

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**REPOTENCIACIÓN DEL TABLERO DE CENTRALIZACIÓN DE  
ILUMINACIÓN EXTERNA DE LA ESFOT**

**REPOTENCIACIÓN DEL TABLERO**

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

**OSWALDO ISRAEL NICARAGUA HERRERA**

**DIRECTOR: PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO**

**Quito, Febrero 2022**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, Oswaldo Israel Nicaragua Herrera 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.



**OSWALDO ISRAEL NICARAGUA HERRERA**

**oswaldo.nicaragua@epn.edu.ec**

**israel\_1993w@hotmail.com**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Oswaldo Israel Nicaragua Herrera, bajo mi supervisión.



**Pablo Andrés Proaño Chamorro**

**DIRECTOR**

**pablo.proano@epn.edu.ec**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante 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.

OSWALDO ISRAEL NICARAGUA HERRERA

Correo: [oswaldo.nicaragua@epn.edu.ec](mailto:oswaldo.nicaragua@epn.edu.ec)

Teléfono: 0958641477

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación a los estudiantes de la carrera de electromecánica que vayan a implementar trabajos similares, para que les sirva como guía de ejecución para sus proyectos.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero quiero agradecer a Dios por darme salud y muchas bendiciones en toda mi vida estudiantil, luego quiero agradecer a mi abuelito Oswaldo que aún lo tengo aquí conmigo él ha sido el motor fundamental para ser parte de este logro, y también a mi abuelita Angelita que sé que desde el cielo ella siempre me está cuidando.

Agradecer a mis padres Víctor y Clemencia que siempre estuvieron ahí conmigo siempre en las buenas y en las malas siempre brindándome su apoyo incondicional.

A mis amigos que de una u otra manera siempre me supieron ayudar cuando más se les necesitaba Francis, Bryan.

A mis hermanos Lennin, Grace, Danna siempre estuvieron ahí conmigo en los momentos más difíciles de mi vida gracias, hermanos.

A la Escuela Politécnica Nacional por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de superarme en el ámbito profesional.

Agradecer a es “persona” que siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo incondicional en todo momento estos 13 años de mi vida solamente me queda decirte gracias por todo lo que has hecho esto te lo debo a ti.

Israel Nicaragua Herrera

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	V
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO .....	1
1.1 Objetivo General .....	1
1.2 Objetivos Específicos .....	1
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco teórico .....	2
Normas NEC de Instalaciones Eléctricas (NEC) .....	2
Normas NEC de Instalaciones Electromecánicas: .....	3
Revisión Bibliográfica de Trabajos Similares .....	3
2 METODOLOGÍA .....	5
2.1 Estudio del tablero actual y requerimientos .....	5
2.2 Implementación el nuevo sistema de control electromecánico .....	10
2.3 Implementación del controlador lógico programable para la temporización ..	16
2.4 Elaboración un manual de mantenimiento .....	20
3 RESULTADOS .....	23
3.1 Pruebas y Análisis de Resultados .....	26
Prueba de Funcionamiento .....	26
Prueba de Continuidad .....	27
Cortocircuito .....	28
Prueba de caída de Voltaje .....	29
Prueba al controlador Logo .....	30

4	CONCLUSIONES.....	32
5	RECOMENDACIONES .....	33
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
7	ANEXOS.....	35
	Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin .....	36
	Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular .....	37
	Anexo III. PLANO DE UBICACIÓN DE LOS TABLEROS .....	38
	Anexo IV DIAGRAMA DE LOS ELEMENTOS DEL NUEVO SISTEMA ELECTROMECAÁNICO .....	39

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación se basa en la repotenciación del tablero de iluminación externa de la ESFOT, en donde se desea controlar el accionamiento de las luminarias de los espacios exteriores mediante un PLC LOGO, el cual se encuentra programado para encender y apagar los diferentes subsistemas en horarios preconfigurados, además, de contar con un modo manual para el encendido y apagado.

El tablero del sistema de iluminación se repotenció reemplazando los temporizadores digitales por un controlador LOGO, debido a que el sistema antiguo tendía a fallar cuando existían desconexiones de energía o cuando existían picos de corriente en el laboratorio que provocaban que el sistema se desincronice.

En el capítulo 1 se describen el componente implementado, los fundamentos usados, los objetivos y el alcance.

En el capítulo 2 se encuentra la metodología, donde se describe el proceso de implementación del sistema y el diseño de un algoritmo para el controlador con dos periodos establecidos: uno para clases y otro para vacaciones.

En el capítulo de resultados se presenta el sistema finalizado y se muestran las diferentes pruebas realizadas para validar el sistema elaborado.

En los siguientes capítulos se encuentran las conclusiones y las recomendaciones, las cuales resumen los aspectos más relevantes del trabajo de titulación.

Finalmente, en se tienen las referencias y los Anexos del proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** Programación, distribución, hacinamiento y conexión.



## **ABSTRACT**

This titling project is based on the repowering of the ESFOT exterior lighting board, where the activation of the exterior lights will be controlled through a PLC LOGO programmed to turn on and off the different subsystems at preconfigured times. plus, a manual on/off mode.

The lighting system circuit board was revamped by replacing the digital timers with a LOGO controller as the previous system failed during power outages or spikes in the lab causing the system to be out of sync.

Chapter 1 describes the implemented component, the principles used, the objectives and the scope.

Chapter 2 contains the methodology that describes the system implementation process and the design of an algorithm for the controller with two fixed time periods: one for classes and one for vacations.

In the results chapter, the finished system is presented and the various tests that were carried out to validate the developed system are shown.

In the following chapters you will find conclusions and recommendations that summarize the most relevant aspects of the degree work.

Finally, there are the references and the annexes of the project.

**KEYWORDS:** Programming, distribution, crowding and connection.

# **1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO**

La ESFOT cuenta con un sistema centralizado de iluminación ubicado en el aula 33, este tablero fue construido usando relés temporizados que usaban una tecnología analógica antigua, los cuales presentan problemas como: desprogramación, fallas o cortocircuitos, esto último debido a que existen dos relés conectados en paralelo, uno principal y uno de reserva, además, el sistema contaba con un sistema electrónico que disminuía la confiabilidad del sistema, debido a que al encontrarse el tablero en un laboratorio, el arranque de cargas pesadas puede provocar inestabilidad en la electrónica del tablero, en especial en el microcontrolador Arduino.

Por las razones antes mencionadas se implementa un sistema de control con un controlador moderno de automatización, en el cual se utiliza un PLC LOGO que permite crear varias rutinas de horarios de encendido de iluminación, diferenciadas por días, fechas o años, configuraciones que los otros dispositivos no permiten, adicionalmente, se reconfigurará los sistemas de control para hacer el sistema más simple y de esta manera evitar fallos provocados por el mal funcionamiento de los elementos electrónicos.

La robustez que brindan estos elementos diseñados para funcionar en ambiente industriales permitirá al sistema coexistir con elementos que tienen elevadas corrientes de arranque y eventuales desconexiones de energía, sin perder los valores referentes a horarios.

## **1.1 Objetivo General**

Repotenciar el tablero de iluminación externa de la ESFOT mediante un PLC LOGO.

## **1.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar un estudio del estado del tablero actual y requerimientos
2. Implementar el nuevo sistema de control electromecánico
3. Implementar el controlador lógico programable para la temporización
4. Elaborar un manual de uso y mantenimiento.

### **1.3 Alcance**

Se realizará un análisis del funcionamiento del sistema, para determinar los elementos necesarios para la repotenciación del tablero.

Se realizará un análisis del estado de los componentes que conforman el tablero y se evaluará si estos deben ser reemplazados.

Se conservaron los elementos de maniobra, protección y señalización y se reemplazará los elementos de control y seccionamiento.

Se implementó una nueva estructura de control, más simple y sencilla, gracias a que la lógica de funcionamiento del programa estará en el controlador.

Se volverá a montar, cablear y programar el tablero de control, además, se crea un modo de trabajo manual (encendido / apagado) y uno automático.

Se implementa un sistema temporizado mediante un PLC LOGO para controlar el sistema de iluminación.

Se creará un sistema de pruebas que permita evaluar el desempeño del PLC LOGO y realizar correcciones pertinentes.

Se evaluará el desempeño del sistema implementado y se creará la documentación pertinente al proyecto.

### **1.4 Marco teórico**

A continuación, se presentan los fundamentos que se utilizaron para la implementación del proyecto elaborado, estos están relacionados a la selección de los contactores, LOGO SOFT, selectores y breaker, elementos que se tomaron en cuenta para la ejecución del proyecto.

