

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN DE COMEDEROS PARA POLLOS EN LA ESFOT – ETAPA 2

AUTOMATIZACIÓN

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO
SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA**

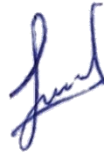
MARCO ANDRÉS EGAS TITO

DIRECTOR: ÓSCAR SANTIAGO ORTIZ ÁVILA

DMQ, Febrero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, MARCO ANDRÉS EGAS TITO declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Marco Andrés Egas Tito

Marco.egas@epn.edu.ec

Marco_99.t@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por MARCO ANDRES EGAS TITO, bajo mi supervisión.



Firmado electrónicamente por:

**OSCAR
SANTIAGO
ORTIZ AVILA**

Óscar Santiago Ortiz Ávila

DIRECTOR

oscar.ortiz02@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

MARCO ANDRÉS EGAS TITO

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico de corazón a mi madrecita querida, ya que sin ella no habría sido posible lograrlo. Tu bendición día a día a lo largo de mi vida me cuida y me ha lleva por el sendero del bien. Por esas razones y muchas más te otorgo mi trabajo final en recompensa por gran amor y paciencia madre mía, te amo.

A mi amada esposa por apoyarme incondicionalmente en todo momento, por ser mi motivación y fuente cristalina de inspiración, para lograr crecer en todos los ámbitos día a día y así poder luchar para que la vida nos otorgue el futuro lleno de bendiciones y sueños deseados, te amo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy las gracias a mis profesores, seres de mucha experiencia y talento en enseñar sus conocimientos los cuales se han esforzado por apoyarme a cumplir un escalón más de formación académica en mi vida.

No ha sido para nada fácil el camino, pero agradezco las ganas de compartirme su sabiduría y responsabilidad que han tenido desde siempre, he conseguido valiosos objetivos como terminar el desarrollo de mi proyecto final con buenos resultados y de esta manera conseguir una afable titulación profesional la cual me hace una persona formada y útil para nuestra sociedad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	2
Normas NEC de Instalaciones Eléctricas.....	2
Normas NEC de Instalaciones Electromecánicas:	3
Revisión Bibliográfica de Trabajos Similares	3
Motorreductor angular DC	3
Interruptor bipolar	3
Fusible.....	4
Fuente regulable de voltaje DC.....	4
2 METODOLOGÍA.....	5
2.1 Análisis de dispositivos eléctricos y electrónicos para el sistema de automatización.....	5
2.2 Dimensionamiento y selección del fusible.....	7
2.3 Implementación del tablero de control con el sistema de control de velocidad del motorreductor DC.....	8
2.4 Redacción del manual de mantenimiento del sistema de control del módulo didáctico.....	13
2.5 Elaboración de una hoja guía para práctica de laboratorio de la ESFOT.....	15

3	RESULTADOS	19
3.1	Pruebas y Análisis de Resultados.....	22
	Prueba de continuidad y cortocircuito	22
	Prueba de conexión eléctrica.....	23
	Pruebas de funcionamiento con carga y sin carga del módulo didáctico.....	24
4	Conclusiones	27
5	Recomendaciones	29
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
7	ANEXOS.....	32
	Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin	33
	Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular	34

RESUMEN

En la actualidad existen muchos avances tecnológicos en el campo industrial, con el fin de optimizar y facilitar los trabajos realizados por el ser humano, es así como en el área avícola se han desarrollado sistemas de comederos automáticos los cuales ayudan de manera considerable a reducir el esfuerzo físico de los trabajadores.

En este proyecto se desarrolló un módulo didáctico de comedero para pollos que consta de un motorreductor DC el cual se acopla a un tornillo sin fin y este al momento de rotar arrastra alimento de aves a través del tubo en U de aluminio, a su vez es factible controlar la velocidad de giro del motorreductor gracias a un variador de voltaje, de esta manera varía el flujo y volumen de alimento transportado.

Este módulo tiene la finalidad de ser usado por futuros estudiantes para prácticas de laboratorio en la ESFOT ya que en este proyecto los estudiantes podrán comprender temas respecto a las materias de elementos de máquinas, electricidad y electrónica.

En el capítulo 1, se da una perspectiva del proyecto desarrollado y se presenta la descripción del componente implementado, los objetivos, el alcance y los fundamentos teóricos para la realización de este.

En el capítulo 2, se trata acerca del procedimiento y la metodología propuesta para la realización de este proyecto.

En el capítulo 3, se expone los resultados obtenidos en base al análisis final del proyecto y de igual manera las pruebas a las cuales se sometió el módulo y sus respectivos resultados.

En el capítulo 4 y 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones finales del proyecto de titulación.

En el capítulo 6 y 7, se presentan las referencias bibliográficas y finalmente los anexos de este proyecto.

PALABRAS CLAVE: tornillo sin fin, variador de voltaje, comedero de pollos, automatización, moto reductor DC, modulo didáctico.

ABSTRACT

At present there are many technological advances in the industrial field, and this in order to optimize and facilitate the work carried out by humans, and that is how automatic feeder systems have been developed in the poultry area which help considerably to reduce the physical effort of workers.

In this project, a didactic chicken feeder module was developed that consists of a DC geared motor which is coupled to an endless screw and this at the time of rotation drags bird feed through the aluminum U-tube and is feasible at the same time. control the speed of rotation of the gearmotor thanks to a voltage variator and in this way varying the flow and volume of food transported.

This module is intended to be used by future students for laboratory practices at ESFOT since in this project students will be able to understand topics regarding the subjects of machine elements, electricity and electronics and based on that this project could be implemented on a real scale and in this way collaborate with the poultry industrial advancement of Ecuador.

In chapter 1, a perspective of the developed project is given based on a description of the developed component, the objectives, the scope and the theoretical foundations for carrying it out.

In Chapter 2, it is about the procedure and the proposed methodology for the realization of this project.

In Chapter 3, the results obtained based on the final analysis of the project are presented, as well as the tests to which the module was subjected and their respective results.

Chapters 4 and 5 present the final conclusions and recommendations of the project.

In chapter 6 and 7, the bibliographic references and finally the annexes of this project are presented.

KEY WORDS: endless screw, voltage variator, chicken feeder, automation, DC geared motor, didactic module.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Mediante este proyecto se logró construir un prototipo de comedero para pollos, el cual funciona como un módulo didáctico en el Laboratorio de la ESFOT para que los estudiantes puedan entender a través de las prácticas principales conceptos respecto a elementos de máquinas, electricidad, electrónica y automatización.

