEXTION, INKSCAPE, ARDUINO, HMI.

Abstract

This research addressed the issue of design and construction of a control system for a copper wire winding machine using electronic cards in the Magnecobre company, because the lack of specialized machinery to improve operation and quality can significantly impact on economic losses in the long and short term. The main objective of the research was to automate the process of winding copper wire through the use of electronic cards, to improve delivery times, in addition to optimizing the operators' time in other important activities. The information that was collected is based on previous studies and research in different academic repositories regarding industrialization processes and production lines. With the information collected and the theoretical bases founded, it was possible to materialize the automation project in the control of the winding through a Nextion screen and a stepper motor, achieving the expected function. The condensation of the practical study lies in the materialization of the control system, achieving the successful functional tests in order to fulfill the expected functions.

Keywords: NEXTION, INKSCAPE, ARDUINO, HMI.

Introducción

En la actualidad los procesos de automatización han ido potencializándose con el pasar del tiempo, debido a los diferentes procesos productivos que requieren de mayor agilidad, efectividad y precisión para poder realizar cualquier trabajo. Esto produce una reducción significativa en la aplicación directa de mano de obra humana, pero permite la especialización de tareas y trabajos específicos para el avance tecnológico y mejoras en el desarrollo social.

La automatización produce un desarrollo productivo a gran escala con el objetivo de aumentar la eficiencia y productividad. El estudio y aplicación de las nuevas tecnologías y avances en la productividad resulta un pilar fundamental para el avance de un país. Tal es el caso de Alemania, que es mundialmente conocida por su industria manufacturera desarrollada dentro de los campos de automatización, maquinaria, electrónica y química. Esto permite un gran desarrollo económico, social y cultural dentro del país.

En Ecuador la automatización ha realizado avances pequeños en comparación con otros países, pero ha ido generando buenos resultados con la implementación de nuevas tecnologías como es el caso de la industria alimentaria o la industria textil. Durante estos últimos años las empresas en Ecuador evidencian que la automatización es un tema que se debe desarrollar por completo para un avance significativo en la matriz productiva. Empresas como Industrias Ales o La Fabril han optado por la automatización y mejoras dentro de sus líneas de producción, aumentando en gran medida y significativamente su crecimiento económico y productivo.

Dentro de las micro empresas o pymes la automatización no es un tema que se lo toma con gran importancia, esto se debe a la falta de conocimiento y especialización dentro del campo de las tecnologías para el desarrollo de microempresas. Las personas usualmente se basan en el trabajo a mano o denominado artesanal para poder cumplir con varias actividades, logrando una

mayor pérdida de tiempo y un proceso lento de avance significativo. Existe un gran desconocimiento sobre el tema de automatización a nivel microempresarial en donde se desvaloriza la adquisición o implementación de maquinarias automáticas para mejorar los procesos. Muchos microempresarios ven una traba importante en la adquisición e implantación de sistemas automatizados debido a que los costos son enormes, pero no se toma en cuenta los beneficios que pueden obtener al mejorar la calidad y tiempos de entrega.

El uso de tarjetas electrónicas facilita en gran medida realizar procesos en donde no se requieran niveles industriales, esto puede ser aprovechado por las diferentes microempresas del país, debido a que los procesos que ocupan las microempresas no conllevan cargas o trabajos demasiado fuertes o especializados como son el caso de fábricas ya especializadas. Además de que los precios son accesibles para cualquier proceso de automatización.

Existe tarjetas electrónicas que pueden ayudar a realizar tareas específicas dentro del área comercial y de producción a nivel microempresarial, como es el caso de Arduino o el ESP32, además se puede realizar de forma manual las tarjetas electrónicas que se requiera, mediante la quema de placas electrónicas. Estas opciones resultan un cambio de idea en los procesos automatizados que mejoran no solamente la parte productiva, sino que, además mejoran la parte económica de la microempresa.

Planteamiento del Problema

Descripción de la Situación Problemática

El bobinado de alambre de cobre esmaltado dentro de la empresa Magnecobre se puede mejorar mediante la implementación de un eje que pueda direccionar el alambre de cobre esmaltado mientras el carrete gira, además de permitir contar el número de metros para controlar la cantidad requerida para ser entregada al cliente, mejorando los tiempos de entrega y la eficiencia del personal.

El proceso de investigación se enfoca en la búsqueda de información relevante que permita diseñar y construir los elementos necesarios en el proyecto de investigación, la información recolectada se lo obtiene directamente de libros técnicos y proyectos electrónico-mecánicos que sirvan como guía para ampliar los conocimientos y así poder implementar dentro del proyecto a realizarse, estos recursos bibliográficos se lo encuentra en diferentes lugares como bibliotecas, videos aplicativos prácticos y tesis en plataformas virtuales para una mejor comprensión teórica y práctica del tema.

El diseño a aplicarse se determina mediante la aplicación de AutoCAD para la parte de la estructura, lo cual permite una visión más clara sobre el proyecto a realizarse conociendo las partes a construir y la posición exacta de cada elemento. También se utiliza el software de Arduino IDE que nos permite programar las funciones a cumplir el sistema que va integrado en la maquina bobinadora de alambre de cobre esmaltado.

El procedimiento técnico se enfoca en el diseño del sistema de control mediante AutoCAD y la utilización de tarjetas electrónicas para la construcción del sistema antes mencionado, esto nos permite evidenciar que el diseño en AutoCAD para el sistema de control sea el más adecuado para ser implementado y así poder plasmarlo en la construcción del mismo.

La verificación del proyecto se llevará a cabo mediante un control periódico de velocidad, fuerza y eficiencia del sistema de control en la máquina bobinadora de alambre de cobre esmaltado, además de poder llevar un control en las mejoras de tiempo en la preparación y entrega de material a los clientes.

Formulación del Problema

¿Cómo se aplican las tarjetas microcontroladoras para la construcción de sistemas de control de máquinas bobinadoras?

Antecedentes

La implementación automatizada en la industria conlleva a un desarrollo industrial especializado que puede mejorar en gran medida a la producción económica del país. Según Mendoza (2021) resume que:

La implementación de un sistema de control en cualquier proceso industrial es de suma importancia debido a que mejora la calidad, seguridad y tiempos. El sistema de control empleado en la empresa INTERQUIMEC S.A. para el sobrellenado del tanque V4H utiliza diferentes elementos que hace posible esta interacción semiautomática mediante el PLC S7-1200, transmisor ultrasónico tipo radar y una pantalla HMI KTP 700 BASIC. Estos elementos permiten un control eficiente cuando el tanque V4H se encuentra con demasiada carga y pueda detectar ese tipo de estímulo. (p. 6)

Esto indica que, los HMI facilitan la operación y su nombre hace referencia a la comunicación hombre y máquina.

La tesis titulada Diseño e Implementación de un sistema de control para una prensa hidráulica basado en PLC logo y HMI de Subía (2021), afirma que:

La implementación de un sistema de control en una prensa hidráulica evidencia la importancia que tienen este tipo de sistemas para poder llevar a cabo acciones específicas en un proceso industrial ya sea para mejorar la producción o para la seguridad. El control de una prensa oleo hidráulica mediante el PLC LOGO y una pantalla HMI facilita los trabajos a realizar debido a que se puede controlar ya no de forma manual las operaciones, si no mediante un lugar específico y mediante la pantalla HMI para dar las señales de acción hacia la prensa oleo hidráulica mediante la interacción del PLC LOGO y así poder direccionar y gestionar el tipo de trabajo a realizarse. (p. 8)

Es por esto que, en la actualidad se busca reemplazar los sistemas de control por sistemas automatizados, sin dejar de lado la economía de la persona optando por sistemas sencillos pero útiles.

Por otro lado, se tiene la tesis de un Sistema de control de la iluminación de un hogar a través de Android gobernado por la plataforma Arduino, donde Ramos (2017) explica que:

Los sistemas de iluminación controlada no son muy comunes en la actualidad, debido a que los costos son demasiado elevados para implementar equipos sofisticados para cada acción por esto las personas que no están al alcance de este tipo de tecnología no puede aprovechar este tipo de beneficios. Por este motivo se implementa un sistema de control en la iluminación de un hogar a través de Arduino que es un software libre y se puede disponer de su instalación y programación a precios muy accesibles que cualquier hogar o familia pueda implementar. Con este tipo de tarjeta electrónica los usuarios pueden ser partícipes de los avances tecnológicos y de sus beneficios. (p. 11)

Además, los sistemas domóticos cada vez van tomando más espacio dentro del mercado y su uso es cada vez más amplio dentro de los hogares y empresas.

Justificación

La elección del problema a resolver surge de la necesidad de optimizar el tiempo de trabajo y realizar un desempeño satisfactorio dentro de la empresa Magnecobre, que no solamente se beneficiará el cliente debido a los tiempos más cortos de entrega, sino también a la empresa ya que no se necesitará de un operario que se encuentre manipulando directamente dentro del proceso de preparación y puede ocuparse en otros puntos más importantes.

En la actualidad los procesos de automatización dentro de las empresas facilitan el trabajo en cualquier proceso mejorando su productividad y desarrollo, especialmente en Ecuador ya que al ser un país tercermundista tiene mucho por desarrollarse a nivel tecnológico. La influencia de los países de primer mundo demuestra la importancia de automatizar procesos para mejorar el desempeño de las empresas, y debido a esto la empresa Magnecobre al encontrar un problema que repercute en la optimización de tiempos y mejoras de atención al cliente, la automatización de procesos es primordial para su desarrollo.

La necesidad de automatizar procesos dentro de la empresa Magnecobre se viene reflejando tiempo atrás debido a la concientización de que los procesos de preparación y entrega del material específicamente del alambre de cobre esmaltado son muy largos, debido a esto se identifica el problema a resolverse y se da una solución pertinente para mejorar los procesos.

El problema de tiempos de entrega que no satisfacen las necesidades del cliente y el desperdicio de tiempo del operario dedicado a la actividad de bobinado de alambre de cobre esmaltado resulta ser perjudicial para el desarrollo de la empresa Magnecobre dentro de los parámetros de escalabilidad y desarrollo empresarial. Con esto se puede deducir que la implementación de la automatización de las máquinas bobinadoras es de suma importancia para

poder mejorar todos los aspectos antes mencionados y desarrollar un entorno más profesional y técnico en las áreas de preparación, empaquetado y despacho de material

La solución al problema que presenta la empresa Magnecobre radica en la automatización de los procesos de preparación del material mediante tarjetas electrónicas, realizando movimientos precisos que acorten el tiempo de entrega. Las tarjetas electrónicas controlan el movimiento y control del alambre de cobre al momento de bobinar mejorando los procesos, optimización del tiempo y aumentando la productividad dentro de la empresa.

Objetivos

Objetivo General

Construir un sistema de control para una máquina bobinadora de carretes de alambre de cobre esmaltado aplicando tarjetas electrónicas que permitan la mejora de los procesos de preparación de material y tiempos de entrega a los clientes.

Objetivos Específicos

- Investigar el funcionamiento y el uso de los diferentes sistemas de control que se utilizan dentro de máquinas industriales utilizando tarjetas electrónicas.
- Diseñar los planos del sistema de control para la maquina bobinadora utilizando software como Arduino IDE para el diseño electrónico y AutoCAD para el diseño mecánico.
- Construir el sistema de control de la máquina bobinadora de acuerdo a lo establecido en los diseños utilizando tarjetas microcontroladoras.

Marco Teórico

A continuación, se describirá de forma clara y precisa los términos, principios, y leyes fundamentales en los cuales este trabajo de investigación-práctico está sustentado. Esto nos permite direccionar el trabajo de investigación-práctico mediante sustentación científica.

Electricidad

Es un fenómeno que se presentan en la naturaleza donde el flujo de electrones se hace efectivo en cualquier cuerpo, las cargas de los cuerpos pueden producirse de manera natural o inducida. Según Wildi (2007):

El paso de energía por medio de un conductor se hizo evidente durante el siglo 17 en donde se determinó que la energía circula de un lugar a otro, es decir mediante la señal de entrada o parte positiva hacia la salida de la señal o parte negativa. (p. 7)

Con este concepto se puede deducir que la electricidad es el paso de electrones que circula a través de un conductor generando fuerza y flujo que se denominan corriente y voltaje.

Figura 1

Electricidad



Nota. Sistema de distribución de electricidad mediante líneas aéreas. Reproducido de Alamy Stock Photo, por J. Tack, 2021 (<https://www.alamy.com/stock-photo/380-kv-extra-high-voltage-overhead-line.html?sortBy=relevant>).

Electrostática

La electrostática se dedica al estudio de la interacción de las cargas eléctricas en reposo, es decir que cada cuerpo se dispone cargado eléctricamente ya sea de forma negativa o positiva, se dedica al estudio de la reacción de atracción o repulsión de cargas cuando comparten electrones, pero el cuerpo permaneciendo en forma estática. De tal manera que:

La electrostática es una parte de la física en donde intervienen las cargas y los diferentes campos magnéticos que se generan, esto se puede comprobar cuando en un cuerpo los electrones se encuentran en estado de reposo es decir no existe flujo de electrones. El estudio de la electrostática es crucial para poder entender el paso de cargas mediante un conductor. (Cordero, 2015, p. 42)

Mediante las leyes de la electrostática se puede definir y reconocer como reaccionan las cargas eléctricas en los diferentes elementos que componen las tarjetas electrónicas.