#### **Normas NEC de Instalaciones Eléctricas (NEC)**

Las normas NEC facilitan el diseño de un circuito o proyecto eléctrico y es de carácter obligatorio para el territorio ecuatoriano, [1]. A continuación, se describen los temas que se utilizaron para la implementación:

- Calibre de los conductores
- Protecciones contra sobre corrientes

- Alimentación a los tableros de distribución
- Instalación de los elementos

### **Normas NEC de Instalaciones Electromecánicas:**

Este documento se encuentra orientado a la aplicación en instalaciones de bajo voltaje, con el propósito de prevenir accidentes eléctricos, y salvaguardar equipos y la vida humana. La norma puede garantizar que exista una instalación minimizando el riesgo de fallas o accidentes eléctricos,[2].

En el proyecto se hicieron uso de los siguientes temas:

- Tableros
- Alimentadores
- Materiales y sistemas de canalización
- Medidas de protección contra voltajes peligrosos

### **Revisión Bibliográfica de Trabajos Similares**

Los trabajos que se usaron una referencia para la implementación del presente proyecto fueron los siguientes.

#### **1. Centralización del sistema de Iluminación externo de la ESFOT**

Este trabajo fue elaborado por Cabascango Andrimba, Kevin Andrés el cual explica la construcción del tablero para el control de iluminación externo de la ESFOT, el documento indica las normas utilizadas para la construcción del tablero, presenta los diseños originales de control y las ubicaciones de los tableros secundarios de iluminación,[3].

A continuación, se presentan los temas usados del presente trabajo:

- Listado de elementos usados en el proyecto
- Sistema de protecciones del tablero
- Planos de control del tablero
- Planos de ubicación de tableros secundarios
- Alimentación del tablero de control
- Protocolo de pruebas realizadas al sistema

## **2. Implementación de un tablero de control para monitoreo y seguridad de las aulas de la ESFOT**

En este trabajo permite observar la distribución de los elementos en el tablero, derivación y la división del cableado,[4].

Los temas más relevantes usados del proyecto de titulación fueron los siguientes:

- Tablero de distribución
- División del cableado
- Distribución de los elementos

## **2 METODOLOGÍA**

Para la repotenciación del tablero del sistema de iluminación externo de la ESFOT ubicado en el aula 33, se reemplazó los temporizadores, Arduino y relés por un PLC LOGO, para de esta manera tener un mejor control, más eficiente y seguro del sistema de iluminación.

El control de iluminación externa de la ESFOT se realiza mediante un control automático o manual, en donde se escoge uno de los dos modos mediante un selector, además, el modo manual cuenta con estado siempre encendido y uno apagado.

El modo automático se lo realizó mediante la programación de un PLC para dos distintos periodos, uno para clases y otro para vacaciones.

En el periodo de clases existen dos horarios de encendido y apagado de las luminarias, los cuales son:

- En la mañana el horario de encendido es a las 6:00h y el apagado a las 7:30h.
- En la tarde el horario de encendido es a las 18:00h y el apagado a las 21:30h.

En el periodo de vacaciones los horarios de encendido y apagado de las luminarias son:

- En la mañana el horario de encendido es a las 6:30h y el apagado a las 7:00h.
- En la tarde el encendido es a las 18:00h y el apagado a las 20:00h.

### **2.1 Estudio del tablero actual y requerimientos**

Se realizó un estudio y análisis del estado de los contactores y los conductores eléctricos, se procedió a desmontar los relés, temporizadores, Arduino y a la desconexión de todos los elementos, [5].

Se hizo una evaluación del estado de funcionamiento de todos los equipos retirados del tablero para verificar que funcionen de manera correcta.

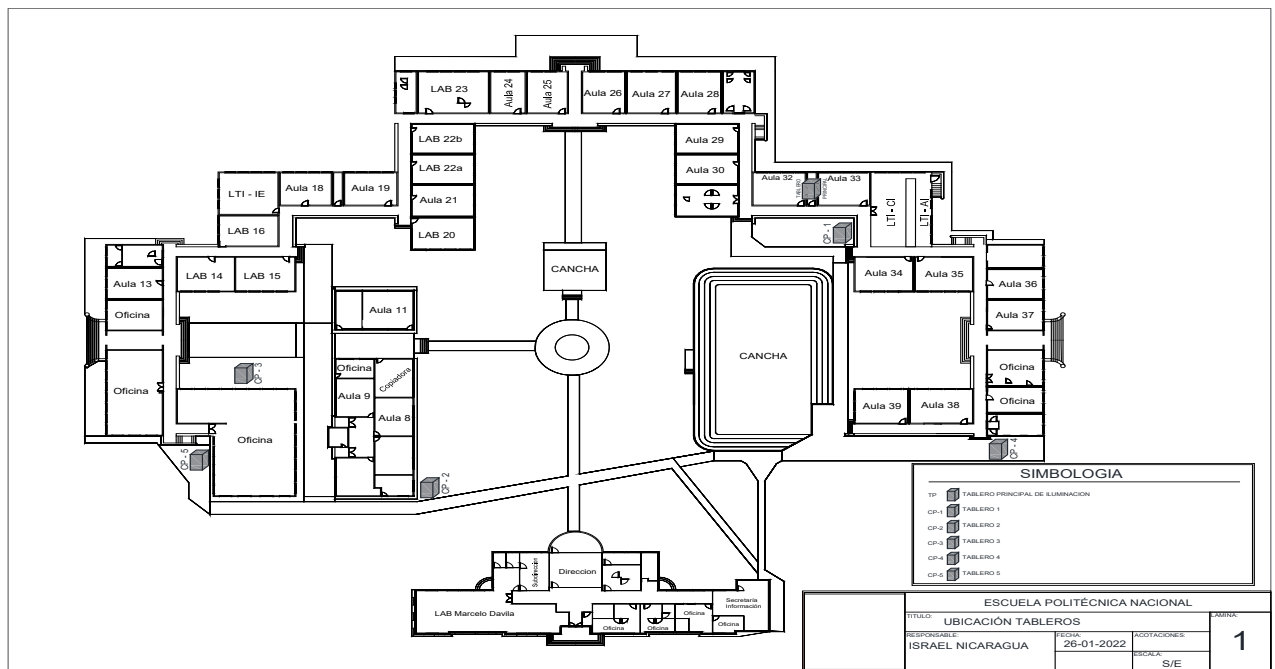
En la Figura 2.1 se tiene la conexión y distribución de los elementos como estaban conectados en el tablero original antes de la desconexión y desmontaje para la repotenciación.



**Figura 2.1** Conexión de los elementos del tablero original [3]

A continuación, en la Figura 2.2, se tiene un plano de la ESFOT donde se muestran las ubicaciones de los diferentes tableros secundarios, los cuales se les ha nombrado como:

- Tablero 1
- Tablero 2
- Tablero 3
- Tablero 4
- Tablero 5



**Figura 2.2** Ubicación de los tableros

(En el Anexo 3 se presenta la imagen en una mayor resolución).

Se verificaron las conexiones de todos los tableros de iluminación para evaluar su accionamiento, donde se verificó que el tablero 1 tenía un relé averiado, en el cual se detectó lo siguiente:

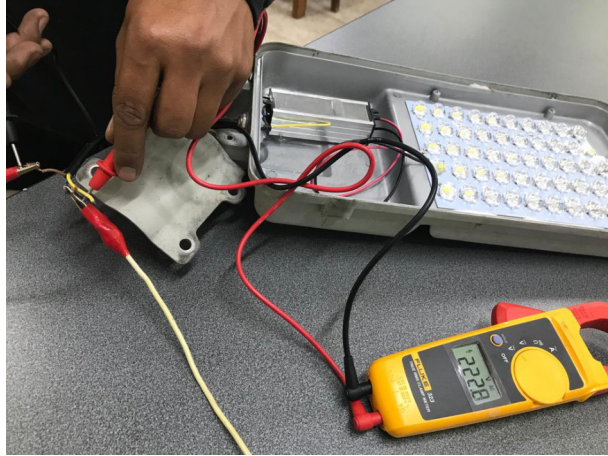
1. No existía activación del circuito 1.
2. El relé tenía averiada su bobina.
3. Visualmente se comprobó que el relé presentaba señales de haberse quemado.

