

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**Facultad de Ingeniería Industrial**

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica**



**INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO Y AUTOMATIZADO  
DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA ILUMINACIÓN DE UN  
CENTRO COMERCIAL”**

**Presentado por:**

**LUIS MIGUEL RIVAS FARRO**

**PEDRO RUIZ IPANAQUÉ**

**ALEX RAUL TUME SANTAMARIA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**INFORMÁTICA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PIURA, PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TÍTULO**

**"DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO Y AUTOMATIZADO DE AHORRO  
ENERGÉTICO EN LA ILUMINACIÓN DE UN CENTRO COMERCIAL"**

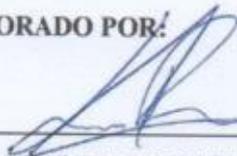
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**INFORMÁTICA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

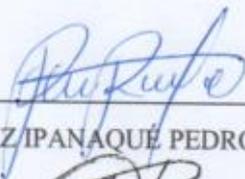
**SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

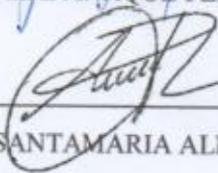
**ELABORADO POR:**



Bach. RIVAS FARRÓ LUIS MIGUEL



Bach. RUIZ IPANAQUE PEDRO



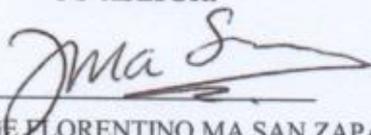
Bach. TUME SANTAMARIA ALEX RAUL

**ASESOR:**



Mg. TEOBALDO LEÓN GARCÍA

**CO-ASESOR:**



MBA. JORGE FLORENTINO MA SAN ZAPATA

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN.

El que suscribe:

RIVAS FARRO, Luis Miguel, identificado con DNI N° 45750001, Bachiller de Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la Facultad de Ingeniería Industrial y domiciliado en Calle España 783, distrito José Leonardo Ortiz, Provincia Chiclayo, departamento Lambayeque, Celular: 932642977 y Email: lm.rivasfarro@gmail.com

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el Informe de Investigación que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura 10 de octubre del 2020

  
RIVAS FARRO, Luis Miguel  
DNI N° 45750001

**Artículo 411.-** El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

**Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN.

El que suscribe:

RUIZ IPANAQUÉ, Pedro, identificado con DNI° 70664055, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la Facultad de Ingeniería Industrial y domiciliado en: Centro Poblado Loma Negra N°103, Distrito La Arena, Provincia de Piura, Departamento de Piura, Celular: 930212051, Email: p.ruiz.i.pr70@gmail.com

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el Informe de Investigación que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura 10 de Octubre del 2020

  
.....  
RUIZ/IPANAQUÉ, Pedro  
DNI N° 70664055

**Artículo 411.-** El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

**Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales -RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN.

El que suscribe:

TUME SANTAMARIA, Alex Raúl identificado con DNI 72849109, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la Facultad de Ingeniería Industrial y domiciliado en: AA. HH San Martín Mz. H, Lote 2, Distrito Sechura, Provincia de Sechura, Departamento de Piura Celular: 945838462, Email: alextumes\_2694@hotmail.com

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el Informe de Investigación que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura 10 de Octubre del 2020



TUME SANTAMARIA, Alex Raúl

DNI N° 72849109

**Artículo 411.-** El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

**Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD**



## ACTA DE EVALUACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

Los miembros del Jurado Calificador del Informe de Investigación denominado "DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO Y AUTOMATIZADO DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA ILUMINACIÓN DE UN CENTRO COMERCIAL", presentado por los Bachilleres: LUIS MIGUEL RIVAS FARRO, PEDRO RUIZ IPANAQUÉ Y ALEX RAUL TUME SANTAMARIA, participantes del Programa de Actualización para Titulación Profesional en la ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA, Versión X 2020-1; asesorados por el Mg. TEOBALDO LEÓN GARCÍA y co-asesorados por el MBA JORGE F. MA SAN ZAPATA; habiendo revisado el informe de investigación y absueltas las interrogantes formuladas por el Jurado Calificador, lo declaran:

### APROBADO

Con los calificativos:

- LUIS MIGUEL RIVAS FARRO -----16-----
- PEDRO RUIZ IPANAQUÉ -----16-----
- ALEX RAUL TUME SANTAMARIA -----16-----

Piura, 10 de octubre de 2020

MBA. VÍCTOR ENRIQUE CRISANTO  
PALACIOS  
Miembro del Jurado Calificador

Ing. VÍCTOR ENRIQUE ANTÓN ANTÓN  
Miembro del Jurado Calificador

Ing. WILFREDO CRUZ YARLEQUE  
Miembro del Jurado Calificador

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TÍTULO**

**DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO Y AUTOMATIZADO DE AHORRO  
ENERGÉTICO EN LA ILUMINACIÓN DE UN CENTRO COMERCIAL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**INFORMÁTICA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

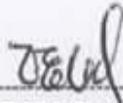
**SUB-LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

**AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

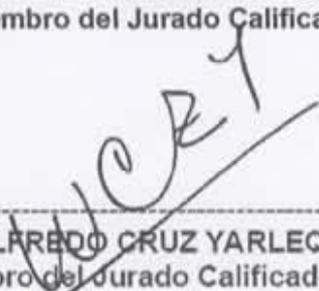
**JURADO CALIFICADOR**



-----  
**Mba. VICTOR ENRIQUE CRISANTO PALACIOS**  
**Miembro del Jurado Calificador**



-----  
**Ing. VICTOR ENRIQUE ANTÓN ANTON**  
**Miembro del Jurado Calificador**



-----  
**Ing. WILFREDO CRUZ YARLEQUE**  
**Miembro del Jurado Calificador**

# INDICE

INDICE DE TABLAS .....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE ANEXOS.....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN. ....	- 1 -
CAPÍTULO I: ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.....	- 2 -
<b>1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>- 2 -</b>
1.1.1 Formulación y planteamiento del problema. ....	- 3 -
1.2 Justificación e Importancia de la investigación. ....	- 3 -
1.3 Objetivos. ....	- 4 -
1.3.1 General. ....	- 4 -
1.3.2 Específicos.....	- 4 -
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	- 6 -
2.1 antecedentes. ....	- 6 -
2.2 Bases teóricas. ....	- 7 -
2.1.1 Luminarias eficientes. ....	- 7 -
2.1.2 Sistemas de control de iluminación.....	- 10 -
2.1.3 Los sensores.....	- 10 -
2.1.4 Dispositivos de entrada. ....	- 11 -
2.1.5 Controlador.....	- 12 -
2.1.6 Red para una instalación de iluminación automática. ....	- 12 -
2.2 Glosario de Términos básicos. ....	- 13 -
2.3. MARCO REFERENCIAL. ....	- 15 -
2.3.1 Marco legal.....	- 15 -
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	- 18 -
3.1 Tipo. ....	- 18 -
3.1.1 Nivel.....	- 18 -
3.1.2 Enfoque. ....	- 18 -

3.1.3 Diseño.....	- 18 -
3.2 Sujetos de la investigación.	- 18 -
3.3 Métodos y procedimientos.	- 19 -
3.4 TÉCNICAS e Instrumentos.	- 20 -
CAPÍTULO IV: DESARROLLO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	- 21 -
4.1 anÁLisis DE LOS ESPACIOS DE UN CENTRO COMERCIAL.	- 21 -
4.1.1 Criterios del diseño.....	- 22 -
4.1.2 Diagrama de flujo para el diseño. ....	- 24 -
4.2 SeleccióN DE equipos e instrumentos.	- 28 -
4.2.1 Arquitectura y filosofía de control. ....	- 28 -
4.2.2 Dispositivos de entrada.....	30
4.2.4 Procesador. ....	37
4.2.6 Red de comunicaci3n industrial. ....	39
4.2.7 Luminarias.....	43
4.2.8 Dimensionamiento de los equipos. ....	44
4.3 configuraci3n de equipos y PROGRAMACI3N DEL sistema de control.	47
4.3.1 Software de programaci3n del sistema de control SIMPL. ....	47
4.3.2 Requisitos del computador para instalar el software SIMPL. ....	49
4.3.3 Procedimiento para configurar el m3dulo de control. ....	49
4.3.4 Configuraci3n del panel de control (HMI).....	63
4.3.4.1 Software para la configuraci3n. ....	63
4.4 Costos de implementaci3n del sistema centralizado.	75
4.4.1 Costos de gasto directos (CGD).....	75
4.4.2 Costo de gastos indirectos (CGI). ....	75
4.4.3 Exclusiones.....	76
4.5.5 Costo total de gastos del proyecto. (PTGP) ....	76
DISCUSION DE RESULTADOS.....	77
CONCLUSIONES. ....	78
Recomendaciones.	79
BIBLIOGRAFÍA. ....	80

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1:</b> Tipo de tecnología en los sensores de presencia.....	10
<b>Tabla 2.2:</b> Comparación entre sistema centralizado y distribuido.....	13
<b>Tabla 4.1:</b> áreas comunes de un centro comercial.....	21
<b>Tabla 4.2:</b> Criterios para el diseño del proyecto.....	22
<b>Tabla 4.3:</b> Características de los cables utilizados en la red de control.....	42
<b>Tabla 4.4:</b> Nivel de lux según área de trabajo.....	44
<b>Tabla 4.5:</b> resumen del luminarias.....	45
<b>Tabla 4.6:</b> Cálculo del número de sensores.....	46
<b>Tabla 4.7:</b> Resumen del número de equipos.....	47
<b>Tabla 4.8:</b> Resumen del costo total.....	76

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Ventajas de las luminarias led.....	9
<b>Figura 4.1:</b> Diagrama de flujo general.....	25
<b>Figura 4.2:</b> Diagrama de flujo del sistema de control.....	27
<b>Figura 4.3:</b> Arquitectura general del sistema centralizado y automatizado.....	29
<b>Figura 4.4:</b> Sensor de presencia modelo GLS-ODT-C-CN.....	31
<b>Figura 4.5:</b> Fotosensor modelo GLS-LOL.....	31
<b>Figura 4.6:</b> Módulo de integración.....	32
<b>Figura 4.7:</b> Interface de usuario táctil modelo TSW-760.....	33
<b>Figura 4.8:</b> Interface DALI modelo DIN-DALI-2.....	35
<b>Figura 4.9:</b> Puente de ETHERNET a CRESNET modelo DIN-CENCN-2.....	36
<b>Figura 4.10:</b> Módulo de procesamiento modelo DIN-AP3MEX.....	48
<b>Figura 4.11:</b> Esquema de conexión física del bus CRESNET.....	41
<b>Figura 4.12:</b> Tipo de luminarias seleccionadas.....	44
<b>Figura 4.13:</b> Simbol de inicio y creación de un nuevo programa.....	49
<b>Figura 4.14:</b> Ingreso de datos y selección del procesador.....	50
<b>Figura 4.15:</b> Dispositivos Ethernet, del procesador.....	50
<b>Figura 4.16:</b> Selección IP-ID: 03.....	51
<b>Figura 4.17:</b> Selección del módulo de interface DIN-DALI-2.....	51
<b>Figura 4.18:</b> Selección de IP-ID: 05.....	52
<b>Figura 4.19:</b> Selección del módulo de puente de red DIN-CENCN-2.....	52
<b>Figura 4.20:</b> Selección del slot 1:CNET-1.....	53
<b>Figura 4.21:</b> Lista de sensores de ocupación.....	53
<b>Figura 4.22:</b> Selección de los sensores de ocupancia GLS-ODT-C-CN).....	54
<b>Figura 4.23 :</b> Selección de ID-05 (BOTONERAS).....	54
<b>Figura 4.24:</b> Selección de las botoneras (C2N-CBD-E).....	55
<b>Figura 4.25:</b> Configuración del módulo Ethernet.....	55
<b>Figura 4.26:</b> Lista de fotosensores.....	56
<b>Figura 4.27:</b> Selección de los fotosensores (GLS-LOL).....	56
<b>Figura 4.28:</b> Programación del sistema.....	57
<b>Figura 4.29:</b> Ventana para la programación del sistema.....	57

<b>Figura 4.30:</b> Asignación de nombres a los sensores.....	58
<b>Figura 4.31:</b> Ingreso del nombre del sensor.....	58
<b>Figura 4.32:</b> Bloque de edición del sensor.....	58
<b>Figura 4.33:</b> Asignación de nombre a los puertos y entrada y salida.....	59
<b>Figura 4.34:</b> Edición del bloque de entradas y salidas.....	59
<b>Figura 4.35:</b> Asignación de nombres a los puertos de entrada y salida de las botoneras.....	60
<b>Figura 4.36:</b> Configuración del módulo de interface DALI.....	60
<b>Figura 4.37:</b> Ingreso de nombres a los puertos de entrada y salida del módulo DALI.....	61
<b>Figura 4.38:</b> Configuración de los fotosensores.....	61
<b>Figura 4.39:</b> Ingreso de nombres a los puertos de entrada y salida de los fotosensores.....	62
<b>Figura 4.40:</b> Programación para el encendido de luces en oficina.....	62
<b>Figura 4.41:</b> Programación para atenuar la luz de forma automática.....	63
<b>Figura 4.40 :</b> Símbolo de inicio del programa.....	64
<b>Figura 4.41:</b> Creación de un nuevo programa en Vision Tools.....	64
<b>Figura 4.44:</b> Asignación de nombre al proyecto.....	64
<b>Figura 4.45:</b> Selección del tema de para la ventana principal.....	65
<b>Figura 4.46:</b> Creación de una nueva página.....	65
<b>Figura 4.47:</b> Ventana de diseño para la interface gráfica.....	66
<b>Figura 4. 48:</b> Creación de botones y gráficos.....	66
<b>Figura 4.49 :</b> Diseño de una página o ventana.....	67
<b>Figura 4.50:</b> Creación de una sub página.....	67
<b>Figura 4.51 :</b> Configuración de la subpágina.....	68
<b>Figura 4.52:</b> Diseño de una subpágina.....	68
<b>Figura 4.53:</b> Introducción de ítems de control de luminarias.....	69
<b>Figura 4.54 :</b> Introducción de una subpágina en una página.....	69
<b>Figura 4.55:</b> Selección del puerto y tipo de señal.....	70
<b>Figura 4.56:</b> Asignación de puertos.....	70
<b>Figura 4.57:</b> Diseño final de la interface gráfica.....	71
<b>Figura 4.58 :</b> Ventana de par la interrelación del procesador y HMI.....	71
<b>Figura 4.59:</b> Selección de la dirección.....	72
<b>Figura 4.60:</b> Selección del equipo (HMI TSW-760).....	72
<b>Figura 4.61:</b> Señales digitales.....	73
<b>Figura 4.62:</b> Señales analógicas.....	73
<b>Figura 4.63:</b> Señales seriales.....	74
<b>Figura 4.64:</b> Asignación de nombres a los puertos de entrada y salida.....	74

## INDICE DE ANEXOS

**A:** Costos de equipos y dispositivos.

**B:** Arquitectura de red del sistema centralizado y automatizado.

**C:** Tablas adicionales.

## RESUMEN

El presente informe de investigación titulado “Diseño de un sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación de un centro comercial” describe la selección de instrumentos y automatización del sistema de iluminación mediante una interface amigable para el usuario con dispositivos inteligentes que controlan la iluminación a través de sensores y un módulo de procesamiento. El objetivo principal es realizar el diseño de un sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación de un centro comercial.

En este informe se diseñó el sistema automatizado y centralizado de ahorro energético de un centro comercial para las áreas de ventas, trastienda y oficinas; permitiendo optimizar el uso de energía eléctrica por medio del control de encendido y apagado de las luminarias, control de luminosidad de cada una en función de la cantidad de luz requerida en cada área y los periodos de atención al público. El diseño consta de la selección de los dispositivos como sensores, actuadores, controlador y un módulo de interface o HMI, los equipos seleccionados presentan la característica que se pueden conectar a una red de área local Ethernet, en el caso de las luminarias se comunican a través del bus de campo DALI, son de una alta eficiencia y dimerizables; y los sensores se comunican a través del bus de campo CRESNET. La configuración de los equipos se realizó desde el módulo de procesamiento, la programación está basada en función de los tiempos que deben permanecer encendidas o apagadas las luminarias, de la información que recibe de los sensores de ocupancia, sensores de luz (fotosensor) y de las botoneras. La configuración de los equipos se realizó con el software SIMPL de Crestron. El costo para la implementación asciende a \$27,055.60 dólares.

**Palabras claves:** Automatización, centralizado, ahorro energético, iluminación, sensor.

## **ABSTRACT**

This present research report entitled "Design of a centralized and automated energy saving system in the lighting of a shopping center" describes the selection of instruments and automation of the lighting system through a user-friendly interface with intelligent devices that control lighting through sensors and a processing module. The main objective is to design a centralized and automated energy saving system in the lighting of a shopping center.

In this report, the automated and centralized energy saving system of a shopping center was designed for the sales, backroom and office areas; allowing to optimize the use of electrical energy by means of the control of on and off the luminaires, control of the luminosity of each one depending on the amount of light required in each area and the periods of attention to the public. The design consists of the selection of devices such as sensors, actuators, controller and an interface module or HMI, the selected equipment has the characteristic that it can be connected to an Ethernet local area network, in the case of the luminaires they communicate to Through the DALI field bus, they are highly efficient and dimmable; and the sensors communicate via the CRESNET fieldbus. The configuration of the equipment was carried out from the processing module, the programming is based on the times that the luminaires must remain on or off, the information received from the occupancy sensors, light sensors (photosensor) and the keypads. The equipment configuration was carried out with the Crestron SIMPL software. The cost for implementation is \$ 27,055.60.

Keywords: Automation, centralized, energy saving, lighting, sensor.

## **INTRODUCCIÓN.**

Este informe presenta el uso de la tecnología para el control de iluminación en un centro comercial con el propósito de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, ya que los esfuerzos realizados por el personal de mantenimiento o administrativo no es suficiente porque en áreas comunes como pasillos por las noches cuando no hay personas suelen estar encendidas o en total luminosidad durante el día cuando hay presencia de luz natural.

Una buena iluminación en las áreas de trabajo aumenta la producción de las personas y evita las enfermedades ocupacionales, también contribuye a la reducción de accidentes. Un sistema de control de iluminación es una solución de control basada en redes de comunicación entre varios componentes, diseñado para regular un sistema de iluminación programado, supervisado y gestionado desde uno o más dispositivos como monitores o HMI. Los sistemas automáticos de control en la iluminación funcionan para controlar la cantidad adecuada de luz de las luminarias en el espacio y momento necesario, pueden ser utilizados tanto en interiores como exteriores en espacios residenciales, industriales o comerciales.

Anteriormente, los sistemas de control de iluminación fueron utilizados con un fin estético. Sin embargo, con el desarrollo de la domótica, la necesidad del cuidado del medio ambiente y el ahorro energético este tipo de sistemas constituyen la base de la iluminación contemporánea y sin duda del futuro. Los sistemas automáticos de iluminación permiten regular y controlar la iluminación de forma centralizada o remota, dejando en un segundo plano el tradicional interruptor de encendido y apagado, a su vez se traduce en la optimización del consumo energético.

El objetivo principal de esta investigación es diseñar un sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación de un centro comercial.

En el Primer Capítulo, se aborda los aspectos de la problemática actual que presenta los centros comerciales en el Perú, exponemos la justificación e importancia, así como los objetivos de la investigación. En el Segundo Capítulo, se presenta el marco teórico y un sustento de los conceptos de automatización, instrumentos de control, sensores, etc. En el Tercer Capítulo describimos el marco metodológico utilizado en la investigación. Se procedió tomando datos del proceso y analizando las áreas a analizar. El cuarto capítulo, abarcó la interpretación de resultados, destacando el proceso de diseño de la arquitectura de la red, selección de equipos e instrumentos, configuración y diseño del sistema de control centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación de un centro comercial. Finalmente se realizó un análisis del costo de implementación de este proyecto.

# **CAPÍTULO I: ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.**

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.**

En el Perú según GESTIÓN (2019), se tiene 80 centros comerciales. Información respecto a gastos de energía eléctrica de un supermercado, da a conocer que el mayor consumo de energía se encuentra en los sistemas de iluminación, calefacción, ventilación y aire acondicionado o por sus siglas en inglés HVAC (heating, ventilation and air conditioning) y frío.

El sistema de iluminación, actualmente en el Perú en los diferentes edificios o centros comerciales e industrias tiene un control mecánico y con un accionamiento presencial, es decir el control de encendido y apagado de las luminarias es realizado por una persona y los interruptores están ubicados en el mismo ambiente donde se encuentran las luminarias, este proceso provoca que las persona debe desplazarse hasta el punto de control de la luminaria, este procedimiento ocasiona muchas veces por descuido o baja conciencia ecológica de los responsables, que las luminarias estén constantemente encendidas de forma innecesaria provocando un desperdicio de energía.

Las luminarias no tienen un control de luminancia, lo que provoca una iluminación inadecuada si esta no ha sido bien seleccionada, ocasionando un mal ambiente de trabajo para las actividades del usuario que trae incomodidades y problemas visuales para este. Por el contrario, si existe una iluminación abundante, provocaría que exista un consumo innecesario de energía.

La demanda de energía eléctrica en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), en el Perú está en aumento, así el mes de enero del año 2020 incluyendo los sistemas aislados y SEIN, fue de 4956 GWh, valor que representa un incremento del 2.4% respecto al mes de diciembre del año 2019. El total nacional de producción de energía eléctrica en el año 2019 incrementó en un 3.8% respecto al año 2018 (MEM, 2020). Aproximadamente el 60% de la generación que ingresa al SEIN es del tipo hidráulico, el resto se genera de forma térmica, es decir quemado combustibles fósiles como petróleo y gas; esta quema de combustibles emite a la atmósfera gran cantidad de CO<sub>2</sub>, azufre y otras partículas contaminantes acelerando el efecto invernadero. También es conocido que por cada Kg. de petróleo consumido se genera 2.6 Kg. de CO<sub>2</sub>. Entonces, como medida de ahorro energético se plantea un adecuado sistema de control de iluminación.

Para el Banco Mundial (2017), en el informe de eficiencia energética, a nivel mundial el Perú se encuentra en el puesto 67 siendo el último puesto de Latinoamérica debido a no existir inversiones que ayuden a mejorar dicha situación.

Según la Empresa Nacional de Electricidad Sociedad Anónima (Endesa), solamente el 81% de las empresas tienen oportunidades de mejorar en eficiencia energética y únicamente el 19% ha introducido en su política alguna medida de ahorro energético. Un 68% presentan consumos fantasmas, debidos principalmente a sistemas que gastan energía sin generar trabajo útil. (ENDESA, 2016)

### **1.1.1 Formulación y planteamiento del problema.**

#### **Pregunta general.**

¿Cómo diseñar un sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación de un centro comercial?

#### **Preguntas específicas.**

- ¿Cómo diseñar la arquitectura de red para la integración del sistema de ahorro energético de la iluminación?
- ¿Cómo seleccionar los equipos e instrumentos para la automatización para el sistema de ahorro energético en la iluminación?
- ¿Cómo realizar la configuración de equipos y el diseño del sistema de control para el ahorro de energía en la iluminación?
- ¿Cómo calcular los costos de implementación del sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación?

### **1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

Con la necesidad actual de maximizar el ahorro energético y cuidar el medio ambiente, se plantea el diseño del sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación de un centro comercial, este sistema permite el ahorro energético y por tanto un menor costo en el pago por consumo de energía eléctrica, así mismo, evita la emisión de gases contaminantes para el planeta y garantiza un confort adecuado para los usuarios y personal administrativo evitando alteraciones visuales y enfermedades ocupacionales.

Su importancia radica en los siguientes beneficios:

Desde el punto de vista tecnológico y técnico radica en poder controlar las luminarias y monitorear el consumo energía eléctrica mediante una interface gráfica, reduciendo así consumos

innecesarios. La industria de la electrónica ofrece actualmente equipos y dispositivos que están al alcance del usuario o proyectistas siendo de fácil adquisición.

Desde el punto de vista económico es solucionar uno de los problemas de los centros comerciales referente al ahorro energético y eficiencia energética, también las nuevas políticas de homologación exigen un plan de manejo eficiente del recurso energía; con la implementación de este proyecto los centros comerciales estarán a la vanguardia de las nuevas políticas comerciales, sociales y medioambientales. Por otra parte el costo de la energía eléctrica está aumentando año tras año, lo cual con este proyecto se estará reduciendo los costos de facturación por consumo de energía eléctrica.

Desde el punto de vista social, los trabajadores se verán beneficiados al contar con una iluminación óptima en sus áreas de trabajo, evitando problemas visuales y enfermedades ocupacionales de esta manera su rendimiento y productividad será mayor. Los centros comerciales al implementar este proyecto de ahorro y control energético, mejorarán su imagen institucional y mayor cartera de clientes.

Desde el punto de vista ambiental, el sistema centralizado y automatizado de la iluminación tendrá un impacto positivo al medio ambiente, porque evita que se genere mayor energía eléctrica, lo cual evita el desprendimiento de gases como el CO<sub>2</sub> que contribuyen a acelerar el efecto invernadero.

### **1.3 OBJETIVOS.**

#### **1.3.1 General.**

- Diseñar un sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación de un centro comercial.

#### **1.3.2 Específicos.**

- Diseñar la arquitectura de red para la integración del sistema de ahorro energético de la iluminación.
- Seleccionar los equipos e instrumentos para la automatización para el sistema de ahorro energético en la iluminación.
- Describir la configuración de equipos y diseño del sistema de control para el ahorro de energía en la iluminación.

- Calcular los costos de implementación del sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 ANTECEDENTES.**

A continuación, se describen los antecedentes que han servido como referencia para la elaboración de este trabajo de investigación.

Huamán (2017), en su tesis “Control inteligente de sistemas de iluminación en edificios” destaca la mayor difusión de tecnología para el ahorro energético aplicando técnicas de control adaptativos capaces de ser instaladas en cualquier ambiente, adaptando el sistema de iluminación de acuerdo a la función del ambiente a iluminar. Entre los objetivos de esta investigación está la aplicación de las tecnologías de microcontroladores y su uso en un sistema de iluminación inteligente, la aplicación de sistemas de aprendizaje automático en el control de la iluminación. La luminaria elegida para la implementación del proyecto es de tecnología LED y los controladores elegidos son de modulación por ancho de pulso (PWM). Entre las conclusiones menciona que los sistemas de iluminación deben basarse como mínimo en luminarias ahorradoras con arrancadores electrónicos.

Contreras (2010) en su tesis “Diseño de un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial”, presentó el diseño de un sistema de automatización para la iluminación en una planta industrial con el propósito de evitar que las luminarias permanezcan encendidas durante periodos no productivos. El objetivo principal de esta investigación es diseñar un sistema de automatización que permita un uso adecuado y eficiente de la energía eléctrica, a un costo razonable, en el sistema de iluminación de una planta industrial. Diseñó un programa de control en lenguaje “ladder” instalado en un controlador lógico programable (PLC), el programa permite activar y/o desactivar los circuitos de iluminación en modo manual o automático. Diseñó una interface de usuario que permite ingresar los horarios de producción, control manual y monitoreo de horas de consumo. La red de comunicación entre el plc y los periféricos es una red DH-485.

Entre sus conclusiones destaca que la red de comunicación fue diseñada de tal forma que permita que un terminal remoto o computador personal se conecte en línea desde cualquier nodo de la red y así poder verificar el procesamiento del código implementado en cada PLC así como su interacción con cada panel de operador.

León (2010) en su tesis “Automatización de sistemas de iluminación en edificaciones comerciales y de transporte masivo”, tiene como propósito esbozar un procedimiento que facilite el uso racional de la energía lumínica, maximizar el grado de confort, el ahorro energético y la eficiencia pensando en sistemas que favorezcan su ahorro mediante la automatización, y la energía alternativa. El objetivo principal es el desarrollo de una metodología para la automatización de sistemas de iluminación en edificaciones comerciales y de transporte masivo, con la finalidad de maximizar el grado de confort, el ahorro energético y la eficiencia. Entre sus objetivos específicos está el describir las diversas

tecnologías existentes para la automatización de sistemas de las luminarias, también se describe los criterios para la selección de las lámparas para el sistema de gestión del alumbrado.

El autor concluye que es factible realizar el cambio de la tecnología lumínica y de automatización, ya que se obtendría un 71,49% en ahorro de energía eléctrica, logrando un sistema confortable y eficiente.

Sanchez & Valdivia ( 2008) en su tesis “Automatización de iluminación en un edificio gubernamental”, tienen como objetivo diseñar la automatización del sistema de iluminación de un edificio gubernamental para eficientar su operación y mantenimiento evitando desperdicio de energía eléctrica y abatir costos. El elemento principal de este sistema de automatización es el panel MAXIOM LUMISYS que es un controlador específico para programar el encendido y apagado de las luces de un edificio, además permite programar horarios, días, etc. También proporciona la capacidad de controlar circuitos de iluminación a dos hilos interconectando sensores de ocupación o de presencia. Los autores concluyen que la automatización es factible ya que cumplen con el objetivo de ahorro y su uso eficiente de la energía eléctrica además que existe un retorno de la inversión y al cumplirse este aún sigue generando un beneficio económico.