El proyecto desarrollado consta de dos etapas las cuales son un componente mecánico y otro componente de automatización, en este trabajo escrito se describe el componente respecto a la automatización para lo cual previamente se procedió a realizar un análisis de los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos que se podrían utilizar para el sistema de control del funcionamiento del módulo didáctico. Debido a que este componente va de la mano con el componente mecánico, para conocer los datos y características eléctricas que cumplan con los requerimientos del módulo didáctico de comederos para pollos se realizó un cálculo completo de transportadores de tornillo sin fin, con esto se logró obtener la potencia mecánica de accionamiento, la cual ayudó para determinar las características eléctricas del motor apropiado para lograr que el módulo funcione correctamente.

Una vez que se determinó el motor a usarse, se procedió a ver las características eléctricas de este para determinar el tipo de controlador electrónico que le sea más eficiente con el tipo de motor seleccionado y cumpla con los lineamientos del funcionamiento de modulo didáctico. Posterior a eso se determinó que el control electrónico más eficiente para este proyecto es un variador regulable de voltaje ya que el motor tiene la característica de poseer bloques de grafito que se denominan escobillas (carbones) los cuales son elemento que ejercen la conexión eléctrica entre la parte estática y la parte giratoria en el interior de un motor con características eléctricas (rotor).

Luego de conocer todos los parámetros eléctricos que se emplean en este proyecto se dimensionó el fusible considerando los factores de seguridad establecidos en la norma INEN ya que este elemento tiene la función de proteger a toda la instalación eléctrica del módulo didáctico ante posibles sobrecargas y cortocircuitos que podrían presentarse en cualquier momento. Gracias al variador de voltaje se logró controlar la velocidad de giro del motor (RPM), y de esta manera se pudo tener 3 niveles de velocidad los cuales van en relación con el voltaje y las cuales se evidencian en la cantidad de flujo de alimento que transporta el tornillo sin fin a su destino.

1.1 Objetivo General

Construir un módulo didáctico para automatización de comederos para pollos en la ESFOT.

1.2 Objetivos Específicos

1. Analizar de los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos que se van a utilizar para el sistema de automatización.
2. Dimensionar y seleccionar la protección eléctrica contra cortocircuitos mediante fusible.
3. Implementar el sistema de control automático en el módulo didáctico.
4. Redactar el manual de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de control del módulo didáctico.
5. Elaborar una hoja guía para practica de laboratorio de la ESFOT.

1.3 Alcance

El presente proyecto consta de dos etapas: la primera corresponde a la parte mecánica y consistió en el diseño y selección de cada uno de los elementos mecánicos para posteriormente realizar el ensamble. A continuación, se procedió a la automatización, para ello se instalaron protecciones, accionamientos y tablero de control.

1.4 Marco teórico

Normas NEC de Instalaciones Eléctricas

Este reglamento decreta todas las características técnicas y requerimientos mínimos que se deben efectuar en el diseño y realización de instalaciones de carácter eléctrico en interiores para usos residenciales, [1].

Los temas usados de la norma fueron:

- Tablas de comparación entre AWG y Área del Cable
- Protecciones contra sobrecorriente
- Tuberías y cajetines

Normas NEC de Instalaciones Electromecánicas:

Este reglamento tiene por objetivo dictar los requerimientos mínimos de seguridad que se deben efectuar en las instalaciones de carácter eléctrico en baja tensión, con el objetivo de proteger y cuidar a las personas que las manipulan o hacen usos de ellas, también salvaguardar los dispositivos y cuidar el ambiente en el que han sido elaboradas, [2].

Los temas usados de la norma fueron:

- Instalaciones eléctricas y electrónicas
- Lugares de trabajo y espacios mínimos de seguridad
- Tableros
- Piezas eléctricas
- Código de colores

Revisión Bibliográfica de Trabajos Similares

Los trabajos revisados fueron los siguientes:

“implementación de una máquina expendedora para mascarillas artesanales (etapa 2)”, elaborado por Espinosa Ortega Byron Fernando, [3]. De este tema se revisó la selección de protecciones.

Motorreductor angular DC

Los motorreductores angulares tienen la característica de que el eje de rotación del motor y el eje de salida de la caja reductora se encuentran con un ángulo de separación de 90 grados, [4].

Interruptor bipolar

Es un sistema eléctrico que posee la característica de realizar el mismo trabajo que el interruptor unipolar común, pero utiliza dos cables para interrumpir la corriente eléctrica, estos cables son la fase y el neutro.

Dicho de otra manera, los interruptores bipolares son aquellos que pueden manipular, mediante una tecla, dos circuitos eléctricos. Con estos interruptores es posible cortar y reanudar, es decir, activar y desactivar un circuito eléctrico usando una sola tecla.[5]

Fusible

El fusible es un dispositivo de instalaciones eléctricas que tiene como principal y única función proteger el sistema eléctrico y electrónico ya que este elemento se funde cuando la corriente resulta excesiva a la normal.

Los fusibles están formados por una lámina o un filamento elaborado de una aleación o de un metal que posee la característica de tener un punto de fusión bajo. Esta protección eléctrica se coloca en un punto clave de la instalación eléctrica para que actúe si la intensidad de la corriente eléctrica incrementa del valor normal. Así, el fusible corta la corriente y protege la integridad de los conductores eléctricos disminuyendo el riesgo de incendio y daños de los dispositivos.[6]

Fuente regulable de voltaje DC

La fuente de tensión regulable posee la característica de que su salida de tensión se puede controlar, ya que cuenta con un potenciómetro para regular, en otras palabras, no es un valor estático, ya que se puede manipular de acuerdo a la utilidad, [7].

Este dispositivo tiene la característica de que a partir del voltaje suministrado por la red eléctrica residencial puede brindarnos una señal de voltaje continuo para suministrar al circuito al que se ha conectado. De acuerdo a si se realiza la transformación de voltaje de AC a DC las fuentes de voltaje se clasifican en lineales y conmutadas. Las fuentes de voltaje lineales tienen un sistema que consta de transformador, rectificador, filtro, regulación y salida. Por un lado las fuentes de voltaje conmutadas convierten la tensión eléctrica por medio de la conmutación de elementos de carácter electrónico como son los transistores entre corte y saturación a elevadas frecuencias,[8]. Para este proyecto se utilizó una fuente de alimentación lineal que es el adaptador universal ajustable UM-715 ya que las conmutadas son de mayor complejidad y producen alto ruido eléctrico.

Principales Características del UM-715:

- Voltaje de entrada AC: 90(V) -264 (V), 50/60HZ (frecuencia)
- Voltaje de salida DC: 3 (V) ~ 24 (V)
- Corriente de salida máxima: 3 (A)
- Potencia: 72 (W)
- Eficiencia: 95%
- Método de enfriamiento: convección Natural
- Temperatura de funcionamiento: 0°C - 40 °C.

2 METODOLOGÍA

2.1 Análisis de dispositivos eléctricos y electrónicos para el sistema de automatización.

Para poder implementar este proyecto se analizó el tipo de accionador que sería el encargado de brindar la potencia para que el módulo didáctico de comedero para pollos cumpla con su funcionamiento adecuado.