Se verificó el estado de las luminarias de todo el sistema de iluminación para evaluar su funcionamiento, donde se pudo evidenciar que las luminarias 9, 12 y 13 controladas por el tablero secundario 2 tienen problemas de funcionamiento, tales como:

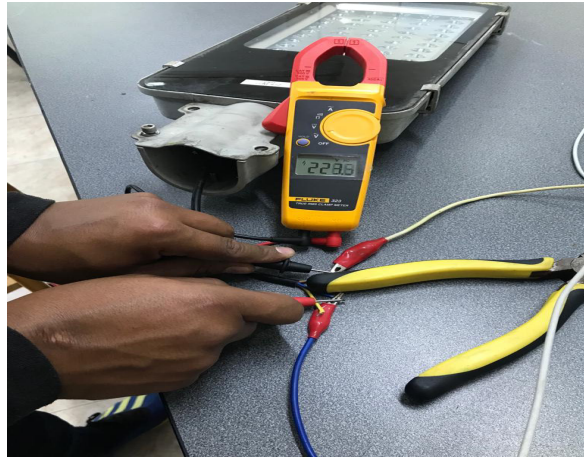
1. Voltajes reducidos en las luminarias.
2. No existe paso de corriente a los focos led.
3. Daño en el balastro electromagnético interno de las luminarias.

En la Figura 2.3, Figura 2.4 y Figura 2.5 se muestra cómo se alimentó a las luminarias con un voltaje de 220 (V) y las mismas no se activaron, lo cual quiere decir que no es un problema de los circuitos, el control o los tableros secundarios, sino es problema de funcionamiento propio de las luminarias.

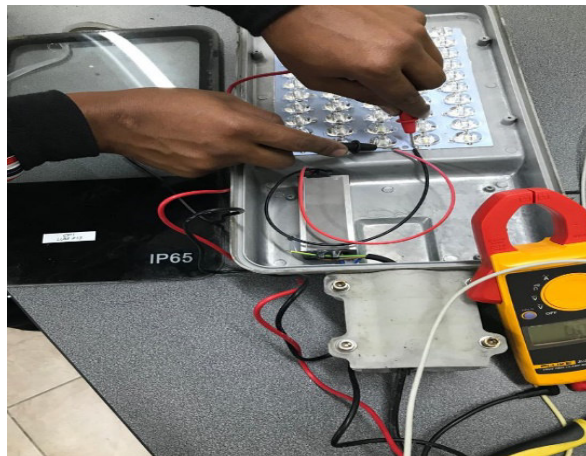




**Figura 2.3** Comprobación de voltaje de la luminaria 9

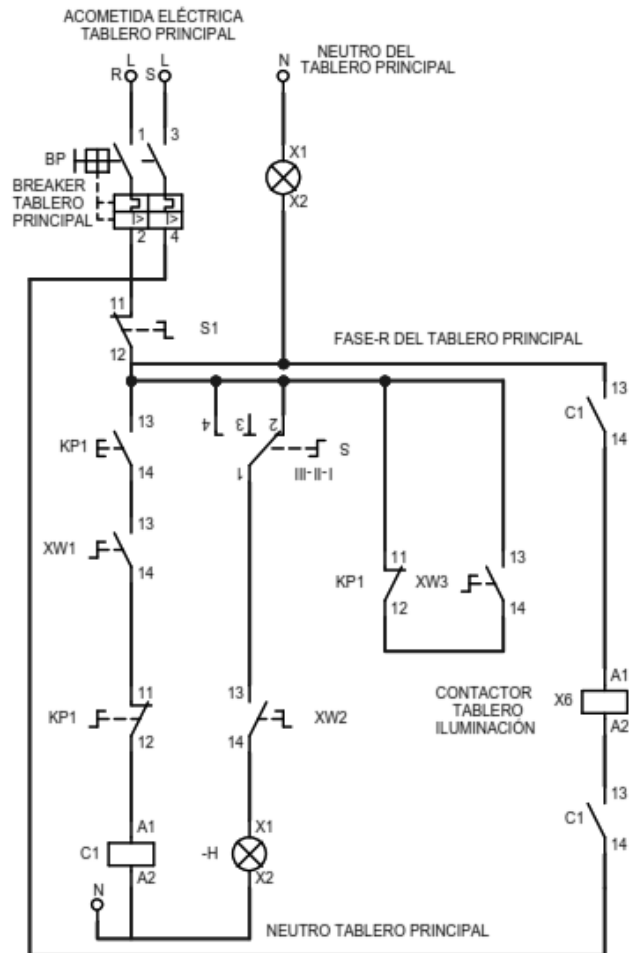


**Figura 2.4** Comprobación de voltaje de la luminaria 12



**Figura 2.5** Comprobación de voltaje de la luminaria 13

En la Figura 2.6 se presenta el diagrama de control original del tablero, en donde se identifican las conexiones, la distribución de los elementos y los elementos del circuito de iluminación.



**Figura 2.6** Diagramas de conexiones original del circuito de control del tablero, [3].

En la Tabla 2.1 se muestran la nomenclatura de los elementos que conforman el circuito de control original del tablero.

**Tabla 2.1** Significado de los elementos del tablero original.

Elementos	Descripción
BP	Breaker del tablero principal
XW1	Interruptor del tablero 1
C1	Contactador del circuito 1
S	Selector de posiciones
X6	Contactador del tablero de iluminación

Del estudio realizado, se determinó que el sistema anterior presentaba los siguientes problemas:

1. Desincronización de los relés horarios, debido a cortes energéticos:  
Los relés se desconfiguraban su horario debido a cortes de energía ya que estos no tienen una pila interna para almacenar los valores estándar de funcionamiento.
  
2. Accionamientos indebidos o a destiempo provocados por la parte electrónica del tablero:  
Los elementos electrónicos como el microcontrolador Arduino y la fuente del sistema de comunicaciones se reinician debido a picos de corriente o bajones de voltaje.
  
3. Si se accionaban los dos relés temporizadores al mismo tiempo se provocaba un cortocircuito.  
Para el funcionamiento del sistema se debía accionar primero un relé temporizador y luego el otro, no se debían activar ambos dispositivos al mismo tiempo, porque esto generaba un cortocircuito y obligaba a desconectar y reiniciar el sistema, la razón de esto es que uno era el elemento principal y el otro de respaldo, sin embargo, se encontraban conectados a diferentes fases.
  
4. No existía una correcta nomenclatura de los tableros y de los diferentes circuitos.  
Los tableros de iluminación ubicados en las diferentes áreas no tenían una correcta nomenclatura y no correspondían con los circuitos del tablero principal.

## **2.2 Implementación el nuevo sistema de control electromecánico**

En la implementación del nuevo sistema de control electromecánico se realizó la desconexión de la alimentación al tablero principal, luego se desconectaron todos los elementos conectados en la parte interna y externa del gabinete.

Segundo, se realizó el desmontaje de la protección y de los sistemas electrónicos, los cuales son: fuente, Arduino, Controlador Bluetooth, relés y fuentes secundarias.

Después de este proceso se reubicaron los elementos de maniobra (contactores), esto se lo realizó para tener una mejor distribución de los elementos en el tablero y facilitar la nueva conexión de los elementos.

Se rediseño el tablero de centralización de iluminación externo de la ESFOT con el nuevo sistema de control electromecánico, los elementos que componen el tablero son:

- Contactores
- PLC LOGO
- Breaker
- Borneras
- Selectores
- Luces indicadoras

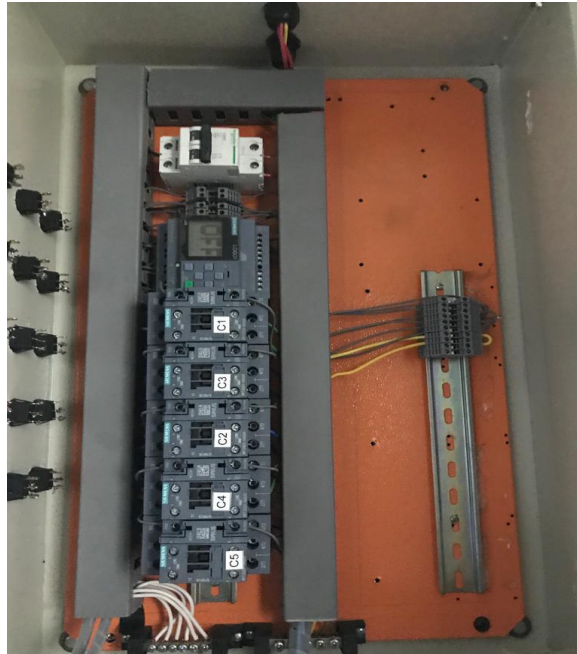
El diagrama de control se diseñó en el programa CAdE\_SIMU, en el cual se simuló y se verificó que el nuevo sistema a implementarse funcione correctamente.