## **2.2 BASES TEÓRICAS.**

Actualmente, la automatización de los procesos industriales y el crecimiento económico ha llevado a que las empresas adquieran mayor cantidad de equipos eléctricos, más áreas de trabajo que iluminar y por consiguiente un mayor consumo y facturación de energía eléctrica. Una alternativa a este problema, es implementar tecnologías y sistemas que permitan que ahorren energía y un manejo eficiente. Los centros comerciales, son un potencial consumidor de energía, por ello es necesario potenciar los mecanismos adecuados para disminuir la intensidad de consumo energético. En este sentido, para establecer las medidas o tecnologías adecuadas para optimizar el uso de energía se hace una descripción de las herramientas y tecnologías que están actualmente al alcance para implementar estos proyectos.

### **2.1.1 Luminarias eficientes.**

En los centros comerciales actualmente las luminarias industriales más usadas son: luminarias halógenas, de campana en aluminio (Higs bay) o campana en acrílico prismático transparente, fluorescentes que son empleados básicamente por su eficiencia lumínica y en algunas áreas se tiene focos ahorradores de energía. Sin embargo, las políticas de sostenibilidad y políticas ecológicas de la sociedad actual exigen que las empresas empleen luminarias que les permitan tener un ahorro energético con la finalidad de aumentar su productividad y contribuir al cuidado del medio ambiente. Es por ello que la tecnología hoy en día dispone el uso de luminarias tipo led.

Según DCM (2020), empresa que apuesta por la tecnología tipo led describe las ventajas y como el LED se ha convertido en el tipo de iluminación por excelencia para los sistemas de visión artificial por sus extraordinarias características que se adaptan perfectamente al entorno industrial. Sugiere que, por los rendimientos alcanzados se convierten la iluminación LED en la iluminación del futuro a corto plazo para el resto de aplicaciones de la luz artificial.

En el mercado hay diversos sistemas iluminación, pero los más relevantes con los que el LED compite en los sistemas de iluminación artificial son los halógenos y los fluorescentes. La luminaria tipo LED es un producto relativamente novedoso y con gran aceptación en la industria, frente a otros que llevan años en el mercado. A continuación se realiza una comparativa con sus oponentes más directos (halógeno y fluorescente), con el fin de poder evaluar más fácilmente sus características y entender porque son los adecuados en un centro comercial.

A continuación se enumeran sus principales ventajas:

**Bajo consumo:** Las lámparas LED tienen un gran rendimiento por lo que necesitan menos energía para producir igual cantidad de luz. Una lámpara halógena consigue rendimiento del orden de 20 lumens/W y las fluorescentes del orden de los 60 lumens/W mientras que una iluminación LED consigue fácilmente rendimientos de más de 100 lumens/W lo que supone un rendimiento 5 veces mayor que los halógenos y casi dos veces mayor que los fluorescentes. (DCM, 2020)

**Baja tensión:** Son alimentados con tensiones a 12 V ó 24 V de corriente continua, adaptándose perfectamente a la mayoría de las fuentes de alimentación de los equipos.

**Baja temperatura:** Los leds consumen poca energía y por lo tanto emite poco calor. Esto es debido a que el LED es un dispositivo que opera a baja temperatura. Los demás sistemas de iluminación en igualdad de condiciones de luminosidad que el led emiten mucho más calor ya que tienen peor rendimiento.

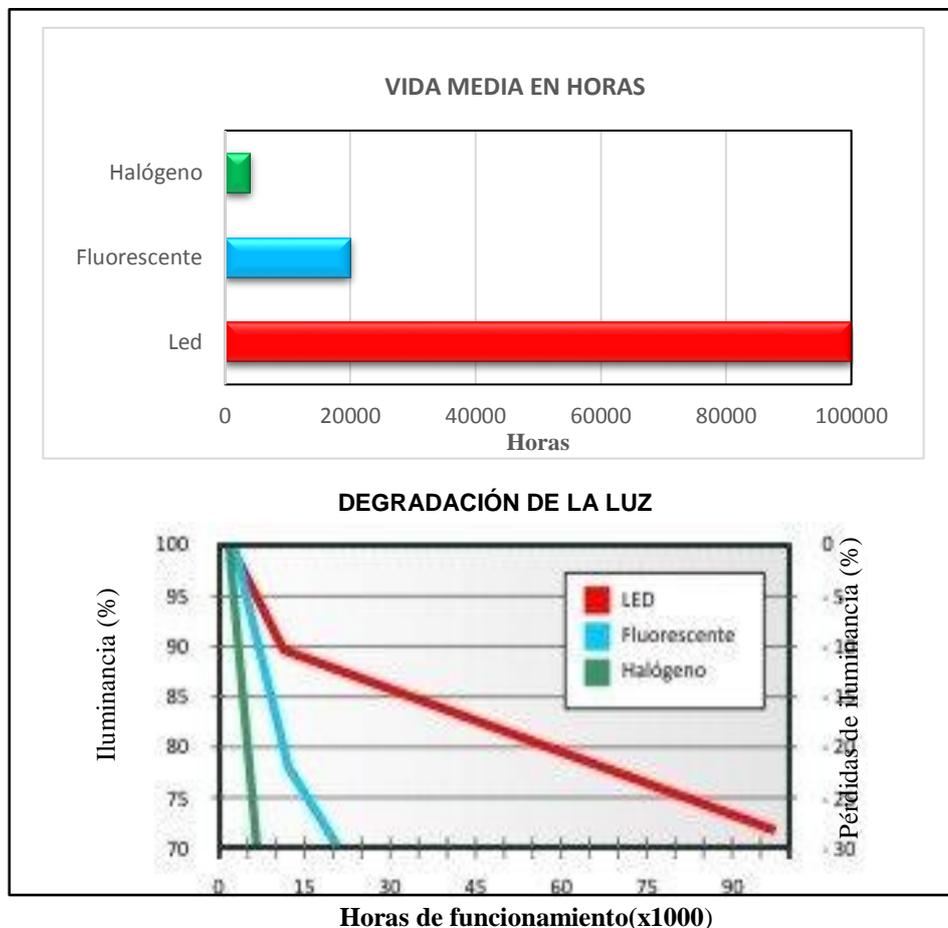
**Pequeña anchura espectral:** Las luminarias leds emiten luz en una pequeña banda espectral, esto es, emiten la luz en un único color que depende del tipo de LED, por lo que no necesitan filtros para obtener un determinado color, lo que evita la pérdida de energía. La iluminación monocromática evita la aberración cromática de las ópticas.

**Mayor rapidez de respuesta:** El LED tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que el halógeno y el fluorescente, del orden de algunos microsegundos, ello lo hace ideal para funcionar con un estrobo (sistemas estroboscópicos). Al ser un semiconductor de estado sólido no sufre daños ni desgastes por el encendido y el apagado continuo, al contrario que los otros tipos de iluminación. (DCM, 2020).

**Luz más brillante y sin fallos de iluminación:** En las mismas condiciones de luminosidad que el otro tipo de luminarias, la luz que emite el led es mucho más nítida y brillante. Soporta las vibraciones a las que pueda estar sometido el equipo sin producir fallos ni variaciones de iluminación. Esto es debido a que el led carece de filamento luminiscente evitando de esta manera las variaciones de luminosidad del mismo y su posible rotura. (DCM, 2020)

**Alta rentabilidad:** El mayor inconveniente que tiene el LED sin duda es su precio, pero si evaluamos sus múltiples e inmejorables condiciones de funcionamiento, y sobre todo su larga vida en comparación con los demás sistemas de iluminación, estamos en condiciones de afirmar que es la inversión más sensata, eficaz y rentable que podemos hacer. (DCM, 2020)

**Mayor duración y fiabilidad:** La vida de un LED es muy larga en comparación con los demás sistemas de iluminación y su fiabilidad es mucho mayor ya que la degradación de la luz es mínima en relación a la de halógenos y fluorescentes:



**Figura 2.1:** Ventajas de las luminarias led.

**Fuente:** Tomada de "Ventajas del led frente a halógenas y fluorescentes" (DCM, 2020)

### 2.1.2 Sistemas de control de iluminación.

Un sistema de control de iluminación consiste en que las luminarias sean instalados y distribuidos de forma óptima para garantizar el mejor ambiente para las diferentes áreas de trabajo o de compartimiento sociales, estas luminarias operan de manera autónoma controladas por un elemento llamado controlador que previamente fue programado y configurado por el usuario.

Es conocido que en la industria los sistemas de control automático son fundamentales para el manejo de las operaciones y procesos de producción, también está comprobado que el aumento de la productividad está muy relacionado al grado de automatización de la empresa o planta, sin embargo, también se puede utilizar estos sistemas de control para la automatización de la iluminación de las diferentes industrias y en especial de los centros comerciales. Actualmente, los sistemas modernos de control están compuestos principalmente por: Sensores, elementos de entrada, un controlador, redes de comunicación industrial, actuadores, dispositivos de comunicación como pantallas táctiles o HMI (interface hombre máquina)

Las funciones que debe cumplir un sistema automático de iluminación destacan:

- Debe garantizar la iluminación correcta para cada actividad a realizar
- Debe de trabajar de manera independiente, y controlar de manera eficiente el consumo de energía eléctrica.
- Debe de tener una interface de control amigable y de fácil operación por el usuario.

### 2.1.3 Los sensores.

El sensores según Moro (2011) es un dispositivo que “recogen la información respecto a los diversos parámetros a controlar, se la envían, bien al dispositivo de control centralizado o bien directamente al dispositivo actuador, en el caso de una instalación distribuida” (p.28). Existen sensores para diferentes funciones pero en el campo de la iluminación los más utilizados son los sensores de presencia y fotoeléctricos. A continuación en la siguiente tabla se presentan las tecnologías desarrolladas para este tipo de sensores.

**Tabla 2.1:** Tipo de tecnología en los sensores de presencia.

TECNOLOGIA	CARACTERISTICA
<b>Tecnología PIR</b>	Denominado infrarrojo pasivo
	Reaccionan solo ante determinadas fuentes de energía como el cuerpo humano.
	Captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor.

<b>Tecnología ultrasónica</b>	Cuando se da un cambio de temperatura en alguno de estos radios o zonas, se detecta la presencia y se acciona la carga.
	Son detectores de movimiento volumétricos que utilizan el principio Doppler.
	Los sensores emiten ondas de sonido ultrasónico hacia el área a controlar, las cuales rebotan en los objetos presentes y regresan al receptor del detector
	El movimiento de una persona en el área provoca que las ondas de sonido regresen con una frecuencia diferente a la cual fue emitida, lo cual es interpretado como detección de presencia
<b>Tecnología Dual</b>	Combina las tecnologías PIR y Ultrasónica
	Proporcionan el control de iluminación en áreas donde sensores de una sola tecnología pudieran presentar deficiencias en la detección.
	Los sensores de Tecnología Dual actúan prendiendo las luces cuando tanto PIR como las tecnologías ultrasónicas detectan ocupación
	Una vez las luces están prendidas, solo se necesita detección de una sola tecnología para mantenerlas prendidas

**Fuente:** Adaptada de “Tipos de sensores de presencia” (BTICINO, 2020)

#### 2.1.4 Dispositivos de entrada.

Los dispositivos de entrada permiten establecer el diálogo hombre-máquina para que el operador pueda gobernar el funcionamiento correcto de las máquinas instaladas, verificando condiciones de arranque, alterando el proceso, realizando paradas de emergencia, verificando el estado del proceso, entre otros.

Un ejemplo de estos dispositivos son los paneles de operador; estos se encargan de intercambiar información entre los automatismos y los operadores permitiendo la modificación de los valores de las variables en forma amigable. Entre las marcas que ofrecen estos dispositivos se pueden mencionar: SIEMENS, Allen Bradley, Unitronix. Los paneles de operador generalmente pueden formar parte de redes industriales de comunicación como: Data Highways, DeviceNet, ControlNet, FieldBus, Profibus e incluso a través de la red local de comunicación en planta vía Ethernet. Hoy en día existen en el mercado en las siguientes presentaciones: paneles alfanuméricos, paneles gráficos, paneles táctiles e incluso se encuentran dispositivos que tienen la función HMI+PLC integrada. (Contreras A, 2011)

### **2.1.5 Controlador.**

Un componente importante en un sistema de control es el controlador. Con el gran número actual de vendedores produciendo controladores de automatización programable (PAC) que combinan tanto funcionalidad de PC y confiabilidad de un PLC, la incorporación de PACs a sistemas de control es cada día más frecuente. Este texto explora los orígenes de PAC, cómo PACs difieren de PLCs y PCs, y la dirección que tomará el control industrial al seguir utilizando PACs.

En este contexto, en la actualidad se puede utilizar para el control de sistemas industriales: una PC, un PLC o un PAC. Por más de una década se ha tenido el debate acerca de las ventajas y desventajas de utilizar PLCs (Controladores Lógicos Programables) comparados con el control basado en PCs. A medida que se incrementan las diferencias entre las PCs y PLCs, con los PLCs utilizando el hardware de anaqueles (COTS) y sistemas PC incorporando sistemas operativos en tiempo real, una nueva clase de controladores, el PAC se torna en un emergente. PAC, el nuevo acrónimo, creado por la Corporación de Investigación de Automatización (ARC), significa Controlador de Automatización Programable y es utilizado para describir una nueva generación de controladores industriales que combinan la funcionalidad PLC y PC. El acrónimo PAC es utilizado por vendedores tradicionales PLC para describir los sistemas de alto desempeño. Sin embargo, al día de hoy los PLC continúan dominando la mayoría de las fábricas para aplicaciones de control de procesos y máquinas. Aunque muchos ingenieros han evaluado el uso de la PC para funciones como control, conectividad con base de datos, aplicaciones basadas en web y comunicación con dispositivos externos, la PC no ha podido competir con el PLC para aplicaciones basadas en control; sin embargo, hoy en día existe una tercera opción que son productos que ofrecen una combinación de la PC y del PLC. El grupo de analistas de la industria ARC utiliza el término "controladores de automatización programables" (PAC) para estos controladores híbridos. Los PAC combinan las mejores características de la PC, incluyendo el procesador, la RAM, y software potente, con la confiabilidad, dureza, y naturaleza distribuida del PLC. (Figura 2.3.). Los PAC combinan el empaque y dureza del PLC con la flexibilidad y funcionalidad de software de la PC. Estas nuevas plataformas son ideales para control sofisticado y registro de datos en ambientes rudos (infoPLC, 2012)

### **2.1.6 Red para una instalación de iluminación automática.**

Para este tipo de proyectos lo más conveniente es utilizar una red domótica que es la "combinación de transmisores y receptores controlados por un microprocesador y que presentan un canal de comunicación ya sea mediante cable (utilizando la red eléctrica) o inalámbrico" (Human C., 2010).

"Los Sistemas domóticas basados en corrientes de portadora utilizan la red eléctrica previamente instalada y mediante ella modulan una señal y la mandan sobre la red eléctrica, esto permite un bajo

costo de instalación. Actualmente existen protocolos PLC, tales como Home Plug o el estándar de comunicación IEEE 1901 que permiten tener soluciones potentes y complejas. Entre estos sistemas encontramos X-10 de Home Systems, CAD de legend, Global Home System de Landis&Gyr. Los sistemas domóticos con redes dedicadas de comunicación, pueden ser cableados o bien inalámbricos, y como utilizan una alimentación independiente y un canal de comunicación propio es más fácil poder hacer un sistema distribuido permitiendo una mejor eficiencia del mismo”. (Lanao,F., 2015)

En la tabla 2.2 se mostrará un cuadro comparativo entre un sistema centralizado y un sistema distribuido:

**Tabla 2.2:** Comparación entre el sistema centralizado y distribuido.

<b>Criterio</b>	<b>Sistema Centralizado</b>	<b>Sistema Distribuido</b>
<b>Instalación</b>	Instalación sencilla.	Instalación y programación complicada.
<b>Cableado</b>	Mayor cantidad de cableado	Menor cantidad de cableado
<b>Costo</b>	Bajo costo, debido a que no necesita módulos especiales de direccionamiento	Es costoso por incluir protocolos de CSMA/CD y poseer capacidad de procesamiento.
<b>Sistema</b>	Reconfiguración costosa y dependencia de la unidad de control	Sistemas más potentes y complejos.
<b>Seguridad</b>	Mayor seguridad debido a que todo el procesamiento es controlado por una unidad de control.	Menor seguridad pero mayor versatilidad.

Fuente: Lanao Sanchez, (2015)

## 2.2 GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.

**Ampacidad:** Es la máxima intensidad de corriente que puede circular de manera continua por un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

**Centro comercial:** Es una construcción que consta de uno o varios edificios, por lo general de gran tamaño, que albergan servicios, locales y oficinas comerciales aglutinados en un espacio determinado concentrando mayor cantidad de clientes potenciales dentro del recinto.

**Domótica:** Conjunto de técnicas orientadas a automatizar una vivienda, que integran la tecnología en los sistemas de seguridad, gestión energética, bienestar o comunicaciones.

**Eficiencia energética:** La eficiencia energética o ahorro energético, es el objetivo de reducir la cantidad de energía requerida para proporcionar productos y servicios. Por ejemplo, aislar una casa permite que un edificio use menos energía de calefacción y refrigeración para lograr y mantener una temperatura agradable.

**Iluminancia:** Cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie.

**Luminaria:** Unidad de alumbrado completa, diseñada para contener la lámpara y los dispositivos necesarios para conectarla al suministro eléctrico.

**KNX:** Es un estándar (ISO/IEC 14543) de protocolo de comunicaciones de red, basado en OSI, para edificios inteligentes (domótica e inmótica) KNX es un uniforme protocolo de comunicación independiente del fabricante empleado para conectar en red de forma inteligente avanzadas tecnologías de sistemas de hogar y edificios. KNX se utiliza en la planificación y control de soluciones eficientes desde el punto de vista energético para aumentar la funcionalidad y la comodidad y reducir simultáneamente los costes de la energía.

**Lúmenes:** Unidad de flujo luminoso.

**MySQL:** Es un sistema de gestión de bases de datos relacional desarrollado bajo licencia dual: Licencia pública general/Licencia comercial por Oracle Corporation y está considerada como la base de datos de código abierto más popular del mundo, y una de las más populares en general junto a Oracle y Microsoft SQL Server, todo para entornos de desarrollo web.

**PLC:** La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos define a un PLC – Programable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos.

**Sistema eléctrico:** Según (Barrero, 2004)Un sistema eléctrico se define como el conjunto de instalaciones, conductores y equipos necesarios para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica.

**Sensores:** Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio. Con frecuencia, una condición de cambio se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material

(detección discreta). También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica).

**PHP:** Acrónimo recursivo de (PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

<b>ANSI</b>	:	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.
<b>CEN</b>	:	Código Eléctrico Nacional.
<b>IEEE</b>	:	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
<b>ISA</b>	:	Sociedad Americana de Instrumentación.
<b>ISO</b>	:	Organización Internacional de Normalización.
<b>NFPA</b>	:	Asociación Nacional de Protección contra Incendios.

## **2.3. MARCO REFERENCIAL.**

### **2.3.1 Marco legal.**

En el presente informe se tomará en cuenta la legislación vigente tanto nacional como internacional, puesto el rubro en la cual se desarrolla las actividades es indispensable contar con la seguridad para evitar cualquier incidente.

Las normas nacionales a tener en cuenta son:

#### **CNE – Utilización: Código Nacional de Electricidad. Edición 2006.**

El Código Nacional de Electricidad, tiene como objetivo establecer las reglas preventivas para salvaguardar las condiciones de seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal, y de la propiedad, frente a los peligros derivados del uso de la electricidad. El Código también contempla las medidas de prevención contra choques eléctricos e incendios, así como las medidas apropiadas para la instalación, operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas.

#### **CNE-Suministros: Código Nacional de Electricidad. Edición 2006.**

El objetivo del Código Nacional de Electricidad Suministro, es establecer las reglas preventivas que permitan salvaguardar a las personas (de la concesionaria, o de las contratistas en general, o terceros o ambas) y las instalaciones, durante la construcción, operación y/o mantenimiento de las instalaciones tanto de suministro eléctrico como de comunicaciones, y sus equipos asociados,

cuidando de no afectar a las propiedades públicas y privadas, ni el ambiente, ni el Patrimonio Cultural de la Nación.

**DGE 017-AI-1/1982: Norma de alumbrado de interiores y campos deportivos.**

Esta norma tiene por objeto uniformizar criterios en la elaboración de proyectos referentes al alumbrado de interiores en general, de locales, de asistencia médica, de locales deportivos, y de exteriores. Considera los espacios interiores a: Puesto de trabajo, recintos de trabajo, centros de enseñanza y capacitación, áreas de circulación en edificaciones, recintos para descanso, instalaciones sanitarias, recintos de asistencia médica, puestos de trabajo y áreas de circulación del aire libre, y unidades de vivienda. Y locales deportivos como: locales de campos deportivos exteriores e interiores, lugares para reuniones deportivas y áreas de circulación.

Las normas internacional a tener en cuenta es:

**NFPA 70: National Electrical Code, Edition 2014.**

El NFPA 70 Código Eléctrico Nacional es un código de alcance internacional. Dicho, documento establece lineamientos para la seguridad de instalaciones eléctricos. Al respecto, el código se alinea a normas internacionales relacionadas con la protección para la seguridad de la corriente eléctrica. El Código tiene por objetivo salvaguardar a las personas. Además, sus bienes materiales. Incluso, contempla los riesgos que puedan presentarse con el uso de la electricidad. Por ello, plantea disposiciones necesarias que dan lugar a una instalación eléctrica libre de riesgos.

**ANSI/ISA 5.1-2009 : Instrumentation Symbols and Identification- 406 Tank Motor Vehicles.  
Edition 2003**

Esta norma establece un medio uniforme para representar e identificar instrumentos o dispositivos y sus funciones inherentes, sistemas y funciones de instrumentación y funciones de software de aplicación utilizadas para medición, monitoreo y control, presentando un sistema de designación que incluye identificación, esquemas y símbolos gráficos.

**IEC-62031-1-2008 (Europa). International Electrotechnical Commission.**

Norma de seguridad. Regulaciones técnicas para módulos con LEDs con o sin controlador LED integrado para iluminación general. Cumplimiento de: Características eléctricas y mecánicas.

## **NTP EM.010\_2016. Instalaciones eléctricas en interiores.**

Las prescripciones de esta Norma son de aplicación obligatoria a todo proyecto de instalación eléctrica interior tales como: Viviendas, Locales Comerciales, Locales Industriales, Locales de Espectáculos, Centros de Reunión, Locales Hospitalarios, Educativos, de Hospedaje, Locales para Estacionamiento de Vehículos, Playas y Edificios de Estacionamiento, Puesto de Venta de Combustible y Estaciones de Servicio.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 TIPO.**

Esta investigación será del tipo aplicada, porque se hará uso de la tecnología de control de iluminación existente, de los sistemas de comunicación (protocolos de red) y a través de un sistema de control poder monitorear y controlar la iluminación del centro comercial.

#### **3.1.1 Nivel.**

El nivel de esta investigación será descriptivo, porque se detallará las características técnicas y configuración de cada dispositivo y/o elemento del sistema automático de iluminación, la relación entre ellos se basa en su configuración y el tipo de protocolo de comunicación a utilizar. Esta investigación al tratarse de un diseño, los resultados finales también serán descriptivos, producto de las simulaciones que se realizan utilizando herramientas computacionales.

#### **3.1.2 Enfoque.**

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque se realizará un proceso secuencial que parte desde la revisión de la bibliografía hasta la comprobación de los resultados por medio de simulación utilizando herramientas de software, también se aplicará teoría de sistemas automáticos de manera lógica para dimensionar los circuitos eléctricos y selección de los dispositivo.

#### **3.1.3 Diseño.**

Para la investigación se eligió un diseño no experimental, debido que la investigación se trata de un diseño para el cual se utiliza herramientas computacionales (Software) que a través de simulaciones permite la manipulación de las variables, como son la configuración, selección de los instrumentos y/o equipos y programa de control. Los resultados se obtendrán producto de la mejor configuración y programación a través de las simulaciones realizadas.

### **3.2 SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

En esta investigación el sujeto de investigación será los centros comerciales que actualmente presentan un control manual de la iluminación a través del accionamiento mecánico de interruptores. De los cuales se tomarán en cuenta las áreas iluminadas, así mismo se tendrá en cuenta la normativa nacional e internacional vigente de iluminación.

### 3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

El método a seguir es el método analítico porque a partir de la teoría se permitirá diseñar y desarrollar, previo análisis, los objetivos propuestos, conocer, así por ejemplo las fichas técnicas de los instrumentos y/o equipos y los principios de la automatización, la electrónica y electricidad, todo ello cumpliendo con los estándares de calidad y normativa vigente.

El procedimiento a desarrollar en esta investigación se centra en el diseño centralizado y automatizado de la iluminación y así mejorar la eficiencia energética en los centros comerciales. Para realizar este proyecto en primer lugar se realizará la caracterización de las diferentes áreas iluminadas de los centros comerciales tales como: área de ventas, área de tras tienda y oficinas. Para lograr el objetivo de adecuar el sistema de iluminación es necesario analizar la información recolectada en el paso anterior, en la cual se detalla las condiciones de operación del sistema de iluminación, disponibilidad en los tableros, cálculo de capacidad de las tuberías e instrumentación utilizada.

- Posteriormente se diseñará la arquitectura de red para la integración del sistema de ahorro energético de la iluminación y la filosofía de control para determinar las características de los instrumentos y/o equipos a utilizar.
- Se realizará la selección y dimensionamiento de los instrumentos bajo criterios técnicos de la normativa vigente, entre los principales instrumentos son: sensores de luz e infrarrojos, controlador, dimmer y panel de control.
- Un componente muy importante del sistema, es el equipo controlador de iluminación debido a que se encarga de manipular el nivel de luz de las luminarias mediante las instrucciones recibidas desde el panel de control. Para este proyecto se van a utilizar luminarias LED debido a su gran eficiencia energética. Para poder regular el nivel de iluminación adecuado, se van a utilizar sensores de luz, los cuales se comunicarían al controlador mediante una red de área local.
- Describir la configuración de equipos y diseño del sistema de control para el ahorro de energía en la iluminación.
- Con los datos y cálculos realizados se obtendrá el diagrama de la arquitectura del sistema, el diagrama fue elaborado en el software Microsoft Visio 2017.
- Finalmente se realizará una descripción de los costos que demandaría la implementación del nuevo sistema de control de iluminación realizado en esta investigación.

No se empleará ninguna técnica de procesamiento de datos, debido a que no se realizará ningún análisis estadístico. Solo se analizarán los resultados en base a teorías científicas y simulaciones.

Se utilizó el software Visio para hacer los detalles de arquitectura de control, etc. Software SIMPL y Visión Tools para la configuración y programación del módulo de procesamiento y HMI respectivamente, y el software Microsoft Office para la redacción del informe final.

### **3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.**

El proceso de investigación de este trabajo se ha realizado recopilando y analizando la información obtenida de las siguientes fuentes: Internet, libros de automatización, trabajos similares y fichas técnicas de los instrumentos, por tanto, por tratarse de un diseño y a través de la técnica de simulación permite verificar el comportamiento del sistema de control, para luego teniendo en cuenta los criterios técnicos y conocimientos de automatización determinar el mejor escenario.

La revisión bibliográfica consiste en la búsqueda de literatura sobre arquitectura de red, libros de automatización, y fichas técnicas de los instrumentos y antecedentes nacionales e internacionales sobre sistemas de iluminación en centros comerciales.

Instrumentos: Los instrumentos de medición utilizados son las herramientas computacionales como software de configuración de HMI, Software de programación. También, se utilizó herramientas de escritorio como calculadoras y laptop.

No se aplicará ningún análisis estadístico porque los datos obtenidos son descriptivos y los resultados son producto de la configuración y selección correcta de los equipos.

## CAPÍTULO IV: DESARROLLO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### 4.1 ANÁLISIS DE LOS ESPACIOS DE UN CENTRO COMERCIAL.

El objetivo de esta investigación es diseñar un sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación de un centro comercial. Tiene como alcance las áreas de venta, almacenes y oficinas. Las áreas o espacios de trabajo a considerar en este proyecto son: áreas de ventas, área de tras tienda y área de ventas. A continuación, se mencionarán las características generales en relación al área o superficie que ocupan.

- Áreas de venta: son las tiendas que demandan la mayor concentración de clientes (supermercados, tiendas por departamentos, patio de comidas), con más de 1000 m<sup>2</sup> . Por naturaleza suelen atraer grandes cantidades de clientes.
- Trastienda: Son las áreas donde las tiendas guardan sus productos para la dispensa diaria, además de cuartos técnicos que en total tienen más de 380 m<sup>2</sup> y menos de 1 000m<sup>2</sup>
- Oficinas: Son áreas con espacios pequeños, menos de 380 m<sup>2</sup>

A continuación en la tabla 4.1 se presenta el área en (m<sup>2</sup>) de los ambientes más comunes de los centros comerciales. Generalmente, todos los centros comerciales cuentan con este tipo de ambiente.