Para poder determinar el tipo de accionador se realizó en el componente A, que corresponde a la parte mecánica, un cálculo completo de transportador de alimento tipo tornillo sinfín, con esto se logró obtener la potencia mecánica de accionamiento, la cual ayudó para determinar las características eléctricas del motor apropiado para lograr que el módulo funcione correctamente.

Una vez conocida la potencia de accionamiento que es de 5 (*Watts*), y velocidad de giro 120 (RPM), se optó por un accionador de tipo motorreductor ya que este dispositivo posee baja velocidad de giro y alto torque de salida en su eje. Con base en esto se seleccionó un motorreductor DC como se observa en la **Figura 2.1**, el cual posee las características que se observan en la **Tabla 2.1**.

Tabla 2.1 Características del motorreductor DC

Fabricante	Tipo de motor	Caja reductora	Voltaje (V_{DC})	Corriente (A)	Velocidad (RPM)	Torque (N.m)
ANKARSRUM MOTORS AB	KSV 4030	Material: plástico Proporción: 1:37.5 / 1:75	12-24	0.05-1	15-200	3-20

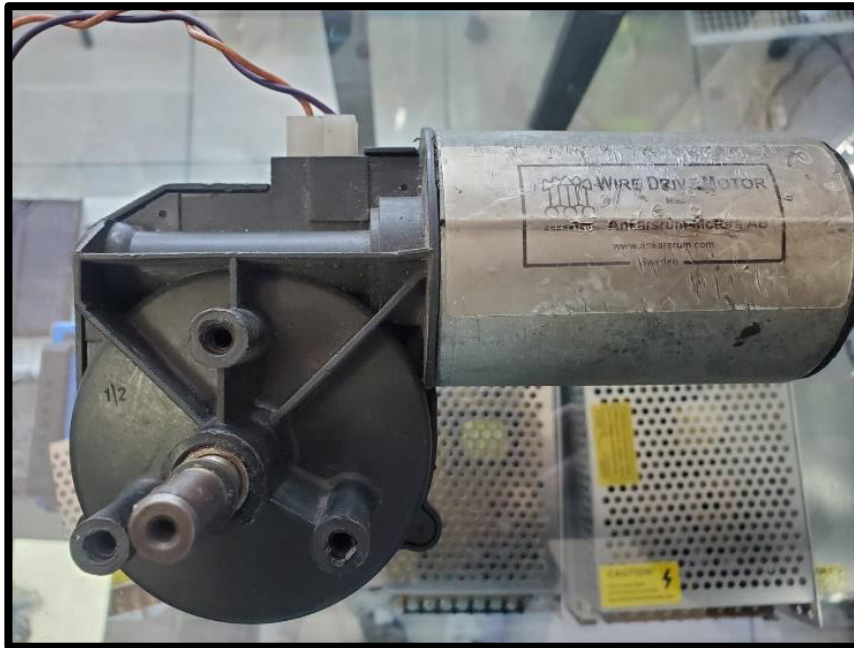


Figura 2.1 Motorreductor DC

Luego para el presente proyecto se analizó diferentes dispositivos electrónicos que se podrían usar para poder controlar la velocidad de giro del accionador del módulo didáctico de comedero para pollos (motorreductor).

En la actualidad existen diferentes métodos electrónicos para lograr variar la velocidad de giro de un motorreductor, la selección de alguno en específico depende del tipo de señal eléctrica a la cual operen estos motores ya sea en corriente continua DC o corriente alterna AC; en base a lo anterior existen variadores de frecuencia los cuales ayudan a controlar y variar la velocidad de giro (RPM) del árbol de transmisión de un motor que opera con señal alterna AC y por otro lado los variadores de voltaje los cuales ayudan a variar la velocidad de giro de eje de motores en corriente continua DC.

En vista de que se seleccionó un motorreductor DC el cual cumplía con los requerimientos para este proyecto se optó por una fuente de alimentación lineal que es un adaptador universal ajustable UM-715 que permite variar el voltaje DC de salida y de esta manera se logra controlar y variar la velocidad de giro del eje de transmisión del motorreductor DC, el dispositivo electrónico se aprecia en la **Figura 2.2** .

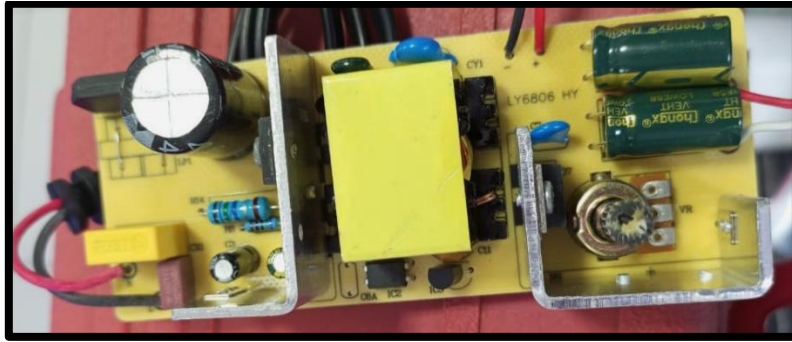


Figura 2.2 adaptador universal ajustable UM-715

2.2 Dimensionamiento y selección del fusible.

Para proteger el circuito electrónico y eléctrico ante posibles sobrecargas o cortocircuitos es necesario conocer el consumo eléctrico de los elementos tal y como se aprecia en la **Tabla 2.2**, para que de esta manera se logre determinar las protecciones eléctricas adecuadas.

Tabla 2.2 Elementos de consumo eléctrico

Elemento	Voltaje (V _{DC})	Corriente (A)	Potencia (W)
Fuente de alimentación DC	3-24	3	72
Motor	12-24	0.05-1	24
Led rojo	1.87	3.1e-10	5.79e-10
Led verde	1.94	3.0e-10	5.82e-10
Total	-	-	96.01

$$P = V * I$$

Ecuación 3.1 Corriente de cortocircuito [9]

Donde:

- P : 96.01 (W) potencia eléctrica total
- V : 110 (V) Tensión de la red
- I : (A) corriente de cortocircuito

Usando la **Ecuación 3.1** se obtiene:

$$I = 0.87 \text{ (A)}$$

Tomando como base al valor calculado empleando la **Ecuación 3.1** y la **Ecuación 3.2** , se obtiene la corriente del sistema:

$$I_f = 0.87 * 1.25$$

Ecuación 3.2 Corriente del fusible [9]

Donde:

1.25 : Factor de sobredimensionamiento

I_f : (A) Corriente del fusible

Por lo tanto:

$$I_f = 1.09 \text{ (A)}$$

Debido a que el sistema tiene un consumo eléctrico de 0.87 (A) y con el cálculo del factor de sobredimensionamiento del 25% la corriente de cortocircuito es de 1.09 (A), la cual es una corriente demasiado baja para colocar un interruptor termomagnético ya que en el mercado nacional existen termomagnéticos desde 10 (A). En base a esto se colocó como protección interna un fusible de 2 (A) como se aprecia en la **Figura 2.3** el cual protegerá a la fuente de alimentación y a los circuitos electrónicos ante posibles fallas eléctricas.