Con la ayuda del nuevo diagrama de control se realizó la conexión de todos los elementos internos montados en el tablero. El diagrama especifica las conexiones de un punto a otro entre los distintos componentes: iluminación, mando y protección.

En la parte frontal del gabinete se colocaron los elementos de iluminación y mando para activar y desactivar los contactores de los tableros secundarios de los circuitos de iluminación.

Una vez instalados todos los elementos de protección, mando e iluminación se realizó la conexión en base al diagrama de control.

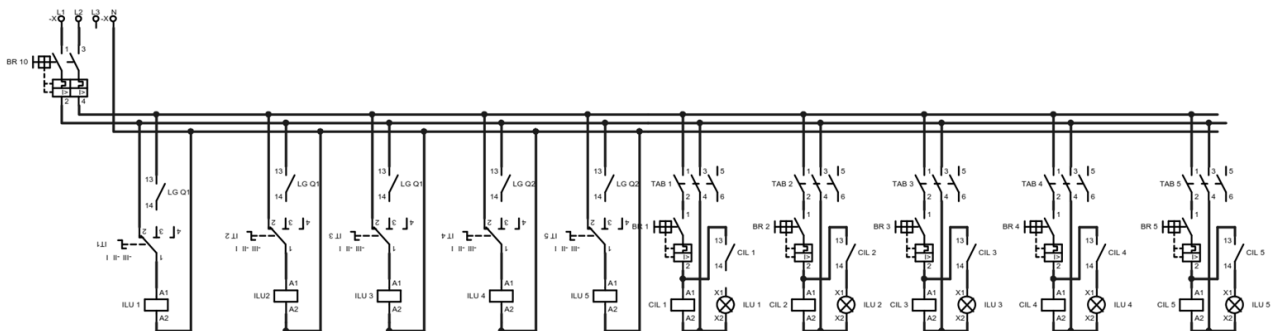
En la Figura 2.7 se muestra el conexionado de los elementos descritos anteriormente.



**Figura 2.7** Conexión de los elementos del nuevo sistema electromecánico

En el nuevo sistema se utilizan borneras para reducir y evitar la excesiva cantidad de cables a utilizar y también evitar los empalmes. Para el cableado de los conductores se utilizaron canaletas para tener una agrupación de los cables y tener una mejor presentación en el tablero.

En la Figura 2.8 se muestra el diagrama de control de los elementos de mando, protección e iluminación los cuales se implementaron para controlar y proteger los tableros secundarios que permiten la apertura y cierre del sistema de iluminación de la ESFOT.



**Figura 2.8** Diagrama de control de los elementos del nuevo sistema electromecánico, ( en el Anexo 4 se presenta la imagen en una mayor resolución),[6].

En la

Tabla 2.2 se muestran todos los elementos que componen el nuevo sistema electromecánico.

**Tabla 2.2** Elementos del nuevo tablero principal

<b>Elemento</b>	<b>Significado</b>
BR	Breaker principal 10 (A)
IT1	Interruptor 3 posiciones T1
CIL 1	Contactador de iluminación 1
TAB 1	Contactador del tablero de iluminación
ILU 1	Luz indicadora de iluminación 1
BR1	Breaker del tablero de iluminación 1
LQ1	Salida del Logo
IT2	Interruptor 3 posiciones T2
CIL 2	Contactador de iluminación 2
TAB 2	Contactador del tablero de iluminación
ILU 2	Luz indicadora de iluminación 2
BR2	Breaker del tablero de iluminación 2
LQ1	Salida del Logo
IT3	Interruptor 3 posiciones T3
CIL 3	Contactador de iluminación 3
TAB 3	Contactador del tablero de iluminación
ILU 3	Luz indicadora de iluminación 3
BR3	Breaker del tablero de iluminación 3
LQ1	Salida del Logo
IT4	Interruptor 3 posiciones T4
CIL 4	Contactador de iluminación 4
TAB 4	Contactador del tablero de iluminación
ILU 4	Luz indicadora de iluminación 4
BR4	Breaker del tablero de iluminación 4
LQ2	Salida del Logo
IT5	Interruptor 3 posiciones T5
CIL 5	Contactador de iluminación 5
TAB 5	Contactador del tablero de iluminación
ILU 5	Luz indicadora de iluminación 5

Elemento	Significado
BR5	Breaker del tablero de iluminación 5
LQ2	Salida del Logo

En el Tablero principal se dejaron los elementos que controlaban el antiguo sistema Arduino para posibles ampliaciones en el sistema.

Los elementos mantenidos fueron:

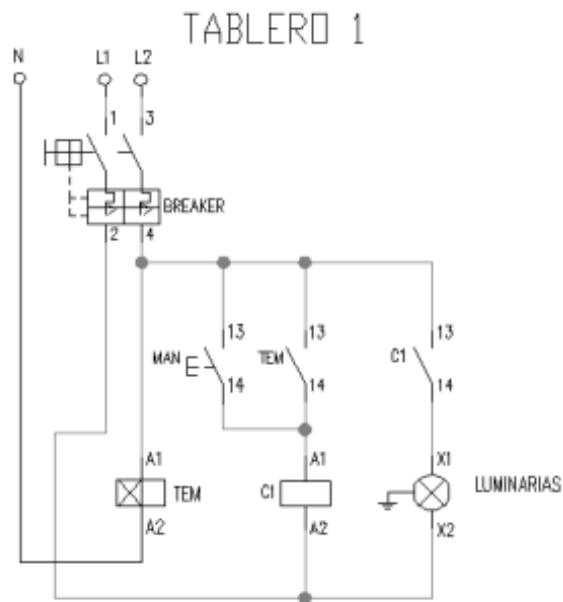
- Selector de 3 posiciones
- Pulsador
- Luz piloto de color verde

En la Figura 2.9 se muestran los elementos del Antiguo Sistema Arduino.



**Figura 2.9** Elementos del Antiguo Sistema Arduino

En la Figura 2.10 se muestra el circuito de control de uno de los tableros secundarios de iluminación. El diagrama de control del Tablero 1 es el mismo para los otros sistemas de control secundarios, esto debido a que el diagrama de conexión, elementos de mando, protección y señalización son los mismos y operan bajo las mismas condiciones.



**Figura 2.10** Diagramas de conexión de los tableros secundarios,[3].

En el Tablero1 se encontraba averiado el relé de activación general, en la Figura 2.11 se muestra el contactor de 220 (V<sub>AC</sub>) a 7 (A<sub>AC</sub>) que reemplaza a e elemento averiado.



**Figura 2.11** Montaje del contactor de repuesto en el Tablero 1



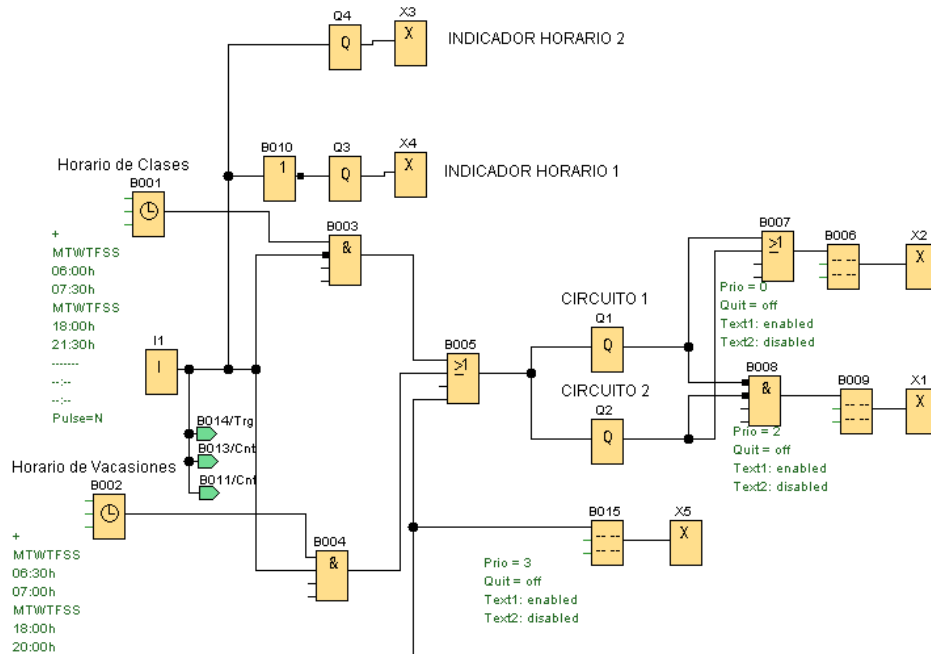
## **2.3 Implementación del controlador lógico programable para la temporización**

En la programación del controlador lógico programable se utilizó el lenguaje de funciones "FBD". Para diseñar el programa que va a controlar los horarios de encendido y apagado de iluminación, en primer lugar se analizaron las entradas y salidas del sistema, posteriormente se realizó la programación en base al alcance del proyecto y por último se simuló el programa verificando que el sistema trabaje correctamente.