Figura 2

Electrostática



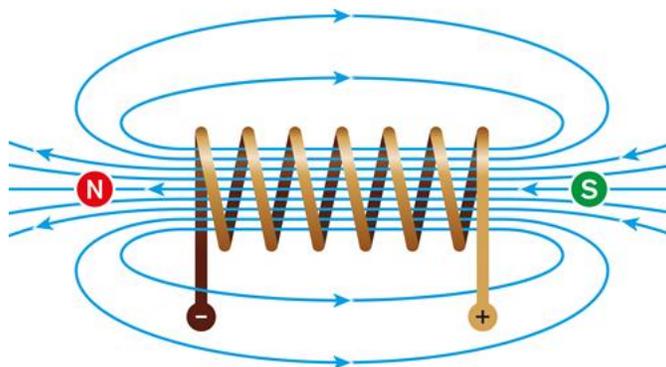
Nota. Experimento realizado para comprobar el principio de electrostática. Reproducido de Concepto de Electrostática, por C. Estefanía, 2021 (<https://concepto.de/electrostatica/>).

Electromagnetismo

El electromagnetismo es una rama de la física que estudia la relación que existe entre la electricidad y el magnetismo de forma más específica, Cheng (1998) detalla que “el electromagnetismo es el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos causados por cargas eléctricas en reposo o en movimiento” (p. 2), por lo tanto, esta teoría fundamenta el funcionamiento de los motores de inducción los cuales por influencia electromagnética producen movimiento continuo, lo que permite a través del electromagnetismo el funcionamiento de un sin fin de máquinas actuales.

Figura 3

Electromagnetismo



Nota. Concepto de electromagnetismo donde los polos actúan según se aplique una carga.

Reproducido de Transistores, por E. Roch, 2023 (<https://transistores.info/electromagnetismo-aplicado-a-la-electronica-induccion-capacitancia-y-campos-magneticos/>).

Ley de Coulomb

Esta ley establece la relación que existe entre las cargas estáticas de los conductores, y es de suma importancia entender esta ley para poder relacionar con el funcionamiento de los

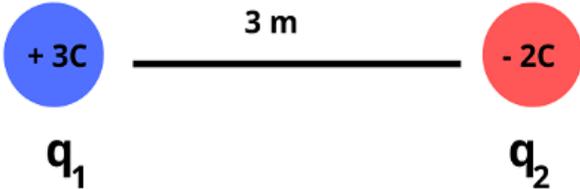
motores de inducción ya que aplica esta ley fundamental. Esta relación de cargas depende de la distancia que existen entre las cargas y el tipo de carga ya sea positivo o negativo, según Giancoli & Olgúin (2007), lo afirman de la siguiente forma:

La ley de Coulomb proporciona la magnitud de la fuerza eléctrica que cualquier objeto ejerce sobre otro. La dirección de la fuerza eléctrica siempre es a lo largo de la línea que une los dos objetos. Si las dos cargas tienen el mismo signo, la fuerza sobre cualquier objeto está dirigida alejándose del otro. Si las dos cargas tienen signos opuestos, la fuerza sobre uno está dirigida hacia el otro (se atraen). (p. 444)

Es por esto que, la Ley de Coulomb cumple un papel fundamental en la aplicación de cargas electrostáticas en conductores de cobre y aluminio.

Figura 4

Ley de Coulomb



$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \longrightarrow F = 9 \cdot 10^9 \frac{+3 \cdot (-2)}{3^2}$$

$$F = -6 \cdot 10^9 \text{ N}$$

Significados.com

Nota. Aplicación de la ley de coulumb. Reproducido de Enciclopedia Significados, por S. Rhoton, 2024 (<https://www.significados.com/ley-de-coulomb/>).

Teoría de Control

La teoría de control se enfoca en el control y dirección de cualquier sistema para realizar acciones específicas, de acuerdo con:

Cualquier sistema de control se caracteriza por establecer un conjunto de acciones mediante diferentes elementos que reciben señales de entrada para poder interpretarlas como señales de salida y realizar cualquier proceso que se necesite, esto conlleva a explicar cuáles son las señales de entrada o salida para su funcionamiento evitando el funcionamiento interno. (Castro, 2000, p.40)

En resumen, la teoría de control dictamina que es de suma importancia conocer las señales de entrada para poder predecir de forma exacta cuáles serán las reacciones que puedan ocurrir en los datos de salida dependiendo de la función o tarea a realizarse en cualquier circuito electrónico.

Figura 5

Teoría de Control



Nota. Teoría de control en la Industria actual. Reproducido de Teoría del Control, modelización y planes de estudio, por E. Zuazua, 2024 (<https://cmc.deusto.eus/enzuazua/teoria-del-control-modelizacion-y-planes-de-estudio-1/>).

Leyes de Kirchhoff

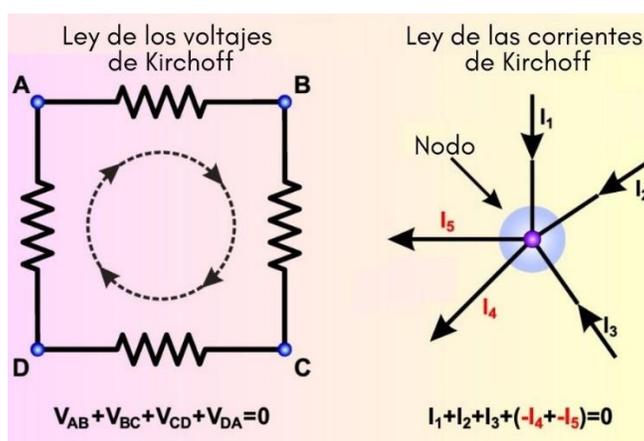
Las leyes de Kirchhoff resultan de gran importancia para comprender el funcionamiento de los circuitos eléctricos y entender como la energía eléctrica fluye dentro de un sistema. Esto además permite reconocer los diferentes tipos de voltajes y corrientes en cada parte que puede conformar un sistema eléctrico, Según Redondo y Redondo (2005):

Las leyes de Kirchhoff son fundamentales para poder realizar los cálculos necesarios del voltaje o corriente de cada circuito. Existen dos leyes de Kirchhoff, la primera explica que se puede conocer cualquier corriente de circuito cuando se suman todas las corrientes de entrada y esto resulta igual a la suma de todas las corrientes de salida. La segunda ley establece que la suma de las corrientes dentro de un cerco cerrado es igual a cero. (p.21)

Además, es fundamental que las leyes de Kirchhoff sean aplicadas en la mayoría de circuitos eléctricos pues sus leyes nos permiten conocer el movimiento de la corriente en todas las direcciones a partir de sus distintas fuentes.

Figura 6

Leyes de Kirchhoff



Nota. Leyes y fórmulas de Kirchoff utilizadas en la ingeniería eléctrica. Reproducido de Leyes de Kirchoff, por F. Zapata, 2021 (<https://www.lifeder.com/leyes-kirchhoff/>).

Electrónica

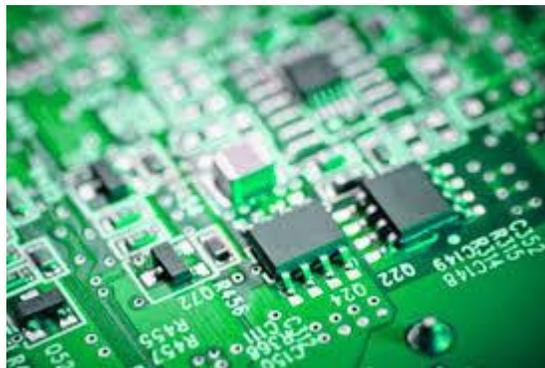
El avance tecnológico de las ciencias nos ha ayudado a comprender de mejor forma cómo funciona el universo, y entender los fenómenos físicos que se presentan en nuestro mundo. La electrónica es un fenómeno que parte de la premisa de la electricidad, debido a que, como se sabe la electricidad es el flujo de cargas en movimiento y la electrónica en cambio es el flujo de electrones, de tal manera que:

La electrónica proviene del estudio de la electricidad y mediante avances tecnológicos han ido mejorando con el pasar del tiempo hasta convertirse en la electrónica actual en donde se considera al paso de corriente eléctrica controlada por medio de pequeños dispositivos, considerado como el estudio del paso de los electrones a través de un conductor, pero este paso no lo realiza de forma desordenada y continua, sino que lo realiza de forma ordenada mediante pulsos eléctricos. (Aranda, 2014, p.35)

Debido a esto la electrónica puede realizar diversas funciones como control de sistemas, procesamiento de información, entre otras.

Figura 7

Electrónica



Nota. Microchips en la actualidad. Reproducido de ¿Qué es la Electrónica Digital?, por J. Navarro, 2015 (<https://blog.udlap.mx/blog/2015/03/20/queeslaelectronicadigital/>).

Software

Es una serie de instrucciones que pueden ser ejecutadas por un ordenador, ya sea para controlar o dar señales. Las instrucciones que se programan dentro del lenguaje de comunicación pueden realizar funciones, dar características y desempeños que se necesitan para cumplir con una acción específica.

El software puede ser interpretado mediante lenguaje de computadora que utiliza números binarios para su interpretación de señales (Pressman, 2010).

Además, ayuda a ejecutar cualquier función necesaria para desempeñar funciones específicas ya sea de forma virtual o de forma física dando como resultado trabajos complejos que se ejecutan mediante dispositivos electrónicos.

Figura 8

Software



Nota. Software de oficina utilizado en empresas medianas y grandes. Herramientas de autor: que son, características y como elegir la tuya, por N. Bayer, 2024 (<https://www.iseazy.com/es/blog/herramientas-de-autor-que-son/>).

Lenguajes de Programación

Son muy utilizados por los programadores para poder dar vida a cualquier software o aplicación específica. Según Cela (2001):

Este tipo de lenguaje de programación utiliza una especie de lenguaje propio, utilizando un conjunto de símbolos y señales que pueden leer los ordenadores para dar mandos u órdenes a cualquier ordenador. Todas las señales se convierten en pulsos eléctricos mediante el uso de elementos especializados que permiten el paso de electrones de forma ordenada. (pp. 12-13)

Es por esto que estos comandos permiten establecer reglas e instrucciones que son interpretadas o cifradas por un lenguaje de computadora para poder ejecutar cualquier función o sistema.

Figura 9

Lenguaje de programación



Nota. Lenguajes de programación más utilizados actualmente. Reproducido de ¿Cuáles son los lenguajes de programación?, por F. Brutti, 2022 (<https://thepower.education/blog/cuales-son-los-lenguajes-de-programacion>).

AutoCAD

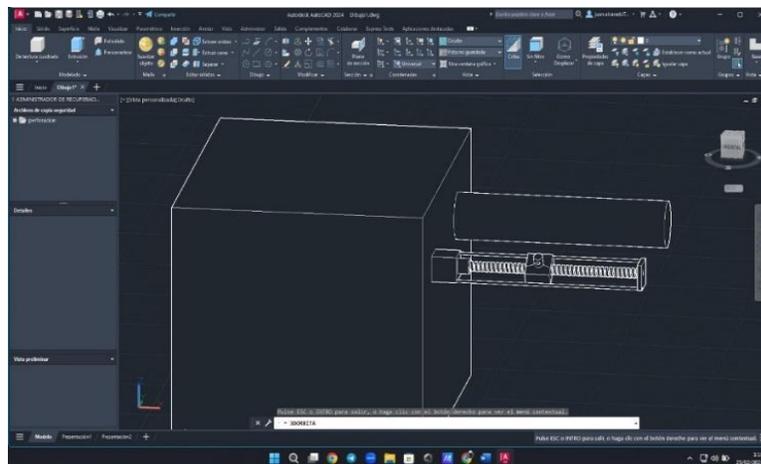
Es un software que permite la creación de gráficos tanto en dos dimensiones como en tres dimensiones facilitando cualquier diseño o construcción de trabajo a nivel de ingeniería para su utilización en planos. Según Le Frapper (2011) lo define de la siguiente forma:

El software AutoCAD es una aplicación universal de Diseño y Dibujo Asistido por Ordenador (Computer Aided Design, CAD). Las aplicaciones de CAD/CAM son herramientas muy potentes. La velocidad y la facilidad con las que un dibujo puede ser preparado y modificado con un ordenador presenta enormes ventajas frente al dibujo manual. AutoCAD ofrece esta sofisticada tecnología (antes reservada a sistemas mayores y más costosos) a los usuarios de ordenadores personales. (p. 16)

AutoCAD a diferencia de otros softwares para instalarlo se necesita de una licencia paga para poder acceder a los beneficios.