**Tabla 4.1:** Áreas comunes de un centro comercial.

OFICINAS		370	TRASTIENDA		390	TIENDA		2900
ITEM	AMBIENTE	AREA (M <sup>2</sup> )	ITEM	AMBIENTE	AREA (M <sup>2</sup> )	ITEM	AMBIENTE	AREA (M <sup>2</sup> )
1	Gerencia	15	1	Cuarto de tableros	26	1	SALA DE VENTAS	2900
2	Cash office	28	2	Grupo electrógeno	26			
3	Tópico	19	3	Cuarto de baterías	32			
4	Cuarto de seguridad	18	4	Almacén de pallets	24			
5	Control de personal	16	5	Cuarto de desechos	20			
6	Administración	32	6	Sub estación	32			
7	Lactario	9	7	SS HH hombre	10			
8	Comedor	50	8	SS HH mujeres	10			
9	Vestidores hombres	35	9	Oficina de control	36			
10	Vestidores mujeres	35	10	Oficina de mantenimiento	26			
11	SS HH hombres	35	11	Mercadería separada	40			
12	SS HH mujeres	35	12	Cuarto de bombas	100			
13	SS HH discapacitados	6	13	Cuarto de aseo	8			
14	Pasillo	32						
15	Cuarto de aseo	5						

#### 4.1.1 Criterios del diseño.

Para el diseño del sistema centralizado y automatizado de iluminación en un centro comercial, el factor principal a tener en cuenta es el control de iluminación del área de trabajo, por tanto no se considera el análisis de la calidad de iluminación. Las luminarias van a ser controladas mediante un módulo controlador, interconectado a través de una red local con una interface hombre máquina para operar y controlar el encendido, apagado y control de luminosidad de forma centralizada.

También se tomará en cuenta que las luminarias deben poder ser controladas de la manera convencional, debido a que sería un inconveniente depender totalmente de un controlador central o desde otro dispositivo para poder controlar la iluminación del centro comercial, principalmente en las oficinas.

En la tabla 4.2 resume los criterios generales a considerar en las áreas de un centro comercial para el diseño del sistema de control centralizado y automatización de iluminación. Las áreas que se consideran en este proyecto son área de ventas, área de tras tienda y oficinas.

**Tabla 4.2:** Criterios para el diseño del proyecto.

AREA	USO DE ESPACIO		FLUJO DE LUZ NATURAL		AREA		
	predecible	impredecible	si	no	pequeña	Mediana	grande
Área de ventas	X		x				X
Área de tras tienda	X			x		X	
Área de oficinas.		x		x	x		

AREA (m2)	
Grande	>1000
	>380
Mediana	<1000
Pequeña	<380

El uso de personas hace referencia, si el lugar va a estar siempre ocupado por personas o de forma eventual, el flujo de luz natural en algunos espacios ingresa de forma libre o controlada por superficies transparentes, o ventanas, esto contribuye a la iluminación del área de en estudio; el área es la extensión en  $m^2$  del lugar donde se desarrollan las actividades.

Las características que definen este proyecto, son las siguientes.

#### **4.1.1.1 Sistema automático.**

El diseño para la automatización propone la integración de un sistema de comunicación entre la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) con un procesador de automatización, módulo de interface de comunicación (ETHERNET), módulo de integración de sensores y los puentes de red. Los módulos de integración de los sensores se encargan de enviar la señal a las luminarias por medio de una dirección específica (IP) que se le asigna a cada luminaria.

El sistema de automatización de iluminación incorpora el control de todos los circuitos de iluminación, conmutados y regulados, de las áreas de ventas, almacén y oficinas. Estos circuitos podrán funcionar automáticamente siguiendo programas de funcionamiento diario, los programas están diseñados para que respondan a las entradas externas de los sensores de presencia (ocupancia) y sensores de luz diurna (fotosensores), también permitirá un control convencional a través de botoneras o interruptores.

El sistema será flexible (permite cambiar la configuración de iluminación) de fácil manejo, la programación de la iluminación será a través de menús despegables e interactivos en la HMI. Así mismo será capaz de decidir en fracciones de segundo las condiciones de iluminación óptimas para cada situación y área de trabajo, tomando como acción el control de luminosidad de cada luminaria.

#### **4.1.1.2 Sistema centralizado.**

El diseño del sistema automático de iluminación permitirá que las personas responsables de la iluminación no tengan que desplazarse hasta cada interruptor para apagar o encender una luminaria, sino, el control estará centralizado en un panel de operador (HMI). El sistema será versátil y permite monitorear en tiempo real el estado de iluminación del área en estudio, alarmas, en caso de falla de un sensor o luminaria y genera reportes de consumo energético, importante para la toma de decisiones de eficiencia energética. El elemento principal del sistema centralizado es un módulo de procesamiento y monitor HMI, que reemplaza físicamente a los interruptores convencionales. El monitor se configurará de tal forma que, el control sea basado en menús con una interface amigable y de fácil operación. Los circuitos de iluminación de las áreas se podrán programar para un control independiente o como parte de un escenario de prueba predefinida, esto facilita las tareas de mantenimiento de los equipos.

#### **4.1.1.3 Sistema de seguridad.**

Se plantea como medio de seguridad la opción de ingresar al sistema de monitoreo y control, por medio de un password (contraseña). Se consideran privilegios y restricciones para el control parcial

o total del sistema según el usuario. También se generarán de alarmas en caso de fallos en el sistema de comunicación o defecto en los sensores o luminarias.

#### **4.1.1.4 Red de comunicación.**

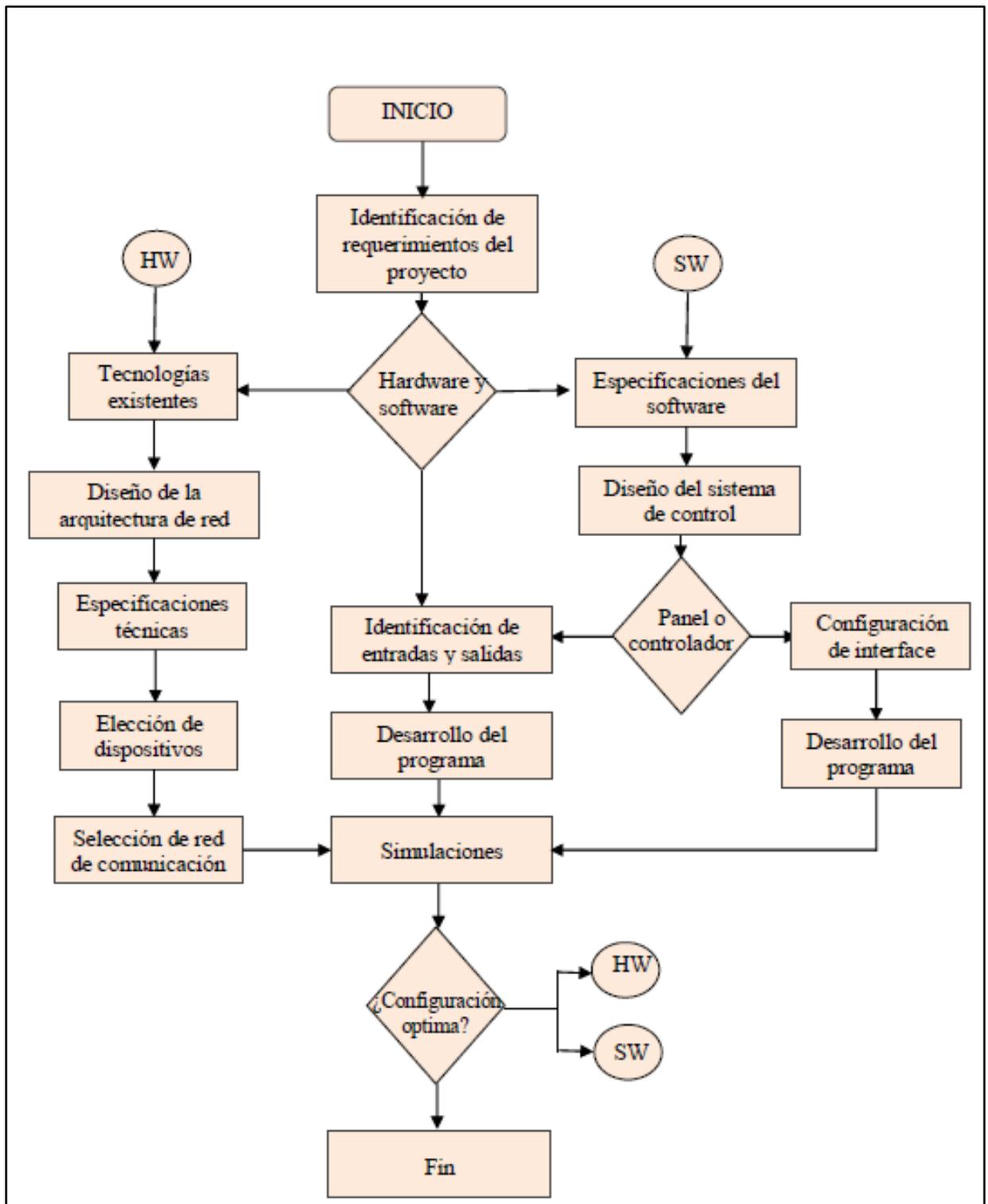
El sistema se implementará mediante el protocolo de comunicación ETHERNET/ IP para el panel del operador y los actuadores, para la integración de las luminarias a la red se utilizará el bus de comunicación DALI y para los sensores el BUS de comunicación CRESNET, estos son protocolos especialmente utilizados en sistemas domóticos.

#### **4.1.1.5 Ahorro energético.**

Entre los factores que permiten el ahorro energético es la luz natural, especialmente en las áreas de venta, los centros comerciales cuentan con grandes entradas de luz natural o superficies techadas transparente, para ello los sensores de luz diaria captarán la luminosidad y enviarán la señal al módulo de procesamiento para regular la luminiscencia de las luminarias, esto está en función de los lúmenes requeridos por área. El control de las horas de iluminación en los ambientes será otro punto clave para el ahorro energético, el sistema apagará las lámparas innecesarias, no sobre iluminará las áreas. Otro factor importante es el tipo de luminaria a utilizar en la cual se reemplazará los balastos electromagnéticos por electrónicos que sean “dimerizables” para reducir la intensidad de luz en períodos que se necesite poca luz como por ejemplo durante el tiempo de limpieza.

#### **4.1.2 Diagrama de flujo para el diseño.**

El diagrama de flujo describe de forma clara el procedimiento general de las condiciones iniciales del diseño, factores que se tiene en cuenta en el desarrollo del proyecto con la finalidad de identificar las variables internas que se ven involucradas en el tema de análisis. Estas variables permitirán identificar los problemas que pueden presentarse durante el desarrollo del proyecto producto del análisis preliminar, para los cuales pueden encontrarse muchas veces soluciones viables o en caso de no poder evitarse sirven para ser identificados como restricciones o limitaciones del diseño. En consecuencia se planteó un diagrama de flujo general para el diseño del control centralizado y automatizado del sistema de iluminación. En la figura 4.1 se muestra este diagrama en cual se considera la parte de hardware y software. Por otra parte, en la figura 4.2 se muestra el diagrama de flujo de la lógica de control para el proceso de operación tanto en modo manual y automático. Los resultados de las simulaciones permitirán evaluar estas condiciones y elegir la solución más optima



**Figura 4.1:** Diagrama de flujo general.

Del diagrama de flujo que se muestra en la figura 4.1 los requerimientos del proyecto son las acciones de trabajo de los equipos, factor de seguridad, eficiencia con el objetivo de elegir los equipos más adecuados y que tengan facilidad para su adquisición y el respectivo soporte técnico. El análisis de los requerimientos está en función a los componentes con los que se cuenta para disminuir el costo

económico en la implementación posterior a este diseño (cableado eléctrico de las luminarias, bandejas, protecciones de seguridad).

El diseño del sistema se refiere a la arquitectura de red o distribución e interconexión de los equipos como: luminarias, sensores, adaptadores de red y módulo HMI. La elección de un procesador o un módulo especializado para este tipo de aplicaciones está en función del número de actuadores a controlar, programación y configuración del equipo.

Para la selección de equipos existen múltiples opciones de diferentes proveedores de este tipo de tecnologías, se elegirá el de mayor utilización a nivel nacional y que garantice un soporte técnico. Es muy importante que los equipos seleccionados deben ser compatibles entre marcas, y soporten el mismo protocolo de comunicación.

La elección del tipo de sensor está en función de la zona a controlar siendo importante el tipo de trabajo que se realiza en el área y las disposiciones físicas como la distancia desde el centro de control al lado más alejado a controlar. En el proceso de selección de sensor de presencia se debe considerar situaciones donde las personas puedan estar quietas ya que en estos casos el sistema tiene que mantener las luces encendidas.

Para evitar atenuaciones de las señales de control, el módulo de control y el tipo de protocolo de comunicación (bus de campo) deben garantizar la comunicación, y rápido procesamiento de la información. Se debe considerar que las distancias entre actuadores y el módulo de control son mayores a 200 metros.

Se debe hacer un estudio previo en función a la cantidad de componentes del sistema y disposiciones físicas de los mismos para la elección del bus o buses a usar en el diseño de la red de comunicación.

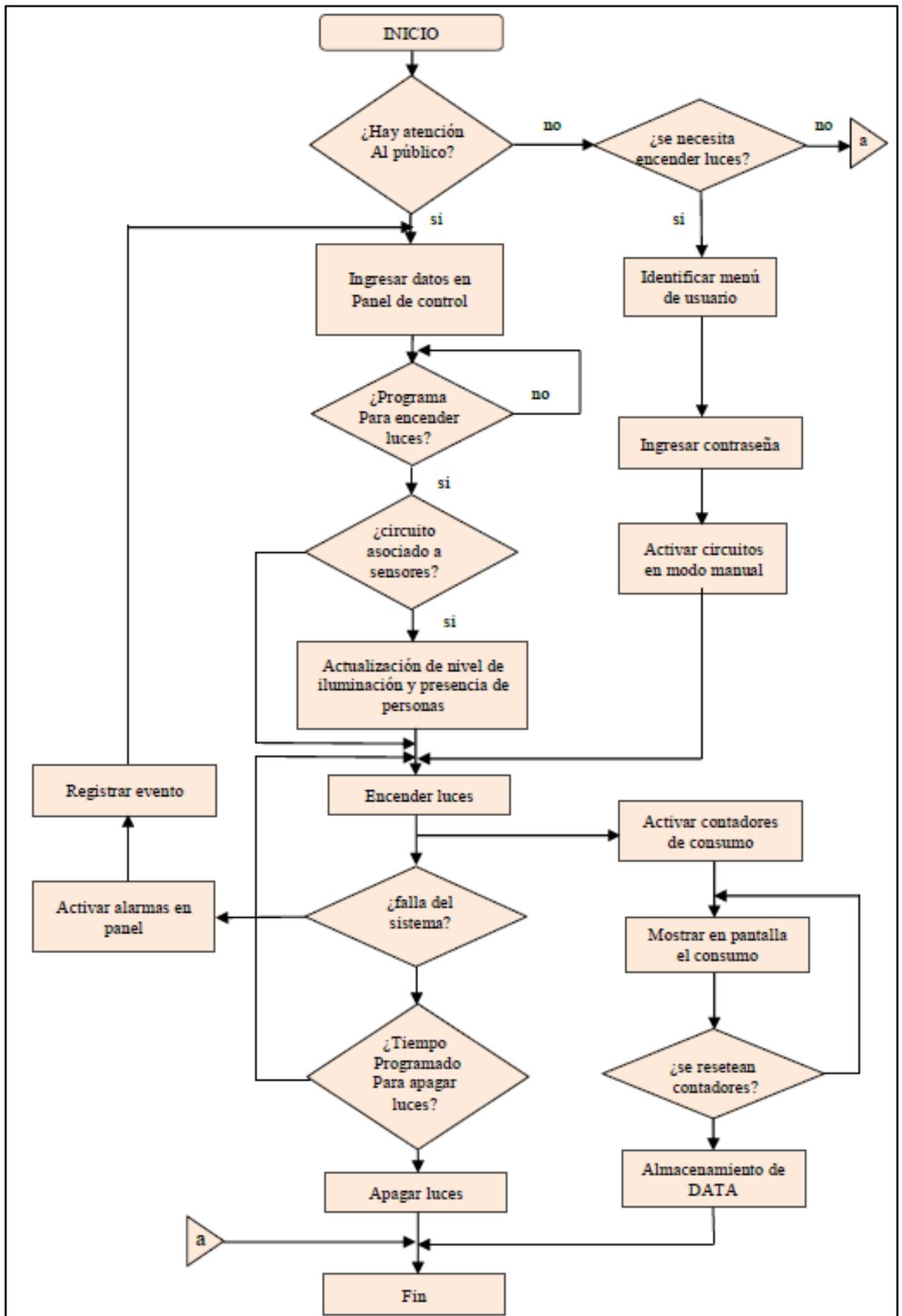


Figura 4.2: Diagrama de flujo del sistema de control.

Del diagrama de flujo que se muestra en la figura 4.2, el módulo de control es un dispositivo electrónico utilizado en sistemas de iluminación, sin embargo no está excepto de fallas, teniendo en cuenta esta consideración, la red de comunicación se diseño de tal forma que permita tener un control manual e independiente de los circuitos de iluminación utilizando botoneras. Del mismo modo debe ser capaz de almacenar la información de fallos de sensores y luminarias o fallos de la red. Se debe configurar en el diseño de los programas de interfaz (HMI), una opción que permita acceder al control y registros de problemas y registros de consumo energético de cada área. La información de consumo ofrecida por el sistema es producto de un cálculo teórico en función al número de luminarias y la potencia de las mismas, sin embargo; si se requiere optimizar esta información podrían añadirse instrumentos especializados como: transductores o amperímetros

## **4.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS.**

Pare realizar la selección primero se realizó el diseño de la arquitectura del sistema de control y así poder determinar los dispositivos y equipos necesarios para el proyecto.

### **4.2.1 Arquitectura y filosofía de control.**

La arquitectura de control y distribución de los equipos es el punto de partida para la selección de los equipos que conformarán el sistema centralizado y automatizado de iluminación, la arquitectura planteada es el resultado de la investigación bibliográfica y de internet sobre sistemas de iluminación de los diferentes proveedores de esta tecnología. La figura 4.3 muestra el esquema general del hardware a diseñar, también se muestra la arquitectura de red y el tipo de bus de campo. Por tanto, los dispositivos a seleccionar deben soportar este tipo de comunicación.

Entre los elementos tenemos a las luminarias que necesariamente deben tener un balastro electrónico dimerizable, la interconexión de ellas es a través de un bus de campo (BUS DALI), que se integra a un actuador (interface de comunicación) capaz de manejar una gran cantidad de direcciones (IP) y comunicación ETHERNET. A cada luminaria se le asignará una dirección, de esta forma por medio del BUS DALI se envía la señal de encendido o apagado de una luminaria específica (modo manual) o control de un circuito de luminarias de pendiendo la necesidad del área a iluminar (modo automático). La conectividad de un solo cable (BUS DALI) simplifica tanto las instalaciones nuevas como las renovadas.

Los sensores de presencia que generalmente se instalan en el techo o cubiertas de las áreas a controlar, cada sensor se interconecta al bus de campo (CRESNET) que es la columna vertebral para la comunicación de los sensores con el módulo puente de ETHERNET, y a través de esta red se estable la comunicación con el módulo de procesamiento.

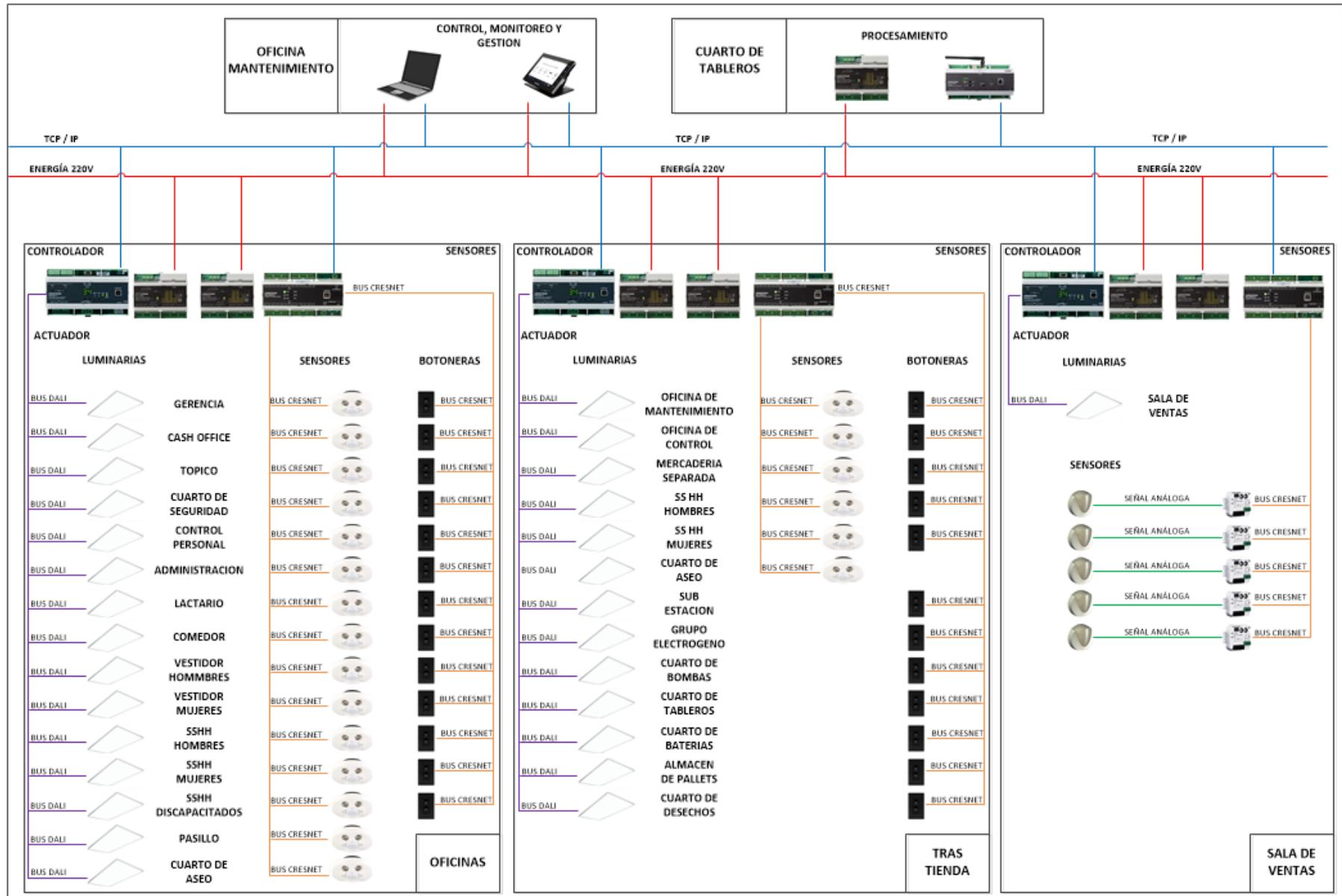


Figura 4.3: Arquitectura general del sistema centralizado y automatizado para un centro comercial.

Los sensores para medir el nivel luz se montan en techo o en pared, la señal de salida es del tipo analógica, la cual necesita un procesamiento diferenciado que una señal digital, para tal caso los sensores se conectan a una interface que permite conectarse a un bus de campo, se plantea utilizar el bus CRESNET, la información es enviada hacia un módulo de integración y codificación el cual tiene como salida el estándar de red local ETHERNET.

El elemento que gobierna e intercomunica con los módulos anteriores, el módulo de procesamiento, dispositivo capaz de procesar la información y funciona como un controlador maestro y lo módulos son los controladores esclavos; la red de comunicación entre ellos es a través del estándar de red local ETHERNET. Finalmente la información del módulo de procesamiento es monitoria desde una interface interactiva (HMI). La HMI permite configurar los menús de control para la iluminación de las áreas, en los menús se programan las horas de encendido de las luminarias y/o la cantidad de luz en un área determinada, también registra los eventos sucedidos como: fallas en los sensores, o perdida se la señal de un sensor.

## **4.2.2 Dispositivos de entrada.**

### **4.2.2.1 Sensores.**

En el campo de control de la iluminación, los tipos de sensores más empleados para formar parte de estos sistemas de control son: los sensores de presencia y los sensores fotoeléctricos; es posible implementar un sistema inteligente de iluminación con uno de los tipos de sensores mencionados , en este proyecto se aplicarán ambos tipos de sensores. Estos dispositivos forman parte de las entradas del sistema. Los sensores de presencia deben enviar una señal de detección o no detección al módulo de procesamiento; los sensores fotoeléctricos medirán el nivel de iluminación en el área de trabajo.

#### **4.2.2.2 Sensor de presencia.**

Los sensores a utilizar en este proyecto deben detectar el movimiento o presencia de las personas (ocupancia), por tanto deben del ser del tipo dual, es decir que tenga un funcionamiento infrarrojo pasivo (presencia) y un funcionamiento del tipo ultrasonido (movimiento). En el módulo de procesamiento se programa la acción a realizar dependiendo de la información enviada por el sensor.

Se eligió un sensor de ocupacion de doble tecnologia (dual) modelo GLS-ODT-C-CN, este es un sensor de movimiento que se utiliza para determinar si una área determinada esta ocupada por personas u objetos móviles. Combina el movimiento infrarrojo pasivo y ultrasónico (PIR) cuya tecnología de detección permite cubrir áreas grandes de hasta 120 metros cuadrados con un alto inmunidad a falsos disparadores.



**Figura 4.4:** Sensor de presencia modelo GLS-ODT-C-CN.

**Fuente:** Tomada de “Dual-Technology Occupancy Sensor with Cresnet” (Creston, 2020)

Este sensor por ser de uso industrial presenta una detección de ocupación constante y confiable, por medio de la combinación de tecnologías de detección de infrarrojos pasivos y ultrasónicos (PIR). La detección de movimiento ultrasónica es muy sensible a pequeños movimientos en un área grande, mientras que la detección infrarroja pasiva asegura una inmunidad superior a los disparos falsos de vibraciones, objetos inanimados o movimiento en un pasillo adyacente. La detección de movimiento ultrasónica se puede configurar por cualquiera de los lados del sensor, esto permite evitar lecturas de ocupación falsas cuando el sensor está frente a un pasillo o una puerta. Este sensor GLS-ODT-C-CN utiliza el bus de campo CRESNET para la comunicación entre dispositivos. Este bus es flexible utiliza 4 cables, proporciona comunicaciones de datos y alimentación de de 24 V DC. Los datos técnico y especificaciones del sensor se presentan en el anexo A.

#### 4.2.2.3 Sensor fotoeléctrico con regulación.

Según la norma n° DGE 017-AI-1/1982 los niveles de iluminación para almacenes y depósitos fluctúan entre el siguiente rango (100-300 lux) . Entonces como característica fundamental del sensor es que tenga la sensibilidad de detectar igual o mayor a los 200 lux. Otro punto importante es que permita el bus de comunicacion DALI.

Se seleccionó un sensor modelo GLS-LOL, este es un fotosensor que se monta en una pared o en el techo mide el nivel de luz de una fuente de luz natural, se puede montar en superficie vertical u horizontal, figura 4.5.



**Figura 4.5:** Fotosensor modelo GLS-LOL

**Fuente:** Tomada de “Creston Green Light® Photosensor” (Creston, 2020)

El fotosensor mide el nivel de la luz para lograr el equilibrio óptimo de iluminación natural y artificial en un espacio interior en aplicaciones de captación de luz diurna. Monitorea continuamente la cantidad de luz natural que entra a través de una ventana o traga luz, lo que permite que el sistema de control atenúe o apague la iluminación de la habitación cuando hay suficiente luz natural disponible para iluminar el espacio.

Los fotosensores de circuito abierto proporcionan una solución rentable para la captación de luz del día, lo que permite controlar varias zonas de iluminación mediante un solo sensor. Se instalan en el techo cerca de una ventana o cerca de un tragaluz, dirigido hacia la luz del día entrante y lejos de cualquier accesorio de iluminación eléctrica. Para comunicarse con los demás instrumentos utiliza una interfaz de 3 cables que permite la conexión directa a un sistema de control a través de un único puerto de entrada -salida analógica. la fuente de tensión de 24 V DC.

En el anexo A se presenta la ficha técnica del sensor modelo GLS-LOL. Dentro de sus características principales podemos mencionar.

- Fotosensor de montaje en techo o pared de forma vertical u horizontal.
- Mide el nivel de luz de una fuente de luz natural.
- Campo de visión de 60 grados.
- Sensibilidad a la luz. (60-6000 ) pies candela 0 (645-62700) lux.
- Salida de control analógica de 0 a 10 voltios CC.
- Interfaz del sistema de control a través de Cresnet entrada analógica.

#### 4.2.2.4 Módulo de integración del sensor dual.

Para permitir que los fotosensores se conecten directamente a la red de control CRESNET, se seleccionó un dispositivo de interfaz modelo GLS-SIM, figura 4.6, este dispositivo es compacto y pequeño. Este módulo se instala fácilmente en la ubicación del sensor, montando convenientemente dentro de la caja eléctrica o expuesto sobre el techo. Las conexiones de cableado a la red y al sensor se facilitan mediante terminales de tornillo en miniatura.