En la Figura 2.12 se muestra el sistema implementado, en el cual constan las variables de entrada y salida utilizadas en el programa, donde se puede ver que se usó dos relés semanales.

El primero configurado para el periodo de clases, en un horario preestablecido de lunes a domingo de 6:00h a 7:30h en el horario de la mañana y en la noche de 18:00h a 21:30h. Se consideraron también los fines de semana por fines de seguridad y por qué existen tesis que usan las instalaciones el fin de semana,[7].

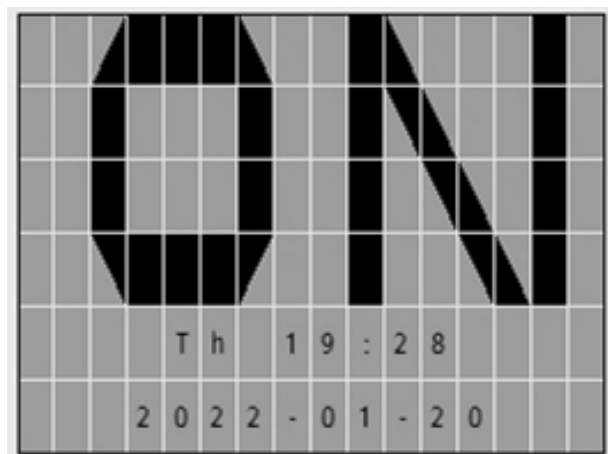
El segundo temporizador semanal se configuró para el periodo de vacaciones en un horario preestablecido de lunes a domingo de 6:30h a 7:00h en el horario de la mañana y en la noche de 18:00h a 20:00h, [8].



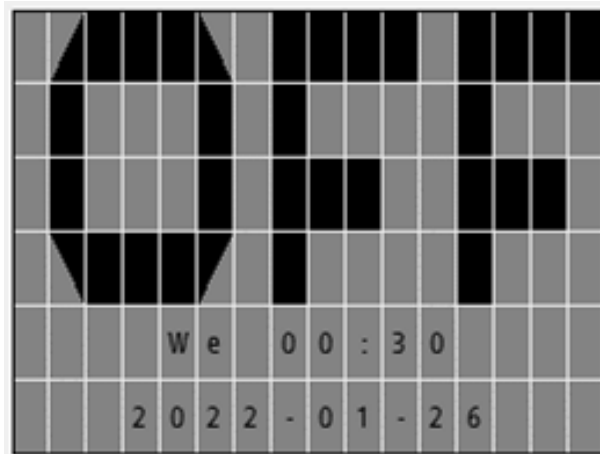
**Figura 2.12** Diagrama de control para el horario de clases y vacaciones implementado en LOGO SOFT

Los mensajes mostrados en la pantalla del LOGO para el encendido son (ON) y para el apagado es (OFF), estos se programaron con la opción texto de aviso que contiene el programador.

En la Figura 2.13 y Figura 2.14 se visualizan los mensajes ON y OFF cuando el sistema está activado y desactivado, cabe mencionar que se usaron los términos en ingles debido a que son más cortos que su contraparte en español, de esta manera se pudo programar los mensajes usando figuras en lugar de texto, para que de esta manera las notificaciones sean visibles incluse a una distancia mayor a 5 (m) ,[8].



**Figura 2.13** Mensaje de modo encendido.



**Figura 2.14** Mensaje de modo apagado.

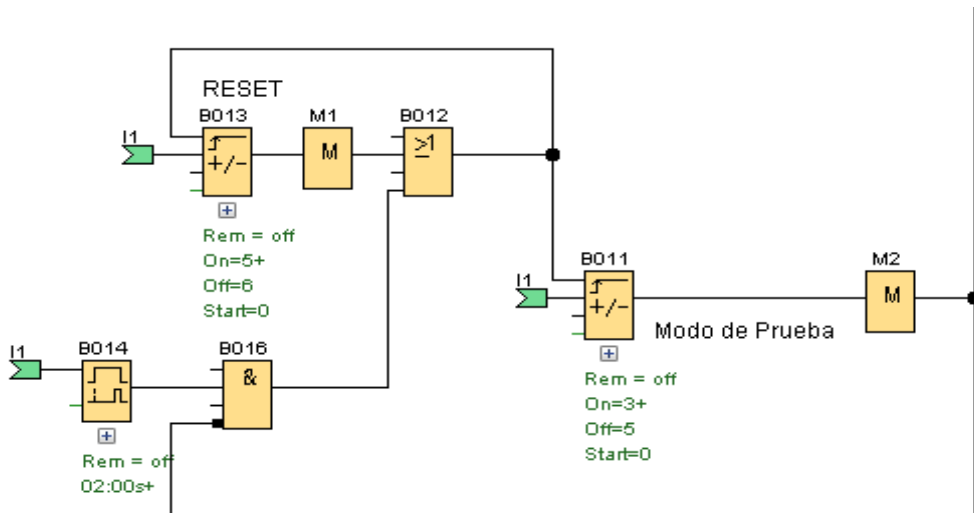
Se diseñó un circuito de prueba (“*TEST*”) para comprobar el correcto funcionamiento de todas las luminarias, este modo se puede accionar a cualquier hora.

El sistema funciona de la siguiente manera:

- Para activar el modo prueba primero se tiene que verificar que la perilla de todos los selectores esté posicionada en modo automático (“*AUTO*”)
- Una vez verificado, se debe accionar el selector que cambia entre el horario de clases y de vacaciones tres veces.
- Si esto se cumple lo anterior se activarán de forma indefinida todas las luminarias del sistema de iluminación externo de la ESFOT.

Si se desea salir del modo de prueba, se debe mover al selector comprendido entre el horario de clases y vacaciones dos veces más, de esta forma se regresará a las condiciones normales de trabajo.

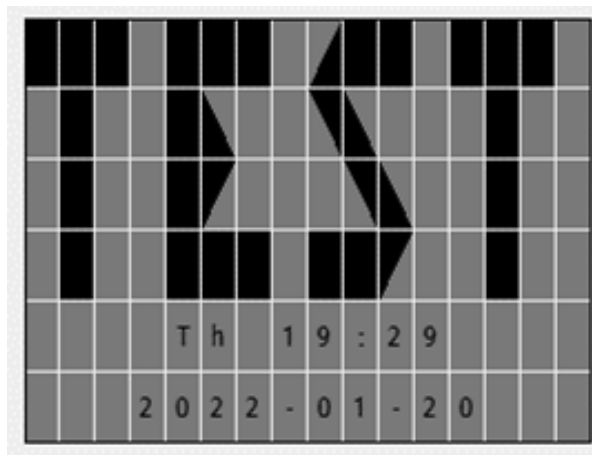
En la Figura 2.15 se muestra el algoritmo de prueba para las luminarias.



**Figura 2.15** Algoritmo de prueba.

El mensaje *TEST* se visualizará en la pantalla del LOGO, esto se programó con la opción texto de aviso.

En la Figura 2.16 se visualiza el mensaje que indica que el circuito de iluminación está en el modo prueba, esto para comprobar el correcto funcionamiento de todas las luminarias cuando se realice un mantenimiento o se desee realizar pruebas al sistema.



**Figura 2.16** Modo prueba (*TEST*) del sistema

A continuación, en la Figura 2.17 se presenta el diagrama de flujo que representa gráficamente todos los pasos que se realizaron para la ejecución del programa, este fue diseñado el programa Visio.