Figura 10

Interfaz para la creación de piezas en AutoCAD



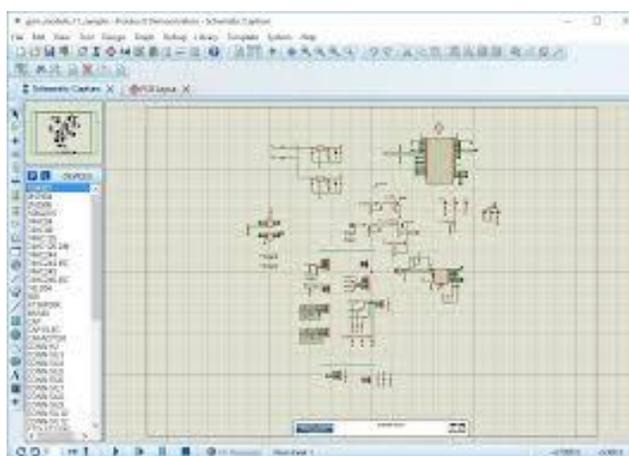
Nota. Interfaz de AutoCAD 2024. Reproducido de ¿Que es AutoCAD y para qué sirve?, por Q. Ítalo, 2022 (<https://arcux.net/blog/que-es-autocad-y-para-que-sirve/>).

Proteus

Este programa es de gran utilidad dentro del área de ingeniería para poder diseñar y construir diferentes tipos de conexiones para luego ser trasladadas a tarjetas electrónicas. Esta interfaz permite el fácil uso y manipulación. “Dentro de la interfaz se puede modificar diferentes diseños de placas electrónicas para dar forma a los diferentes elementos que se desea instalar” (Gallardo, 2015, p. 5). Por lo que, permite una programación de circuitos electrónicos de manera sencilla para el usuario.

Figura 11

Interfaz del programa Proteus



Nota. Circuito creado en el software Proteus. Reproducido de Simulador de circuitos electrónicos y microcontroladores, por A. Peel, 2024 (<https://www.malavida.com/es/soft/proteus/>).

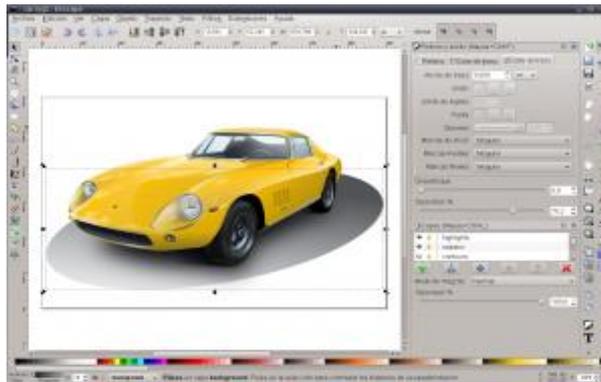
Inkscape

Es un programa de software que se utiliza para realizar cualquier tipo de gráficos, líneas o formas en donde utiliza edición en sentido vectorial, es decir utiliza fórmulas las cuales son útiles para no perder la resolución al momento de ampliar o reducir la imagen. Este programa utiliza una interfaz de código abierto, es decir es de fácil acceso para cualquier usuario. De acuerdo con Mora (2013):

Es un programa de código abierto y se utiliza para trabajos de diseño de ingeniería en donde se puede graficar cualquier objeto que se requiera según planos específicos. Este programa posee la opción de editar y transferir los datos en formatos cps., pdf., svg o cualquier otro formato en donde se utilice líneas vectoriales. (p.1)

Figura 12

Interfaz de Inkscape para la edición de imágenes



Nota. Interfaz de Inkscape. Reproducido de Inkscape, editor de gráficos, por A. Ventila, 2013 (<https://linux.com/inkscape-editor-de-graficos/>).

Corriente Continua

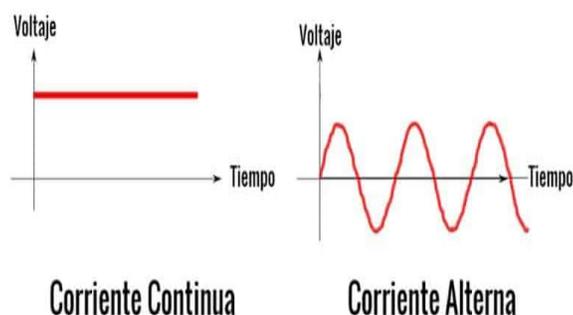
La corriente continua o también conocida como corriente unidireccional se dispone en una sola dirección, es decir los pasos de los electrones lo hacen en un solo sentido y lo realizan en una forma constante. Según Hernández (2012):

Los dispositivos electrónicos, los sistemas de almacenamiento de energía y las aplicaciones que requieren un suministro constante y estable de energía, como los cargadores de dispositivos portátiles, los electrodomésticos de bajo consumo y algunos sistemas de transporte eléctrico, utilizan con frecuencia la corriente continua. La corriente continua no puede realizar un flujo en sentido contrario como lo hace la corriente alterna. (pp 55-56)

Es por esto que, la corriente continua sigue siendo actualizada actualmente en los dispositivos electrónicos pues su variación casi nula permite un correcto funcionamiento de los dispositivos.

Figura 13

Circulación de corriente continua



Nota. Onda Senoidal que produce la corriente Continua y la corriente Alterna. Reproducido de Corriente Alterna por J. Alonso, 2024 (<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/corriente-alterna/>).

Corriente Alterna

La corriente alterna es un tipo de corriente eléctrica que se dispone en direcciones oscilatorias, es decir el paso de los electrones por el conductor lo hace de forma periódica. En este tipo de corriente los electrones avanzan y retroceden en una forma continua, generando una forma de onda sinusoidal. A diferencia de la corriente continua, la corriente alterna es más fácil de almacenar y distribuir mediante aparatos especializados como son los transformadores. Según Elías (2013):

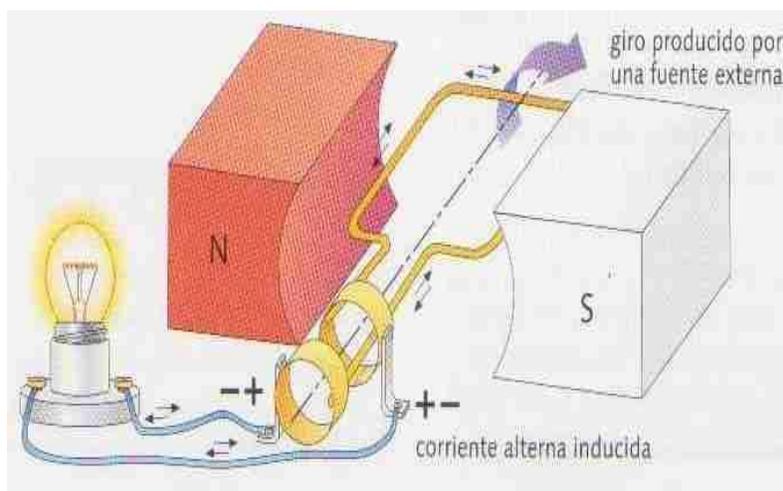
La corriente alterna se comporta como su nombre lo indica, los electrones del circuito se desplazan primero en un sentido y luego en sentido contrario, con un movimiento de

vaivén en torno a posiciones relativamente fijas. Esto se consigue alternando la polaridad del voltaje del generador o de otra fuente. (p. 5)

Además, la corriente alterna es la más utilizada gracias a su facilidad para subir o bajar el voltaje dentro de un sistema permitiendo distintas aplicaciones.

Figura 14

Circulación de corriente alterna



Nota. Corriente Alterna Inducida. Reproducido de Corriente Alterna por J. Alonso, 2024

(<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/corriente-alterna/>).

Motores de Corriente Alterna

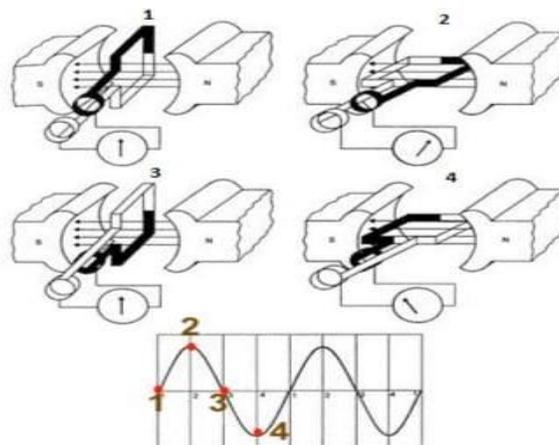
Este motor dice Elías (2013) utilizan el tipo de corriente alterna para su funcionamiento, el paso de los electrones a través del conductor lo hace de forma periódica. Las bobinas dispuestas en los motores de corriente alternan generan un campo magnético en el estator y el rotor que es el responsable del movimiento de la máquina gira por la polarización de las bobinas de alambre.

Los motores que utilizan corriente alternan se caracterizan por tener un estator y un rotor en donde el estator es energizado mediante el paso de corriente que circula por las bobinas que lo

conforman, realizando un campo de magnetismo. Esto induce al rotor, el cual también tiene un bobinado y mediante el magnetismo ejercido por el estator produce polos negativos y positivos para que el estator pueda moverse en un sentido o en otro (Baselga, 2017).

Figura 15

Motor de corriente alterna de 2 polos



Nota. Teoría de funcionamiento de un motor de corriente alterna de 2 polos. Reproducido de Corriente Alterna por J. Alonso, 2024 (<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/corriente-alterna/>).

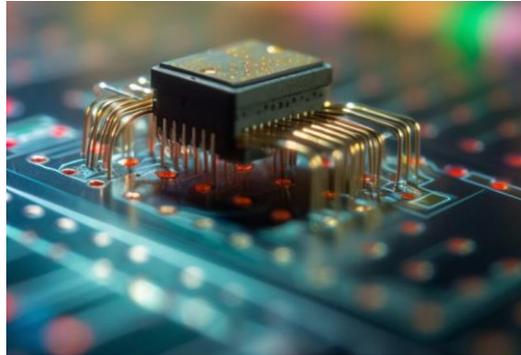
Microcontrolador

Los microcontroladores son la electrónica actual y base de toda la tecnología existente gracias a su diseño compacto y fiabilidad. Según Ramírez (2007) “es utilizado en las universidades, empresas y grupos de investigación para fabricación y/o modificación de equipos con funciones específicas de instrumentación, control y automatización” (p. 1).

Por lo que, el microcontrolador es un gran invento donde se disponen todos los componentes que utilizan los computadores de hoy, y todo elemento que se encuentre hecho a partir de elementos electrónicos.

Figura 16

Microcontrolador



Nota. Microcontroladores en la actualidad. Reproducido de Tesla y los microcontroladores que están marcando tendencia, por C. Juárez, 2023 (<https://thelogisticsworld.com/manufactura/tesla-y-los-microcontroladores-que-estan-marcando-tendencia/>).

Chumacera

Las chumaceras dentro de la industria juegan un papel muy importante debido a su alta eficiencia al momento de sostener o soportar un peso para producir el movimiento de cualquier maquinaria. Fernández (2023), explica que:

Las chumaceras también se les conoce con el nombre de cojinetes o rodamientos, las cuales su función principal es de sostener y guiar. Estas funciones evitan el rozamiento excesivo y elimina las vibraciones que pueden ejercer en un sistema rotario para poder transmitir el movimiento de la máquina que ejerce el movimiento hacia la parte a ejecutar esa acción. (p. 595)

De acuerdo con lo mencionado, las chumaceras permiten crear sistemas de ejes con movimientos circulares o sobre su propio eje.

Figura 17

Chumaceras de distinto tipo



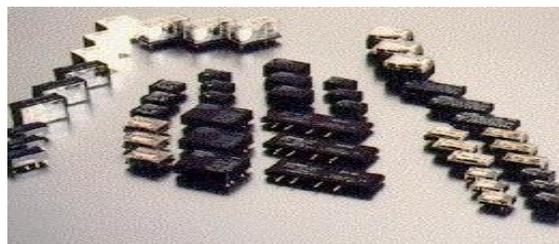
Nota. Tipos de chumaceras utilizados en la industria. Reproducido de Que es una chumacera, por W. Hanz, 2018 (<https://www.quinterohurtado.com/post/qu%C3%A9-es-una-chumacera>).

Relé o Relevador

El relé es un dispositivo considerado un elemento electromecánico dispone de contactos ya sean abiertos o cerrados. Según la investigación de Sadiku (2006) “Es un interruptor controlado magnéticamente que se llama relevador” (p. 296). Por lo tanto, al energizar la bobina del relevador los contactos se abren o cierran según sea el caso del relevador.

Figura 18

Modulo Relé para Arduino de 5V



Nota. Relés más utilizados en la electrónica. Reproducido de Dispositivos electrónicos de potencia: Relés, por J. Aguilar, 2024

(https://www.ugr.es/~amroidan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm).