Figura 2.3 Portafusibles

2.3 Implementación del tablero de control con el sistema de control de velocidad del motorreductor DC.

Para poder colocar el conector de alimentación (Jack AC) macho en el tablero de control, se procedió a realizar una perforación en la cara lateral del tablero como se aprecia en la **Figura 2.4** a la medida del conector el cual sirve para poder conectar el cable de

poder que es el encargado de suministrar energía de la red eléctrica al sistema de control interno, y luego se colocó el conector de alimentación con tornillos para mejor sujeción como se aprecia en la **Figura 2.5** .



Figura 2.4 Perforación para el conector de alimentación AC



Figura 2.5 Conector de alimentación AC instalado

Luego de la misma manera se procedió a perforar a la medida y colocar un interruptor principal de todo el tablero como se aprecia en la **Figura 2.6** , el cual es el encargado de permitir o no el paso de corriente para que el sistema de control se energice, esto con el fin de prevenir alguna falla de carácter eléctrico ya que si está conectado a la red y existe una sobrecarga el sistema no será afectado.



Figura 2.6 Interruptor general instalado

Luego se procedió de la misma manera que el interruptor a perforar en la cara lateral para colocar el portafusibles como se aprecia en la **Figura 2.7** , el cual tiene la función de proteger el sistema interno de control en caso de alguna falla eléctrica ya que al momento de existir un valor de corriente mayor al nominal de funcionamiento el fusible se funde automáticamente y de esta manera el circuito interno no presenta averías o daños graves.



Figura 2.7 Portafusibles instalado

Posteriormente se procedió a perforar agujeros en la cara frontal a la medida de los diodos led, el interruptor de inicio del sistema de control, el *display 7 segmentos*, el potenciómetro y los puertos de conexión para cables banana - banana, como se observa en la **Figura 2.8** , para luego instalar los respectivos elementos como se aprecia en la **Figura 2.9** .



Figura 2.8 Agujeros para colocación de elementos



Figura 2.9 Elementos instalados

Finalmente se colocó la fuente de alimentación y el circuito del variador de voltaje lineal, que forman parte del adaptador universal UM-715, dentro del tablero de control el cual tiene la función de controlar y variar la velocidad de giro del motorreductor DC, con sus respectivos cableados para todos los elementos del sistema de control como se observa en la **Figura 2.10** . El esquema eléctrico del sistema de control de velocidad se observa en la **Figura 2.11**

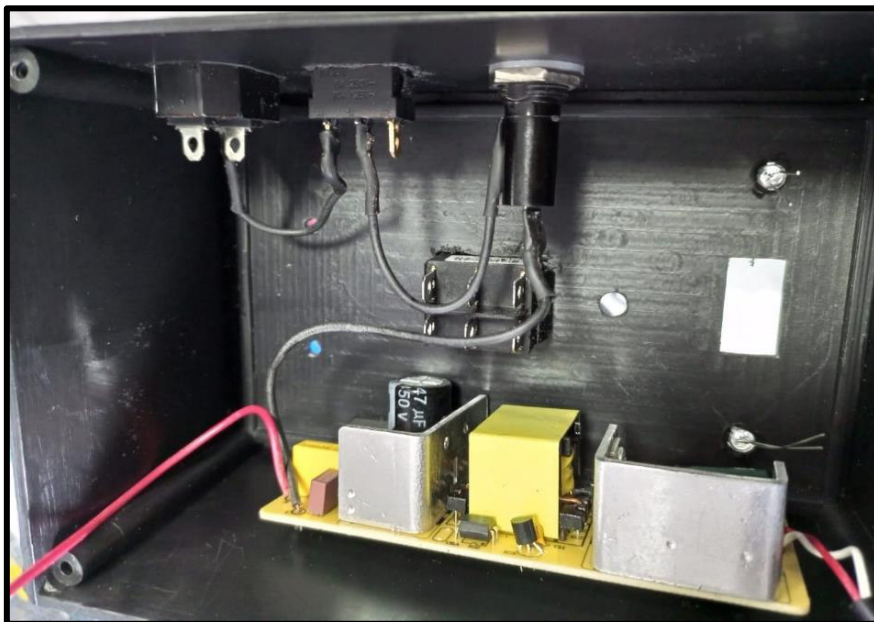


Figura 2.10 Cableado y colocación del circuito variador de voltaje

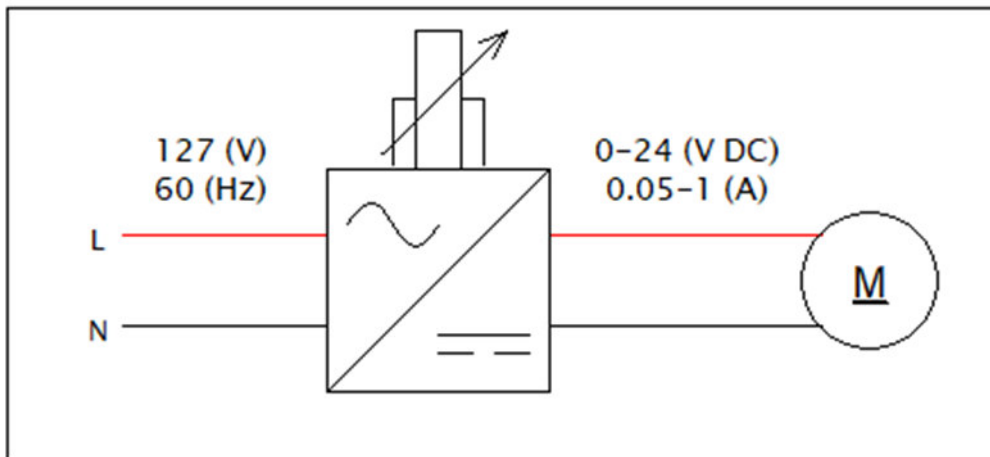


Figura 2.11 Esquema eléctrico del sistema de control del módulo didáctico

2.4 Redacción del manual de mantenimiento del sistema de control del módulo didáctico.

En la actualidad todas las máquinas y todos los sistemas eléctricos o electrónicos deben tener su propio manual de mantenimiento esto con el fin de preservar y alargar la vida útil de funcionamiento independientemente del tipo de sistema que sea.