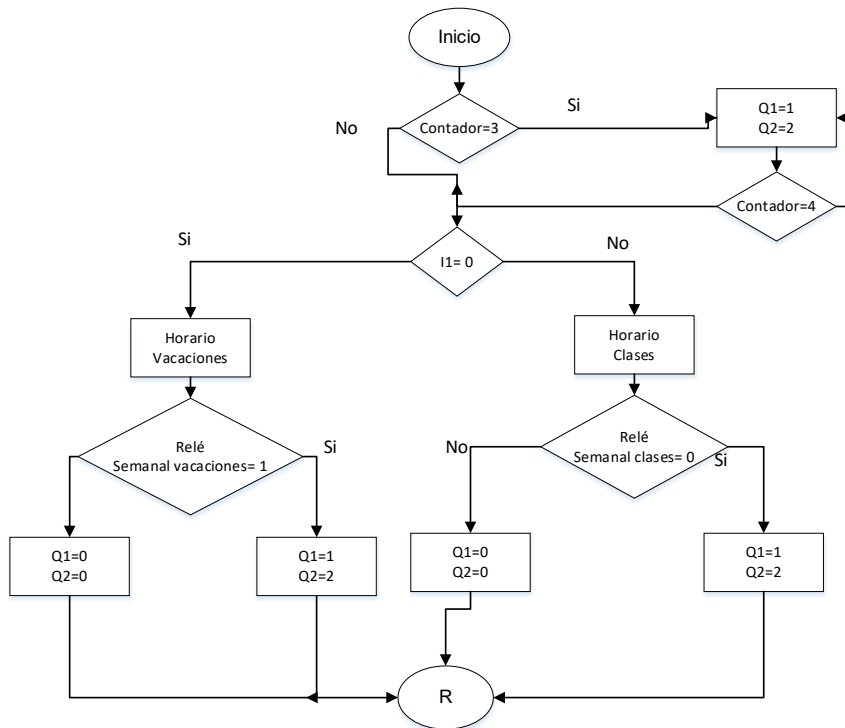


Figura 2.17 Diagrama de flujo del programa.

## 2.4 Elaboración un manual de mantenimiento

A continuación se especifica en la Tabla 2.3 los pasos a seguir para realizar un mantenimiento al tablero principal, para de esta manera evitar fallos en el sistema, [9].

Tabla 2.3 Mantenimiento del Tablero Principal,[10].

Periodo	Elemento	Actividad	Procedimiento
		Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desactivación del sistema de alimentación del tablero principal.</li> <li>Reajustar los tornillos del breaker principal y de la barra de neutros.</li> </ul>
6 meses	Alimentación al tablero principal	Voltajes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar las mediciones con un voltímetro o una pinza amperimétrica.</li> <li>Medir la continuidad del breaker a la barra de conexiones y la continuidad de del neutro a las borneras.</li> </ul>

Periodo	Elemento	Actividad	Procedimiento
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el voltaje entre de las dos fases que llegan al breaker principal sea de 220 (V<sub>AC</sub>)</li> </ul>
		Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar con una brocha o un soplete la acumulación de polvo.</li> <li>• Secar con una sopladora o secadora la presencia de humedad.</li> </ul>
6 meses	Contactores	Ajuste de los tornillos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un destornillador plano o estrella reajustar los tornillos de los contactores.</li> </ul>
		Voltaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar las mediciones con ayuda del multímetro.</li> <li>• Comprobar que el valor de voltaje entre las bobinas A1, A2 del contactor sea 220 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
6 meses	Selectores	Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar con una brocha o soplete la acumulación de polvo.</li> <li>• Secar con una sopladora o secadora la presencia de humedad.</li> </ul>
		Ajuste de tornillos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un destornillador estrella o plano reajustar todas las conexiones que están conectadas a los selectores.</li> </ul>
6 meses	Luces indicadoras	Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar con una brocha o soplete la acumulación de polvo.</li> <li>• Secar con una sopladora o secadora la presencia de humedad.</li> </ul>
		Ajuste de tornillos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un destornillador estrella o plano reajustar todas las conexiones que están conectadas a las luces indicadoras.</li> </ul>
		Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar con una brocha o soplete la acumulación de polvo.</li> <li>• Secar con una sopladora o secadora la presencia de humedad.</li> </ul>

Periodo	Elemento	Actividad	Procedimiento
6 meses	LOGO	Ajuste de tornillos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un destornillador plano de bornera reajustar todas las conexiones.</li> </ul>
		Continuidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar la continuidad de las borneras al LOGO.</li> </ul>

### 3 RESULTADOS

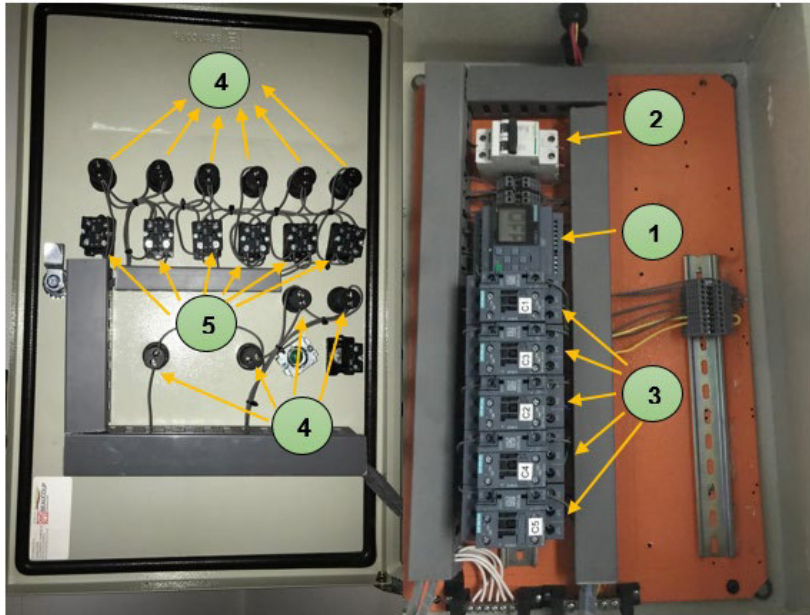
El funcionamiento del tablero cumple con los objetivos planteados en el proyecto, ya que este activa, desactiva y controla mediante un controlador LOGO el encendido y apagado de luminarias en dos horarios programados en el PLC. Esto se comprobó mediante las pruebas realizadas, verificando así el correcto funcionamiento de cada elemento de protección, iluminación y mando.

A continuación, en la Figura 3.1 se presenta el tablero principal de iluminación terminado con su respectiva señalética y en la Figura 3.2 se muestran los elementos que componen el tablero de centralización de iluminación externo de la ESFOT.



Figura 3.1 Tablero Principal





**Figura 3.2** Elementos que componen el tablero principal

1. LOGO Siemens conectado a 120 (V<sub>AC</sub>).
2. Breaker bifásico.
3. Contactores Siemens implementados a 220 (V<sub>AC</sub>).
4. Luces Indicadoras.
5. Selectores de tres posiciones

Se han preparado dos videos para la presentación de este trabajo de integración curricular.

En la Figura 3.3 se encuentra un video demostrativo del funcionamiento del sistema implementado y en la Figura 3.4 se encuentran las recomendaciones de mantenimiento para prolongar la vida útil del proyecto implementado.



**Figura 3.3** Código QR del enlace al video demostrativo de funcionamiento.

**Enlace** [https://youtu.be/Fen4Mg\\_rGFk](https://youtu.be/Fen4Mg_rGFk)



**Figura 3.4** Código QR del enlace al video con las recomendaciones de mantenimiento.

**Enlace** <https://youtu.be/Aye5SL2we4Y>

### 3.1 Pruebas y Análisis de Resultados

Las pruebas de funcionamiento ayudan a comprobar que en el sistema no existan fallas y corroboran que esté trabajando de acuerdo a los objetivos planteados.

#### Prueba de Funcionamiento

Esta prueba se realiza para comprobar el funcionamiento de los diferentes modos: manual, automático y apagado con los que cuenta el sistema.

Para realizar esta prueba se ejecutan los siguientes pasos:

1. Girar las perillas hacia la opción AUTO de los cinco selectores ubicados en la puerta del tablero principal, este controla los tableros secundarios ubicados en los exteriores de la ESFOT para que estos a su vez enciendan los circuitos de iluminación.
2. Para probar el modo "TEST", se debe mover tres veces el selector de cambio de horario, entre clases y vacaciones para hacer que el sistema entre en modo de prueba, activando de esta manera las bobinas Q1 y Q2.
3. Para salir del modo de prueba se debe accionar dos veces más el selector antes mencionado.
4. Girar las perillas de los selectores a la opción OFF para que todos los contactores de los tableros secundarios entren en modo apagado.
5. Colocar la perilla de cada selector hacia la opción ON para que todos los contactores de los tableros secundarios se enciendan de forma manual.