**Figura 4.6:** Módulo de integración.

**Fuente:** Tomada de “Green Light Sensor Integration Modulee” (Creston, 2020)

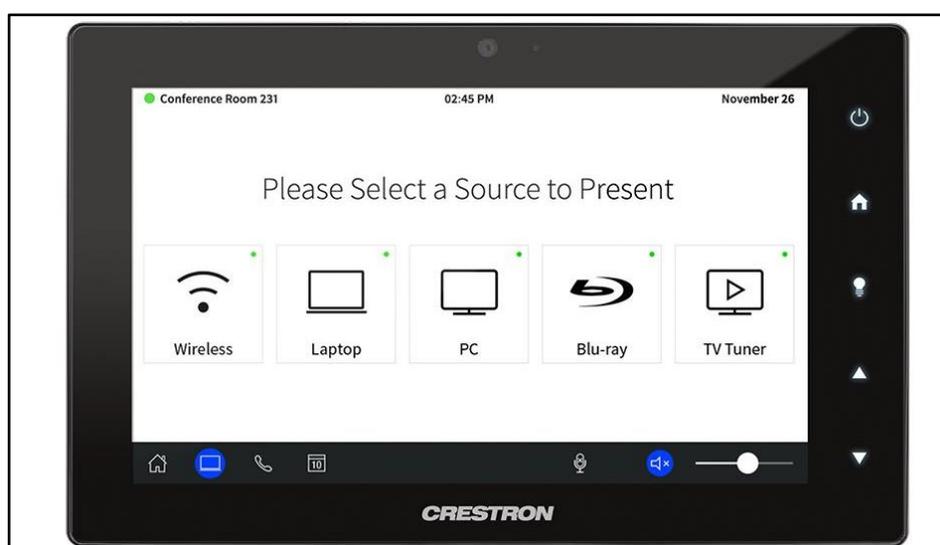
El módulo GLS-SIM es compatible con los sensores de la serie Crestron GLS, así como con la mayoría de los sensores de 24 voltios de cualquier fabricante. Hay disponible una potencia de hasta 1 amperio a 24 V DC para conectar varios sensores en paralelo. El GLS-SIM en realidad incluye dos entradas de detección, cada una capaz de detectar un cierre de contacto, un nivel lógico o una señal analógica de 0-10 V.

las especificaciones técnicas y modo de conexión se presentan en el anexo A. Dentro de sus características principales presenta.

- Proporciona conectividad Cresnet para la serie Crestron GLS y sensores de terceros.
- Funciona con sensores de ocupación, fotocélulas, sensores de partición y más.
- Proporciona 24 voltios CC para alimentar uno o más sensores.
- Incluye 2 entradas de detección independientes.
- Admite cierre de contacto, lógica CC y señales analógicas de 0-10 V.
- El módulo compacto cabe en una caja eléctrica detrás del sensor.

#### 4.2.2.5 Interface de usuario HMI.

Como interfaz de usuario se empleará un dispositivo modelo TSW-760, figura 4.7 estos terminales visuales de interfaz con el operador se utilizan en aplicaciones en que se necesita monitorear, controlar y desplegar información de un proceso o máquina de forma gráfica. La configuración de los terminales TSW-760 y el desarrollo de sus pantallas de interfaz para cada aplicación, son desarrolladas mediante el software de programación Crestron HTML5. El modelo TSW-760 cuenta con una pantalla táctil capacitiva de 7 pulgadas con tecnología de software Crestron HTML5 y Smart Graphics y cinco botones de tacto suave.



**Figura 4.7:** Interface de usuario táctil modelo TSW-760

**Fuente:** Tomada de “TSW-760-B-S 7 in. Touch Screen, Black Smooth” (Crestron, 2020)

Permite comunicarse con otros equipos a través del estándar Ethernet, admite comunicador bidireccional y bus de personas sin necesidad de cableado especial. Entre sus características destacan.

- Pantalla táctil capacitiva y botones capacitivos de tacto suave retroiluminados.
- Pantalla panorámica en color de matriz activa (7 pulg.) Y resolución de pantalla WSVGA de 1024 x 600.
- Admite proyectos personalizados de software Crestron HTML5 y Smart Graphics.
- Capacidad de reconocimiento de voz.
- Visualización de transmisión de video H.264 o MJPEG.
- Conexión Ethernet de un solo cable con alimentación PoE o PoE + Power.
- Configuración basada en web o en la nube.
- Caja eléctrica de pared o soporte para atril.

#### **4.2.2.6 Botonera o teclado de montaje.**

La botonera como elemento convencional para el encendido de las luminarias en forma manual es muy importante en estos sistemas. El tipo de botonera seleccionado es del modelo C2N-CBD-E de Crestron. Este equipo se instala fácilmente junto con otros dispositivos de pared de bajo voltaje para ofrecer una solución de control de teclado totalmente personalizable como parte de un sistema de control. Permite configurar que un solo teclado cuente con varios botones que permiten controlar una o varias luminarias a la vez.

Entre las principales características de la botonera C2N-CBD-E están:

- Instalación de caja eléctrica estándar.
- Combinaciones versátiles de 2 a 8 botones.
- Configurable por el instalador con opción de 4 tamaños de botones.
- Botones divididos para funciones arriba / abajo y encendido / apagado.
- Los eventos de botón permiten la funcionalidad de tocar, tocar dos veces y mantener presionado
- Indicadores de retroalimentación LED verdes.
- LED integrado intermitente y lógica de gráfico de barras.
- Intensidad LED ajustable.
- Comunicaciones por cable Cresnet.

### 4.2.3 Actuadores.

Estos dispositivos, son los encargados de interconexión de los sensores, panel de operador, botoneras con el módulo procesador del sistema. El actuador empleado tendrá la función de activar o desactivar un circuito de iluminación (o una luminaria) al mandar la orden a través de la dirección IP asignada a cada luminaria. La acción del actuador dependerá de la señal que resiva del módulo de procesamiento, donde se verificará las siguientes funciones:

- Las luminarias serán activadas si está dentro del horario programado por el usuario administrador y desactivado según la configuración realizada en el panel del operador.
- El usuario decide activar o desactivar en forma manual el circuito a través de la interfaz hombre-máquina (panel de operador).
- Las luminarias se activarán de forma automática solo si el sensor de presencia indica detección y el fotosensor indica que el nivel de iluminación esta por debajo de los establecido.

#### 4.2.3.1 Módulo interface para luminarias.

El actuador seleccionado es el modelo DIN-DALI-2 figura 4.8, es una interfaz DALI proporciona control de hasta 2 lazos DALI individuales. Es compatible con el bus Cresnet y el estadar Ethernet de bajo perfil para el procesador DIN-AP3 o cualquier sistema de control 3-Series, tiene un par de puertos Cresnet en el DIN-DALI-2 que permite la conexión en cadena de varios módulos de control de automatización de la serie DIN Rail.



**Figura 4.8:** Interface DALI modelo DIN-DALI-2

**Fuente:** Tomada de “DIN Rail 2-Channel DALI® Interface” (Crestron, 2020)

Este módulo tiene dos canales que pueden controlar hasta 128 balastos individuales. Dado que ofrece control de nivel de balasto, las cargas de iluminación alimentadas por la misma alimentación se pueden controlar individualmente. Trae incorporada su propia fuente de alimentación, la energía se entrega a través de PoE o Cresnet, creando una verdadera instalación de un solo cable. Tanto Cresnet como PoE son capaces de alimentar los 128 controladores de balasto DALI.

Presenta una programación basado en menús que proporciona una configuración paso a paso de las propiedades, los grupos y las escenas del balasto. Guiado por el software, se puede simplemente establecer la dirección del balasto y verificar el estado de la conectividad, editar los niveles mínimo y máximo, el tiempo de desvanecimiento, y cambiar las agrupaciones y escenas de balasto. El DIN-DALI-2 se comunica con un procesador de automatización DIN-AP3 u otros sistemas de control Crestron 3-Series, a través de la red de control Cresnet o Power-over-Ethernet (PoE).

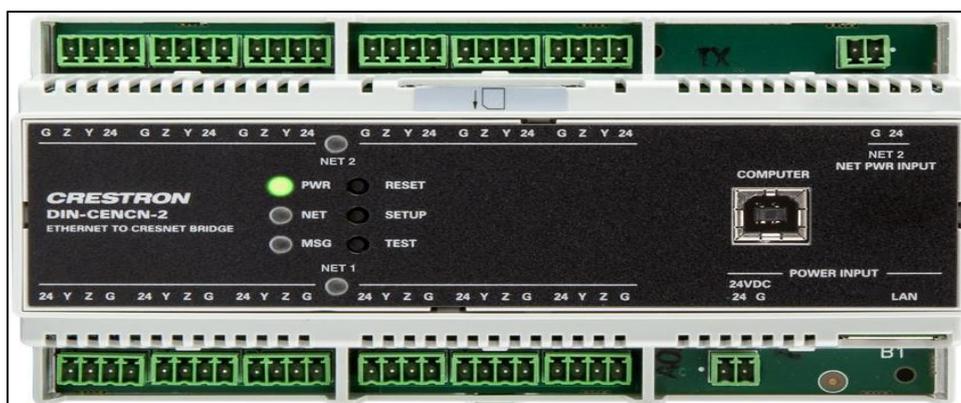
La ficha técnica de configuración se muestra en el anexo A; a continuación se mencionan las características principales.

- Interfaces con 2 bucles DALI independientes
- Controla hasta 128 balastos.
- Comunicación Cresnet o PoE para instalación de un solo cable.
- Fuente de alimentación DALI integrada.
- Herramienta de puesta en marcha Crestron DALI para una fácil configuración.
- Montaje en carril DIN de 9M de ancho.

#### 4.2.3.2 Módulo puente de ETHERNET a CRESNET.

Este módulo permite la interconexión del fotosensor seleccionado anteriormente con la red de control, es decir realiza el puente de adaptación y comunicación ETHERNET a CRESNET. El módulo seleccionado para esta aplicación es el modelo DIN-CENCN-2, figura 4.9. Este puente de enlace de Ethernet a CRESNET, funciona con cualquier sistema de control Crestron 3-Series Control System, para maximizar la confiabilidad y solidez de la red.

Tiene dos puentes Ethernet a Cresnet , permite la distribución de Cresnet a través de Ethernet de alta velocidad, reduce la latencia para mejorar la velocidad y el rendimiento en general.. Se pueden implementar uno o más puentes en un solo sistema de control, e incluso pueden ser abordados por más de un sistema de control.



**Figura 4.9:** Puente de ETHERNET a CRESNET modelo DIN-CENCN-2  
**Fuente:** Tomada de “Ethernet to Cresnet® Network Bridge” (Crestron, 2020)

El módulo DIN-CENCN-2 tiene dos subredes aisladas. Cada subred se comporta como un maestro Cresnet con su propio espacio de direcciones único. Se admite un máximo de 20 dispositivos Cresnet por subred, y cada subred proporciona seis conectores Cresnet para una fácil terminación de varias líneas. Utiliza una fuente externa de alimentación externa de 24 V DC el cual se configura automáticamente en función de las fuentes de alimentación conectadas.

También permite el diagnóstico muchos problemas comunes del sistema de control como fallas en el cableado, energía insuficiente o demasiados dispositivos. Este último se resuelve aumentando el ancho de banda mediante Ethernet y limitando la cantidad de dispositivos que se pueden conectar a cada subred. Para los otros problemas, DIN-CENCN-2 proporciona un conjunto completo de herramientas de diagnóstico para ayudar a identificarlos y resolverlos.

La ficha técnica de programación y conexión del equipo se presenta en el anexo A entre sus principales características están :

- Maximiza el rendimiento y la confiabilidad de la red Cresnet.
- Habilita las comunicaciones de datos Cresnet a través de Ethernet de alta velocidad.
- Proporciona dos subredes Cresnet aisladas.
- Admite 20 dispositivos Cresnet por subred..
- Admite una longitud de cable total de 3000 pies (914 m) por subred.
- Incluye administración de energía inteligente para cada subred.
- Cuenta con herramientas de diagnóstico de red integradas.
- Permite la notificación de errores en tiempo real a través del sistema de control.

#### **4.2.4 Procesador.**

Este módulo es el cerebro para el sistema centralizado y automatizado de control energético, debe tener la capacidad de procesar la información proveniente de los módulos de interface y adaptación, el estándar ethernet es el de mayor uso en una red de área local, por tanto el controlador debe ser compatible con este sistema de intercomunicación de equipos. Otro punto importante es la capacidad de memoria, y la velocidad de procesamiento de la información y los requerimientos de programación y opciones de comunicación. En los sistemas de iluminación no se requiere gran velocidad de respuesta frente a las señales de entrada, sin embargo, el tráfico de la información por la red de control pueden ralentizar la comunicación. Se seleccionó un módulo de procesamiento de la marca Crestron modelo DIN-AP3MEX. El módulo DIN-AP3MEX figura 4.10, admite la comunicación por cable Cresnet y Ethernet. Con el motor de control 3-Series, el DIN-AP3MEX forma el núcleo de cualquier sistema de iluminación comercial moderno en red, administrando e integrando todas las tecnologías dispares en sus instalaciones para hacer la vida más fácil, productiva y más agradable.



**Figura 4.10:** Módulo de procesamiento modelo DIN-AP3MEX  
**Fuente:** tomada de “DIN Rail 3-Series Automation Processor w/infiNET EX® ” (Creston, 2020)

Este módulo es capaz de procesar información en alta velocidad en tiempo real para ejecutar múltiples programas simultáneamente. La programación es del tipo modular que permite desarrollar y ejecutar de forma independiente programas específicos del dispositivo para iluminación, cortinas, HVAC, etc., lo que permite la optimización de cada programa y permite realizar cambios en un programa sin afectar al conjunto.

La conectividad Ethernet de alta velocidad permite la integración con dispositivos controlables por IP y permite que DIN-AP3MEX sea parte de una red de control administrada más grande. Ya sea que resida en una LAN corporativa sensible, una red doméstica o acceda a Internet a través de un módem de cable. El módulo seleccionado se puede conectar de forma segura y confiable con pantallas táctiles, computadoras, dispositivos móviles, pantallas de video, servidores de medios, sistemas de seguridad habilitados para IP.

Incorpora la tecnología infiNET EX que proporciona una forma extremadamente fácil y rentable de agregar control de iluminación, y otras funciones utilizando equipos o productos inalámbricos basados en infiNET EX. También presenta la tecnología inalámbrica Crestron Extended Range (ER) que permite la compatibilidad con ciertas pantallas táctiles inalámbricas Crestron y controles remotos portátiles.

Entre sus características principales brindadas por el fabricante podemos mencionar:

- Sistema de control de clase empresarial.
- Arquitectura de programación modular exclusiva.
- 256 MB de RAM y memoria flash de 4 GB integrados.

- Ranura para tarjeta de memoria.
- Puerta de enlace inalámbrica infiNET EX y ER integrada.
- Comunicaciones por cable Ethernet y Cresnet estándar de la industria.
- Configuración del instalador mediante el software Crestron Toolbox o el navegador web.
- Entornos de programación C #, basados en símbolos y de arrastrar y soltar.
- Puerto de consola de computadora USB del panel frontal.
- Montaje en carril DIN de 9 m de ancho.

#### **4.2.5 Fuente de alimentación externa.**

Es necesario seleccionar este tipo de dispositivo para alimentar a los actuadores (módulo de interface de luminarias, módulo de adaptación de sensores y módulo de procesamiento) , una fuente por módulo. La selección se basó en la potencia de cada módulo, es importante mencionar que la tecnología de estos equipos pueden soportar una alimentación de dos fuentes diferentes, es decir pueden ser alimentados por la red de control y por una fuente externa. El módulo actuador de interface de las luminarias son equipos de baja potencia (9 wats), el módulo puente de adaptación ethernet-cresnet es de 75 wats y el controlador (7 wats). Estos equipos son montados en un tablero eléctrico.

Se seleccionó un fuente de alimentación modelo DIN-PWS60 es un módulo de fuente de alimentación 60 vatios, diseñado para encajar en un riel DIN estándar para su instalación en un gabinete de montaje en pared.

Entre sus principales características están:

- Módulo de fuente de alimentación Cresnet de 60 vatios.
- Alimenta el procesador de automatización DIN-AP3 y otros dispositivos Cresnet.
- Incluye seis puertos de alimentación Cresnet.
- Montaje en carril DIN de 6 m de ancho.
- Alimentado por línea de 100-277 voltios CA.

#### **4.2.6 Red de comunicación industrial.**

La red de comunicación seleccionado para la intercomunicación entre el módulo de control, panel del operador (HMI) y los actuadores es la red comunicación ETHERNET, porque es el más utilizado en redes de área local y a los equipos seleccionados soportan este tipo de conexión. Su perfil técnico es el protocolo IEEE 802.3 y esto especifica cómo los dispositivos se conectan a internet. Proporciona una conexión confiable y más rápida ya que no tiene la interferencia de otros dispositivos que usan la misma red. La topología física de la red es una topología bus, en donde todos los dispositivos son conectados a un único tramo de cable como se muestra en el anexo C. Ethernet funciona enviando paquetes de datos a la red: envía frames, que incluye los datos y la dirección de

donde viene y se está enviando, información de corrección de errores y calidad de servicio de información.

Para esta aplicación la conexión entre sí de los equipos es utilizando cables de categoría 6 (CAT6). Este tipo particular de cable permite que los datos viajen en ambas direcciones, lo que significa que tienen la capacidad de transmitir datos en todo momento, sin ninguna latencia.

Los principales beneficios del uso de ethernet para una LAN son las siguientes:

- No requiere ningún trabajo de construcción para su instalación, es compatible con la mayoría de los enrutadores y dispositivos, como las computadoras portátiles (aunque es posible que se necesite un adaptador).
- A menudo, la conexión es más confiable que depender de WiFi, ya que la señal de un solo enrutador puede no ser tan estable en toda la oficina.
- También es posible que obtenga mejores velocidades por enlace ascendente y por enlace descendente en comparación con línea de abonado digital asimétrica (ADSL), lo que significa que puede compartir archivos grandes más rápido entre computadoras.

#### **4.2.6.1 Bus CRESNET.**

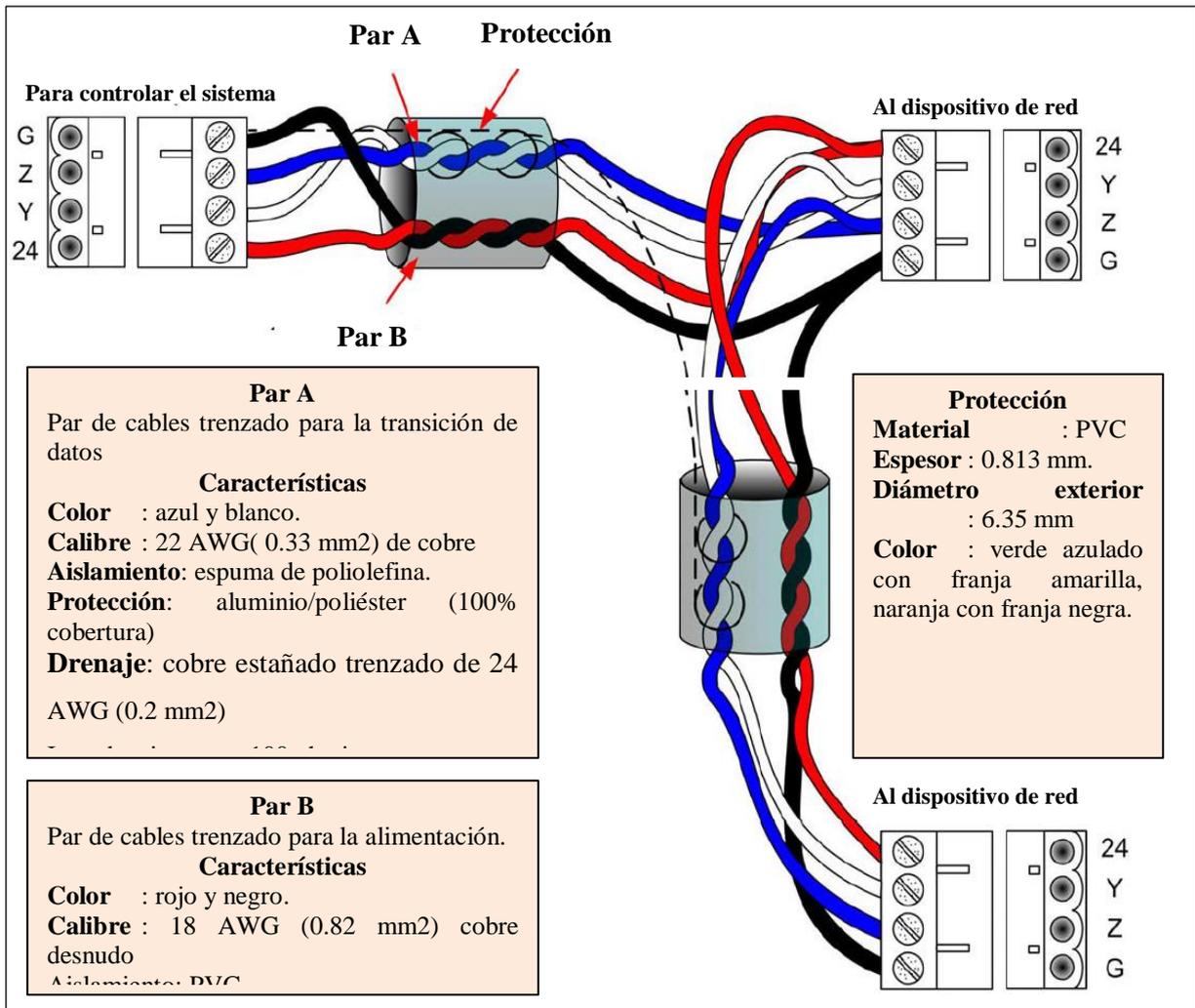
Cresnet es el bus de campo columna vertebral de comunicaciones para muchos teclados, controles de iluminación, motores de cortinas, termostatos, sensores de presencia y otros dispositivos Crestron que no requieren la mayor velocidad de Ethernet. Proporciona una solución de cableado flexible y confiable, que permite conectar varios dispositivos en paralelo utilizando topologías de conexión en cadena y de conexión en cadena. El bus Cresnet distribuye comunicación de datos bidireccional y alimentación de 24 VCC a cada dispositivo a través de un solo cable de 4 conductores.

#### **4.2.6.2 Interconexión del bus CRESNET.**

Durante la instalación se debe tener en cuenta lo siguiente:

- No encienda el sistema hasta que todo el cableado esté verificado. Se debe tener cuidado para garantizar que las conexiones de datos (Y y Z) y de alimentación (24 G) no se crucen.
- Blindaje de tierra solamente en el extremo del sistema de control.

En la figura 4.11 se presenta el esquema de conexión del bus Cresnet.



**Figura 4.11:** Esquema de conexión física del bus crasnet.

**Fuente:** Adaptada de “Cresnet Control Cable, Non-Plenum, (304 m) spool” Creston, (2020)

#### 4.2.6.3 Bus DALI.

El sistema de regulación interfaz de iluminación direccionable digital (DALI) es un protocolo para la regulación del flujo luminoso de una luminaria. Para esto es necesario la instalación de un cable extra de dos hilos a modo de bus de control, por donde se envía la señal digital del módulo interface de luminarias mediante una tensión comprendida entre (16-17)V DC. Esta señal se encarga de gestionar la cantidad de luz de la luminaria.

Está basado en el estándar UNE-EN 62386 y es totalmente compatible con las luminarias led por medio de las fuentes de alimentación o decodificadores. Por tanto, DALI es una excelente opción para modernizar los sistemas de iluminación porque no requiere cambios en el cableado de voltaje y línea. El bus de campo más utilizado en el control de iluminación de edificios, habiéndose convertido

en el estándar de facto que se usa en todos lados. El Bus Dali puede ir conjuntamente con los cables de alimentación eléctrica (Fase, Neutro y Tierra).

Sus características más importantes son:

- Establece una comunicación bidireccional del máster (Módulo interface) con las luminarias y permite que las luminarias envíen información de retorno o control a la máster de control.
- Permite discriminar entre las luminarias, ya que funciona por direcciones.
- Cada bus (dos hilos) puede gestionar hasta 64 dispositivos en un máximo de 16 grupos.

#### 4.2.6.4 Consideraciones del Hardware.

Se refiere a la conexión física de los módulos, para lo cual se utiliza cable especializado para cada tipo de red. A continuación se describe cada uno de los cables.

**Tabla 4.3:** Características de los cables utilizados en la red de control.

RED	TIPO DE CABLE	CARACTERISTICA	REFERENCIA
Ethernet	UTP/CAT 6	<p>El cable consta de 4 pares de hilos de cobre trenzados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cobre sólido de 24 AWG</li> <li>▪ CAT6 es normalmente terminado con conectores modulares 8P8C.</li> <li>▪ La longitud máxima permitida de un cable Cat-6 es de 100 metros cuando se utiliza para 10/100/1000 Base T.</li> <li>▪ Impedancia 100 Ohms <math>\pm</math>15% (1-250 MHz)</li> </ul>	
Bus CRESNET	CRESNET-P-TL-SP1000	<p>2 pares trenzados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un par 18 AWG para la alimentación 24 VCC y tierra.</li> <li>▪ Un par trenzado blindado 22 AWG para datos de control, , naranja o negro.</li> <li>▪ Se obtiene por carretes de 152 m.</li> </ul>	
Bus DALI	BELDEN 4500FE.00100	<p>Con forro blindado de a par trenzado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un par decables blindado 24 AWG para datos de control.</li> <li>▪ Impedancia 56 Ohms.</li> <li>▪ Aislamiento, HDPE - Polietileno de alta densidad</li> </ul>	

#### **4.2.7 Luminarias.**

La selección de las luminarias más adecuadas para la iluminación de una instalación comercial debe considerar una serie de aspectos agrupados de acuerdo con su influencia sobre diversos parámetros del proyecto. Sin embargo, esta investigación no profundiza en la selección idónea de la luminaria, sino en su control de encendido, apagado y luminosidad. El tipo de tecnología de estas luminarias debe ser LED. Los aspectos generales que se tuvieron en cuenta para la selección de las luminarias son:

- Que permita un control de encendido y apagado a través del bus de campo DALI.
- Funcionalidad de la luminaria, empleadas para distribuir adecuadamente el flujo luminoso de las bombillas. Se realizó un cálculo para determinar la cantidad de luminarias
- Pérdidas de flujo luminoso, se consideró las condiciones del entorno como el color de las paredes y techos.
- Facilidades de mantenimiento, grado de contaminación ambiental, facilidades para limpieza y facilidades para cambio de balastos electrónicos.

##### **4.2.7.1 Luminaria para oficinas.**

La iluminación de una oficina es mucho más que un elemento funcional. La iluminación en las oficinas no solo debe proporcionar la luz adecuada, sino también aumentar la concentración y la sensación de bienestar de los empleados y, en términos de ahorros, debe permitir un control de la luz inteligente y eficiente. Por lo tanto, se seleccionó una luminaria tipo panel modelo CFP14-55/41/3435 figura 4.12a. Entre las principales características dadas por el fabricante están:

- Larga vida de hasta 54.000 horas L80/B50 (a 25 °C).
- Muy buen rendimiento con una eficiencia de hasta 117 lm/W, potencia 50 watt.
- Controlador regulable de 0-10 V , hasta un 10%
- Grado de protección en la cara exterior (IP54).

##### **4.2.7.2 Luminaria para tras tienda.**

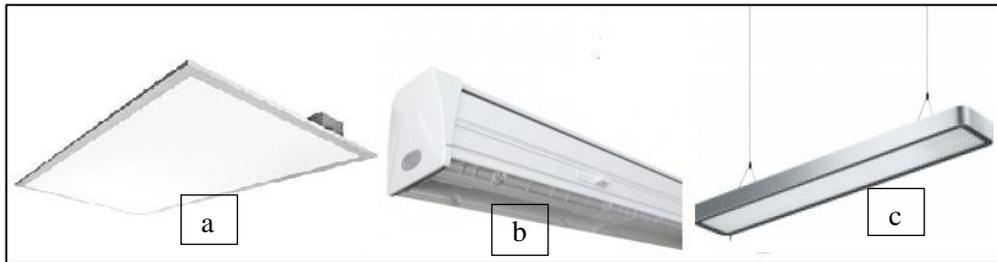
Para esta área se seleccionó una luminaria del tipo suspendida, por que mayormente los almacenes presentan techos altos, el modelo seleccionado es LN INDV D/IDALI 1500 56W/4000K, figura 4.12 b. Entre sus características destacan.

- Distribución homogénea de la luz y deslumbramiento reducido ( $UGR < 16$ ).
- Montaje en superficie o suspendido.
- Regulable con interfaz DALI y solución de iluminación completa con DALI.
- Eficiencia de hasta 115 lm/W, potencia de 56 W.
- Grado de protección en la cara exterior (IP54).

### 4.2.7.3 Luminaria para ventas.

Para el área de ventas se seleccionó el modelo MPL4-40VL-AC-EDU, de la marca Columbia, figura 4.12c Las características que brinda el fabricante son

- Eficiencia 121 Lm/wat.
- Potencia 96 watts.
- Dimerizable DALI
- Altura de montaje hasta 5.5 m
- Grado de protección en la cara exterior (IP54).



**Figura 4.12:** Tipo de luminarias seleccionadas.

**Fuente:** Tomada de “Columbia Lighting” (Columbia, 2020)

### 4.2.8 Dimensionamiento de los equipos.

A continuación se presenta la descripción del dimensionamiento de cada uno de los equipos.