Metodología y Desarrollo del Proyecto

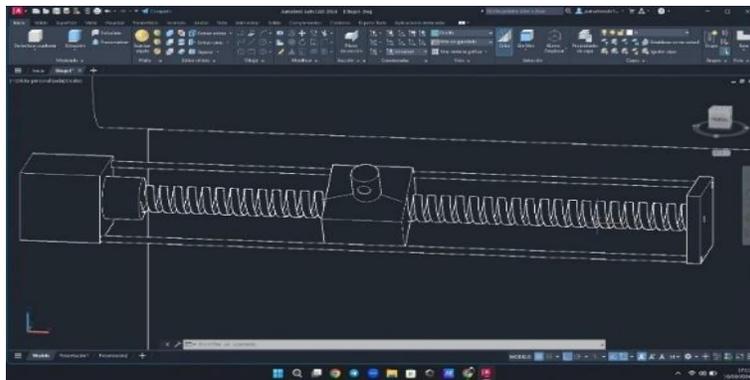
El presente proyecto se enfoca en el diseño y construcción del sistema de control de una máquina bobinadora de carretes aplicando tarjetas electrónicas para poder mejorar los procesos de entrega, logrando la automatización de este proceso en donde se necesitaba un operador para poder realizar el trabajo. Este sistema de control implementado en la empresa Magnecobre hace posible su crecimiento tanto en la parte innovadora-tecnológica como en la parte económica.

Diseño mediante AutoCAD

Como primer paso se procede a realizar los trazos que corresponden al sistema de control mediante el programa de software AutoCAD para una mayor precisión en la ubicación y dimensionamiento con respecto al eje de bobinado.

Figura 19

Diseño del sistema de control del alambre en AutoCAD



Nota. El diseño del sistema de control se construye en relación al eje del bobinado para una mayor precisión.

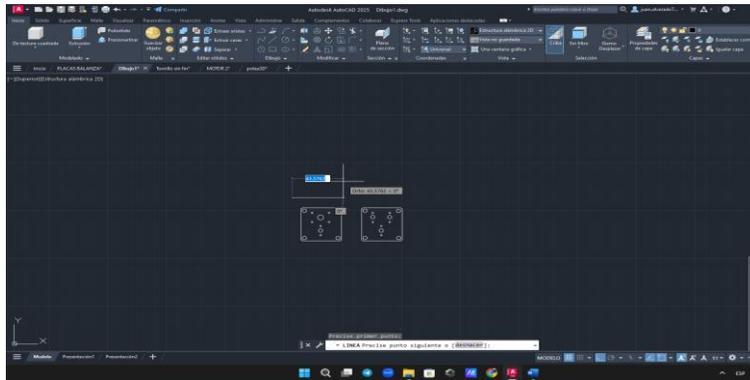
Diseño de Placas de Montaje

Se realiza el diseño de las placas de montaje para el tornillo sin fin, los ejes acerados, las chumaceras y también el servomotor a utilizar, el diseño de estas placas permite enviar a una

máquina de plasma o laser CNC, para que las perforaciones sean precisas, asegurando un correcto movimiento del eje lineal el mismo que ya es considerado como un actuador lineal.

Figura 20

Diseño de las placas de montaje



Nota. Se construyen las placas base para el motor a pasos.

Diseño de Balanza

Para el control de peso se utiliza una galga extensiométrica o sensor de peso de 50kg el mismo debe tener una base para su calibración y para la medición de peso, este debe contar con una base uniforme y sólida y un sistema de resortes para disminuir la rigidez de la balanza.

Figura 21

Corte en plasma CNC del diseño de balanza



Nota. Corte de plasma según los planos para la balanza.

Armado de los Ejes

Como primer paso se procede a cortar los ejes acerados para poder instalar en el sistema de control, estos cortes se hacen con referencia al eje de la máquina bobinadora de alambre de cobre esmaltado que tiene una medida de 48 cm desde su base. Conociendo este dato se procede a cortar los ejes a 60 cm dando un espacio prudente para la instalación de los demás componentes. Se necesita dos ejes acerados y un tornillo sin fin para poder instalar el sistema de control, estos ejes permiten al sistema del tornillo sin fin y del motor a pasos poder deslizarse sin causar fricción debido a que el sistema permanece suspendido los ejes, permiten que el movimiento sea lineal durante todo el recorrido.

Figura 22

Ejes acerados y tornillo sin fin en eje de máquina bobinadora



Nota. Se realizo los cortes de los ejes acerados y el tornillo sin fin de 60.

Construcción de Placas

Para poder sostener los ejes acerados y el tornillo sin fin se fabricó dos placas en acero negro. Estas placas mantienen el equilibrio y soporte de los ejes acerados. La construcción se lo realiza por medio de una cortadora de plasma para dar la forma y medida requerida para su posterior instalación.

Figura 23

Construcción de las placas de acero



Nota. Se realiza el corte de las placas en acero negro de acuerdo a medidas exactas.

Instalación de Ejes Acerados

Después de realizar las placas en acero negro se procede a ubicar los ejes acerados y el tornillo sin fin en la placa. Para lograr esto se realiza 3 perforaciones para poder instalar chumaceras, que nos ayudan al soporte de los ejes acerados y el tornillo sin fin, y rodamientos para una mayor facilidad de deslizamiento del eje por el tornillo sin fin.

Figura 24

Unión de las placas y los ejes



Nota. Se instala los ejes acerados y el tornillo sin fin en las placas mediante chumaceras y rodamientos para un mejor sostén de los ejes.

Instalación del Motor a Pasos

Para la instalación del motor a pasos en la placa en acero negro se procede a la perforación de acuerdo al eje del motor para poder instalar conectando el tornillo sin fin por medio de un acople flexible que, además de prestar el soporte adicional, permite que el tornillo acerado no se descentre con el tiempo y uso. El motor a pasos puede generar su movimiento sin ningún rozamiento o fricción por medio del acople flexible para una mejor transmisión de fuerza del motor.

Figura 25

Instalación del motor a pasos en la placa en acero negro



Nota. Instalación del motor a pasos en la placa en acero negro.

Construcción del Eje de Control del Alambre

Para la construcción del eje en donde va el alambre de cobre esmaltado para que pueda tener un movimiento de avance y retroceso, se utilizó un material denominado duralón. El duralón es un material que se puede moldear fácilmente, además de que sus costos son muy baratos y fácil de adquirir.

Este eje va a estar apoyado de una base que va a recorrer el tornillo sin fin por lo que es importante que sus perforaciones sean simétricas con los ejes para evitar roces innecesarios.

Figura 26

Eje de duralón instalado en los ejes acerados



Nota. Instalación del eje para el alambre de cobre esmaltado con su dirección hacia arriba.

Instalación del Sistema de Motor a Pasos en la Máquina Bobinadora

Para la implementación del sistema de motor a pasos con las placas en acero negro donde se disponen los ejes acerados, el tornillo sin fin y el eje de duralón, se perfora para poder instalar la placa en un extremo de la máquina bobinadora al nivel del eje de embobinado. Esto permite ejecutar en forma precisa y orientada el movimiento del eje del motor a pasos para el embobinado de alambre.

Figura 27

Instalación del sistema de motor paso a paso



Nota. Unión e instalación del sistema de motor paso a paso.

Preparación del Gabinete Metálico

Para la instalación del gabinete metálico se procedió a realizar perforaciones a una distancia prudente para que el operario pueda ejecutar las acciones. En el gabinete metálico se realizó dos cortes para poder visualizar las tarjetas electrónicas de las cuales está echo el sistema y la instalación de la pantalla Nextion para poder manipular manualmente y de forma touch. Los cortes realizados y el limado se lo realizaron con un trabajo manual para un acabado con medidas exactas.

Figura 28

Corte y limado del gabinete metálico



Nota. Los cortes en el gabinete metálico se protegen con taipe para que no existe ningún corte.

Instalación del Sensor de Peso

Para la instalación del sensor de peso se procedió a realizar medición del punto central de la base para que toda la fuerza de peso pueda caer directamente en el sensor, posterior a esto se procedió a impregnar el sensor de silicona para poder adherir a la base, se utiliza espaguete termo encogible para poder proteger los cables del exterior. Por último, se realizar agujeros para poder sostener con amarras los cables debajo de la base para que no existe jalones en los cables y pueda llegar a romperse.

Figura 29

Sensor de peso en base



Nota. El pegamento de silicona permite adherir las piezas sin ningún problema.

Diseño y Construcción de la Parte Eléctrica

Para el diseño y construcción de la parte eléctrica y electrónica que el presente proyecto presenta, se pretende detallar de forma clara y precisa las conexiones y programas que se utilizaron. El sistema de control de la máquina bobinadora de alambre de cobre esmaltado dispone de dos tarjetas que fueron quemadas de forma manual.

Figura 30

Apertura de la máquina bobinadora



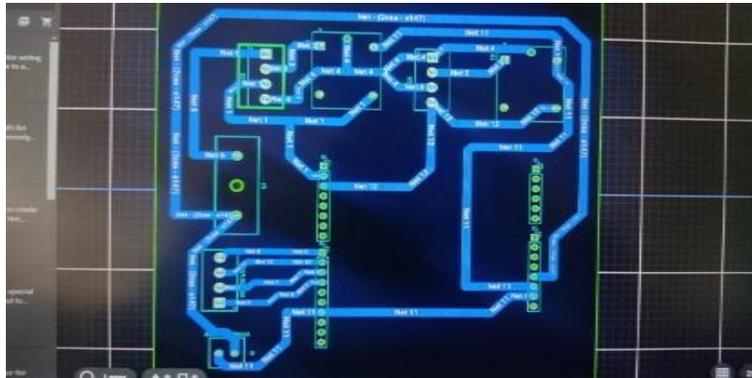
Nota. Se presenta la máquina bobinadora abriendo el gabinete principal para adecuar las conexiones eléctricas.

Diseño de las Tarjetas Electrónicas

Para la creación de las tarjetas electrónicas se utilizó el programa flux.ai el cual facilita el diseño y simulación para poder ser impresas posteriormente. El diseño se enfoca en la creación de conexiones que puedan facilitar los sistemas que se va alimentar y controlar, además de su dimensionamiento debido a que se necesita una medida de 5 cm x 8 cm para que pueda ingresar.

Figura 31

Diseño de las tarjetas electrónicas por medio de Flux.ai



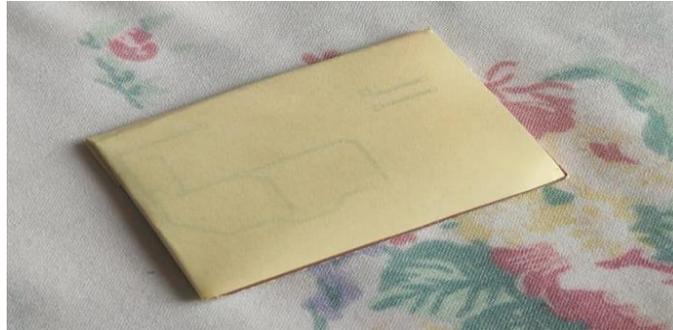
Nota. Diseño de la placa de control para el motor paso a paso.

Impresión del Diseño de las Placas

Después de diseñar las dos placas correspondientes a la fuente y control de motor a pasos, se procede a la impresión de cada placa en papel termográfico por individual para poder posteriormente traspasar los circuitos a las placas de baquelita. Cabe recalcar que la construcción de las tarjetas electrónicas se lo realizó de forma manual. Se verificó que las impresiones contengan todas las pistas correspondientes a las conexiones para que no exista ningún error al momento de instalar. De igual manera se hizo una prueba de ensayo para verificar que todas las perforaciones estén en el puesto adecuado.

Figura 32

Impresión de las pistas en papel termográfico



Nota. El papel termográfico es un buen material para poder imprimir las pistas.

Proceso de Quemado de Placas Electrónicas

Después de realizar el traspaso de las pistas en las placas de baquelita se procede a retirar el exceso de cobre en las partes que no corresponden a las pistas. En este proceso se utiliza el ácido férrico que desintegra las partes que no están marcadas con las líneas de los circuitos. Entendiendo esto, se procede a soltar el ácido férrico en un recipiente con agua para que se pueda introducir la baquelita. Una vez introducido la placa de baquelita se espera alrededor de 10 minutos para que todo el exceso de cobre se desintegre.

Figura 33

Circuito Impreso



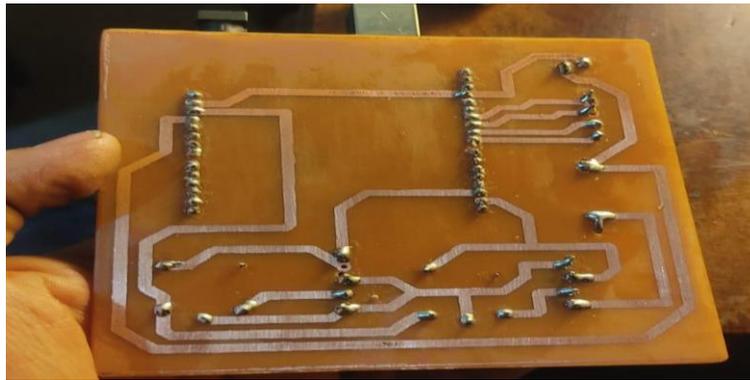
Nota. Las pistas de cobre se encuentran libres del cobre excedente que no se disponen en el paso de las pistas.