En base a las pruebas realizadas se obtienen los resultados que se especifican en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1** Pruebas de funcionamiento

Elemento Probado	Funciona	No funciona
Modo de encendido circuito 1	✓	
Modo de encendido circuito 2	✓	
Modo de encendido circuito 3	✓	
Modo de encendido circuito 4	✓	
Modo de encendido circuito 5	✓	
Modo de apagado circuito 1	✓	
Modo de apagado circuito 2	✓	
Modo de apagado circuito 3	✓	

Elemento Probado	Funciona	No funciona
Modo de apagado circuito 4	✓	
Modo de apagado circuito 5	✓	
Modo automático circuito 1	✓	
Modo automático circuito 2	✓	
Modo automático circuito 3	✓	
Modo automático circuito 4	✓	
Modo automático circuito 5	✓	
Luces indicadoras verdes	✓	
Luz indicadora naranja	✓	
Activación del Logo	✓	

En esta se prueba se verificó el correcto accionamiento de los diferentes circuitos, los cuales funcionan de acuerdo a lo establecido en el alcance del proyecto.

### **Prueba de Continuidad**

Las pruebas de continuidad ayudan a comprobar que los diferentes conductores que componen el tablero de control estén en perfectas condiciones y no exista ningún corte de corriente de un punto a otro.

Para realizar esta prueba se siguió el siguiente procedimiento:

1. Probar la continuidad de la conexión de los contactores del tablero principal a los contactores de los tableros secundarios.
2. Probar la continuidad de cada punto de conexión de las barras, interruptores, luces indicadoras, selectores.
3. Probar la continuidad en las entradas y salidas del LOGO con sus respectivos puntos de conexión.
4. Probar la continuidad de sus respectivos puntos de conexión de cada elemento a las borneras.
5. Probar la continuidad en el sistema de iluminación del tablero.

En la Tabla 3.2 se muestran los resultados de las pruebas de continuidad.

**Tabla 3.2** Resultados de la Prueba de Continuidad

Elemento Evaluado	Cumple	No Cumple
Logo fase L1	✓	
Logo neutro	✓	
Logo entrada I1	✓	
Logo salida Q1	✓	
Logo salida Q2	✓	
Contactores circuito 1	✓	
Contactores circuito 2	✓	
Contactores circuito 3	✓	
Contactores circuito 4	✓	
Contactores circuito 5	✓	
Luces indicadoras verde	✓	
Borneras	✓	
Breaker	✓	
Selectores	✓	

En esta prueba se verificó la continuidad de todos los puntos de conexión de cada elemento teniendo un resultado satisfactorio.

### **Cortocircuito**

Esta prueba sirve para verificar que la protección instalada en el tablero trabaje correctamente cortando el flujo de energía cuando exista descargas eléctricas o un cortocircuito.

Las pruebas de cortocircuito son relevantes para verificar que las protecciones estén correctamente dimensionadas en la Tabla 3.3 se presenta el resultado de estas pruebas.

Como parámetros de evaluación se evaluó lo siguiente:

- La protección reacciones frente a un cortocircuito.
- No existan chispazos en los elementos del tablero.
- La protección aguas arriba del tablero no se acciones, esto para comprobar que las protecciones están sincronizadas.

**Tabla 3.3** Pruebas de cortocircuito

<b>Cortocircuito</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Reacción del breaker principal del tablero	✓	
Reacción del tablero 1	✓	
Reacción del tablero 2	✓	
Reacción del tablero 3	✓	
Reacción del tablero 4	✓	
Reacción del tablero 5	✓	
Breaker aguas arriba salta		✓
Existe chispazo		✓

Como resultado de estas pruebas se verificó que la protección para el tablero principal y los tableros secundarios están correctamente dimensionadas.

### **Prueba de caída de Voltaje**

El objetivo de esta prueba es analizar que no exista una excesiva caída de tensión entre los tableros secundarios y el tablero principal, esto debido por la larga distancia que existe entre estos elementos.

Para el cálculo de la regulación de voltaje se utiliza la Ecuación 3.1.

$$RV = \frac{V_f - V_c}{V_f} \cdot 100\%$$

### **Ecuación 3.1** Regulación de voltaje

El procedimiento para la realización de la prueba fue el siguiente:

1. Medición del voltaje en el contactor del circuito 1 del tablero principal.
2. Medición del voltaje en el contactor del circuito 2 del tablero principal.
3. Medición del voltaje en el contactor del circuito 3 del tablero principal.
4. Medición del voltaje en el contactor del circuito 4 del tablero principal.
5. Medición del voltaje en el contactor del circuito 5 del tablero principal.
6. Medición del voltaje en el contactor del tablero 1 del circuito de iluminación.
7. Medición del voltaje en el contactor del tablero 2 del circuito de iluminación.
8. Medición del voltaje en el contactor del tablero 3 del circuito de iluminación.
9. Medición del voltaje en el contactor del tablero 4 del circuito de iluminación.

10. Medición del voltaje en el contactor del tablero 5 del circuito de iluminación.

En la Tabla 3.4 se tiene los valores medidos en los contactores de cada circuito del tablero principal y en cada uno de los tableros ubicados en las diferentes áreas, se calculó la regulación de voltaje.

**Tabla 3.4** Caída de tensión

Tableros	Voltaje en los contactores del tablero principal	Voltaje que llega a los tableros	Caída de voltaje
Tablero 1	215 (V <sub>AC</sub> )	214.9 (V <sub>AC</sub> )	0.04%
Tablero 2	211.3 (V <sub>AC</sub> )	208.4 (V <sub>AC</sub> )	1.37%
Tablero 3	213 (V <sub>AC</sub> )	212.6 (V <sub>AC</sub> )	0.18%
Tablero 4	216.4 (V <sub>AC</sub> )	214.4 (V <sub>AC</sub> )	0.92%
Tablero 5	213 (V <sub>AC</sub> )	212.7 (V <sub>AC</sub> )	0.14%

Se verificó que los voltajes medidos entre el tablero principal y los tableros de iluminación tienen una caída es menor al 2%, lo que demuestra que se está dentro del rango de los valores de error permitidos en las normas NEC.

### **Prueba al controlador Logo**

El principal objetivo de esta prueba es verificar que el LOGO funcione correctamente, que encienda y apague las luminarias en los diferentes horarios programados.

El procedimiento para la ejecución de la prueba fue el siguiente:

1. Verificación de la hora
2. Verificación de idioma
3. Verificación de proyección en la pantalla del LOGO el estado en el que se encuentra funcionando el sistema de iluminación.
4. Verificación de activación del modo prueba al realizar tres veces la activación del selector entre el horario de clases y vacaciones.
5. Verificación de desactivación del modo de prueba cuando se active dos veces el selector de horario de clases y vacaciones.
6. Verificación que no exista desprogramación de la hora cuando se corte la energía eléctrica.

En la Tabla 3.5 se presentan los resultados de las pruebas realizadas al LOGO:

**Tabla 3.5 Pruebas al LOGO**

<b>LOGO</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Hora actualizada en pantalla	✓	
Idioma configurado correctamente	✓	
Verificación modo de Prueba	✓	
Salidas del LOGO accionan los contactores.	✓	
Desprogramación de la hora del LOGO cuando se pierde la energía.		✓

Se comprobó que el LOGO cumple con todas las expectativas esperadas por el proyecto, para que de esta manera exista un correcto funcionamiento de todo el sistema de iluminación en los horarios preestablecidos.



## 4 CONCLUSIONES

- Se repotenció el tablero de iluminación externa de la ESFOT, el cual se encuentra dentro del laboratorio de Instalaciones eléctricas, se reemplazaron temporizadores, elementos electrónicos, se reconfiguró el sistema electromecánico y se dio un mantenimiento general al sistema.
- En base a las pruebas realizadas, se puede determinar que el nuevo sistema de iluminación no presenta problemas, a diferencia de antes de la repotenciación del tablero, donde existían inconvenientes por la desconfiguración de los temporizadores y la activación de cargas pesadas en el laboratorio, además de contar con un sistema electrónico que causaba problemas.
- Se reemplazaron los temporizadores digitales por un LOGO, esto para tener un mejor funcionamiento del sistema y no exista la desprogramación de la hora cuando exista un corte de energía eléctrica.
- Se realizó un programa para dos periodos distintos, uno para clases y otro para vacaciones, además, se implementó un modo de prueba para comprobar el funcionamiento correcto del sistema.
- Se optimizaron los elementos para disminuir el consumo de energía y tener más espacio en el tablero para alguna implementación a futuro que se requiera utilizar, esto gracias al nuevo sistema electromecánico.
- Gracias al nuevo sistema, se tiene facilidad de realizar cambios en los horarios de encendido y apagado de las luminarias, ya que únicamente se debe cambiar el horario en las configuraciones en la pantalla del controlador o haciendo uso del programa LOGO Soft.
- Se realizaron pruebas de continuidad en los equipos e instalaciones, como resultado de estas se determinó que el sistema se encuentra dentro de los parámetros deseados.
- Se pudo determinar que las protecciones están correctamente dimensionadas ya que si existe descargas eléctricas o cortocircuitos estas protecciones actúan para la protección del sistema.
- El costo estimado del proyecto fue de 250 (USD), los cuales se usaron para adquirir el controlador lógico programable y los elementos de control y maniobra que necesitaban ser reemplazados.