#### 4.2.8.1 Cálculo del número de luminarias.

Para el dimensionamiento de los equipos por el sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en un centro comercial, se parte del área de los ambientes que se muestran en la tabla 4.1. Los factores más importantes a considerar es el área en  $m^2$  y el nivel de luminosidad correspondiente. Según la norma norma DGE 017-AI-1/1982, el nivel de promedio de lux por área de trabajo es:

**Tabla 4.4:** Nivel de lux según el área de trabajo.

SECCIÓN	área( $m^2$ )	iluminación(lux)
Área de ventas	2900.0	500
Área tras tienda	390.0	350
Área de oficinas.	370.0	500

Para estimar la cantidad de luminarias a utilizar en cada área se realizó el cálculo basado en el método de los lúmenes, también denominado, sistema general o método del factor de utilización, El método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Proporciona una iluminancia media con un

error de  $\pm 5 \%$  y nos da una idea muy aproximada de la cantidad de luminarias. La tabla 4.5 se presenta el resumen del análisis, el procedimiento completo se muestra en el anexo D.

**Tabla 4.5:** Resumen del cálculo de luminarias.

PROCEDIMIENTO	AREA		
	VENTAS	TRAS TIENDA	OFICINAS
Tipo de luminaria	Columbia LED 4000K / 96W	LN INDV D/I DALI 1500 56W/4000K	Panel CFP14- 4000K/50W
Flujo luminoso de la lámpara(lm)	11572	6550	5880
Número de lámparas	<b>161</b>	<b>36</b>	<b>41</b>

De la tabla 4.5 se obtiene que según la luminaria seleccionada, en el área de ventas para una área de  $2900 \text{ m}^2$  se requieren 161 luminarias tipo riel de 96watts/ 11572 lúmenes; para el área tras ventas cuya área es  $390 \text{ m}^2$  se requieren 36 luminarias tipo suspendida de 56 watts/6550 lumines y para el área de oficinas para iluminar una area de  $370 \text{ m}^2$  se requieren 41 luminarias tipo panel de 50 watts/5880 lumines.

Es importante mencionar que, en este proyecto no se centra en la calidad de iluminación de una área en específica, si no en el control de la luminancia de cada una. Los datos anteriores solamente son para poder dimensionar los equipos e instrumentos.

#### 4.2.8.2 Determinación del número de sensores.

Para el cálculo del número de sensores de ocupación se consideró el área  $\text{m}^2$  del lugar de aplicación y el radio de alcance del sensor respectivo. En las oficinas se considera instalar un sensor de ocupancia. La tabla 4.6 muestra los resultados.

**Tabla 4.6:** Cálculo del número de sensores.

PROCEDIMIENTO		AREA		
DESCRIPCIÓN	MODELO	VENTAS	TRAS TIENDA	OFICINAS
Superficie en m2 (s)	-	2900	390	370
Tipo de sensor.	-	-	-	-
Ocupancia	GLS-ODT-C-CN.	No	Si	Si
Fotosensor	GLS-LOL	Si	No	No
Número de ambientes	-	varios	13	15
Alcance del sensor (m2)	-	-	120.00	120.00
Cantidad de sensores.	-	5	13	15

En el área de ventas no se considera instalar sensores de ocupancia, porque se programará un control de encendido y apagado de las luminarias de forma temporizada y en las áreas de tras venta y oficinas tampoco se considera instalar los fotosensores por ser ambientes que mayormente permacecen cerrados o de poca luz natural.

De la tabla 4.6 se estima que el número de sensores de ocupación para el área de ventas es de 25; para el área de tras tiendas depende de la cantidad de ambiente 13; y para el área de oficinas se tienen 15 ambientes. El área en  $m^2$  de las oficinas es la suma individual de cada una de ellas, para mayor detalle ver plano en el anexo B, por tanto en cada oficina se debe instalar un sensor de ocupación. Con respecto a los fotosensores que detectan la luz natural, se ubican en las entradas de las puertas, ventanas, tragaluz o cerca techos transparente, es decir la cantidad está limitado a la arquitectura del área y los espacios destinados para el ingreso de luz, en general para un área de ventas no superan las 5 unidades, cada sensor lleva su propio módulo de adaptación.

#### **4.2.8.3 Determinación del número de actuadores.**

El número de módulo de interface para el control de las luminarias está en función de la cantidad de luminarias y el número de entradas que soporta cada módulo. El modelo seleccionado DIN-DALI-2 puede controlar hasta 128 balastos por canal (tiene dos canales). En el área de ventas tenemos 161 luminarias por tanto se requieren 2 (dos) módulos DIN-DALI-2; las luminarias de área tras ventas (36 luminarias), y las luminarias del área de oficina(41) que suman 77 luminarias estas pueden ser integradas al módulo del área de ventas en las entradas libres. En total el número de módulos de interface para el control de las luminarias es de 2 (dos) unidades.

#### **4.2.8.4 Determinación del número de módulos puente.**

El módulo de interface seleccionado DIN-CENCN-2 presenta dos sub redes, en cada una se pueden conectar hasta un máximo de 20 sensores, en total se pueden conectar 40 sensores. En el área de ventas se requieren 5 sensores fotosensores, en el área tras ventas se tiene 13 sensores de ocupacion y para el área de oficinas 15 sensores de ocupancia. Con respecto al módulo de adaptación para los fotosensores se utiliza uno por cada sensor. Según la descripción el número total de sensores es de 33 unidades, por tanto se necesitaria 1 módulos puente de ETHERNET-CRESNET (DIN-CENCN-2)

#### **4.2.8.5 Número de botoneras.**

En este proyecto se considera la instalación de las botoneras o teclados de pared uno por cada oficina. Se considera un máximo de 15 oficinas.

#### 4.2.8.6 Número de fuentes de alimentación 24 VDC.

El número de baterías está limitado al número de módulos a emplear, se conecta una batería por módulo; tenemos 2 módulos de interface para luminarias, 1 módulos puente INTHERNET-CRESNET, y un módulo de procesamiento, por tanto la cantidad de baterías es de 4 unidades. La tabla 4.7 Muestra el resumen de equipos a utilizar en este proyecto.

**Tabla 4.7:** Resumen del número de equipos.

EQUIPOS		AREA		
Descripción	Modelo	ventas	tras tiendas	Oficina
Luminarias	TRUSYS LED DALI 53W 3000K W SI	161	-	-
	LN INDV D/I DALI 1500 56W/4000K	-	36	-
	Panel DALI 1200 40W/4000K 230V	-	-	41
Sensores de ocupación	GLS-ODT-C-CN.		13	15
Fotosensores	GLS-LOL	5	-	-
Módulos de integración de fotosensores	GLS-SIM	5	-	-
Botoneras	C2N-CBD-E-W-S	-	-	15
Módulo interface de luminarias	DIN-DALI-2	2	-	-
Módulo de puente de red Ethernet_Cresnet.	DIN-CENCN-2	1	1	1
Módulo de procesamiento	DIN-AP3MEX		1	
Panel de operador (HMI)	TSW-760		1	
Fuentes	DIN-PWS60		4	

### 4.3 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

#### 4.3.1 Software de programación del sistema de control SIMPL.

Para la configuración y la interconexión de los componentes del sistema de iluminación se utilizó el software SIMPL de Crestron, este software tiene las herramientas necesarias para configurar, programar, probar y depurar el sistema de iluminación integrado. SIMPL proporciona el enlace entre el hardware, las interfaces de usuario y el equipo a controlar.

SIMPL es un lenguaje de programación orientado a objetos diseñado para facilitar la implementación de los requisitos de un sistema de control. Los objetos que se utilizan en el software SIIMPL se

llaman símbolos. Cada símbolo tiene un conjunto específico de operaciones que realizar. Las líneas que conectan símbolos se denominan señales. La colección de SIMPL símbolos y su interconexión entre sí es el programa. Por lo tanto, el programa es en realidad una imagen creada con objetos (símbolos) y líneas (señales).

#### **4.3.1.1 Configuración.**

El panel de configuración de SIMPL en Windows permite seleccionar el control sistema, interfaces de usuario, dispositivos de red y equipos a controlar necesarios en una instalación. A estos componentes de hardware se les pueden asignar direcciones de puerto, ID de red y direcciones IP. SIMPL también permite establecer parámetros de comunicación y puede especificar qué dispositivo está conectado a una tarjeta específica o módulo de control de red. Los proyectos de pantalla táctil también se pueden configurar desde el panel de configuración de SIMPL.

#### **4.3.1.2 Programación.**

Para programar un sistema de control en específico se debe seleccionar los símbolos lógicos que requerirá el sistema, se le asigna señales a esos símbolos y se conecta las señales a otros símbolos o dispositivos según lo determine la lógica del programa. SIMPL incluye una amplia variedad de símbolos que se amplían constantemente para admitir prácticamente todas las aplicaciones posibles.

#### **4.3.1.4 Pruebas.**

El software permite probar y depurar un programa antes de ponerlo en marcha, para hacer esta operación se utilizó la herramienta SIMPL Debugger, que está disponible en el software Crestron Toolbox. El paquete de instalación SIMPL incluye SIMPL + software, que es una herramienta de desarrollo que permite crear y compilar módulos de control personalizados utilizando un lenguaje de procedimiento similar a lenguaje en C. Los módulos SIMPL + se pueden agregar a un programa SIMPL o módulo de usuario (muy parecido a un símbolo lógico) para ampliar la funcionalidad o resolver un problema de control específico.

#### **4.3.1.5 Software auxiliar.**

Contiene herramientas que permiten almacenar la base de datos de dispositivos necesarias para programar en SIMPL y facilitar la configuración de un próximo sistema de control. Estas bases de datos proporcionan una definición de los dispositivos y una colección de archivos de soporte que SIMPL consume para permitir agregar módulos y dispositivos a los programas. Estas bases de datos se pueden instalar utilizando la herramienta Crestron Master Installer.

- **Base de datos de dispositivos:** La base de datos de dispositivos representa datos para las aplicaciones de programación generales, proporcionando definiciones de modelos de

dispositivos para todos los dispositivos, definiciones de símbolos para símbolos lógicos y archivos de configuración utilizados por el compilador SIMPL.

- **Base de datos Crestron:** La base de datos Crestron es una gran colección de información a la que se accede mediante varios paquetes de software Crestron, incluidos el software SIMPL, D3 Pro y SystemBuilder . La base de datos Crestron contiene cientos de módulos lógicos Crestron que han sido precodificados, probados y depurados en Crestron. Estos módulos dedicados se pueden conectar a un programa y utilizar para generar automáticamente todos los códigos de control adecuados para las funciones de dispositivos.

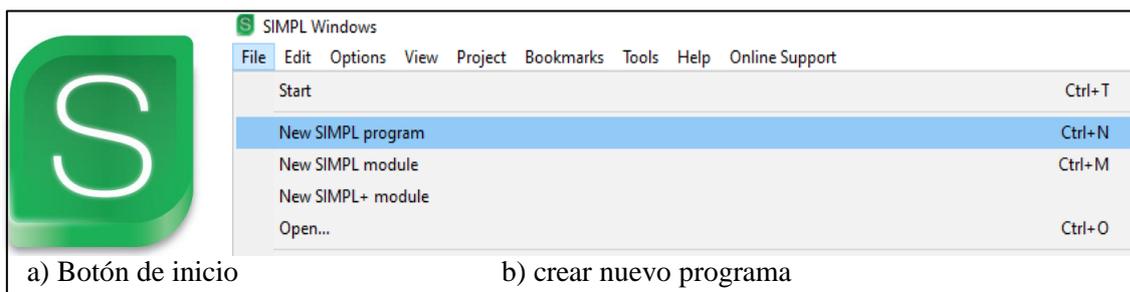
#### 4.3.2 Requisitos del computador para instalar el software SIMPL.

El programa es compatible con los sistemas operativos Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10. La capacidad mínima de la PC requerida es de 1 gigahercio (GHz) o más rápido con extensión de dirección física (PAE por sus siglas en inglés). Tarjeta gráfica: dispositivo gráfico Microsoft Direct X9 con modo de controlador de pantallas de windows (WDDM por sus siglas en inglés).

#### 4.3.3 Procedimiento para configurar el módulo de control.

A continuación se describe los pasos a realizar para la configuración del módulo controlador a través del software SIMPL.

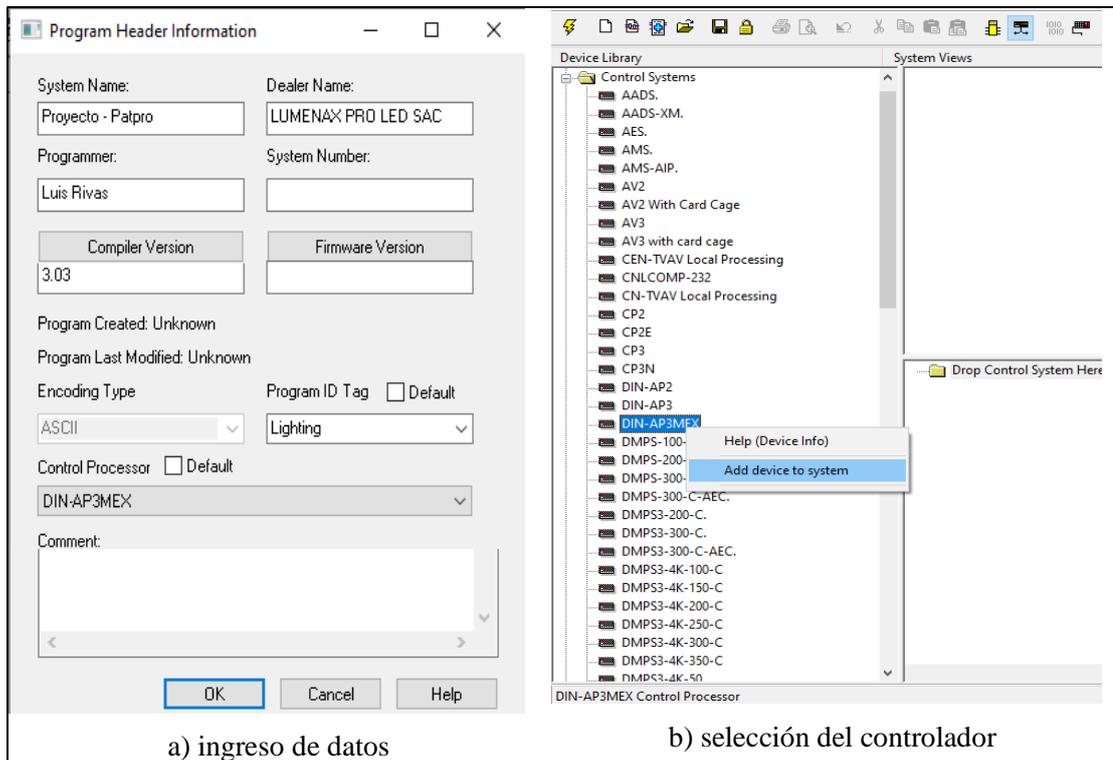
1. En la ventana principal de Windows hacer clic en el ícono del software SIMPL Windows, figura 4.13 a)
2. Crear un nuevo programa, para ello hacer clic en File y segundo en New Simpl Program, figura 4.13 b)



**Figura 4.13:** Simbol de inicio y creación de un nuevo programa.

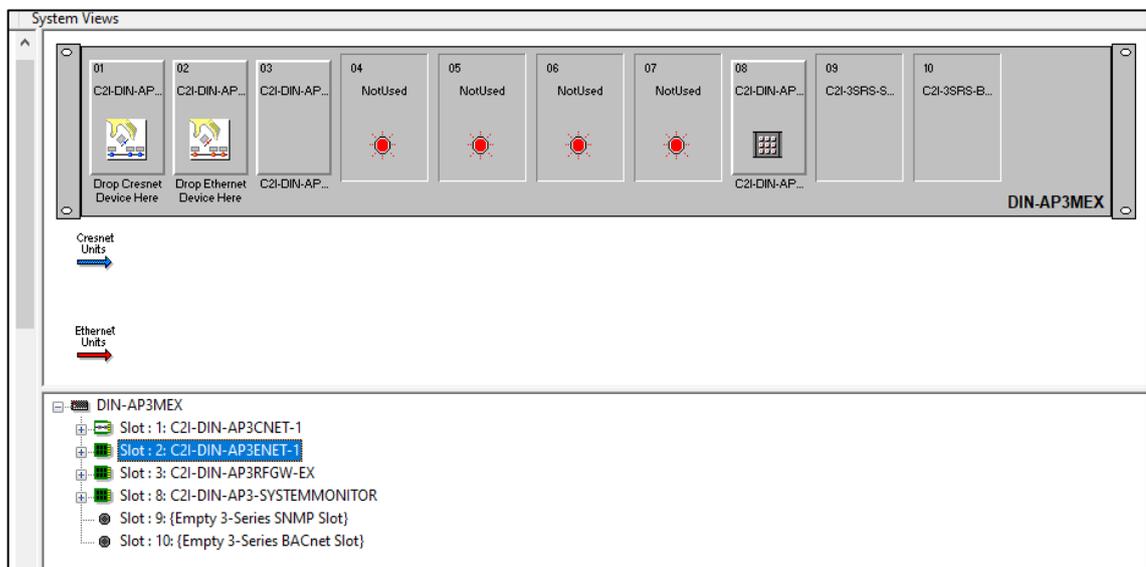
3. Ingresar los datos solicitados y hacer clic en Ok, figura 14 a).

4. Seleccionamos el procesador a utilizar en la carpeta Control Systems de la librería Crestron Devices. Una vez seleccionado el módulo del procesador (DIN-AP3MEX), hacer clic derecho y seleccionar “Add device to system”. Como se muestra en la figura 4.14 b).



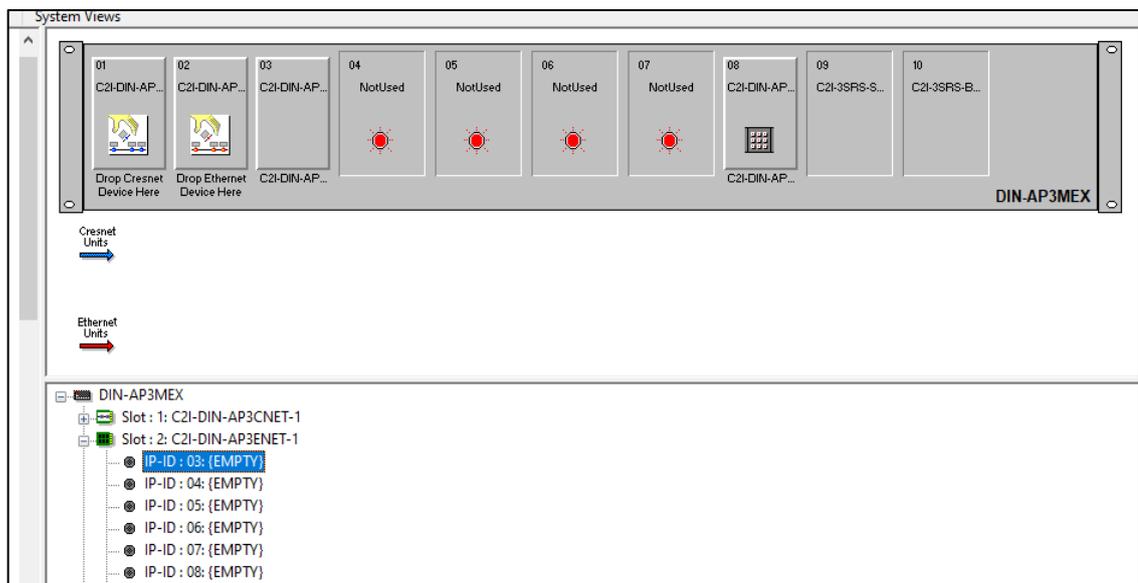
**Figura 4.14:** Ingreso de datos y selección del procesador.

5. Al realizar el paso anterior se mostrará un apantalla como se ven la figura 4.15, luego hacer clic en la estaña “+” seleccionar en el Slot 2: Dispositivos Ethernet del procesador DIN-AP3MEX. Se desplazará un lista de protocolos.



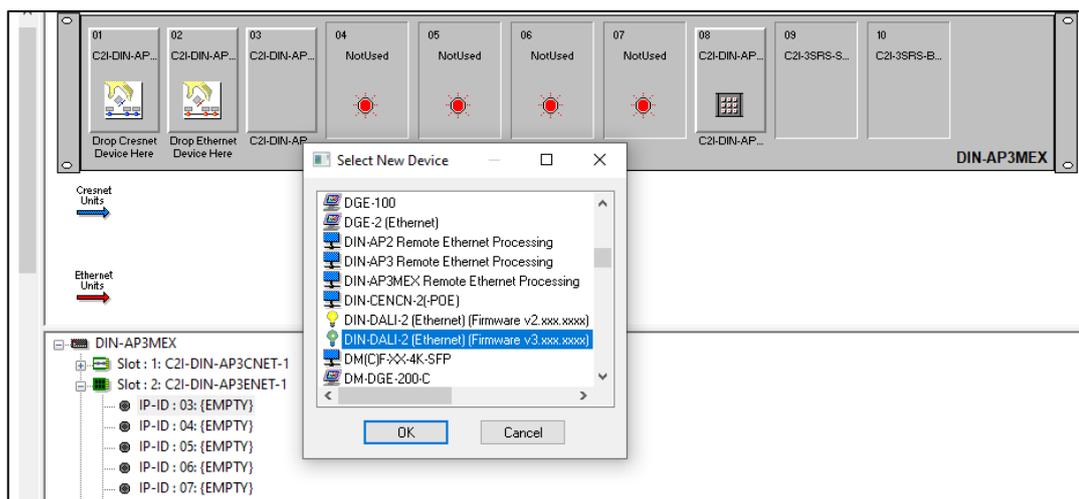
**Figura 4.15:** Dispositivos Ethernet, del procesador.

6. Damos doble clic en el IP-ID:03, para empezar a agregar los equipos definidos para el control de iluminación.



**Figura 4.16:** Selección IP-ID: 03.

7. Aparecerá una lista de equipos disponibles, buscamos el código DIN-DALI-2 figura 4.17 ( módulo de interface) y damos clic en “OK”. Repetimos el paso 06 y 07 para agregar otro equipo DIN-DALI-2 en el IP-ID:04.



**Figura 4.17:** Selección del módulo de interface DIN-DALI-2

- Hacer doble clic en el IP-ID: 05 para la selección del módulo puente de red, y empezar a agregar los equipos definidos para el control de iluminación.

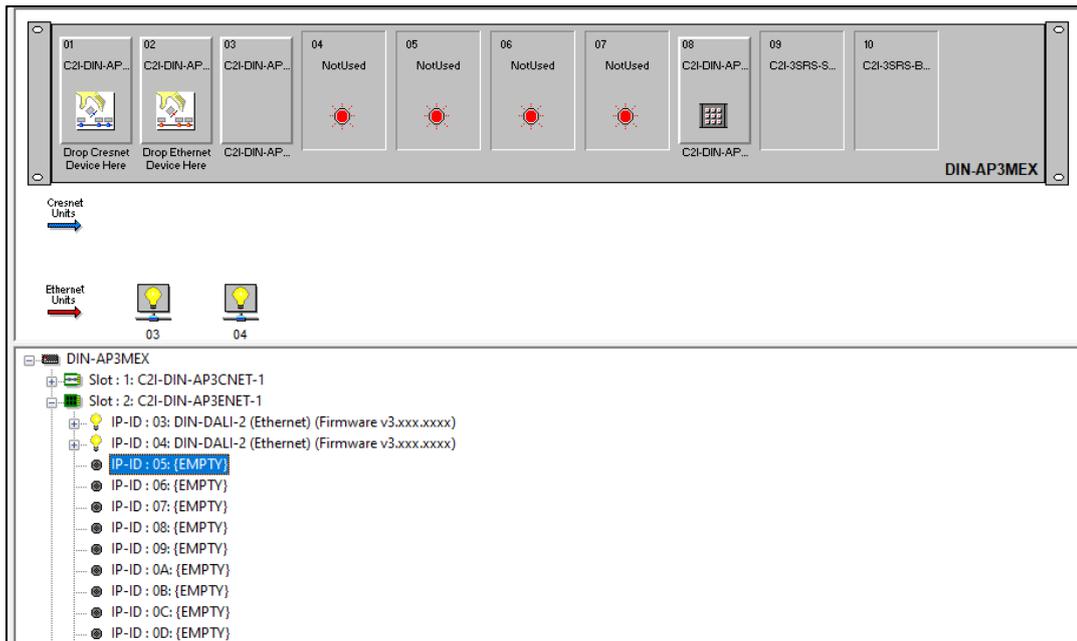


Figura 4.18: Selección de IP-ID: 05.

- Aparecerá una lista de equipos disponibles, buscamos el código DIN-CENCN-2 (puente de red para las interconexión de los sensores de ocupación y sensor dual infrarrojo) y damos clic en “OK”. Repetimos el paso 08 y 09 para agregar otro equipo DIN-CENCN-2 en el IP-ID:06, figura 4.19.

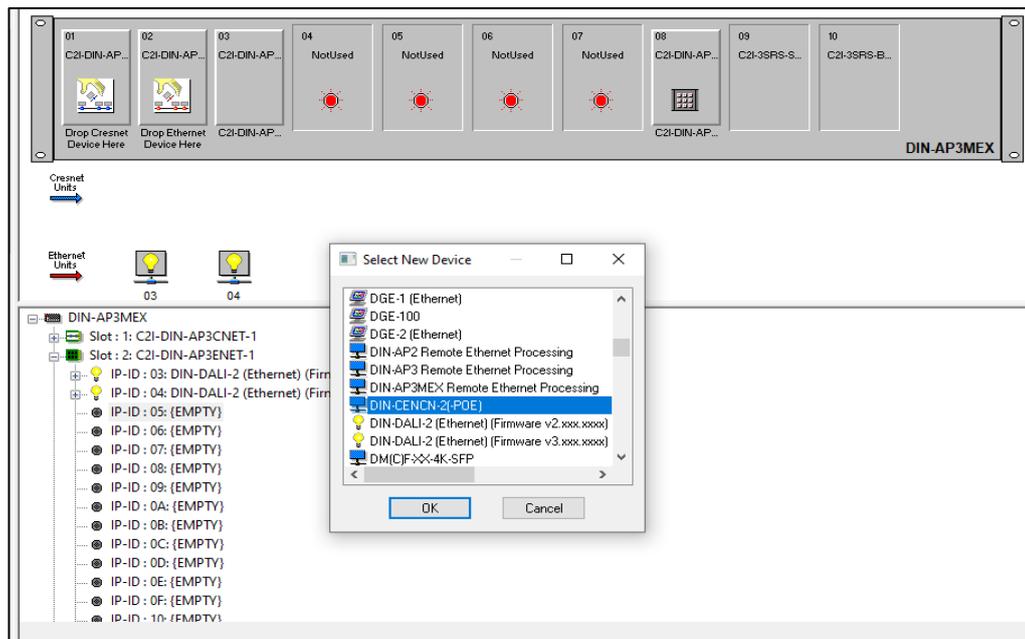


Figura 4.19: Selección del módulo de puente de red DIN-CENCN-2

10. Hacer clic en el símbolo en la pestaña “+” en el Slot 1: Dispositivos Cresnet, del módulo ethernet DIN-CENCN-2 (IP-ID:05), como se muestra en la figura 4.20.

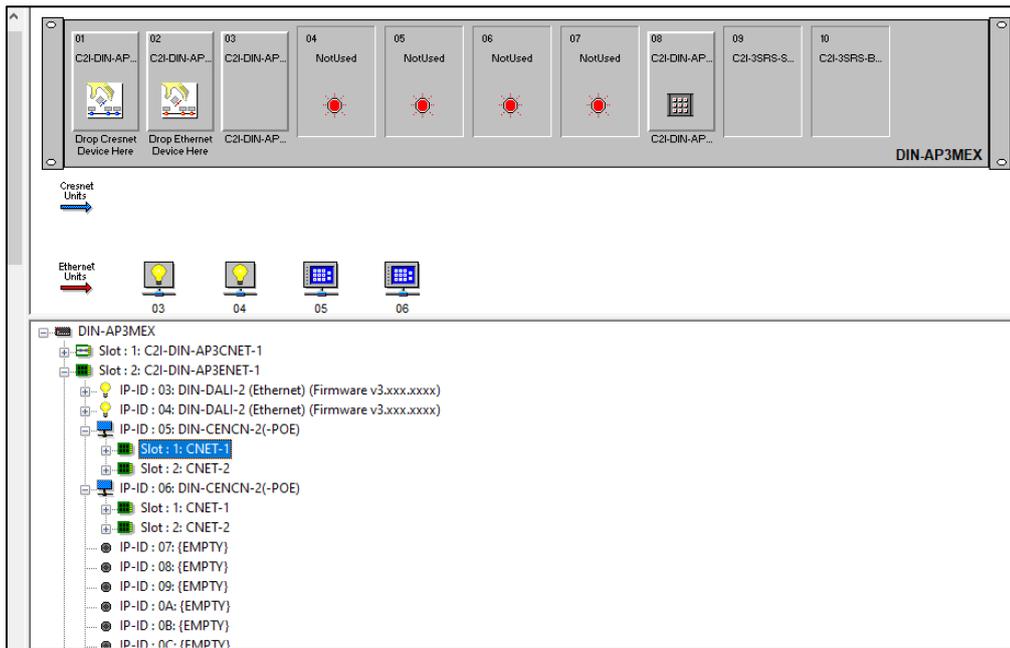


Figura 4.20: Selección del slot 1: CNET-1.

11. Hacer doble clic en el ID: 03, para empezar a agregar los sensores de ocupancia (sensor de presencia) definidos para el control de iluminación en oficinas.