Proceso de Perforación y Soldado

Cuando ya se dispone las placas con sus pistas correspondientes antes de realizar cualquier acción se debe verificar mediante continuidad si las pistas realizan el camino adecuado, después de esto se procede a perforar agujeros en donde se disponen cada elemento. Por esto, las perforaciones deben ser hechas con una broca de 2 a 3 mm para que los elementos a colocar queden fijados de manera correcta.

Figura 34

Ubicación y soldadura de los elementos en las placas



Nota. Los elementos se sueldan en cada lugar donde fueron ubicados en el diseño de las pistas.

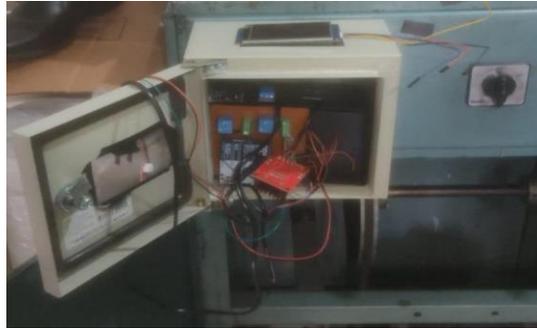
Colocación de Placas y Dispositivos en el Gabinete

Para poder sostener los ejes acerados y el tornillo sin fin se fabricó dos placas en acero negro que tiene por medida 10 x 10 cm. Estas placas mantienen el equilibrio y soporte de los ejes acerados. La construcción se lo realiza por medio de una cortadora de plasma para dar la forma y medida requerida para su posterior instalación.

Todos los elementos electrónicos se encuentran dentro del gabinete para permitir una protección de elementos físicos y también una protección adicional contra los armónicos que puede generar el motor de corriente alterna, todas las tarjetas deben estar colocadas correctamente dentro del gabinete para evitar cortocircuitos.

Figura 35

Ubicación de las tarjetas electrónicas en el gabinete



Nota. Las tarjetas electrónicas se disponen dentro del gabinete en donde ningún elemento.

Colocación de Placas y Dispositivos en el Gabinete

Para poder sostener los ejes acerados y el tornillo sin fin se fabricó dos placas en acero negro que tiene por medida 10 x 10 cm. Estas placas mantienen el equilibrio y soporte de los ejes acerados. La construcción se lo realiza por medio de una cortadora de plasma para dar la forma y medida requerida para su posterior instalación. Las placas en acero negro además de brindar sostén a los ejes acerados y el tornillo sin fin dan sostén al motor paso a paso para poder ejecutar la acción del eje.

Figura 36

Ubicación de las tarjetas electrónicas en el gabinete



Nota. Las tarjetas electrónicas se disponen dentro del gabinete en donde ningún elemento o persona pueda interferir con el funcionamiento.

Adaptaciones Eléctricas

Para poder alimentar los dispositivos que necesitan alimentación a 110 voltios, se lo realizó a través de una conexión individual desde la caja de conexión eléctricas. Esto se realizó debido a que la alimentación de la máquina bobinadora es de 220 voltios y las fuentes de alimentación para entregar 5 voltios y 12 voltios es de 110 voltios. Debido a esto se realizó las conexiones pertinentes, esto permite al sistema un funcionamiento seguro para cada uno de los componentes.

Figura 37

Conexión eléctrica 110 voltios



Nota. Toma de 110 voltios utilizando la caja de distribución.

Diseño de Interfaz en Inkscape

Se utiliza el software de diseño gráfico Inkscape para crear las plantillas que serán utilizadas en otro programa conocido como Nextion, dentro de Inkscape se procede a realizar el diseño de la interfaz mediante el uso de imágenes en formato jpg y png, se ubican las distintas imágenes y se procede a guardar en formato jpg con las dimensiones de la pantalla en este caso 320x480 pp.

Figura 38

Diseño de la Interfaz en Inkscape



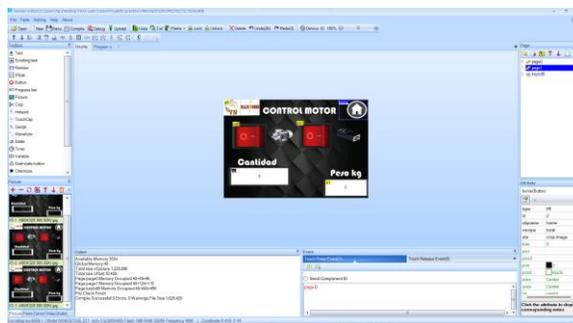
Nota. Inkscape es un programa que nos permite el diseño y modificación de imágenes.

Programación de la Interfaz en Nextion

Se procede a realizar la programación de la interfaz diseñada en Inkscape utilizando el programa Nextion, el cual permite agregar botones, sliders, control numérico o floats a una parte de la pantalla, se agregan las plantillas realizadas y se agregan los comandos que sean necesarios para el control del sistema, Nextion además permite crear distintas páginas.

Figura 39

Programación de la Interfaz en Nextion



Nota. Nextion permite programar la función de cada botón según el requerimiento del usuario.

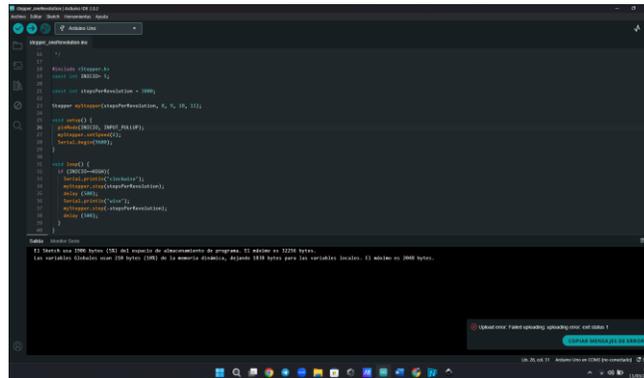
Programación Motor a pasos en Arduino IDE

Después, de realizar la interfaz gráfica se procede a realizar la programación de cada parte del sistema para el control de un Motor a pasos Nema 17 se utiliza el driver L298N y se

incluye la librería “Stepper.h” que permite controlar de forma más eficiente el motor, dentro de la programación en Arduino se declaran los pines 8,9,10,11.

Figura 40

Programación en Arduino IDE



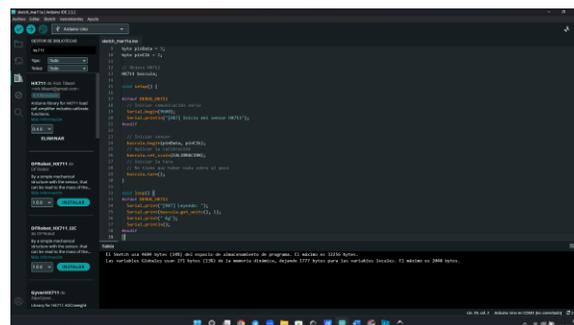
Nota. La programación realizada corresponde al control de un motor a pasos NEMA 17 1.2A.

Programación Sensor de Peso en Arduino IDE

A continuación, se realiza la programación del sensor de peso de 50kg y de igual manera se utiliza un driver el HX711 para su control se programan los pines 3 y 2 para los datos y el reloj respectivamente, las librerías proporcionan la calibración con el comando `bascula.set_scale` por lo que no es necesario realizar otra programación.

Figura 41

Programación del sensor de peso en Arduino IDE



Nota. El control de peso debe incluir la librería del módulo HX711.

Comunicación Nextion y Arduino IDE

se realiza la comunicación entre la interfaz Nextion y Arduino se declara la librería Nextion.h, se une la programación del sensor de peso, se configura el pin 3 y 4 como Salida para el funcionamiento de la programación del motor a pasos y el motor de la maquina todas las librerías deben estar incluidas para que no existan errores en la comunicación.

Para finalizar, se realiza la programación del relé que estará conectado de manera independiente que dará la activación al motor de corriente alterna ayudando a evitar los armónicos producidos dentro del sistema protegiendo todos los componentes electrónicos principalmente el Arduino y la pantalla Nextion.

Figura 42

programación Arduino IDE y Nextion

```

#include <Nextion.h>
#include <Stepper.h>
#include <StepperMotor.h>
#include <Relay.h>

// Definición de pines
#define PIN_MOTOR_3 3
#define PIN_MOTOR_4 4
#define PIN_RELAY 5

// Definición de constantes
const int STEPS = 200;
const int RELAY_DELAY = 1000;

// Declaración de objetos
Nextion nextion;
Stepper motor(STEPS, PIN_MOTOR_3, PIN_MOTOR_4);
Relay relay(PIN_RELAY);

// Función de configuración de pines
void setup() {
  nextion.begin();
  motor.begin();
  relay.begin();
}

```

Nota. La comunicación entre Arduino y Nextion permite el envío o la recepción de datos entre el HMI y la tarjeta electrónica.

Propuesta

Una vez realizado el sistema se inician las pruebas de funcionamiento, para lo cual se comprueba que los voltajes sean los correctos para las placas Arduino, el motor a pasos, el sensor de peso y el motor AC, Mientras se inicia la maquina existen ruidos entre el motor AC y el circuito electrónico, para lo cual se procede a alimentar de manera directa las fuentes para que el sistema electrónico sea independiente del eléctrico.

Figura 43

Instalación de la alimentación al sistema de control



Nota. Se conecta la alimentación de manera directa para evitar ruidos eléctricos.

Después, se realiza la prueba para el eje del servomotor el cual no se encuentra alineado correctamente lo que provoca un calentamiento a las placas se realiza la corrección haciendo las perforaciones de las placas en una maquina laser CNC para obtener mayor precisión. De igual manera se realiza unas nuevas perforaciones para las chumaceras que deben ser simétricas a los ejes para permitir un deslizamiento optimo y que la carrera del eje a realizar no presente fallas.

El corte en plasma CNC permite que las piezas realizadas tengan las mismas dimensiones y a su vez evita un rozamiento irregular para el motor a pasos y el tornillo sin fin cuando están encendidos.

Figura 44

Placas realizadas en una maquina laser CNC



Nota. El diseño de las placas se realizó dentro de la misma interfaz de la maquina CNC.

Se realiza la prueba con el carrete puesto, observando una simetría en el movimiento del sistema y el movimiento del carrete asegurando un rebobinado uniforme, además se cumple con los tiempos establecidos optimizando el trabajo.

Figura 45

Funcionamiento con un carrete de alambre



Nota. El eje se encuentra simétrico para que el cable no se enrede al mecanismo.

Las pruebas de iniciación del motor con el sistema Nextion que permite el control se verifican para que la velocidad sea la adecuada al momento de bobinar el alambre de cobre

esmaltado. Después de la comprobación se determina que el motor paso a paso en relación con la velocidad del motor de la máquina bobinadora se encuentra emparejado y listo para su utilización.

Figura 46

Lubricación de las pistas para un mejor deslizamiento



Nota. El eje modificando su velocidad de acuerdo a lo que se necesita.

Una vez verificado las pruebas de alineación se procede a unificar el sensor de peso para poder realizar el paro del motor a pasos y del motor de la máquina bobinadora una vez que el peso llega a su punto. Para esto se realiza la comprobaciones y pruebas con la pantalla para poder digitar el peso deseado y el accionamiento.

Figura 47

Funcionamiento de pantalla con sensor de peso



Nota. El sensor de peso, el funcionamiento del motor principal y el motor paso a paso.

Se realiza una última prueba de funcionamiento rebobinando un carrito de 2mm de diámetro el cual se rebobina al carrito sin ningún inconveniente y esto permitió que el operario realice otras funciones en lo que dura el proceso.

Figura 48

Carreto bobinado



Nota. El alambre de cobre se encuentra rebobinado perfectamente.

Conclusiones

Es importante tomar en cuenta los dimensionamientos de carga que el sistema mecánico posee debido a que el amperaje aumenta si las cargas son excesivas al trabajo a realizar. Para esto el sistema de control requiere un soporte que pueda sostener la base del sistema de control para que no exista cargas excesivas que no permitan el paso correcto del eje.

El eje del sistema de control permite controlar el ritmo del paso del alambre en los carretes, el eje debe posicionarse en la parte inicial del carrete, por ese motivo se retiran los soportes de inicio y final para el eje en el tornillo sin fin para que pueda tener un paso libre y controlado dependiendo en donde se desea iniciar.

El eje del sistema de control del alambre debe tener una altura específica para que el alambre de cobre no se enrede o levante el carrete base por la fuerza del bobinado, debido a esto se hace reajuste al eje realizando una perforación en diagonal en el eje de duralón en dirección desde el carrete base hasta el carrete en donde se desea transferir el alambre para que no existe ningún tipo de fricción.

La alimentación que el sistema de control requiere es de 110 voltios y la alimentación que la máquina bobinadora dispone es de 220 voltios, debido a esto se pretendió a establecer una conexión desde la máquina con la tierra, pero al no tener un sistema independiente de alimentación no funcionaba correctamente. Por este motivo se procede a realizar una alimentación independiente de la máquina bobinadora para un mejor desempeño.