Para el sistema de control de velocidad del módulo didáctico desarrollado en este proyecto se propuso la redacción de dos tipos de mantenimiento los cuales son mantenimiento preventivo y correctivo ya que estos son los más importantes para alargar la vida útil de funcionamiento del sistema de automatización. A continuación, se redacta cada uno de los mantenimientos los cuales serán de utilidad para futuros estudiantes que utilicen el módulo didáctico para realizar prácticas durante sus estudios en la universidad.

Manual de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en realizar revisiones del sistema completo este puede consistir desde una limpieza total hasta la reparación de algún elemento del sistema con el objetivo de reducir posibles averías futuras y eliminar fallos del sistema antes de entrar en operación.

Para el sistema de control de velocidad del módulo didáctico se debe considerar los siguientes aspectos como mantenimiento preventivo.

- a) Realizar la limpieza de los elementos electrónicos que se encuentran dentro de la caja del sistema de control con una brocha de cerdas delgadas, para que de

esta manera se logre eliminar el polvo el cual puede ocasionar fallas o averías en los elementos electrónicos.

- b) Realizar mediciones de continuidad con el multímetro en los cables y bornes de conexión del motor DC, esta acción se debe realizar cada 3 meses ya que durante las prácticas de laboratorio es posible que las conexiones se suelten.
- c) Realizar mediciones de voltaje y corriente para verificar que el sistema de control se encuentre funcionamiento en sus condiciones y valores normales.
- d) Crear un historial de cada mantenimiento preventivo realizado al sistema de control de velocidad, para mitigar futuros fallos y aplicar los respectivos correctivos a los elementos eléctricos y electrónicos de manera segura.
- e) Verificar que exista continuidad en el cable de alimentación principal y de igual manera verificar el estado de dicho cable para que el sistema de control pueda operar de manera correcta al momento de realizar las prácticas de laboratorio.

Manual de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en la acción técnica que se realiza al momento de que exista una avería o un fallo en la máquina o en el sistema eléctrico y electrónico, la finalidad de este tipo de mantenimiento es solucionar y restaurar la avería o fallos que provocan que el sistema eléctrico o electrónico no funcione en sus condiciones normales.

Para el sistema de control de velocidad del módulo didáctico se debe considerar los siguientes aspectos como mantenimiento correctivo.

- a) Si el cable de alimentación principal del sistema de control no tiene continuidad se deberá sustituir por uno nuevo y de las mismas características ya que podría dañar a los demás elementos de la caja de control.
- b) Revisar el estado del fusible cada vez que se vaya a poner en operación el sistema de control del módulo didáctico, para esto se debe retirar el fusible del portafusible y observar a contraluz si el filamento está intacto o si se ha roto, en caso de que el filamento se encuentre roto se debe sustituir por otro fusible de las mismas características.
- c) En caso de que no exista continuidad en los bornes de salida de la caja hacia el motor, se deben ajustar y verificar si la conexión interna de estos no se ha soltado, en caso de que las conexiones estén sueltas se debe colocar nuevamente las conexiones para que el sistema pueda operar en conjunto con el motor DC.

- d) En caso de que el motorreductor DC este consumiendo más corriente eléctrica en referencia a los valores nominales se debe sustituir por otro motorreductor DC que sea de tipo angular el cual posea las mismas características eléctricas para que el módulo didáctico pueda operar con normalidad.
- e) En caso de que se haya revisado todo el cableado y conexiones y el módulo no se logre energizar es posible que la fuente de voltaje DC lineal se haya averiado y no esté permitiendo la conversión de señal AC en DC, si ese es el caso se debe sustituir por otra fuente de las mismas características eléctricas ya que de lo contrario el sistema de control de velocidad del módulo didáctico no podrá operar en sus condiciones normales para las cuales fue diseñado en este proyecto.

2.5 Elaboración de una hoja guía para práctica de laboratorio de la ESFOT.

A continuación, se presenta la hoja guía de laboratorio para futuros estudiantes de la ESFOT para la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica en la materia de Fundamentos de Máquinas Eléctricas código TEMD 343, correspondiente a tercer semestre de la carrera antes mencionada.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

HOJA GUÍA

PRÁCTICA No: #
TEMA: Arranque e inversión de giro de motores DC
MATERIA: Fundamentos de Máquinas Eléctricas

OBJETIVOS:

- Realizar la inversión de giro del motorreductor DC
- Analizar el arranque del motor DC respecto a los valores de voltaje suministrado por la fuente de tensión.
- Familiarizar a los alumnos con los equipos existentes en el laboratorio.

1. INTRODUCCIÓN

Propósitos:

- Proteger al motor DC ante posibles daños a causa de cortocircuitos.
- Brindar la manera idónea para controlar la velocidad de operación de la máquina DC.
- Proteger el motor DC contra averías por sobrecargas provenientes de la red eléctrica.
- Proteger el motor DC contra averías por corrientes de arranque excesivas.

Dispositivos electrónicos de arranque (*switcheo*)

Una manera de limitar la corriente de arranque es alimentar al motor DC con una fuente de voltaje variable, de manera que en el arranque se aplique un bajo voltaje.

Cambio de giro de motor DC

El cambio de giro de motores CC o DC es posible lograr considerando lo siguiente:

- Inversión de la corriente de armadura, lo cual se puede lograr invirtiendo la polaridad del voltaje aplicado.
- Inversión de la corriente de excitación, lo que se refleja en una inversión del campo generado.
- La inversión se debe hacer solo al campo o a la armadura.

2. MATERIALES

- Módulo didáctico de automatización de comederos para pollos.
- Cables de conexión
- Multímetro
- Indumentaria: mandil azul, gafas industriales y guantes.

3. TRABAJO PREPARATORIO

Investigar tipos de arranque y tipos inversión de giro de motores DC.

4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

- 4.1 Instrucción del profesor acerca del uso del laboratorio
- 4.2 Familiarizarse con el motor DC y reconocer sus principales características tanto eléctricas como mecánicas.
- 4.3 Analizar el funcionamiento del motorreductor DC en operación respecto al arranque en diferentes valores de voltaje.
- 4.4 Realizar una tabla comparativa entre valores de voltaje y velocidad de giro RPM del motorreductor DC y colocar sus conclusiones.
- 4.5 Realizar la inversión de giro del motor DC y analizar sus aplicaciones dentro del campo industrial.