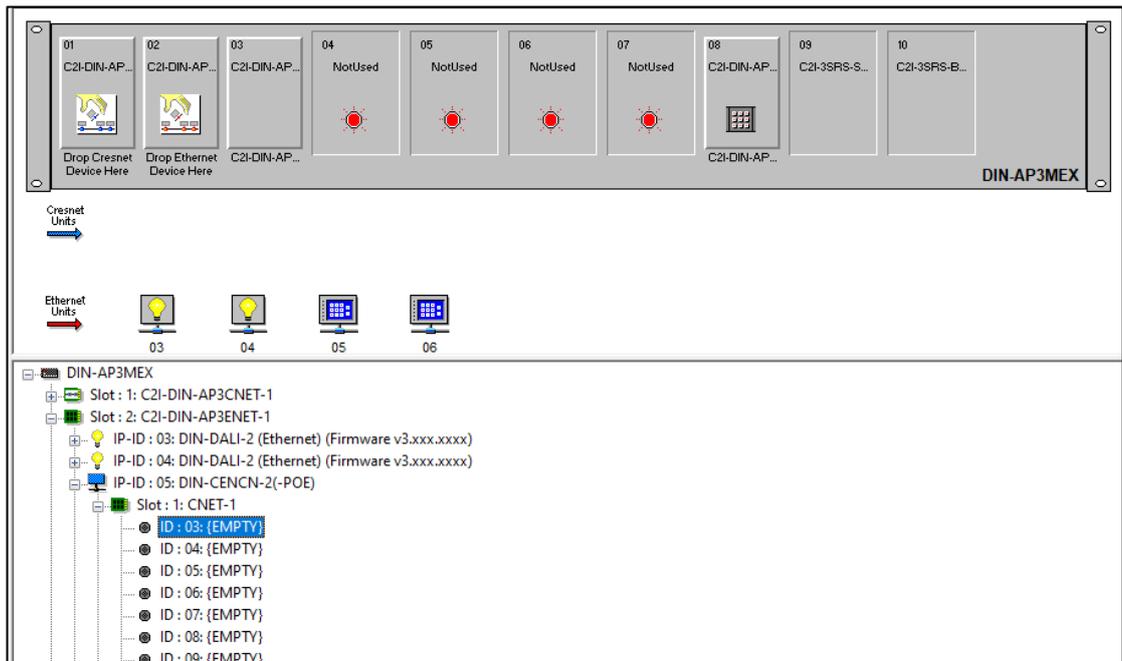
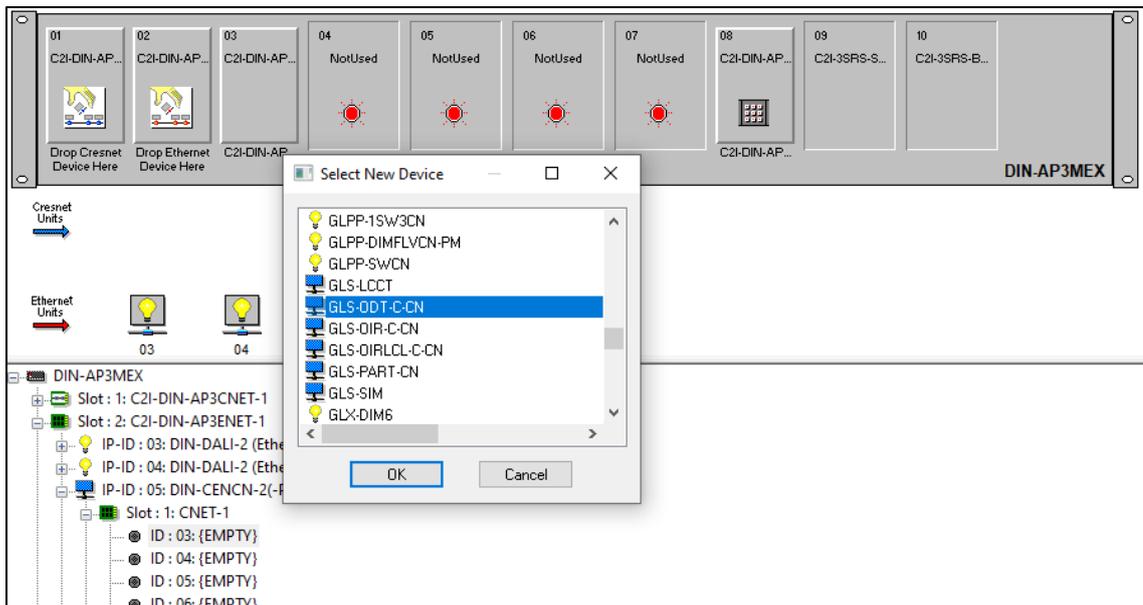


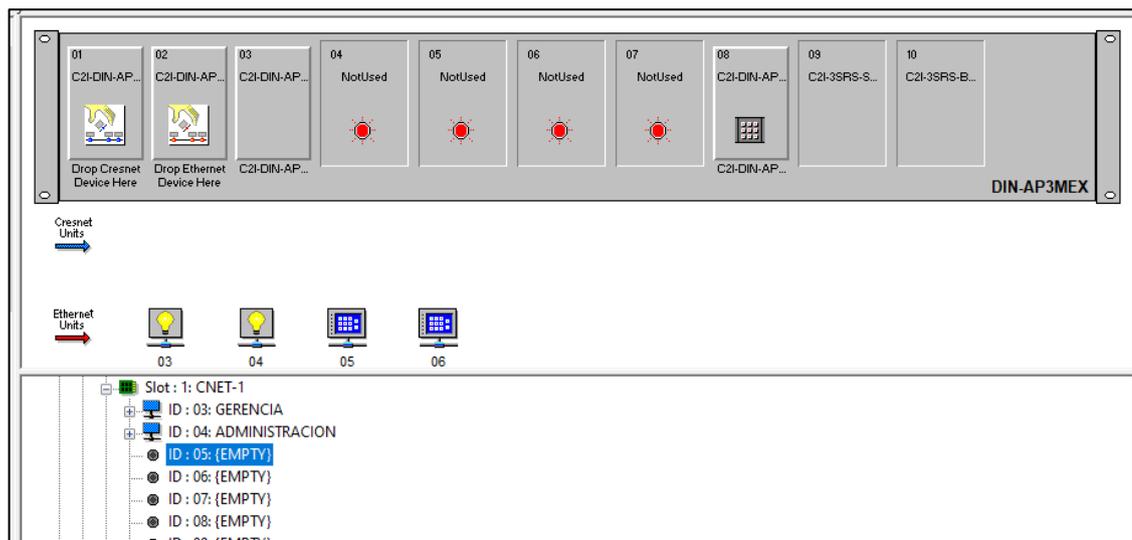
Figura 21: Lista de sensores de ocupación.

12. Aparecerá una lista de sensores disponibles, buscamos el código GLS-ODT-C-CN como se muestra en la figura 4.22 y hacer clic en “OK”. Repetimos el paso 11 y 12 para agregar los sensores de movimiento que sean necesarios en los siguientes ID.



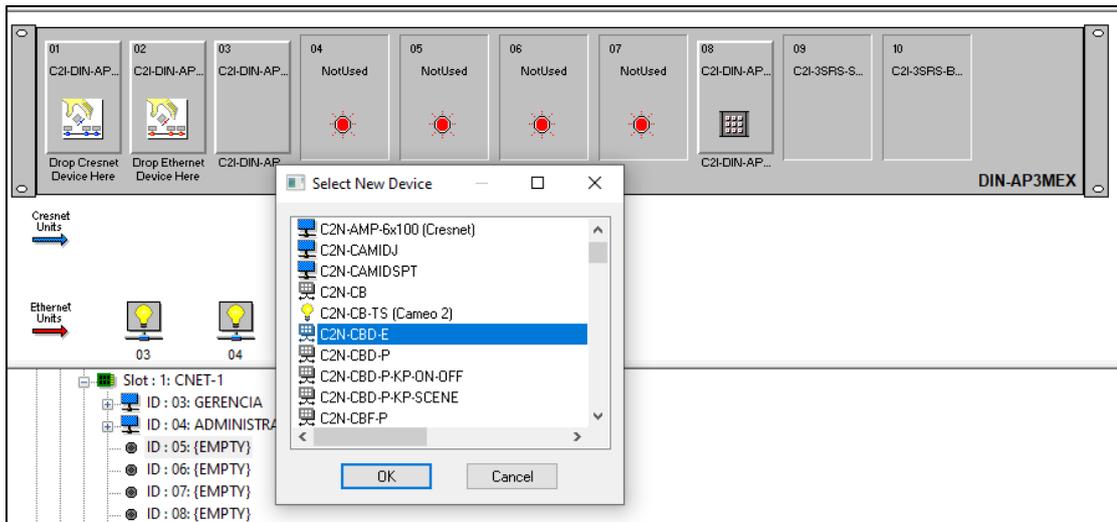
**Figura 4.22:** Selección de los sensores de ocupancia ( GLS-ODT-C-CN)

13. Hacer doble clic en el ID: 05, para empezar a agregar las botoneras definidos para el control de iluminación en oficinas.



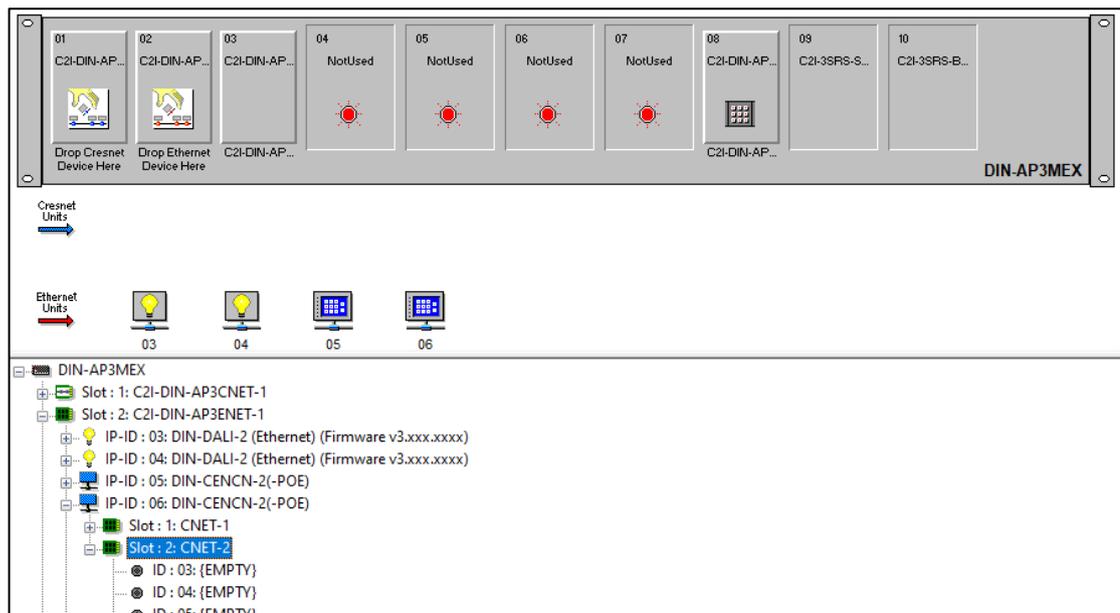
**Figura 4.23:** Selección de ID-05 (BOTONERAS)

14. Aparecerá una lista de botoneras disponibles, buscamos el código C2N-CBD-E y damos clic en “OK” figura 4.24. Repetir el paso 13 y 14 para agregar las botoneras que sean necesarios en los siguientes ID.



**Figura 4.24:** Selección de las botoneras (C2N-CBD-E)

15. Hacer clic en la pestaña “+” en el Slot 1: Dispositivos Cresnet, del módulo ethernet DIN-CENCN-2 (IP-ID:06), figura 4.25



**Figura 4.25:** Configuración del módulo Ethernet.

16. Hacer doble clic en el ID: 03, figura 4.26. Para empezar a agregar los fotosensores definidos para el control de iluminación en tienda.

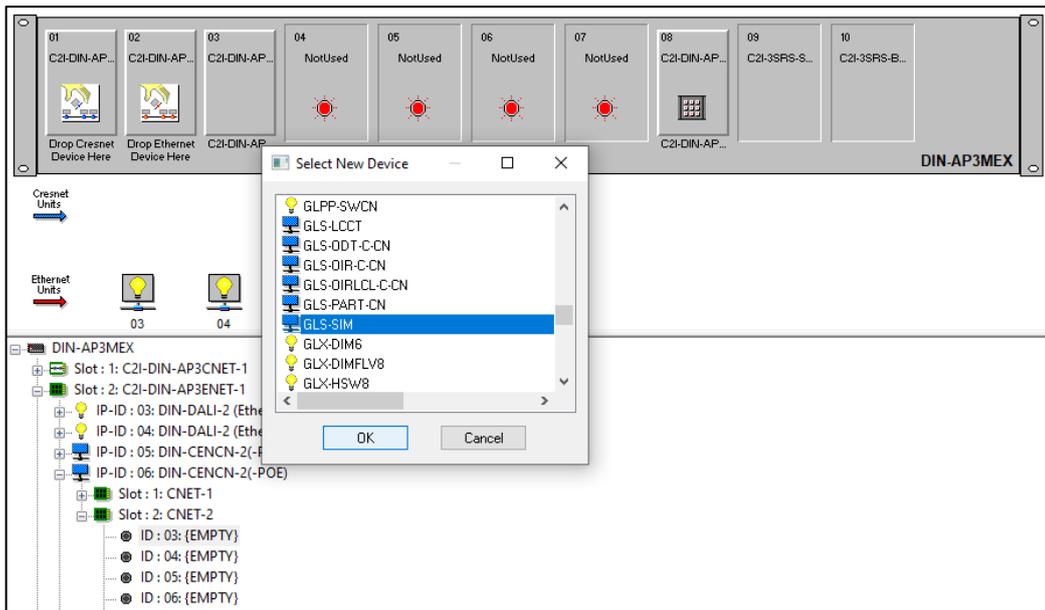


Figura 4.26: Lista de fotosensores.

17. Aparecerá una lista de sensores fotoceldas disponibles, buscamos el código GLS-SIM y damos clic en “OK”. Repetimos el paso 14 y 15 para agregar los sensores fotoceldas que sean necesarios en los siguientes ID.



Figura 4.27: Selección de los fotosensores (GLS-LOL)

18. Después de completar de agregar los sensores necesarios para el sistema, hacemos clic en la pestaña “Project”, después clic en “Program System” figura 4.28.

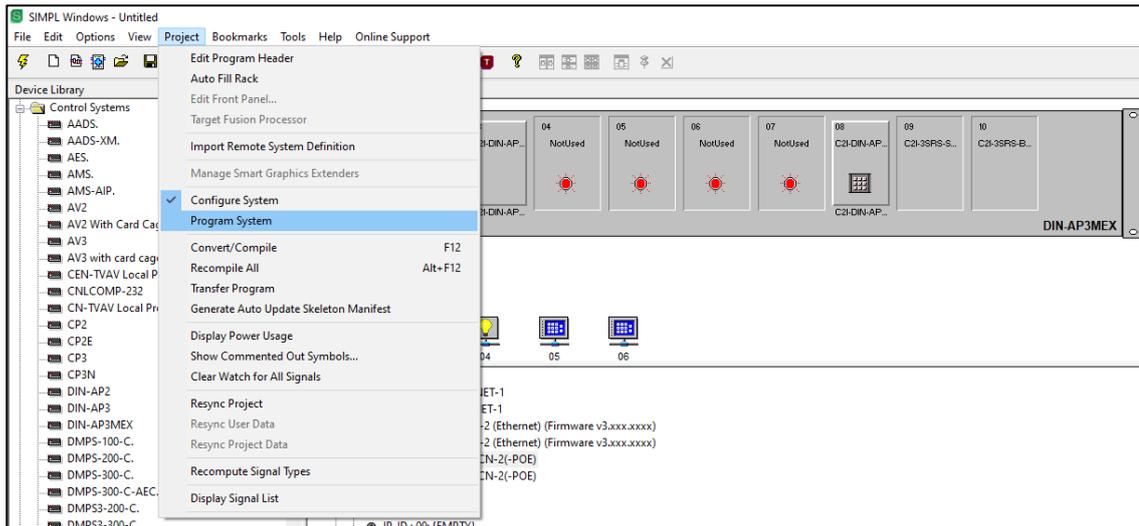


Figura 4.28: Programación del sistema.

19. Se desplegará una ventana como la que se muestra en la figura 4.29 en donde se ingresa al modo Programación del sistema.

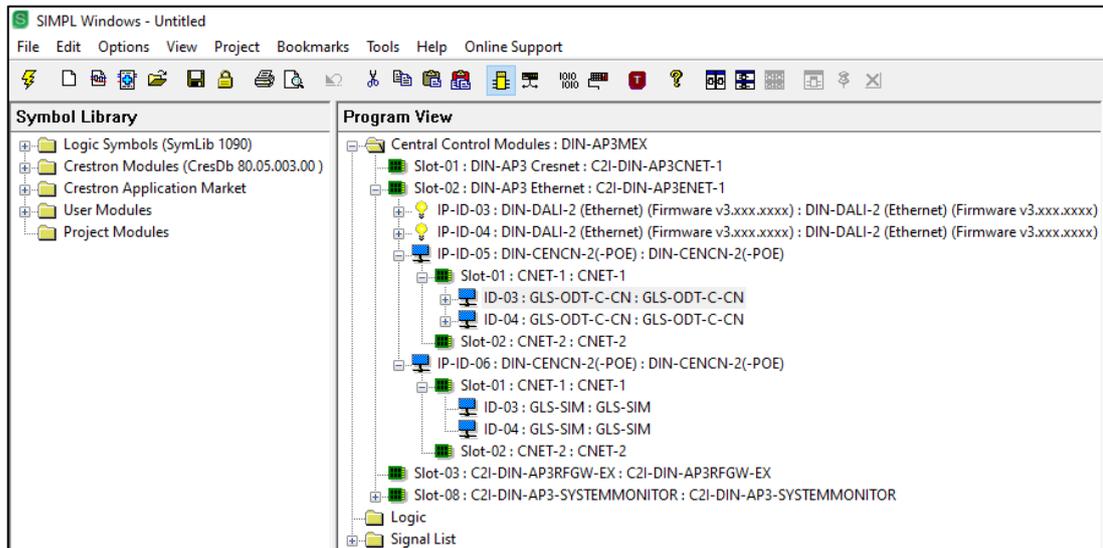


Figura 4.29: ventana para la programación del sistema.

20. En el modo de programación, lo primero es asignarle nombres a los sensores y controladores. Para ello hacer clic derecho sobre el sensor o controlador figura 4.30 y después seleccionamos la opción “Edit Device Name”

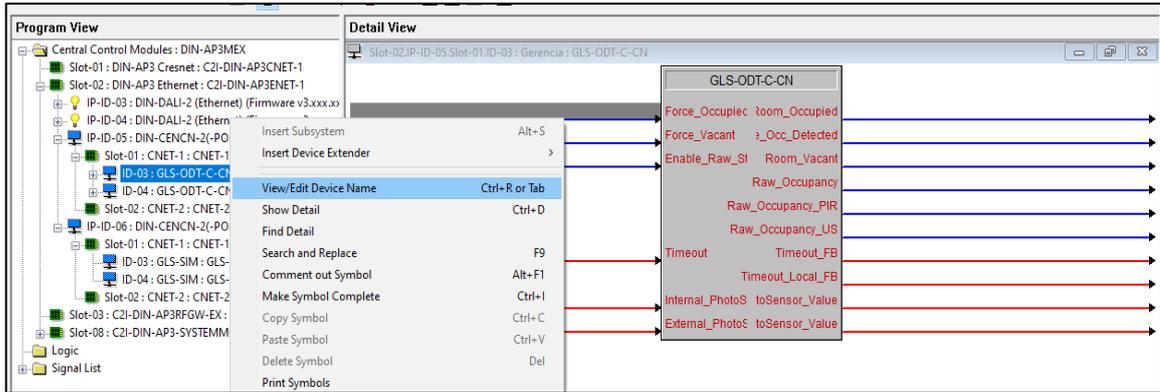


Figura 30: Asignación de nombres a los sensores.

- En la ventana que se despliega, aparece un campo para ingresar el nombre del ambiente y damos clic en “Ok”. Realizamos el mismo procedimiento para todos los sensores y controladores seleccionados.

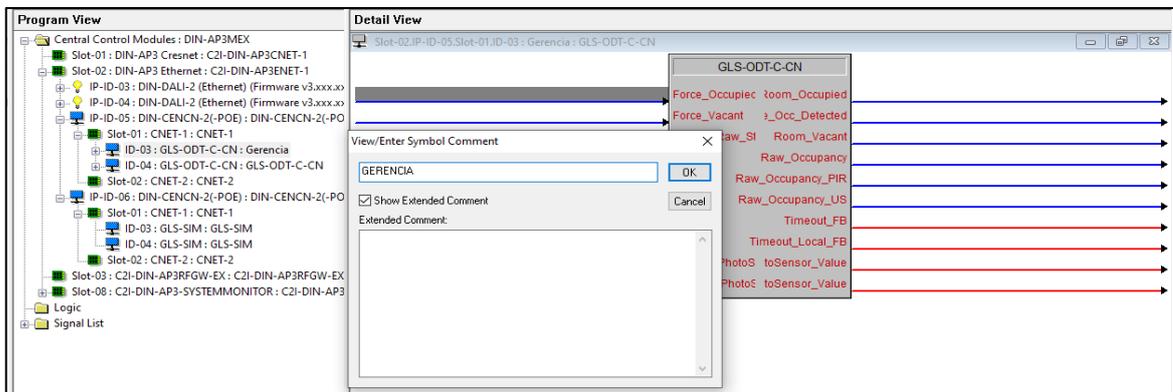


Figura 4.31: Ingreso del nombre del sensor.

- Hacer doble clic en el sensor a editar, nos aparecerá un bloque en el lado derecho mostrando sus señales de entrada y salida como se ve en la figura 4.32. Las señales de color azul son digitales y las de color rojo son analógicas.

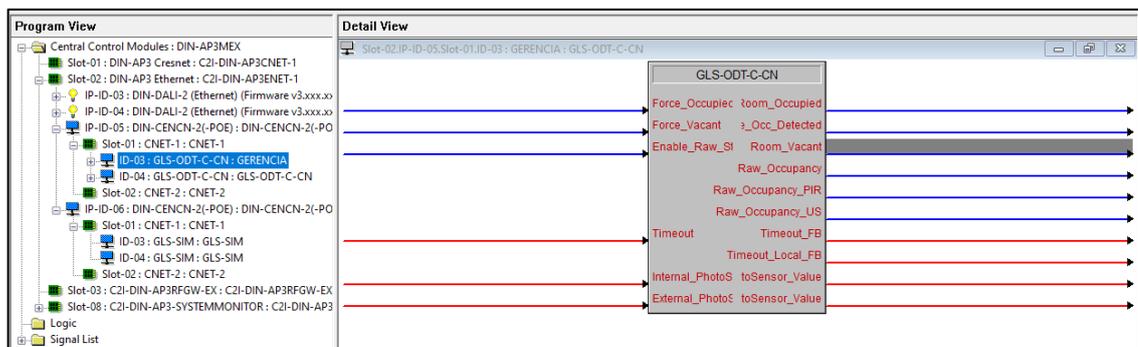
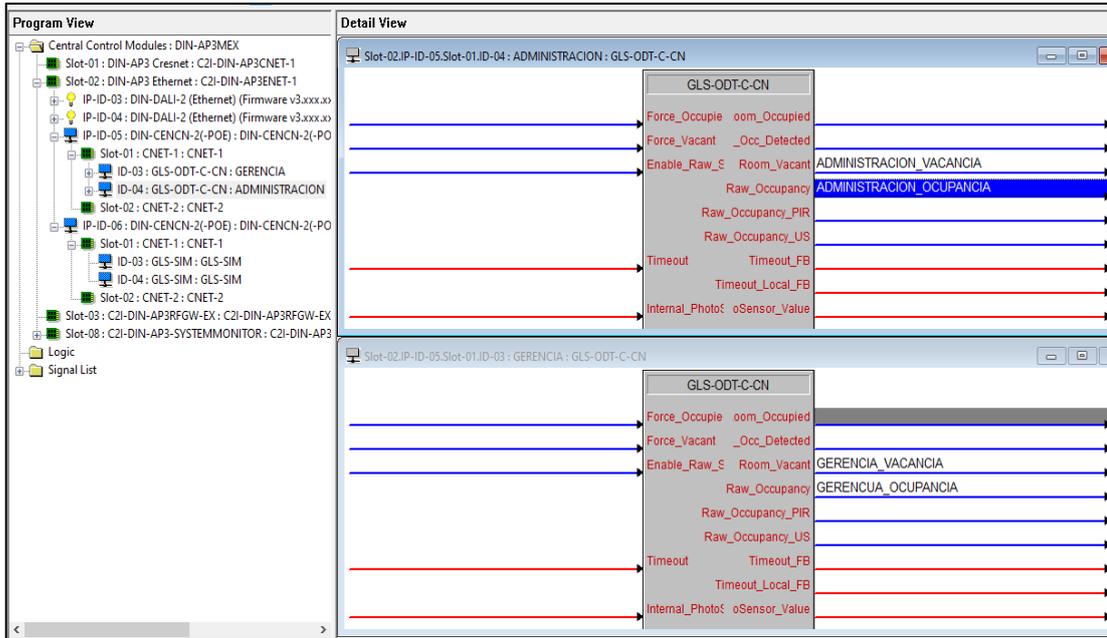


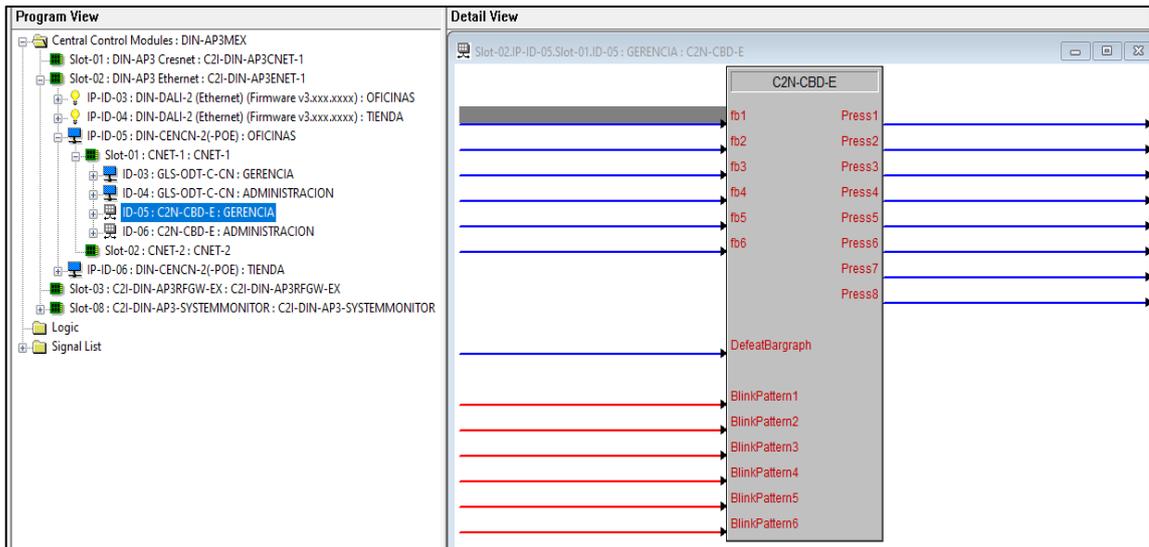
Figura 4.32: Bloque de edición del sensor.

- Asignamos nombres a los puertos de entrada y salida a utilizar en los sensores de movimiento.



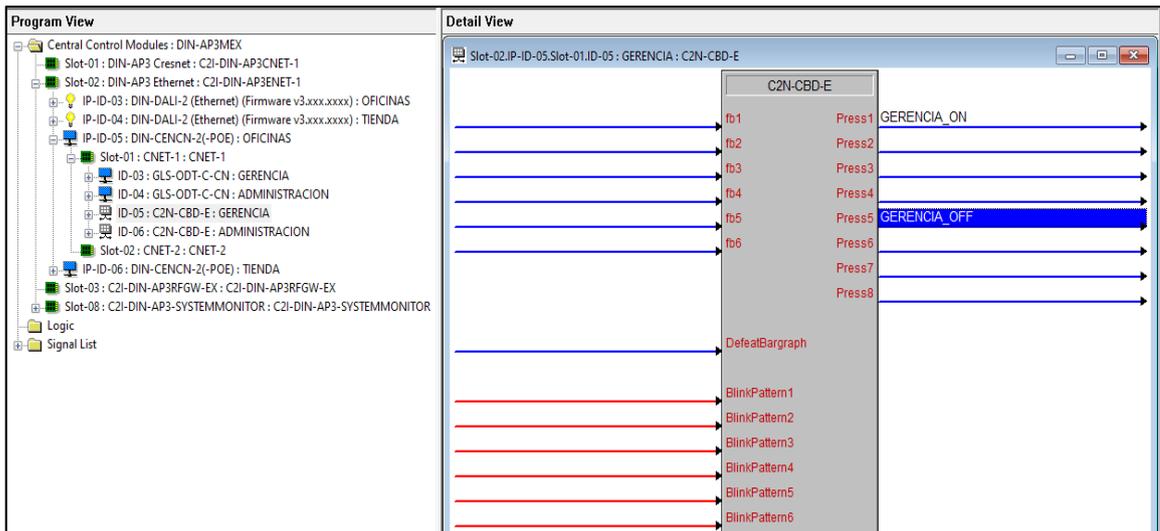
**Figura 4.33:** Asignación de nombre a los puertos y entrada y salida.