En la pantalla HMI Nextion se evidencia la utilización de dos botones que accionan en forma independiente el motor principal de la máquina bobinadora y el sistema de control, por tal motivo se procede a realizar la programación de un solo botón para accionar los dos motores al mismo tiempo.

Recomendaciones

Para un mejor funcionamiento del sistema de control de la máquina bobinadora se recomienda realizar la instalación de un motor a pasos de más potencia para poder realizar los movimientos sin problema al momento del avance y retroceso del eje, debido a que el alambre de cobre que se recoge desde abajo produce fricción considerable.

Para poder verificar correctamente el peso adecuado de los alambres se recomienda instalar el contador de vueltas por metro para poder tener una exactitud clara y precisa del número de alambre y número de libras que se requiere. Con esto se puede tener una variable más para poder efectuar el proceso de bobinado en forma precisa.

El movimiento que el eje realiza es de avance y retroceso para poder embobinar el alambre de cobre en el carrete, con lo que conlleva a una fricción en el eje, para poder realizarlo de forma que no exista fricción se puede realizar el movimiento oscilatorio desde el carrete de alambre de cobre principal y no desde un eje.

El sistema de alimentación de las fuentes de voltaje para el sistema de control del embobinado de carretes necesita un voltaje de 110v, pero la máquina bobinadora principal es alimentado con 220v, en este sentido se puede realizar una alimentación para las fuentes de control con entrada de 220v para evitar problemas desde la caja de conexiones.

Por último, se puede considerar la reestructuración de la máquina principal de bobinado de alambre de cobre debido a que su esqueleto es tosco y robusto ocupando espacio innecesario. Existen partes dentro de la máquina que no realizan ninguna función. Con esto se puede aprovechar el espacio rediseñándolo a menor espacio para poder ocuparlo en un espacio pequeño.

Referencias

- Alexander, C., & Sadiku, M. (2006). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. Santa fé: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Aranda, D. (2014). *Electrónica: conceptos básicos y diseño de circuitos*. Buenos Aires: Manuales USERS.
- Baselga, M. (2017). *Máquinas de corriente continua* (Electrotecnia). Madrid: Editorial Editex.
- Blundell. (1982). *Mecanica describe el movimiento planetario y dinámica de fluidos*. PEARSON.
- Carrera, D., Sagrario, J., & López, C. (1997). *Dispositivos finales de carrera. El dibujo como medio de comunicación en el aula*. Barcelona: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Secretaria General Técnica. Centro de Publicaciones.
- Castillo. (2015). *Controladora biométrico componente hardware o software*. ECU.
- Castro, G. (2000). *Teoría de control. Diseño electrónico*. Barcelona: Ediciones de la UPC, S.L.
Recuperado el 22 de 02 de 2024
- Cedillo, J. (2017). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- Cendres. (2016). *Brazo Hidráulico mecanismo utilizado para el movimiento automático de una puerta*. THOMSON.
- Cheng, D. (1993). *Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería*. Massachusetts: Addison-Wesley publishing company.
- Chompipat, P. (11 de enero de 2019). *Es un dispositivo que produce electricidad de corriente alterna, por medio de la energía mecánica y campos magnéticos, la electricidad producida será utilizada [Fotografía]*. Obtenido de Alamy: <https://www.alamy.es/es-un-dispositivo-que-produce-electricidad-de-corriente-alterna-por-medio-de-la-energia->

mecanica-y-campos-magneticos-la-electricidad-producida-sera-utilizada-image230990272.html?imageid=16C19444-3E44-489B-89BC-05EDC9919DEC&p=341230&pn

- Colmenar, S., & Hernández, M. (2012). *Electricidad: Fundamentos y problemas de electrostática, corriente continua, electromagnetismo*. Madrid: RA-MA Editorial.
- Conti, F. (2005). *Motores paso a paso*. Buenos Aires: Librería y Editorial Alsina.
- Contreras, C. (2006). *Manual práctico de Autodesk Inventor*. santa companha.
- Cordero, P. (2015). *Electromagnetismo*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria S.A.
- Recuperado el 21 de 02 de 2024
- Cortizo, J., Fernández, J., Fernández, D. R., Rodríguez, E., Sierra, J., & Vijande, R. (2003). *Elementos de Máquinas. Teoría y problemas*. Asturias: Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo.
- Elías, S. (1968). *Corriente Alterna*. Dossat S.A.
- Enríquez, G. (2005). *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*. México: Editorial LIMUSA, S.A.
- Esparza, R., Quevedo, A., Ramírez, C., Ascencio, R., & Zamora, B. (2024). *Efecto de la oscilación térmica diaria sobre celdas de carga de galgas extensiométricas genéricas*. Revista electrónica De Computación, Informática, Biomédica Y Electrónica, 1-16.
- Fernández, T., Fernández, V., & Miranda, F. (2023). *Características de una chumacera presurizada*. South Florida Journal of Development, 595-603.
- Ferreira, J. (2016). *Manual de entrenamiento paso a paso diseño gráfico (Inkscape)*. Madrid: Anaya Multimedia.
- Frailé. (2003). *Motor Corriente Alterna*. PARANINFO.

Freedman. (2009). *Corriente Continua flujo de cargas constantes en la misma dirección.*

DALAGA.

Gallardo, O. (2015). *Fabricación de placas de circuito impreso con Proteus.* Valladolid:

Universidad de Valladolid.

Giancoli, D., & Olgún, C. (2007). *Física Principios con aplicaciones.* México: Pearson

Educación. Recuperado el 22 de 02 de 2024

GK Images. (03 de febrero de 2024). *Producto de software de oficina Microsoft 365 que se muestra en el ordenador portátil [Fotografía].* Obtenido de Alamy:

[https://www.alamy.es/producto-de-software-de-oficina-microsoft-365-que-se-muestra-en-el-ordenador-portatil-image595171153.html?imageid=E9BBAB14-A0A1-4E2D-81D2-](https://www.alamy.es/producto-de-software-de-oficina-microsoft-365-que-se-muestra-en-el-ordenador-portatil-image595171153.html?imageid=E9BBAB14-A0A1-4E2D-81D2-583E35F672C1&p=1262510&pn=1&searchId=0b304986f64205a1f6c8d08e06e63bf7&searchtype=0)

[583E35F672C1&p=1262510&pn=1&searchId=0b304986f64205a1f6c8d08e06e63bf7&searchtype=0](https://www.alamy.es/producto-de-software-de-oficina-microsoft-365-que-se-muestra-en-el-ordenador-portatil-image595171153.html?imageid=E9BBAB14-A0A1-4E2D-81D2-583E35F672C1&p=1262510&pn=1&searchId=0b304986f64205a1f6c8d08e06e63bf7&searchtype=0)

Gustavo. (2013). *Tarjeta de acceso verifica la identidad de una persona.* BUBOK

PUBLISHING.

Kaushik, B., Biswas, A., & Sharma, S. (2020). *Proceedings of the International Conference on Recent Trends in Communication and Electronics.* Ghaziabad: Taylor & Francis Group,

LLC.

Le Frapper, O. (2011). *AutoCAD 2012 De los fundamentos a la presentación detallada.*

Barcelona: Ediciones ENI.

Mark. (1997). *Electrónica componentes electrónicos.* pag.20.

- Marsh, Y. (02 de febrero de 2019). *Los campos electromagnéticos débiles causando magnetismo cuando la corriente y la tensión alta pasa a través de los devanados de alambre de cobre con núcleo de hierro dulce [Fotografía]*. Obtenido de Alamy: <https://www.alamy.es>
- Mendoza. (2016). *Cremalleras también conocidas como sistemas de piñón*. MCGRAW HILL.
- Mendoza, M. (2021). *Implementación de un sistema de control para el sobrellenado del tanque V4H en la empresa INTERQUIMEC S.A.* Quito: Instituto Tecnológico Universitario Vida Nueva.
- Mora, W. (2013). *LaTeX en Inkscape con TeXText*. Matemática, Educación e Internet, 2.
- Moreno, A., & Córcoles, S. (2018). *Arduino. Curso Práctico*. Madrid: RA-MA Editorial.
- Olivares. (2009). *Botón Táctil también conocido como sensor táctil*. ALFAOMEGA.
- Peña, M., & Cela, J. (2000). *Introducción a la programación en C*. Barcelona: Edicions UPC.
- Pérez. (2016). *UPS mantiene la continuidad del suministro de energía*. DISELI.
- Pintos, M., & Ruso, J. (2008). *Introducción al electromagnetismo*. Santiago de Compostela: Servizo de Publicacións e Intercambio Científico.
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del software un enfoque práctico*. Snata Fé: MCGRAWW HILL.
- ProDesigner. (11 de noviembre de 2023). *Diagrama de la Ley de Coulomb*. Ilustración vectorial. [Diagrama]. Obtenido de Alamy: <https://www.alamy.es>
- Ramírez. (2007). *Electroimanes dispositivo electromagnético que crea un campo magnético*. CODESIS.
- Redondo, F., & Redondo, R. (2005). *Redes Eléctricas de Kirchhoff*. Béjar: Ed. REVIDE S.L.
- Richard. (2005). *Automatización mayor eficiencia y productividad, menos errores humanos*. MARCOMBO.

- Rivas. (2014). *Lector Biométrico dispositivo que identifica la identidad de una persona*. EPN.
- Roberto, H. (2008). *Investigación Experimental*. ALFAOMEGA.
- Ronstik. (07 de diciembre de 2020). *Servicio de reparación electrónica. Técnico trabajando en la oficina. Reparando teléfono [Fotografía]*. Obtenido de Alamy:
<https://www.alamy.es/servicio-de-reparacion-electronica-tecnico-trabajando-en-la-oficina-reparando-telefono-image388492598.html?imageid=A8C53F1F-E957-4CD8-B113-E47456CEBC1C&p=366408&pn=1&searchId=85fb10a1535965c95ce8a89f31ba1c50&searchtype=0>
- Sáciense Photo Library. (04 de marzo de 2014). *Mano recogiendo plumas cargadas eléctricamente con pieza de ámbar [Fotografía]*. Obtenido de Alamy:
<https://www.alamy.es/>
- Senabre, C., Valero, S., Velasco, E., & Cuadrado, O. (2011). *Diseño Mecánico con Autodesk Inventor paso a paso*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Silva, L. (2006). *Redes eléctricas*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Sobrevila, M., & Farina, A. (2014). *Instalaciones Eléctricas*. Buenos Aires: ALSINA.
- Spiske, M. (13 de diciembre de 2018). *Pieza electrónica multicolor [Fotografía]*. Obtenido de Unsplash: <https://unsplash.com/>
- Subía, M. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de control para una prensa hidráulica basado en PLC LOGO y HMI*. Quito: Instituto Tecnológico Universitario Vida Nueva.
- Tadeusz, J. (2006). *Rodamiento de bolitas*. Obtenido de Alamy: <https://www.alamy.es/foto-rodamiento-de-bolitas-18601786.html?imageid=742305EF-0ACF-4016-A288->

91245447F5AC&p=15838&pn=1&searchId=67749764e86dbc8f74aee7c46b31aebd&searchtype=0

Txoko. (07 de Julio de 2017). *Pantalla Programador capturados mientras modifica el código fuente en el lenguaje de programación Python [Fotografía]*. Obtenido de Alamy:

[https://www.alamy.es/foto-pantalla-programador-capturados-mientras-modifica-el-codigo-fuente-en-el-lenguaje-de-programacion-python-software-147979715.html?imageid=D1499B95-B043-492D-AE7E-](https://www.alamy.es/foto-pantalla-programador-capturados-mientras-modifica-el-codigo-fuente-en-el-lenguaje-de-programacion-python-software-147979715.html?imageid=D1499B95-B043-492D-AE7E-E5354C1D5D12&p=404536&pn=1&searchId=8d320ee21b54e0b5ed5103896de0b4f3)

[E5354C1D5D12&p=404536&pn=1&searchId=8d320ee21b54e0b5ed5103896de0b4f3](https://www.alamy.es/foto-pantalla-programador-capturados-mientras-modifica-el-codigo-fuente-en-el-lenguaje-de-programacion-python-software-147979715.html?imageid=D1499B95-B043-492D-AE7E-E5354C1D5D12&p=404536&pn=1&searchId=8d320ee21b54e0b5ed5103896de0b4f3)

Valarezo, G., Pillasagua, M., & Falcones, S. (2015). *Diseño de una fuente de alimentación de dos etapas: AC-DC con corrección de factor de potencia y DC-DC con un convertidor de puente completo (full bridge converter) e implementación de su etapa AC-DC*. Centro de investigación científica y tecnológica Espol, 1-11.