Pasos para la inversión de giro:

- a) Si el motor está en funcionamiento primero se debe desenergizar el circuito accionando el interruptor de paro general.
- b) Identificar la polaridad de los cables como se observa en la **Figura 2.12**

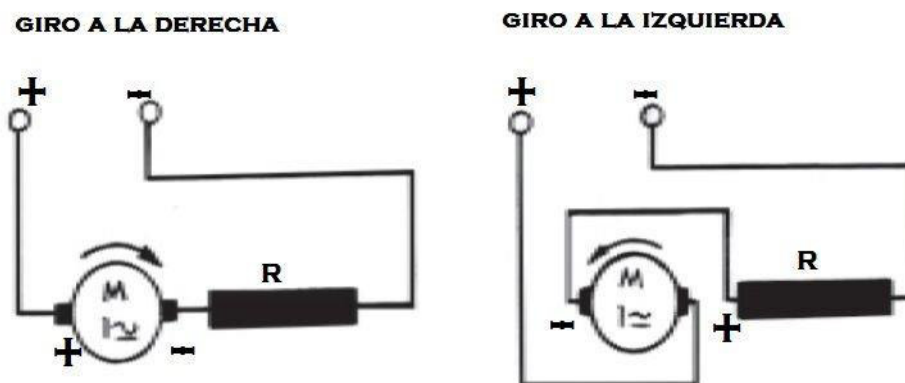


Figura 2.12 Esquema de polaridad de cables de motor DC, [10]

- c) Realizar el cambio de polaridad de los cables, para lograr el cambio de giro como se observa en la **Figura 2.13**.

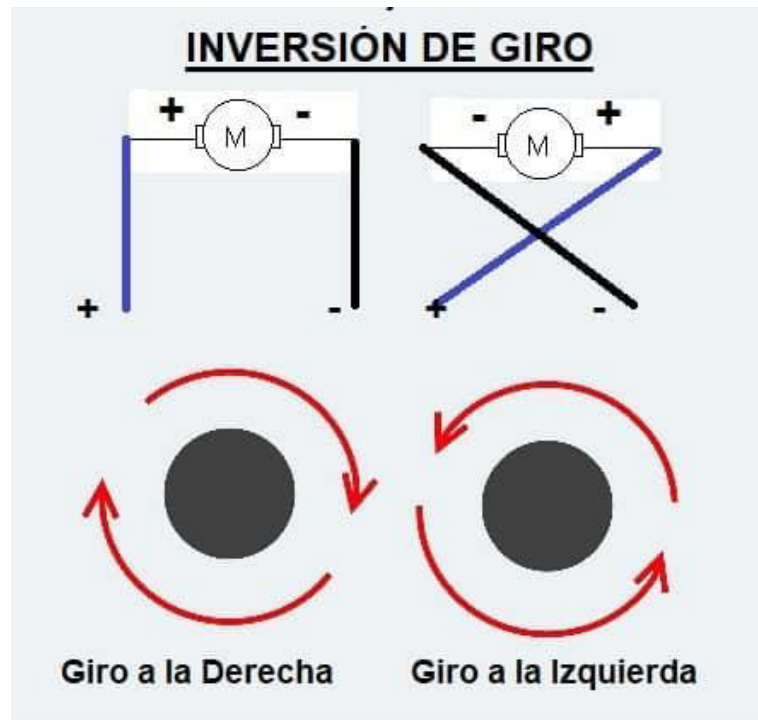


Figura 2.13 Inversión de giro de motor DC, [10]

d) Accionar el interruptor de marcha para hacer funcionar el motor DC en el sentido de giro configurado.

INFORME

- Elaborar el informe en base al formato acordado.
- Conclusiones y recomendaciones individuales.

3 RESULTADOS

A continuación, en la **Figura 3.1** y **Figura 3.2** se presenta el proyecto finalizado y en la **Figura 3.3** se indican los principales elementos que forman parte del sistema de control del módulo didáctico.

El Tablero del sistema de Control de Velocidad del motorreductor se encuentra ubicado en la parte lateral de la estructura que contiene al transportador de alimento y este sirve como controlador de funcionamiento del módulo didáctico desarrollado en este proyecto de titulación.



Figura 3.1 Sistema de control de velocidad entregable



Figura 3.2 Componente entregable en operación

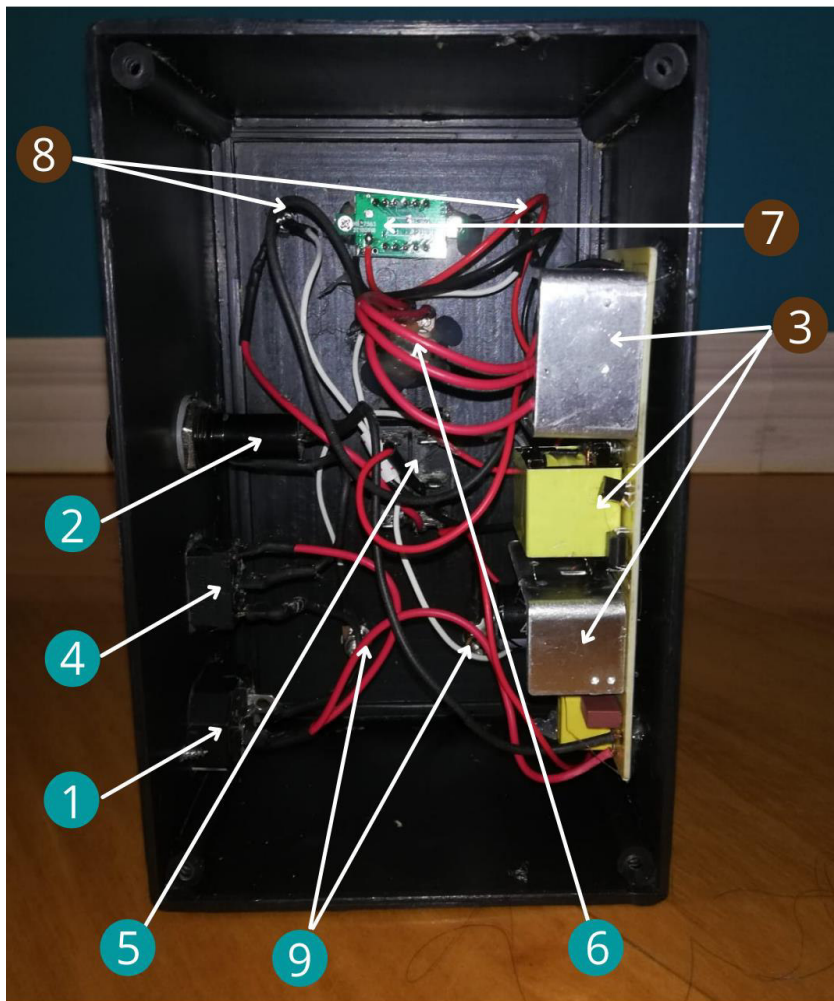


Figura 3.3 Elementos que componen el sistema de control

1. Conector de alimentación macho (Jack AC).
2. Portafusibles de 2 (A).
3. Fuente de voltaje lineal ajustable de 127 (V_{AC}) a 3 (V_{DC}) - 24 (V_{DC}).
4. Interruptor general ON – OFF 127 (V_{AC}).
5. Interruptor secundario ON – OFF 127 (V_{AC}).
6. Potenciómetro.
7. *Display* 7 segmentos 3 dígitos.
8. Luces leds rojo y verde.
9. Bornes de salida (positivo - negativo)

Se han preparado dos videos para la presentación de este trabajo de integración curricular. En la **Figura 3.4** se encuentra un video demostrativo del funcionamiento del sistema implementado y en la **Figura 3.6** el manual de mantenimiento preventivo y correctivo de la caja que contiene el sistema de control de velocidad de motor DC del módulo didáctico conformado por el componente de automatización y mecánico.