24. Hacer doble clic en la botonera a editar figura 4.34, aparecerá un bloque en el lado derecho mostrando sus señales de entrada y salida. Las señales de color azul son digitales y las de color rojo son analógicas.



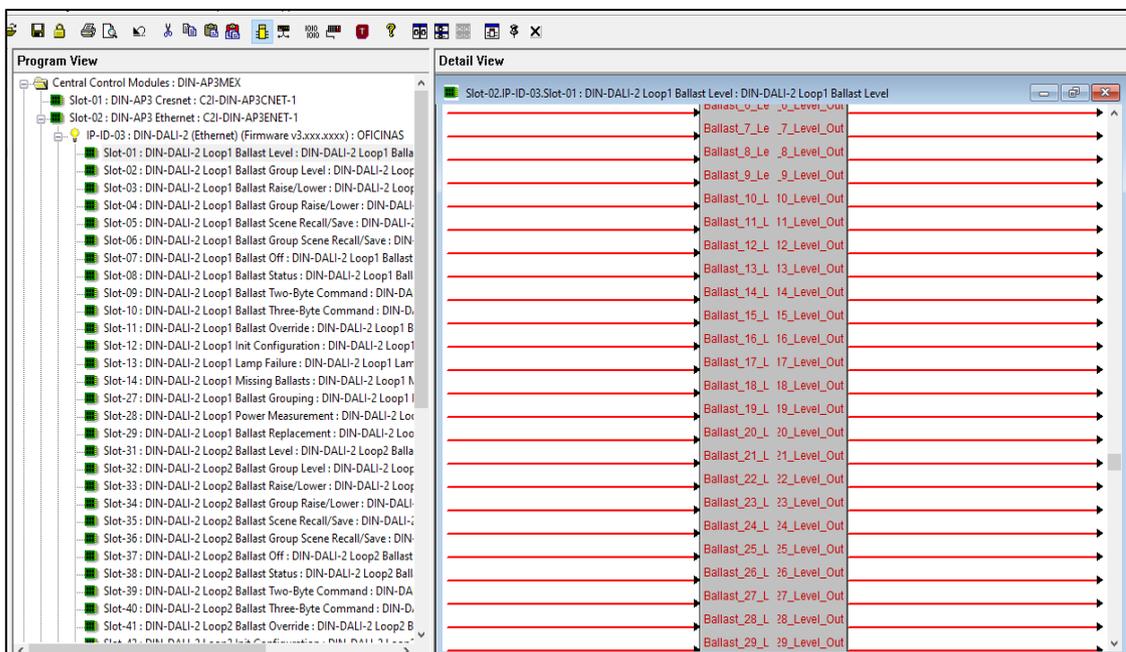
**Figura 4.34:** Edición del bloque de entradas y salidas.

25. Luego se asigna los nombres a los puertos de entrada y salida, figura 4.35 a utilizar en las botoneras.



**Figura 4.35:** Asignación de nombres a los puertos de entrada y salida de las botoneras.

26. Hacer doble clic en el módulo de interface DALI a editar, nos aparecerá un bloque en el lado derecho mostrando sus señales de entrada y salida. Las señales de color azul son digitales y las de color rojo son analógicas.



**Figura 4.36:** Configuración del módulo de interface DALI.

27. Asignamos nombres a los puertos de entrada y salida a utilizar en los módulos DALI, figura 4.37.

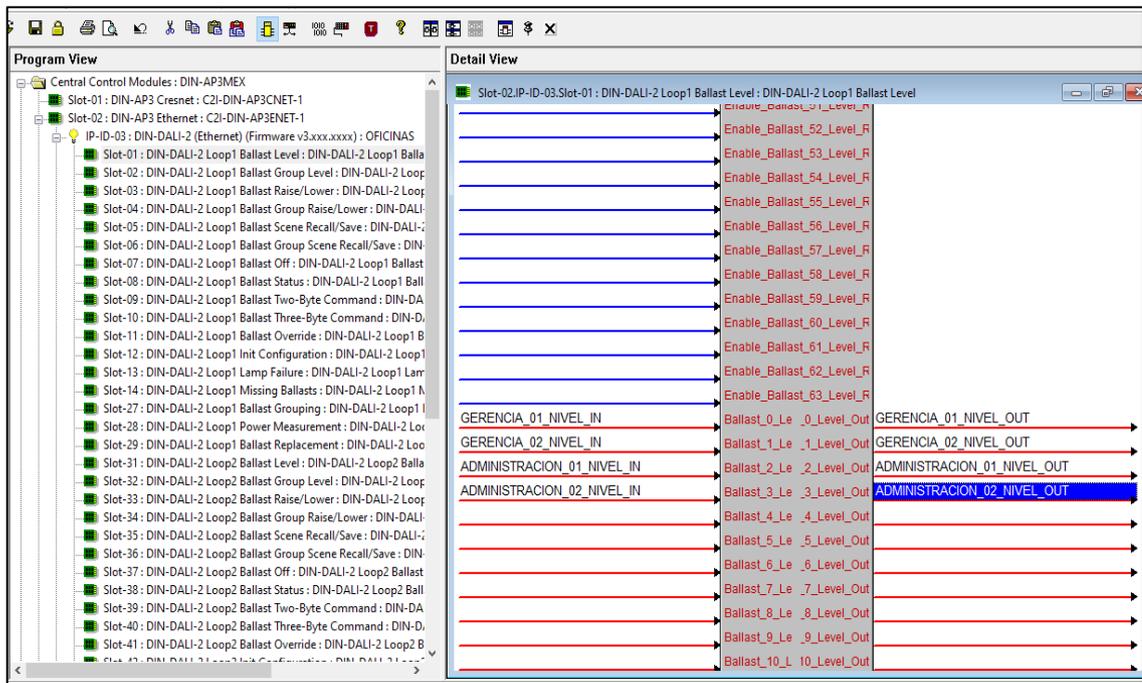


Figura 4.37: Ingreso de nombres a los puertos de entrada y salida del módulo DALI.

28. Hacer doble clic en el sensor fotocelda a editar, aparecerá un bloque en el lado derecho mostrando sus señales de entrada y salida. Las señales de color azul son digitales, las de color rojo son analógicas y las de color verde pueden ser definidas como digitales o analógicas.

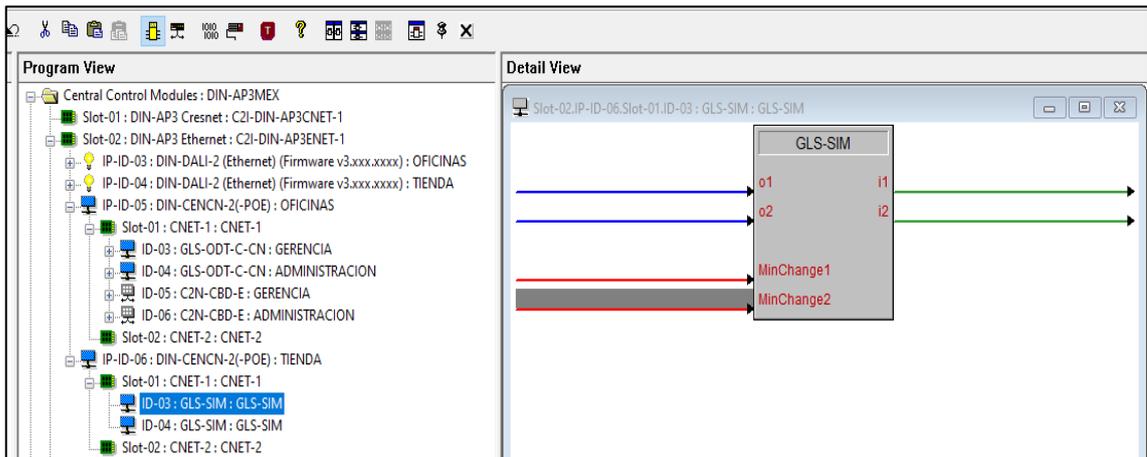


Figura 4.38: Configuración de los fotosensores.

29. Asignar los nombres a los puertos de entrada y salida como se muestra en la figura 4.39.

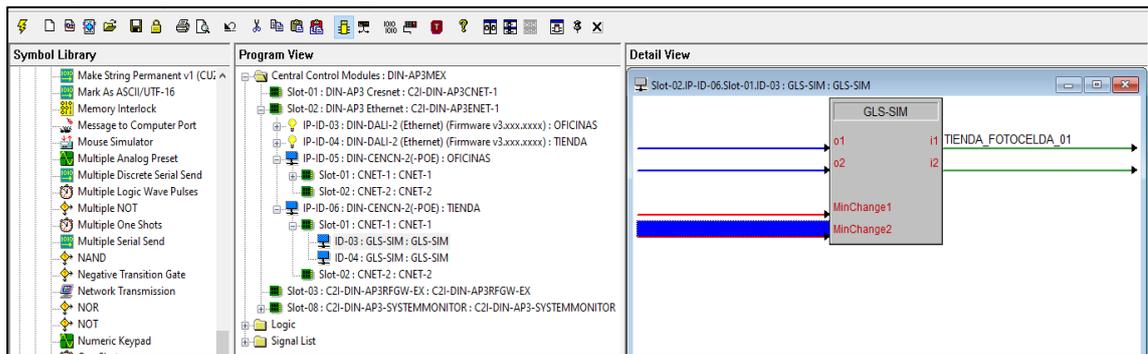


Figura 4.39: Ingreso de nombres a los puertos de entrada y salida de los fotosensores.

30. Realizamos la lógica para el encendido y apagado de luces en un ambiente de oficinas. Para ello se hace uso de los bloque de función establecidos.

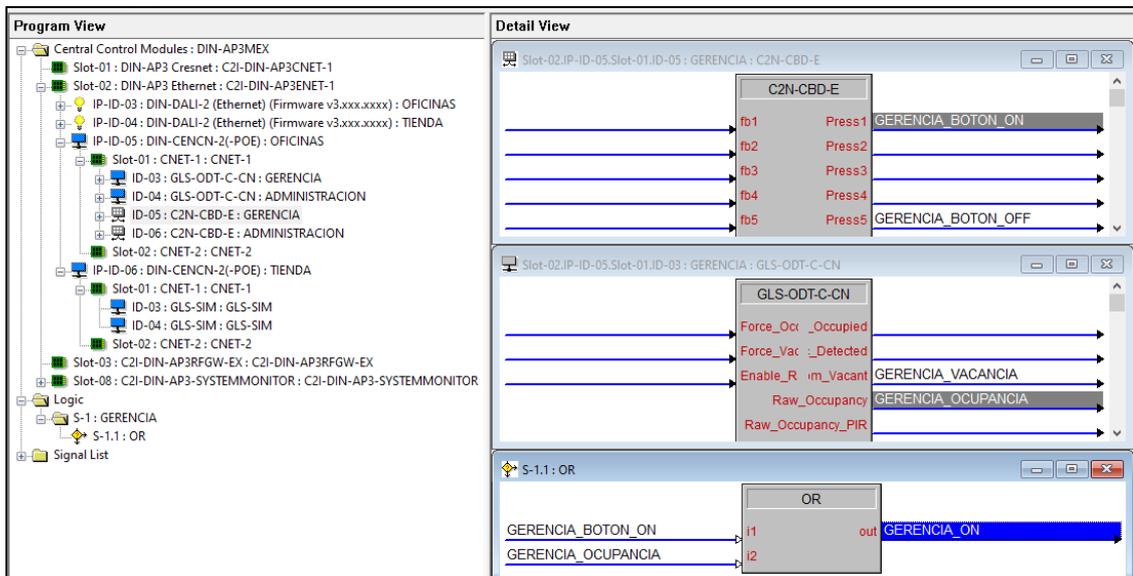


Figura 4.40: Programación para el encendido de luces en oficina.

31. Realizamos la lógica para la atenuación automática de un circuito de iluminación en tienda.

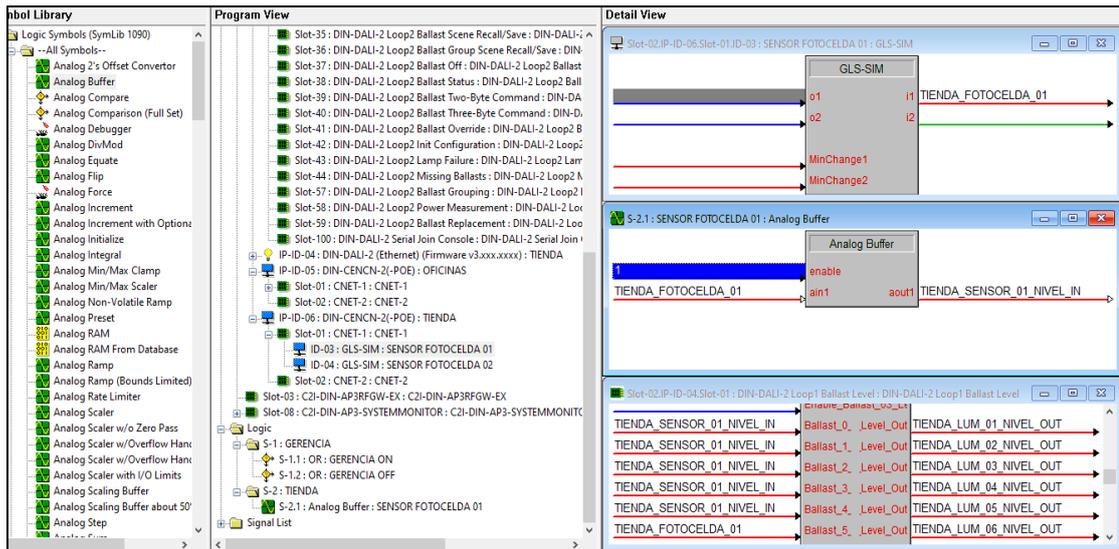


Figura 4.41: Programación para atenuar la luz de forma automática.

### 4.3.4 Configuración del panel de control (HMI)

#### 4.3.4.1 Software para la configuración.

Par la configuración del panel de control (HMI) se utilizó el software de interface gráfico Visión Tools. Este software es proporcionado por la marca Crestron VT Pro-e, es un software de diseño de interfaz gráfica de usuario (GUI por sus siglas en inglés), para pantallas táctil. Brinda soporte e interactúa con numerosos productos Crestron. Para obtener la solución de programación de sistemas de control definitiva, el software VT Pro-e y SIMPL se puede utilizar para proporcionar a los programadores capacidades de diseño excepcionales y una gran potencia de programación. El software también se usa para configurar teclados y controles remotos.

Las características destacadas de este software son:

- Permite una interfaz gráfica de usuario (GUI) de pantalla táctil completa
- Brinda soporte e interactúa con numerosos productos Crestron.

#### 4.3.4.2 Procedimiento para configurar la HMI.

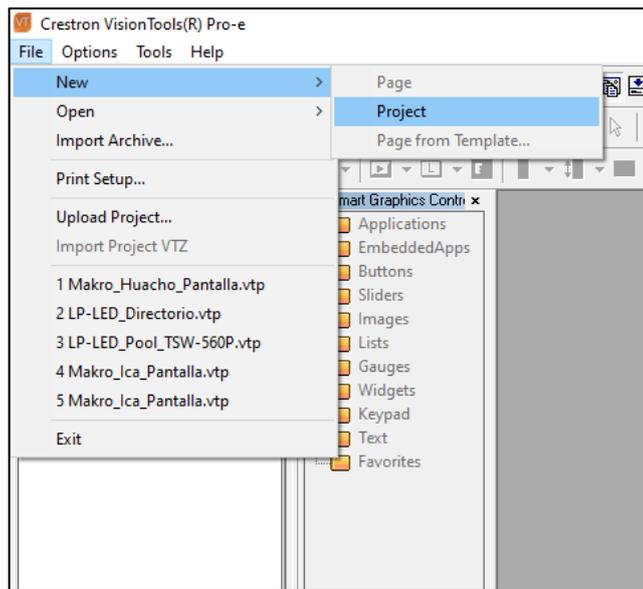
A continuación, se describe los pasos a realizar para la configuración del HMI.

1. Hacer doble clic en el ícono de inicio del software Simpl Windows.



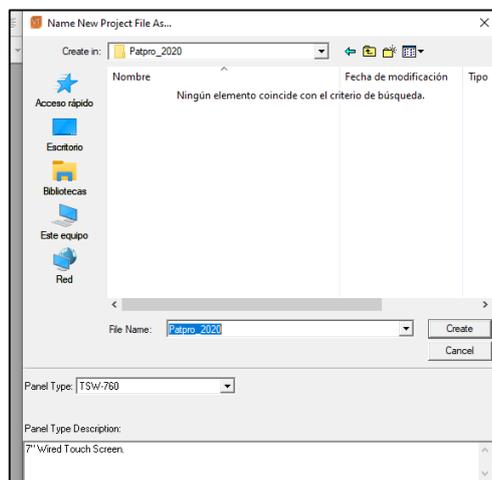
**Figura 4.42 :** símbolo de inicio del programa.

2. Crear un nuevo programa, para esto hacer clic en “File”, luego en “New” y después en “Project”, como se muestra en la figura 4.43



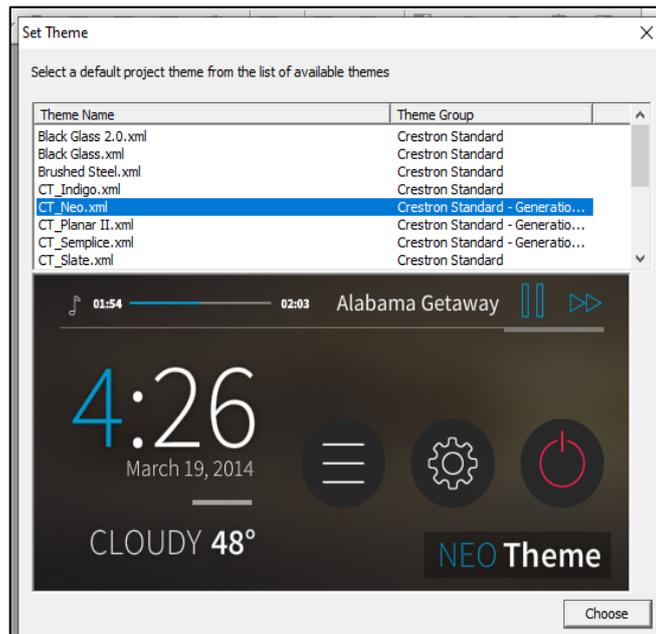
**Figura 4.43:** Creación de un nuevo programa en Vision Tools.

3. Ingresar los datos solicitados (se le asigna un nombre al proyecto: Patpro\_2020) luego hacer clic en “Create”.



**Figura 4.44:** Asignación de nombre al proyecto

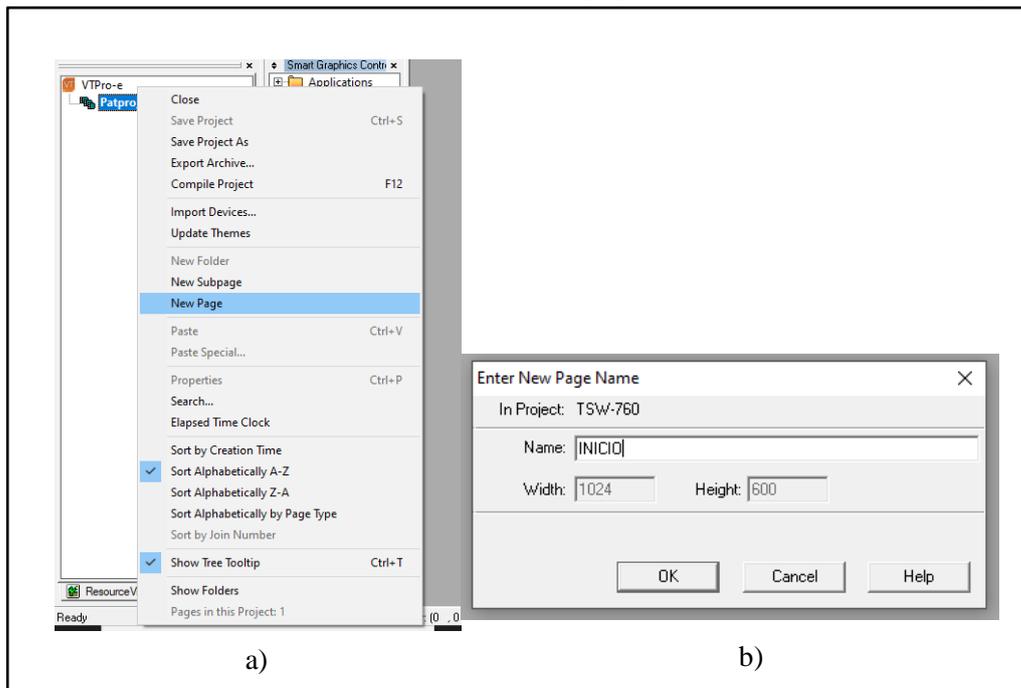
4. Seleccionar el tema con el que se desea trabajar y le damos clic a “Choose”.



**Figura 4.45:** Selección del tema de para la ventana principal.

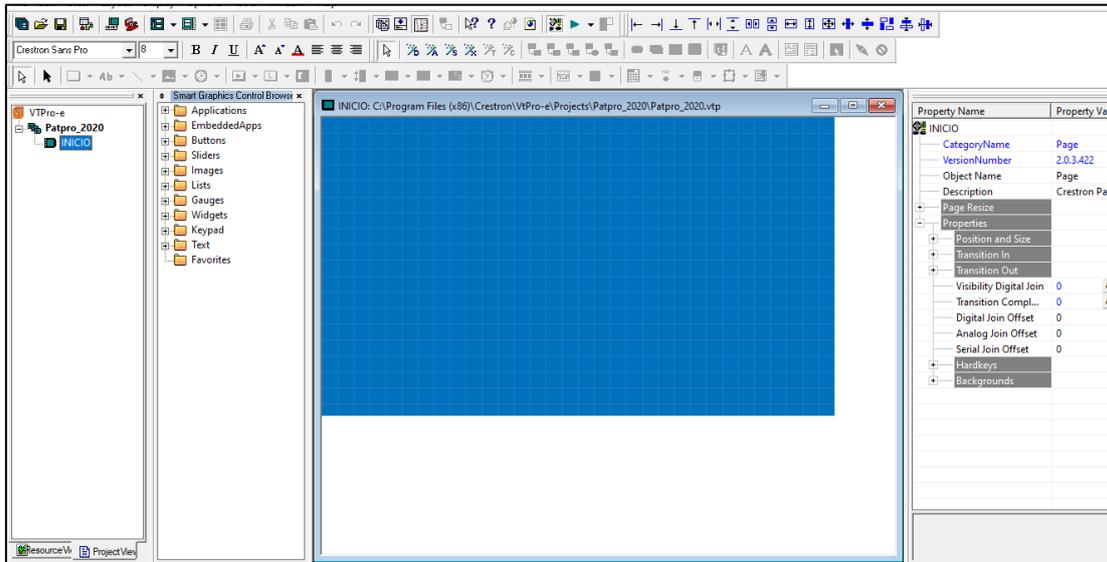
5. Crear una nueva página, haciendo clic derecho en “Patpro\_2020” y luego hacer clic en “New Page”. Figura 4.46 (a)

6. Ingresar la información solicitada (nombre de la página) y damos clic en “Ok”. Figura 4.46(b)



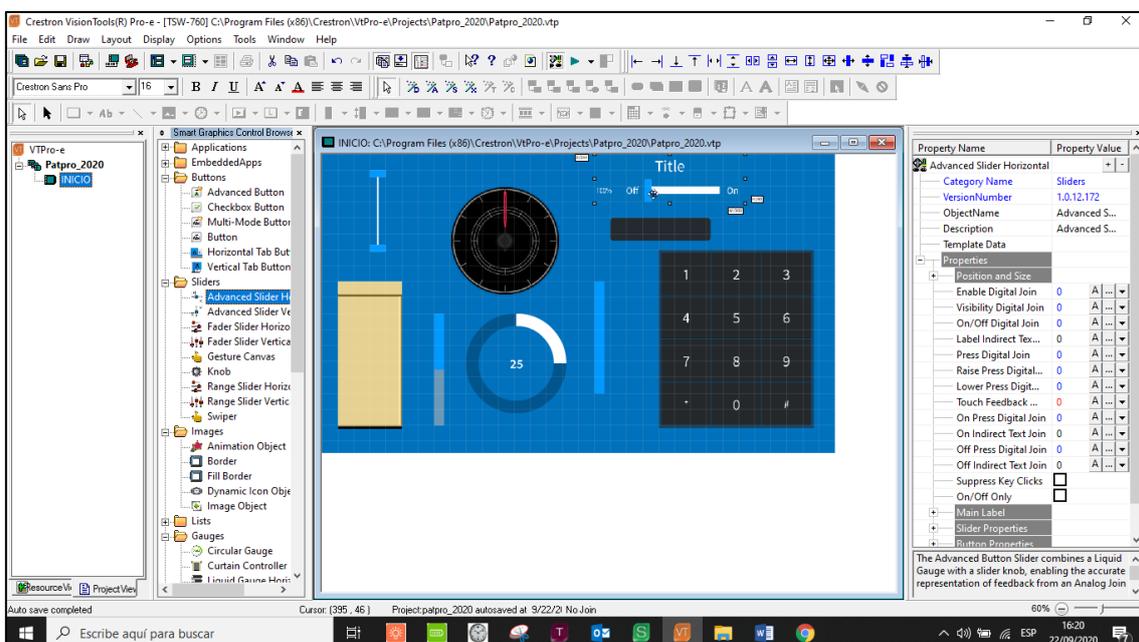
**Figura 4.46:** Creación de una nueva página.

7. Aparecerá una ventana de color azul como se muestra en la figura 4.47, la cual nos indicará las dimensiones con las que contamos en la pantalla táctil para colocar botones e imágenes necesarias para la interface gráfica.



**Figura 4.47:** Ventana de diseño para la interface gráfica.

8. Para poder insertar botones, imágenes y/o texto; debemos buscarlos en la ventana “Smart Graphics Control browser”, damos clic y mantenemos presionado en el ícono a ingresar y lo arrastramos hasta la pantalla azul.



**Figura 4. 48:** Creación de botones y gráficos.

9. Ingresamos los ítems a utilizar en el diseño de la interface gráfico necesario (Paso 08) y creamos las páginas necesarias (Paso 05 y 06).

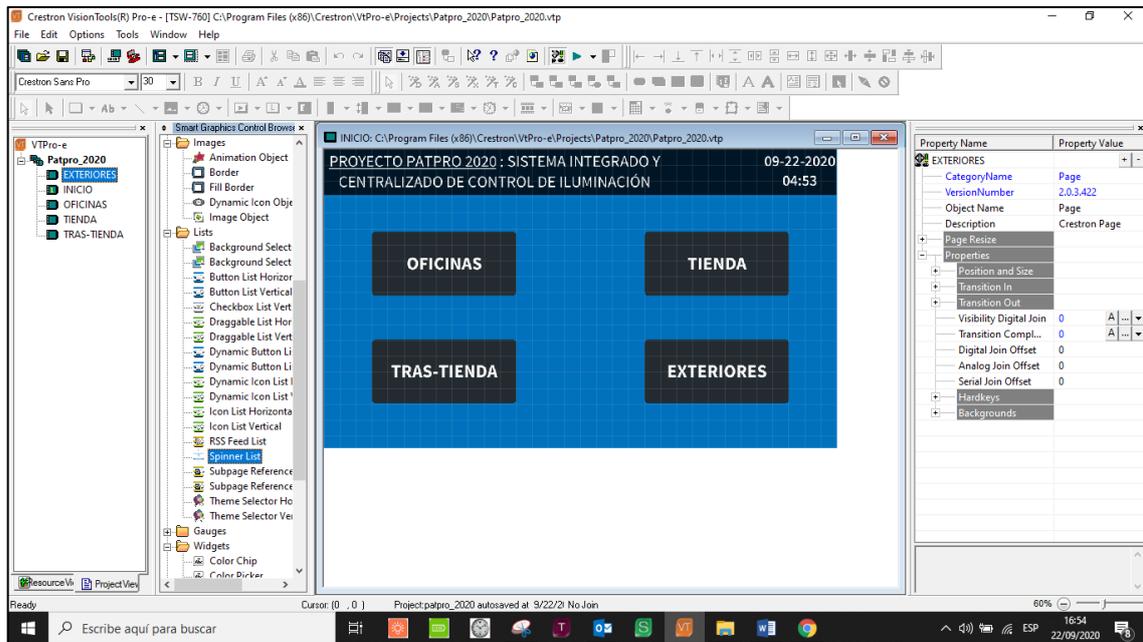


Figura 4.49 : Diseño de una página o ventana.

10. Después de terminar de crear las páginas necesarias, creamos una nueva sub-página, damos clic derecho en “Patpro\_2020” y luego damos clic en “New Subpage”.