## 5 RECOMENDACIONES

- No realizar constantes manipulaciones a los selectores ya que esto reducen la vida útil de los elementos que están conectados al sistema.
- No manipular de forma incorrecta los terminales del LOGO, ya que los tornillos pueden llegar a aislarse o romperse.
- Siempre utilizar herramientas que estén eléctricamente aisladas cuando se vaya a realizar un mantenimiento.
- Para realizar un mantenimiento siempre desenergizar el tablero principal para evitar accidentes eléctricos.
- Para realizar una prueba de funcionamiento siempre hacerlo variando el selector 3 veces entre el horario 1 y el horario 2 hasta que se muestre en la pantalla del LOGO el mensaje *"TEST"*.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. I. ELÉCTRICAS, “Ing. Adrián David Sandoya Unamuno,” 2018.
- [2] “NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC CAPÍTULO 15 INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS,” 2013.
- [3] K. CABASCANGO, “CENTRALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA ESFOT.”
- [4] N. Bolivar, R. Sánchez, A. Rodrigo, and S. Nacimba, “Escuela Politécnica Nacional Escuela De Formación De Tecnólogos Implementación De Tableros De Control Para Monitoreo Y Seguridad De Las Aulas De La Esfot (Tableros 1 Y 2),” 2020.
- [5] K. Christopher and C. Granda, “Escuela Politécnica Nacional Escuela De Formación De Tecnólogos Implementación De La Acometida Para El Tablero General Del Laboratorio De Tecnologia Industrial-Esfot,” 2021.
- [6] G. Enríquez Harper, “Control de Motores Eléctricos,” pp. 191–246, 2013.
- [7] E. Y. Control Ramírez González José Luis and S. Benavides Juan Francisco, “Escuela Politécnica Nacional Facultad De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica Diseño Y Construcción De Un Controlador Autómata Programable En Lenguaje Fbd Con Software De Simulación Proyecto Previo a La Obtención Del Título De Ingeniero En,” 2009.
- [8] P. A. G. REMIGIO, “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE DOS MÓDULOS EDUCACIONALES BASADOS EN DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y RELÉ PROGRAMABLE(LOGO),” 2019.
- [9] D. L. B. C. R. OMAR, “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE FLUJO LUMINOSO PARA ENSAYOS EN ESPERA DE ULBRICH DE LABORATORIO DE LUMINOTECNICA DEL INER.”
- [10] COTACACHI VILATUÑA ALEXANDER MARCELO, “DISEÑO DE UN TABLERO DE CONTROL EN EL LABORATORIO DE ELECTRICIDAD 23A ESFOT-EPN.” .

## **7 ANEXOS**

ANEXO I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin

ANEXO II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración Curricular

ANEXO III. Ejemplo de Presentación de Planos

ANEXO IV. Diagrama del nuevo circuito de control electromecánico

ANEXO V. Aspectos Relevantes al Formato

# ANEXO I. REPORTE DE SIMILITUD GENERADO POR TURNITIN

DMQ, 22 de enero de 2022

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro, 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, la cual ha sido realizada al documento desde el Resumen hasta el capítulo de conclusiones y recomendaciones, carátula incluida:

**Submission date:** 18-Feb-2022 11:18PM (UTC-0500)

**Submission ID:** 1765947502

**File name:** Formato\_TrabajoUIC\_ElectromecanicaRRA20\_Nicaragua\_Final.pdf (1.46M)

**Word count:** 5988

**Character count:** 31105

## REPOTENCIACIÓN DEL TABLERO DE CENTRALIZACIÓN DE ILUMINACIÓN EXTERNA DE LA ESFOT

### ORIGINALITY REPORT

**7**%

SIMILARITY INDEX

**5**%

INTERNET SOURCES

**1**%

PUBLICATIONS

**2**%

STUDENT PAPERS

### MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

Exclude quotes  On

Exclude matches  Off

Exclude bibliography  On



**DIRECTOR**

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro., Msc.

## ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 05 de febrero de 2022

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro, 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 tablero de control del sistema de iluminación externa de la ESFOT, el cual fue implementado por el estudiante Oswaldo Israel Nicaragua Herrera.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar el sistema de iluminación con seguridad para los equipos y las personas.



---

**DIRECTOR**

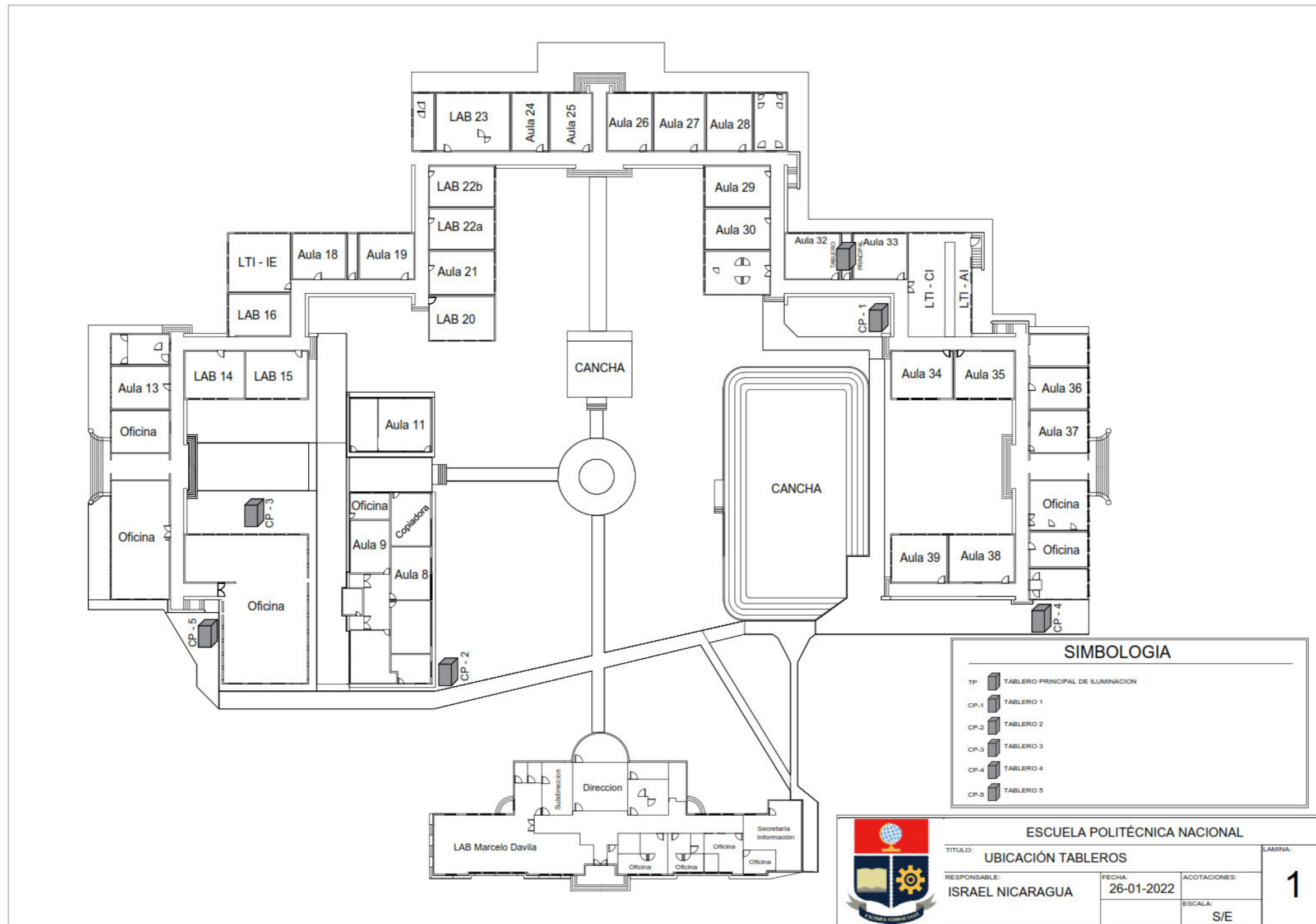
Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro., Msc.

---

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

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

### ANEXO III. PLANO DE UBICACIÓN DE LOS TABLEROS



**ANEXO IV DIAGRAMA DE LOS ELEMENTOS DEL NUEVO SISTEMA ELECTROMECAÁNICO**