Anexos

Anexo 1

Programación en Arduino IDE

```

1  #include "HX711.h"
2  const int DOUT = A1;
3  const int CLK = A0;
4  HX711 balanza;
5
6  #define STEP 3
7  #define DIR 2
8  #define TOPE1 6
9  #define TOPE2 4
0  #define PAUSA 5
1
2  unsigned long tiempoactual = 0;
3  unsigned long tiempoactual2 = 0;
4  unsigned long tiempoactual3 = 0;
5
6
7  void setup() {
8      Serial.begin(9600);
9      pinMode(STEP, OUTPUT);
0      pinMode(DIR, OUTPUT);
1      pinMode(TOPE1, INPUT);
2      pinMode(TOPE2, INPUT);
3      balanza.begin(DOUT, CLK);
4      balanza.set_scale(9802.666667); // Ajusta este valor según tu calibración
5      balanza.tare(20);
6
7  }
8
9  void loop() {
0      if(Serial.available() >0;
1          int command = Serial.read();
2          if(command == 1){
3              for(;;){
4                  if(millis() >= tiempoactual2 + 100){
5                      tiempoactual2 = millis();
6

```

Nota. Se puede observar la programación del motor paso a paso.

Anexo 2

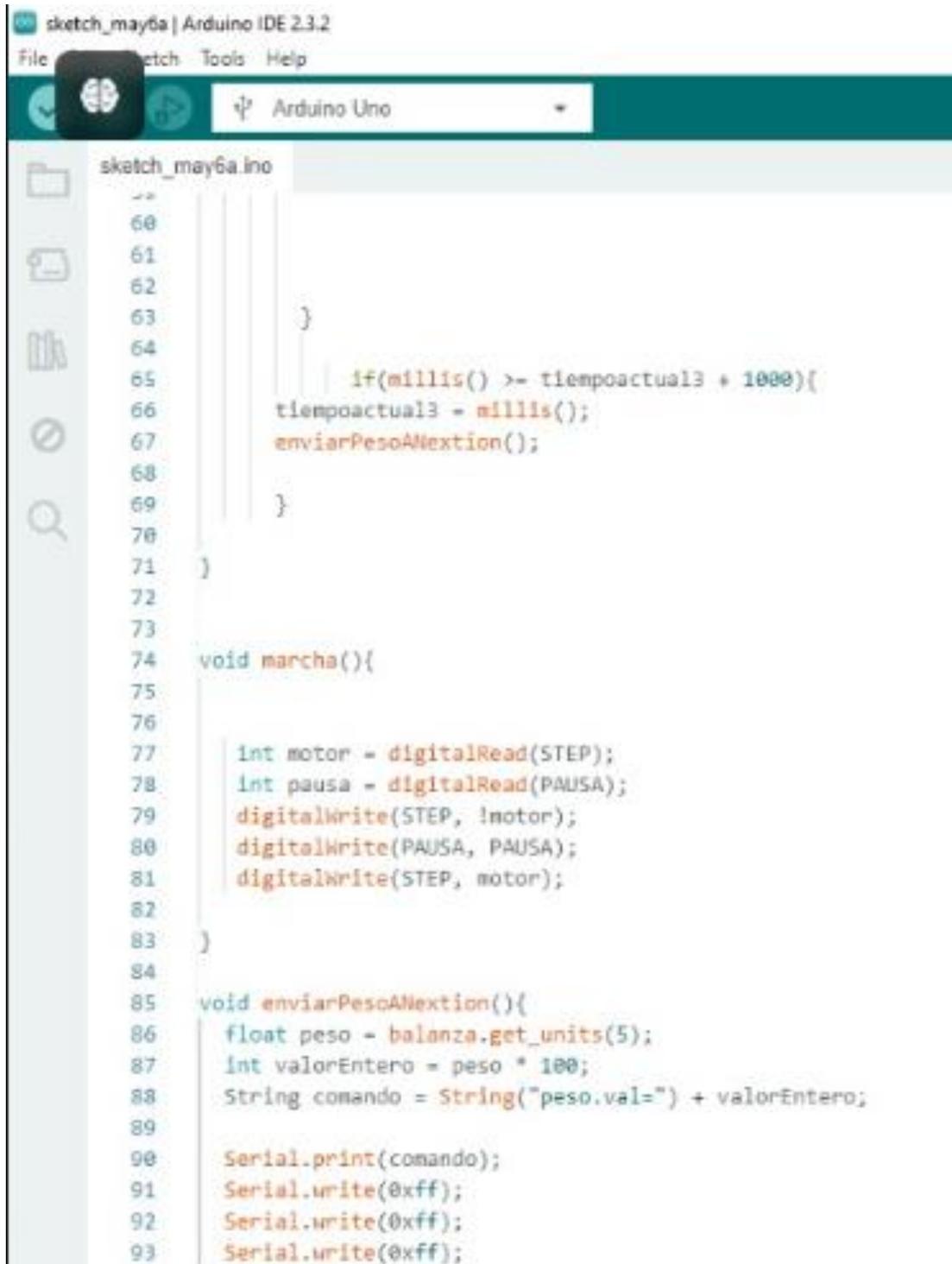
Programación para el sensor de peso

```
void loop() {  
  Serial.available() >0;  
  int command = Serial.read();  
  if(command == 1){  
    for(;;){  
      if(millis() >= tiempoactual2 + 100){  
        tiempoactual2 = millis();  
  
        marcha();  
  
      }  
      if(millis() >= tiempoactual3 + 1500){  
        tiempoactual3 = millis();  
        enviarPesoANextion();  
  
      }  
  
      int command = Serial.read();  
      if(command == 3){  
        break;  
      }  
    }  
  }  
}
```

Nota. Se puede observar la programación del sensor de peso.

Anexo 3

Programacion realizada en Arduino IDE

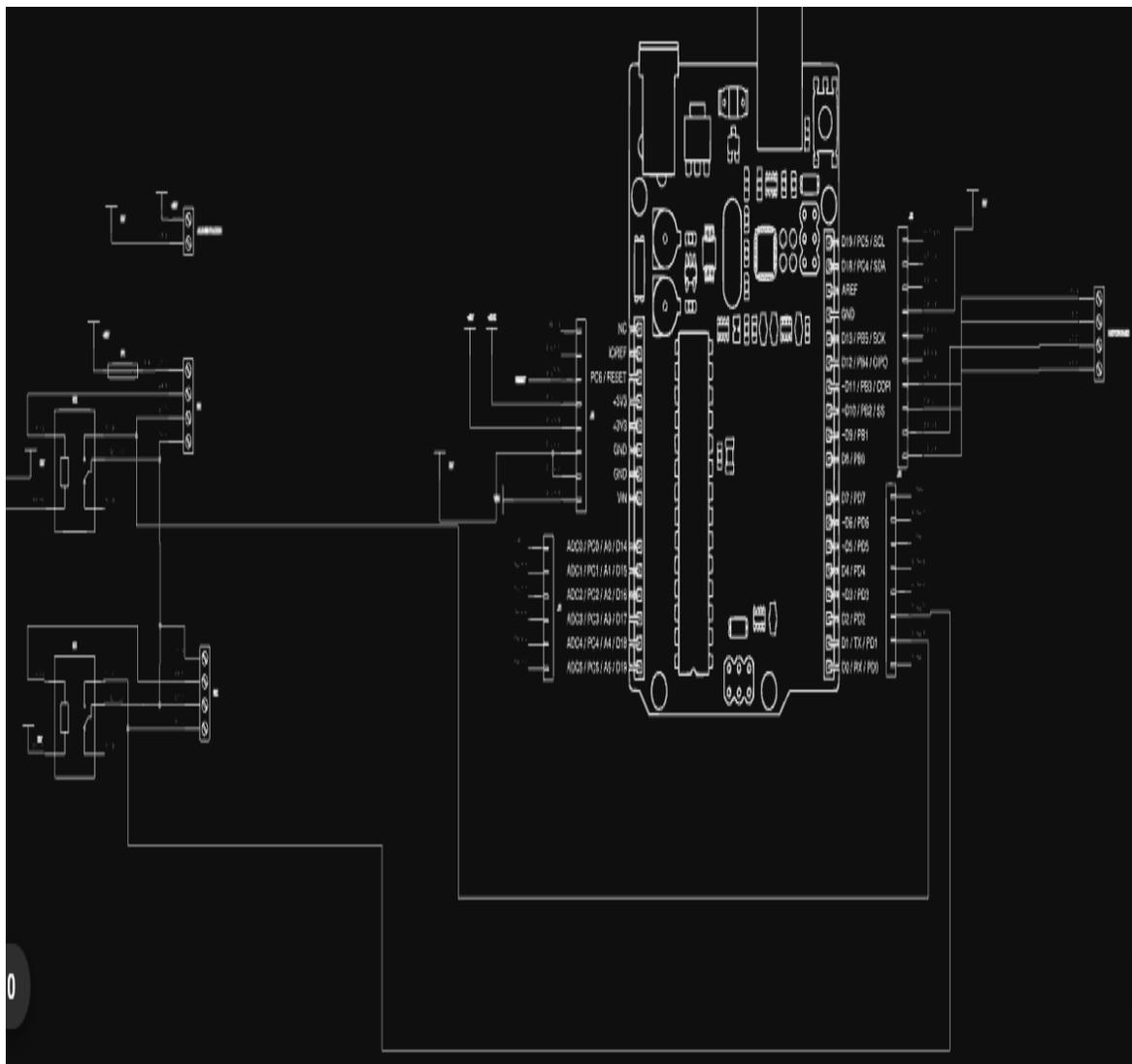


```
skatch_may6a.ino
60
61
62
63     }
64
65     if(millis() >= tiempoactual3 + 1000){
66     tiempoactual3 = millis();
67     enviarPesoANextion();
68
69     }
70
71 }
72
73
74 void marcha(){
75
76
77     int motor = digitalRead(STEP);
78     int pausa = digitalRead(PAUSA);
79     digitalWrite(STEP, !motor);
80     digitalWrite(PAUSA, PAUSA);
81     digitalWrite(STEP, motor);
82
83 }
84
85 void enviarPesoANextion(){
86     float peso = balanza.get_units(5);
87     int valorEntero = peso * 100;
88     String comando = String("peso.val=") + valorEntero;
89
90     Serial.print(comando);
91     Serial.write(0xff);
92     Serial.write(0xff);
93     Serial.write(0xff);
```

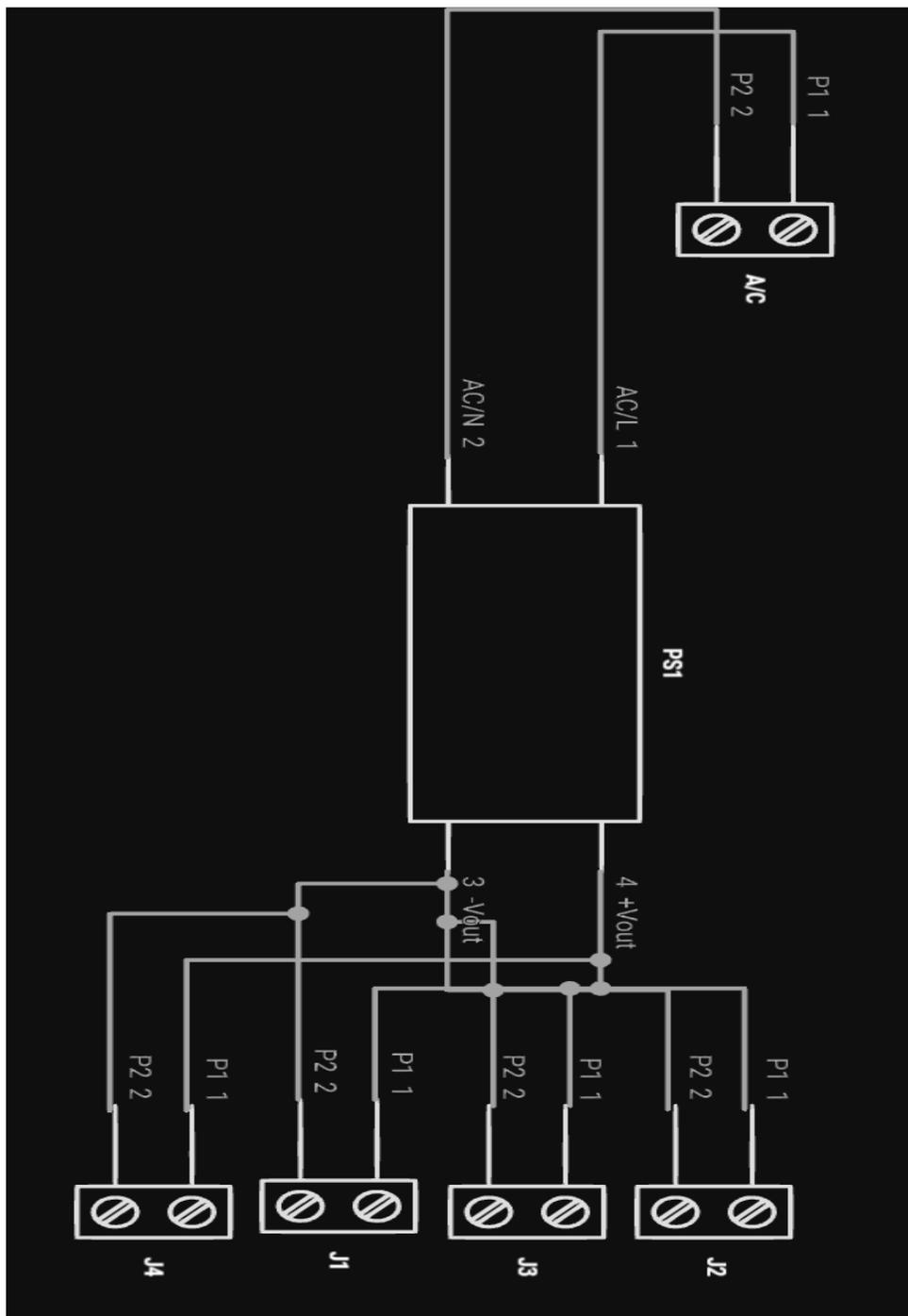
Nota. Programacion realizada en Arduino IDE.