Figura 3.4 Código QR del enlace al video demostrativo de funcionamiento

Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=IUxQ38EWf5c>



Figura 3.5 Código QR del enlace al video con las indicaciones sobre el manual de uso

Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=pqirf7Zz57q&t=1s>

3.1 Pruebas y Análisis de Resultados

Tabla 3.1 Pruebas de funcionamiento realizadas al módulo didáctico.

Pruebas	Parte Electrónica	Parte Eléctrica
Prueba de continuidad y cortocircuito	✓	✓
Prueba de Conexión Eléctrica	✓	✓
Pruebas de funcionamiento del control de velocidad del módulo didáctico	✓	✓

Prueba de continuidad y cortocircuito

Es de suma importancia antes de implementar cualquier tipo de instalación eléctrica o electrónica, realizar la prueba de cortocircuito y continuidad ya que esta prueba puede evitar posibles cortocircuitos en las conexiones y de esta manera evitar accidentes o daños en los elementos eléctricos del proyecto.

Esta prueba permite comprobar a través del instrumento de medición de parámetros eléctricos denominado multímetro la continuidad o resistencia existente entre la estructura de acero A36 y los elementos eléctricos del sistema de control. De darse el caso de que se presenta continuidad entre la estructura de acero y los elementos eléctricos, quiere decir que poseen resistencia eléctrica baja y por ende se encuentran en cortocircuito. En la **Figura 3.6** se observa el procedimiento implementado con el multímetro y la estructura de acero.



Figura 3.6 Prueba de continuidad y cortocircuito

Luego de realizar las mediciones de continuidad en una escala de 0 a 1, se obtuvo como resultado resistencia 1, esto quiere decir que los elementos eléctricos y la estructura de acero A36 no están en cortocircuito por lo que es seguro la operación del módulo didáctico en su totalidad.

Prueba de conexión eléctrica

Gracias a esta prueba se analiza el correcto funcionamiento del sistema de control tanto de la parte eléctrica como electrónica las cuales funcionan de manera correcta. Para esto primero se energizó el tablero de control, luego se acopló el eje del motorreductor al tornillo sin fin como se observa en la **Figura 3.7**, finalmente se encendió el módulo de control y se verificó que tanto el componente mecánico y el de automatización funcionen de manera sincronizada.

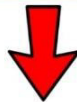


Figura 3.7 Prueba de conexión eléctrica

Pruebas de funcionamiento con carga y sin carga del módulo didáctico

Se realizó esta prueba para verificar el consumo de corriente eléctrica procedente del módulo didáctico en funcionamiento con carga y sin carga. Para esto primero se energizó el sistema de control, luego se accionó el interruptor de marcha el cual puso en funcionamiento el módulo didáctico.

Se inició con el módulo didáctico sin carga y se registró los valores de corrientes como se observa en la **Figura 3.8** , luego se colocó el alimento que sería la carga como se observa en la **Figura 3.8** para la cual fue desarrollado este proyecto y se registró los valores en operación.



Figura 3.8 Funcionamiento del módulo didáctico sin carga



Figura 3.8 Funcionamiento del módulo didáctico con carga

En la

Tabla 3.2 se observan cada uno de los valores registrados del consumo de corriente del funcionamiento del módulo didáctico con carga y sin carga.

Tabla 3.2 Consumo eléctrico del sistema con carga y sin carga.

Voltaje de alimentación (V_{DC})	Corriente sin carga (mA)	Corriente con carga (mA)
6	40	60
12	30	50
24	20	40

Como se observa en la **Tabla 3.2** el consumo de corriente eléctrica se incrementa al colocar carga ya que el eje del motorreductor tiene que ejercer más fuerza para lograr mantener la velocidad angular y por ende es mayor el consumo de corriente eléctrica.

Tabla 3.2

4 CONCLUSIONES

- Se puede decir que este tipo de modulo didáctico de comedero para pollos automático se podría implementar a escala real tomando como referencia este proyecto completo que cuenta de dos etapas una parte mecánica y otra de automatización, ya que su diseño fue basado en sistemas que poseen las grandes industrias para avicultura.
- Para poder controlar y lograr variar la velocidad de motores que operan con señal DC, de debe emplear circuitos variadores de voltaje o fuente de tensión lineal variable ya que es el método más adecuado para este tipo de máquinas eléctricas.
- Con base en la complejidad para controlar la velocidad de giro angular del eje de un motor existen varios métodos los cuales difieren por el tipo de señal eléctrica con la cual trabajan estas máquinas, para poder controlar la velocidad de un motor AC se emplean variadores de frecuencia los cuales son complejos de diseñar, en cambio para motores DC se emplean variadores de voltaje los cuales son más simples de utilizar tanto para la parte de instalación como para la parte de aplicación como es el caso de este proyecto de titulación.
- Con la prueba de continuidad y cortocircuito se logró descartar la resistencia baja ya que la estructura de acero A36 y los elementos eléctricos de la caja de control del módulo didáctico no están en contacto directo, por lo tanto, es seguro que no se produzca un cortocircuito cuando esté en funcionamiento el sistema completo.
- Además, se puede decir que para la protección ante fallas eléctricas del sistema de control del módulo didáctico se propuso la instalación de un interruptor termomagnético, pero luego de realizar el cálculo de consumo eléctrico se obtuvo un valor bajo de corriente de cortocircuito el cual fue de 0.87 (A), en vista de aquello se colocó un fusible de 2 (A) el cual es suficiente para proteger el sistema interno de control.
- De acuerdo con las pruebas de funcionamiento el sistema de control de velocidad del motor DC opera de manera adecuada a cualquier valor de voltaje configurado en la caja y es posible operar con cargas mayores ya que el motorreductor DC posee alto torque de salida en su eje.
- Gracias a la hoja guía de práctica de laboratorio realizada en este proyecto de titulación, los futuros estudiantes de la ESFOT podrán implementar el cambio de giro de un motor DC y conocer sus principales características eléctricas las cuales diferencia a un motor DC de un motor AC.