Anexo 4

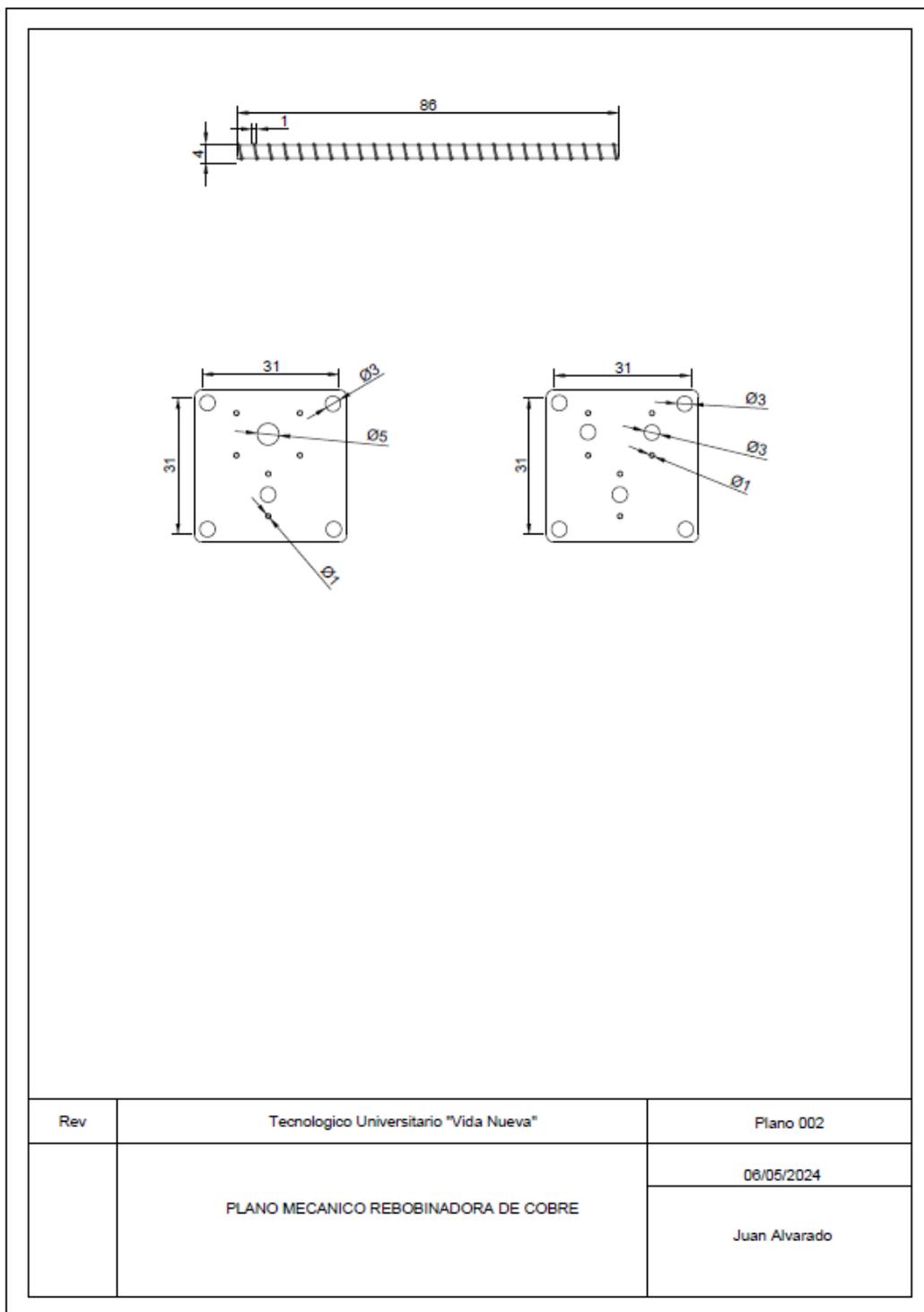
Conexiones del Arduino



Nota. Se puede observar el esquema electrónico del Arduino y sus conexiones.

Anexo 5*Sistema electrónico de la fuente*

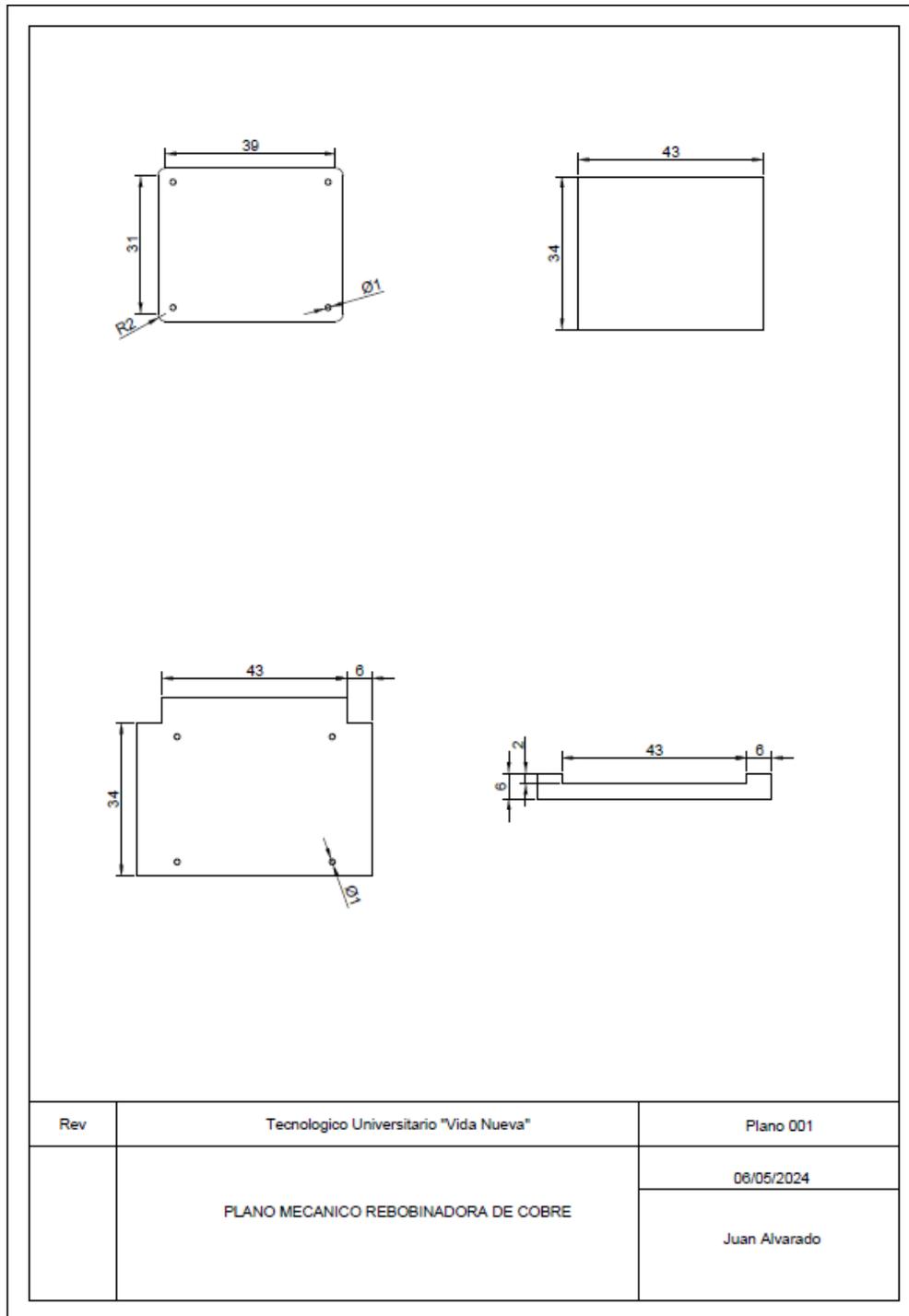
Nota. Se puede observar el esquema electrónico de la fuente de alimentación de 5v.

Anexo 6*Plano mecánico placas de montaje*

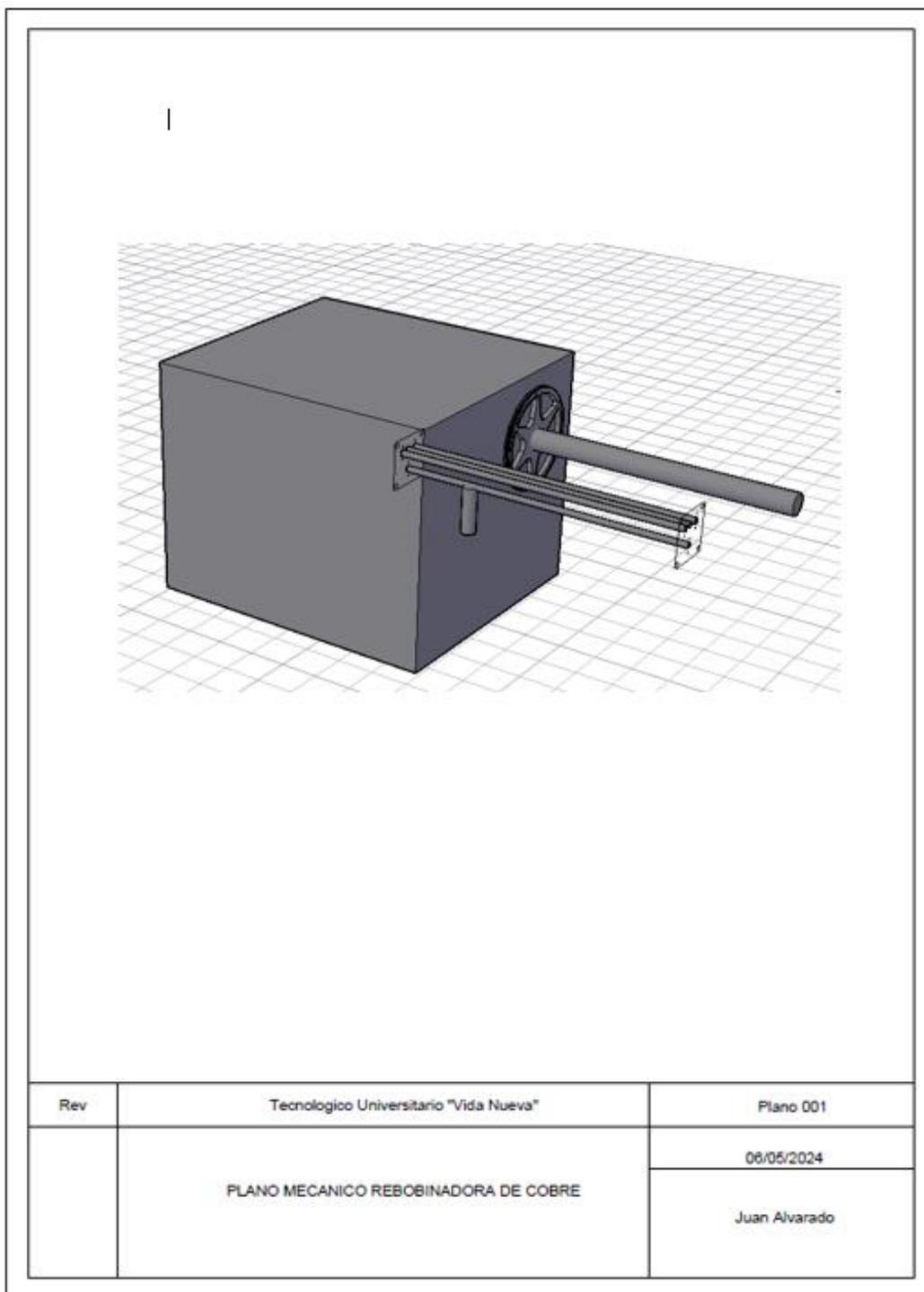
Nota. Se puede observar el plano mecánico diseñado en AutoCAD.

Anexo 7

Plano mecánico placas de balanza



Nota. Se puede observar las placas para el montaje de la balanza.

Anexo 8*Plano mecánico montaje en 3D*

Nota. Se puede observar el sistema montado en 3D.