- Si se realiza de manera planificada y periódica los mantenimientos preventivos redactados en el manual de la caja del sistema de control de velocidad, no existirá la necesidad de realizar mantenimientos correctivos ya que estos representan gastos a momento de realizarlos.
- Para evitar futuros daños o averías en los elementos internos de la caja de control se redactó en este trabajo escrito los respectivos manuales tanto preventivo como correctivo los cuales servirán para que este proyecto de titulación no presente fallos al momento de realizar prácticas de laboratorio.
- Para el mando de activación y desactivación del control del tablero se propuso el uso de un contactor el cual tendría conectado un pulsador de arranque NA enclavado y otro de parada NC, pero en vista de que la corriente del sistema es de 1.09 (A) considerando el factor de sobredimensionamiento del 25%, se optó por el uso de interruptor debido a que en el mercado nacional no existen contactores de baja corriente ya que estos elementos son robustos para instalaciones de alta corriente en campos industriales.

5 RECOMENDACIONES

- Para poder determinar el tipo de protección eléctrica del sistema de control se debe realizar primero un cálculo de consumo eléctrico adecuado, ya que dependiendo del valor de corriente de operación del módulo se debe seleccionar la protección más adecuada que permita evitar problemas al circuito de control.
- Se recomienda usar un motorreductor para proyectos similares en donde se requiera alto torque en el eje de salida, y una velocidad (RPM) considerablemente baja para ejecutar la aplicación deseada. Ya que un motor sin caja reductora posee bajo torque y alta velocidad (RPM).
- Para poder determinar las características eléctricas del motor, se debe partir del análisis mecánico del proyecto en el cual se analice la aplicación y posteriormente realizar un cálculo completo de transportadores de alimento tipo tornillo sinfín, en donde se obtiene la potencia mecánica que requiere el sistema para poder transportar alimento para pollos. Y con esos datos seleccionar el motor que satisfaga los objetivos del proyecto.
- Para lograr alargar la vida útil del sistema de control de velocidad del módulo didáctico se debe realizar de manera anticipada el mantenimiento preventivo ya que con esta acción técnica se puede evitar las averías o fallos de los elementos de la caja de control y a su vez se logra evitar gastos en la adquisición de repuestos para el módulo.
- Se recomienda usar una fuente de voltaje DC variable, para poder controlar la velocidad de giro de un motor DC ya que es mucho más sencillo que utilizar un variador de frecuencia para poder controlar la velocidad de giro de un motor AC.
- Se recomienda utilizar solamente interruptores bipolares para el accionamiento de marcha y paro del sistema de control ya que se trabaja con bajos valores de corriente eléctrica por lo cual no es necesario colocar contactores para el accionamiento de sistema.
- Para acoplar el eje del motorreductor DC a otro eje se debe considerar un aspecto muy importante el cual es la alineación entre ambos ejes, ya que si no se encuentran alineado perfectamente al momento de operar en cualquier sentido de giro el eje del podría tener una especie de pandeo e inestabilidad la cual a futuro podría dañar al Motor DC por esta razón se recomienda alinear los ejes con un sistema óptico laser de esta manera se puede evitar posibles molestias al momento de operar por tiempos largos.

- Para asegurar que los elementos internos de la caja de control no presenten fallos por alguna sobrecarga de voltaje en la red eléctrica se debe colocar un fusible como protección eléctrica considerando el sobredimensionamiento del 25% más al valor de corriente del sistema calculado ya que de esta manera es seguro que ante una posible falla eléctrica proveniente de la red el sistema de control se desenergiza evitando el daño de los elementos eléctricos y electrónicos.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. M. Iza *et al.*, «Colaboración en la Elaboración del Capítulo», p. 33.
- [2] «NEC Instalaciones Electromecánicas.pdf». Accedido: 20 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://epnecuador-my.sharepoint.com/personal/pablo_proano_epn_edu_ec/Documents/EPN_RESP/Libros%20EPN/NEC%20Instalaciones%20Electromec%C3%A1nicas.pdf?CT=1640011858980&OR=ItemsView
- [3] B. F. E. Ortega y S. F. P. Carrillo, «IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXPENDEDORA PARA MASCARILLAS ARTESANALES (ETAPA 2)», p. 64.
- [4] «Motorreductores de ángulo recto y motorreductores de ejes paralelos: comparando rendimientos», 16 de junio de 2017. <https://clr.es/blog/es/reductores-de-angulo-recto-y-ejes-paralelos/> (accedido 24 de diciembre de 2021).
- [5] «¿QUÉ DIFERENCIAS HAY ENTRE LOS INTERRUPTORES UNIPOLAR Y BIPOLAR?» <https://jdelectricos.com.co/diferencias-interruptores-unipolar-bipolar/> (accedido 21 de diciembre de 2021).
- [6] «¿Qué es el Fusible? - Glosario de mecánica | Hello Auto». <https://helloauto.com/glosario/fusible> (accedido 21 de diciembre de 2021).
- [7] «¿Qué es una fuente de voltaje?» <https://acmax.mx/que-es-una-fuente-de-voltaje> (accedido 20 de diciembre de 2021).
- [8] «Fuentes de alimentación DC, una o varias salidas distintos rangos», *Isotest*. <https://isotest.net/productos/fuentes-alimentacion-dc/> (accedido 21 de diciembre de 2021).
- [9] «PT071-Protecciones_en_MT.pdf». Accedido: 27 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/2738/mod_resource/content/0/PT071-Protecciones_en_MT.pdf
- [10] <https://www.areatecnologia.com>, «Inversión de Giro Motor de CC (corriente continua)». <https://www.areatecnologia.com/electricidad/inversion-de-giro.html> (accedido 24 de enero de 2022).

7 ANEXOS

ANEXO I. REPORTE DE SIMILITUD GENERADO POR TURNITIN

DMQ, 22 de enero de 2022

Yo, Óscar Santiago Ortiz Ávila, como Director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Submission date: 26-Jan-2022 03:49PM (UTC-0500)
Submission ID: 1748798511
File name: Proyecto_Integrador_Marco_Egas.pdf (1.53M)
Word count: 6083
Character count: 31080

Proyecto integrador

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off



Firmado electrónicamente por:

**OSCAR
SANTIAGO
ORTIZ AVILA**

DIRECTOR

Ing. Óscar Santiago Ortiz Ávila.

ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 27 de enero de 2022

Yo, Óscar Santiago Ortiz Ávila, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del módulo didáctico de automatización de comederos para pollos, etapa 2, automatización, el cual fue implementado por el estudiante *Marco Andrés Egas Tito*.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los estudiantes de la ESFOT puedan realizar prácticas con seguridad para los equipos y las personas.



DIRECTOR

Ing. Óscar Santiago Ortiz Ávila.

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 28

Correo: pablo.proano@epn.edu.ec | **Ext:** 2729.