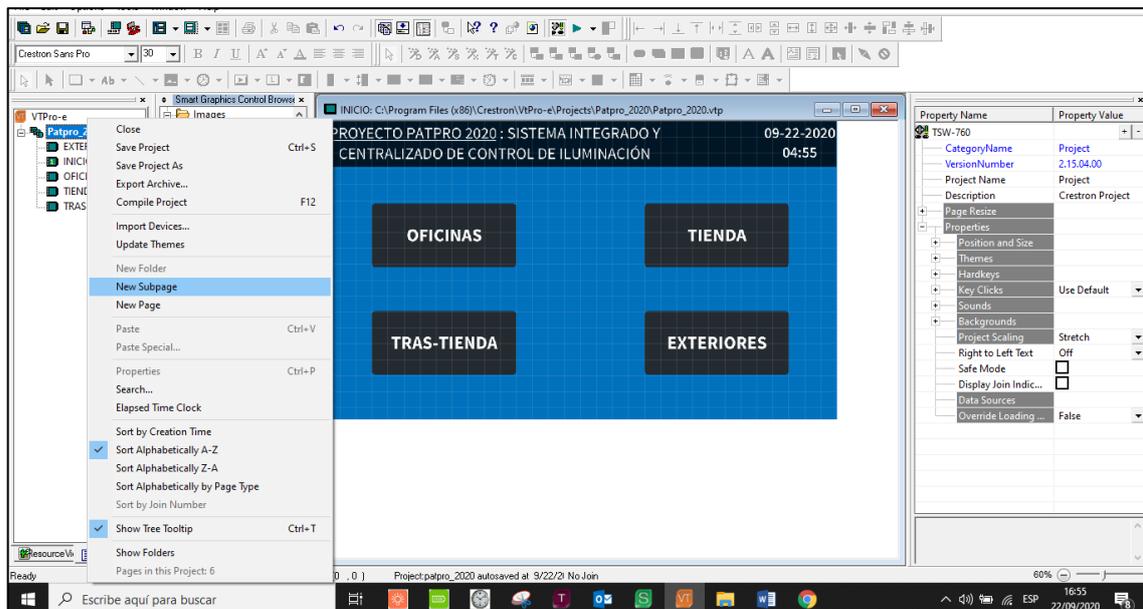


Figura 4.50: Creación de una sub página.

11. Ingresar la información solicitada (nombre de la sub-página y medidas) y damos clic en “Ok”.

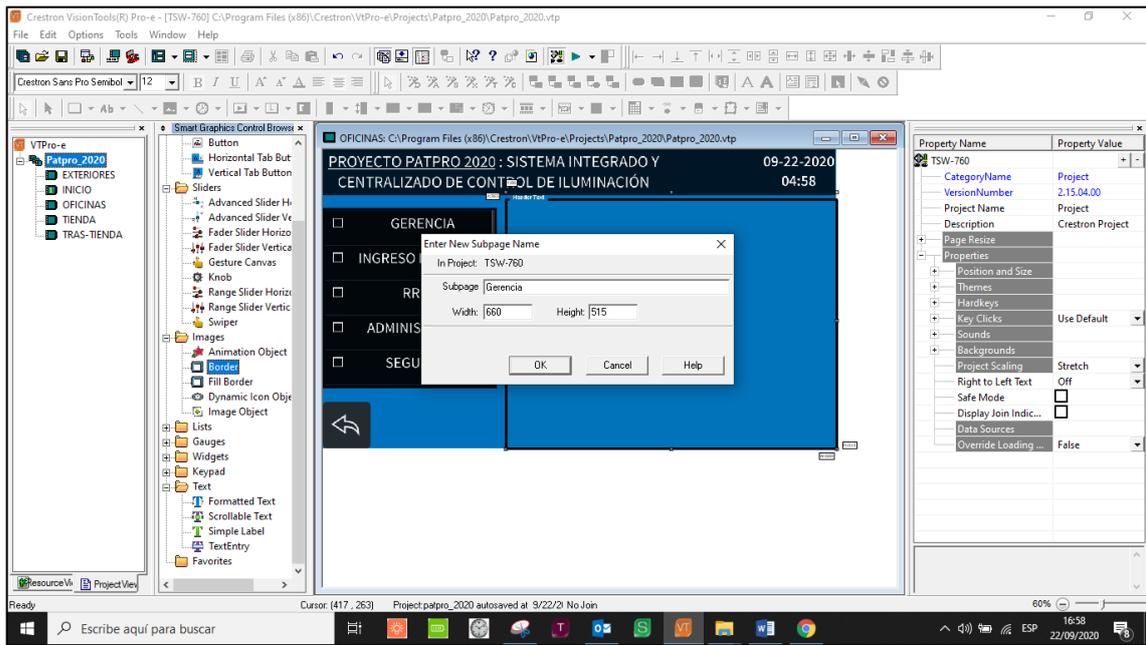


Figura 4.51 : Configuración de la subpágina.

12. Aparecerá una ventana con cuadrículas de color gris como se muestra en la figura 4.52, la cual nos indicará las dimensiones con las que contamos en la sub-página para colocar botones e imágenes necesarias para la interface gráfica.

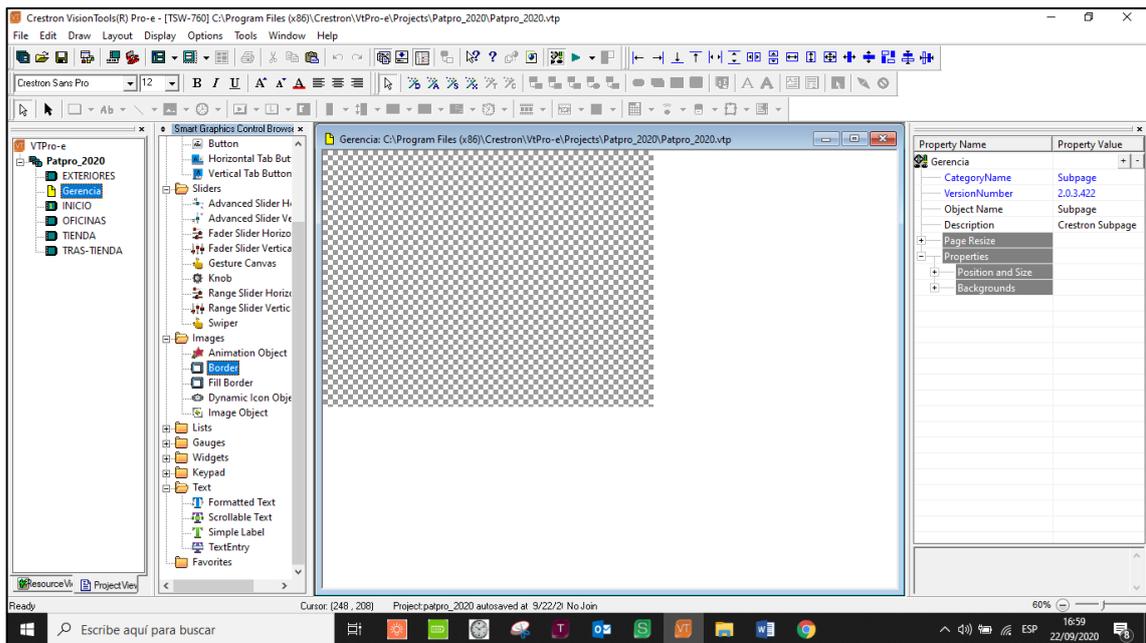


Figura 4.52: Diseño de una subpágina.

13. Ingresar los ítems a utilizar en el diseño de la interface gráfico necesarios como se ve en la figura 4.53, (Paso 08) y creamos las sub-páginas necesarias, para esta operación se debe repetir los pasos 10 y 11.

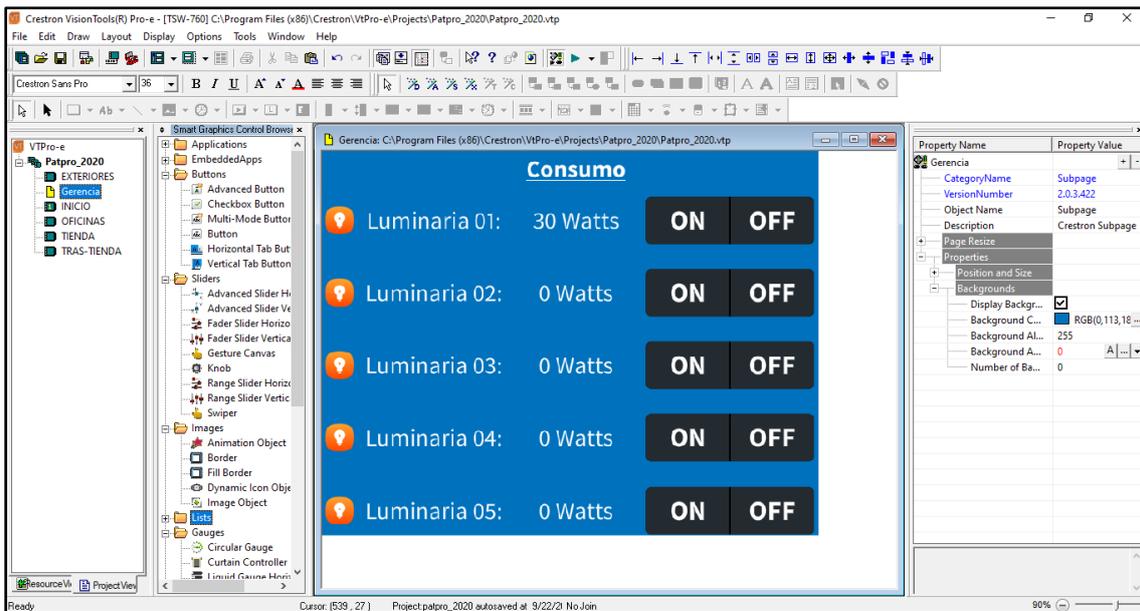


Figura 4.53: Introducción de ítems de control de luminarias.

14. Después de terminar de crear las sub-páginas necesarias, se ingresa a las sub-páginas en las páginas correspondientes. Hacer clic y mantenemos presionado en la sub-página seleccionada y lo arrastramos hasta la página correspondiente, como se muestra en la figura 4.54.

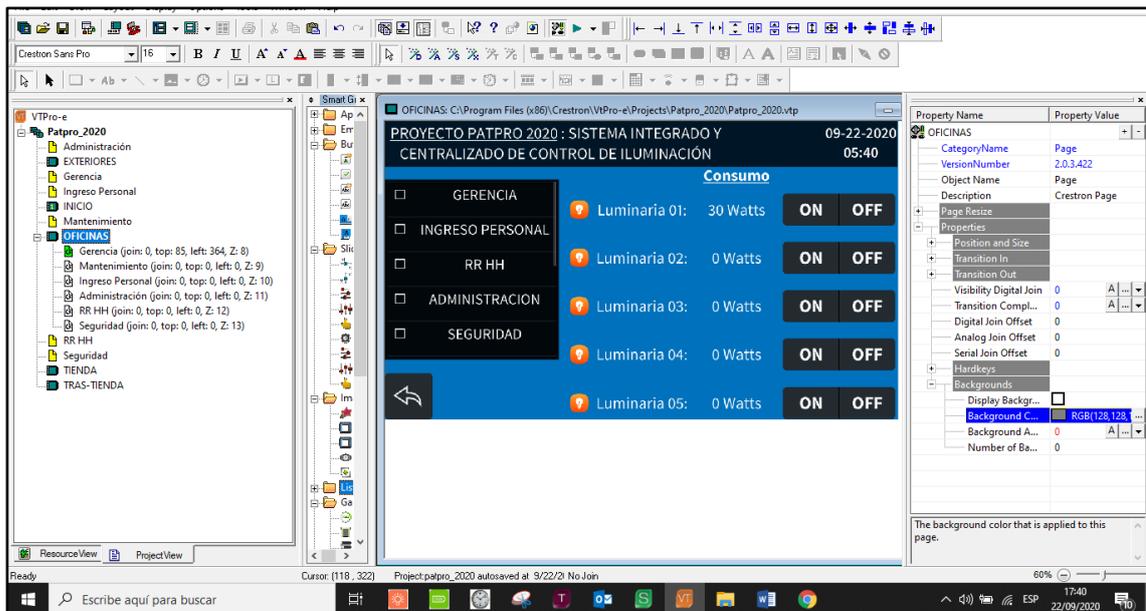


Figura 4.54 : Introducción de una subpágina en una página.

15. Para asignar los puertos de entrada y salidas digitales, análogas o seriales, seleccionar el botón, bloque o texto y en la barra “Clic Assign Object Properties” seleccionar el tipo de señal a trabajar y el puerto requerido.

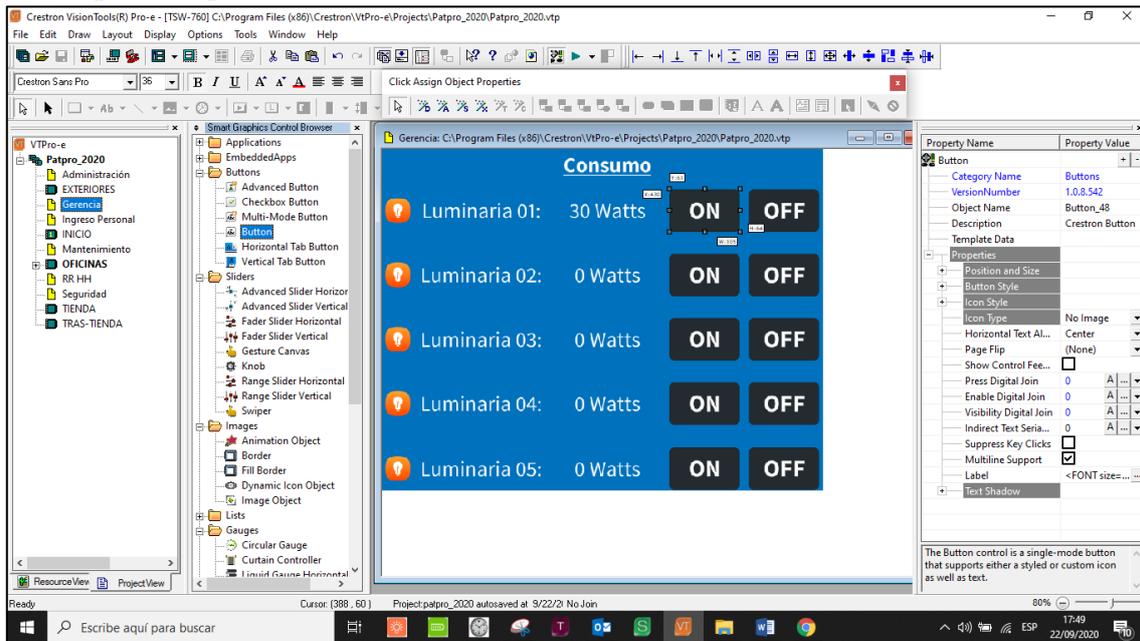


Figura 4.55: selección del puerto y tipo de señal.

16. Ingresar la información solicitada, luego hacer clic en “Ok” y empezar a asignar los puertos a utilizar.

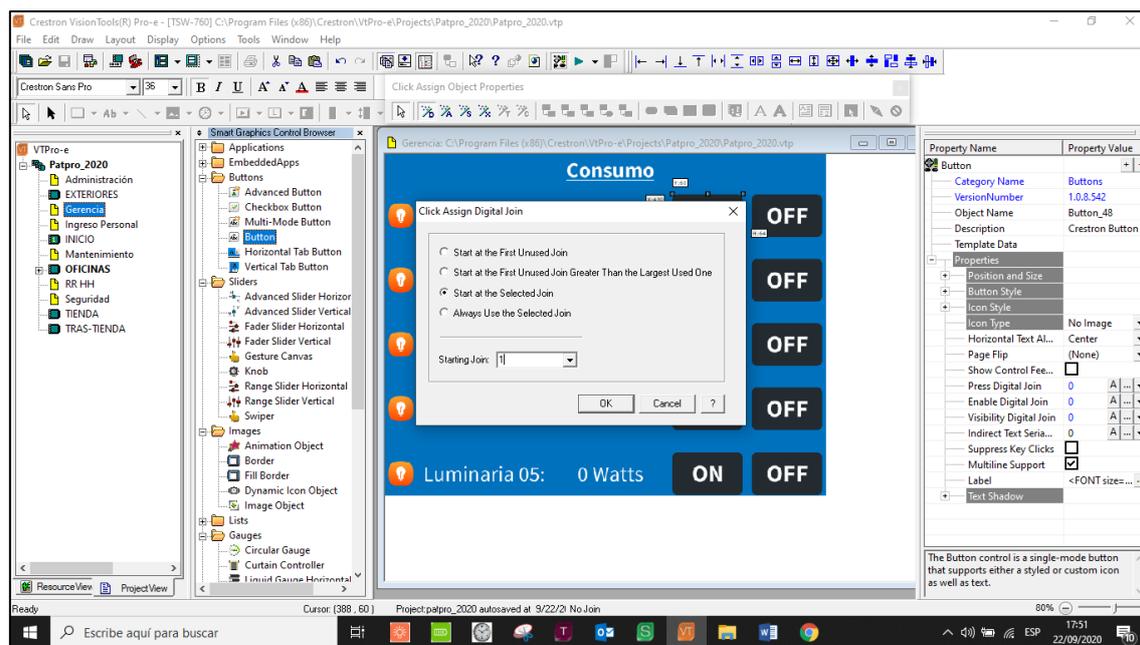


Figura 4.56: Asignación de puertos.

17. Luego de haber asignado todos los puertos necesarios en la interface gráfica, se accede al programa del procesador para generar la interrelación entre ambos puertos.

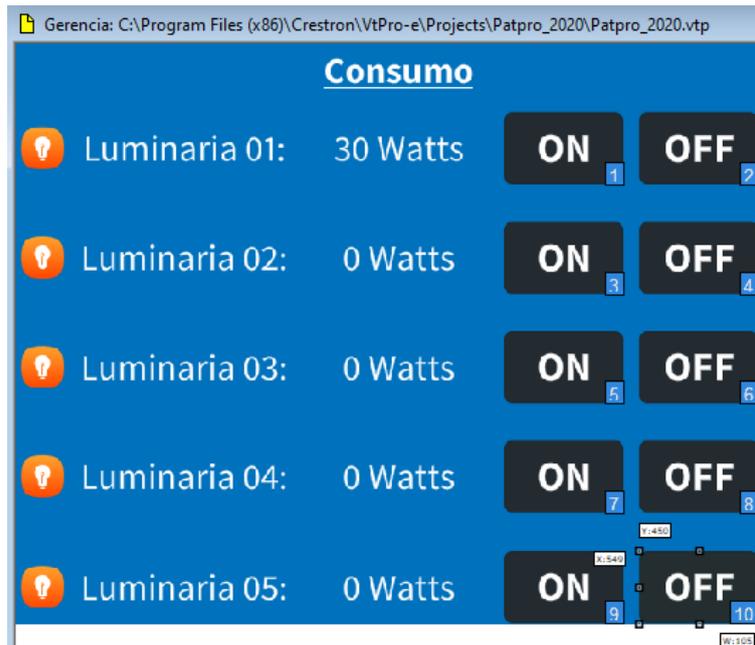


Figura 4.57: Diseño final de la interface gráfica.

18. Ingresar al programa en Simpl Windows del procesador, hacer clic en “Project”, luego seleccionamos “Program System”, después dar clic al símbolo “+” en el Slot 2: Dispositivos Ethernet, del procesador DIN-AP3MEX.

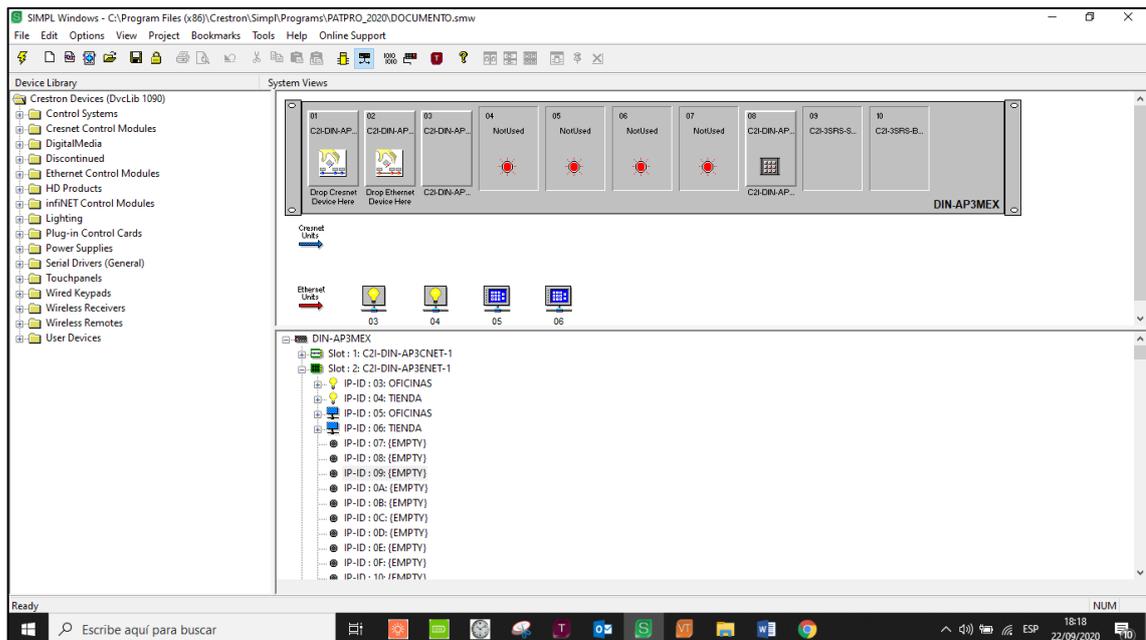


Figura 4.58 : Ventana de par la interrelación del procesador y HMI.

19. Hacer doble clic en el IP-ID:07, como se muestra en la figura , para empezar a agregar el equipo definido para la interface gráfica.

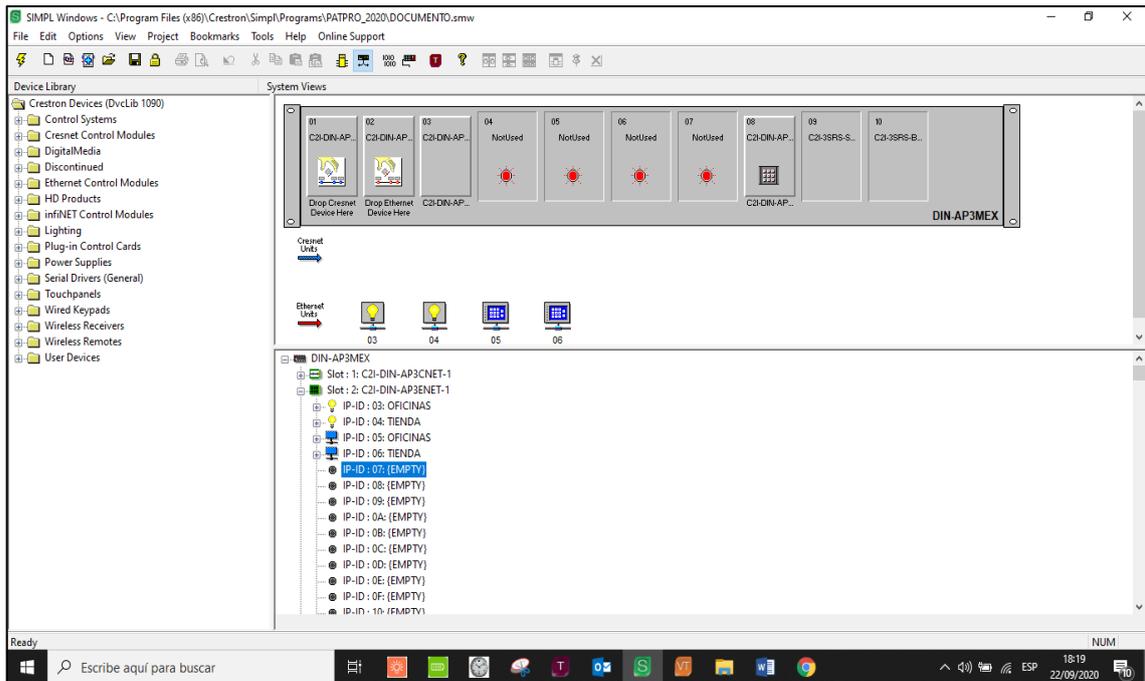


Figura 4.59: Selección de la dirección.

20. Luego de hacer la operación anterior aparecerá una lista de equipos disponibles, buscamos el código TSW-760 y damos clic en “OK”.

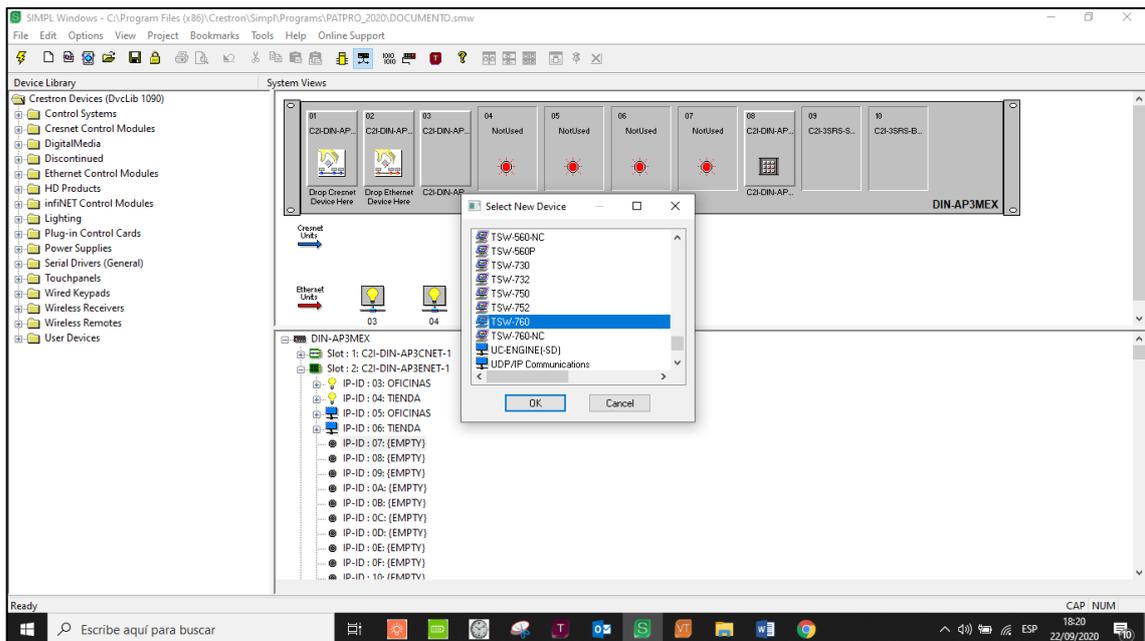


Figura: 4.60 Selección del equipo (HMI TSW-760)

21. Hacer clic en la pestaña “Project”, después clic en “Program System”, luego buscar el IP-ID: 07 TSW-760 (Pantalla táctil) y hacer doble clic; aparecerá un bloque en el lado derecho mostrando sus señales de entrada y salida. Las señales de color azul son digitales (figura 4.61), las de color rojo son analógicas (figura 4.62) y las de color negro son señales del tipo seriales figura (5.63)

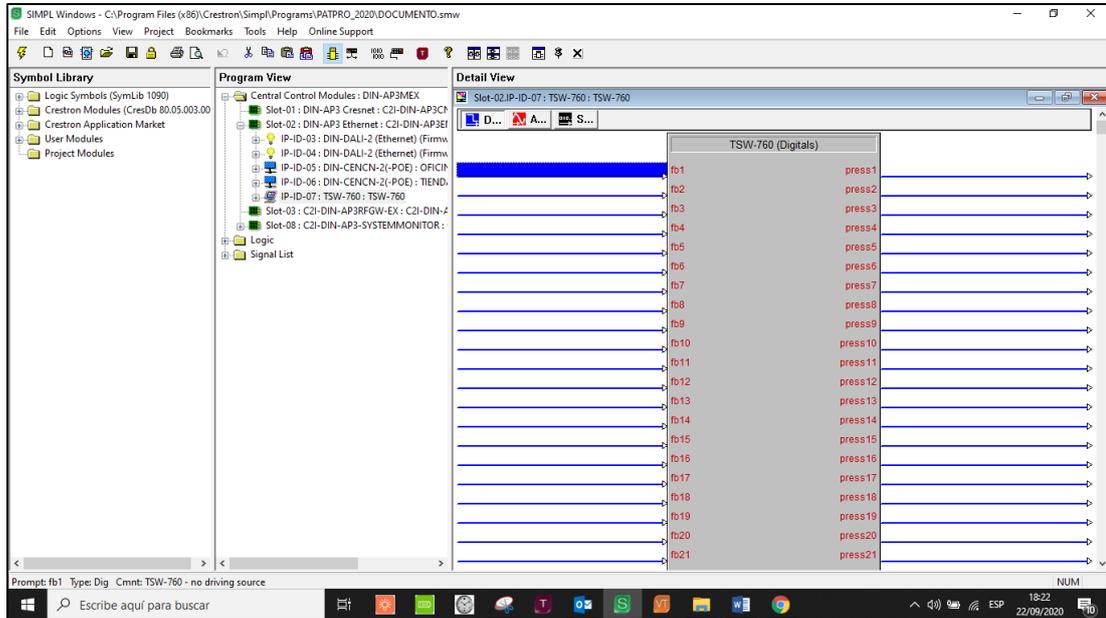


Figura 4.61: Señales digitales.

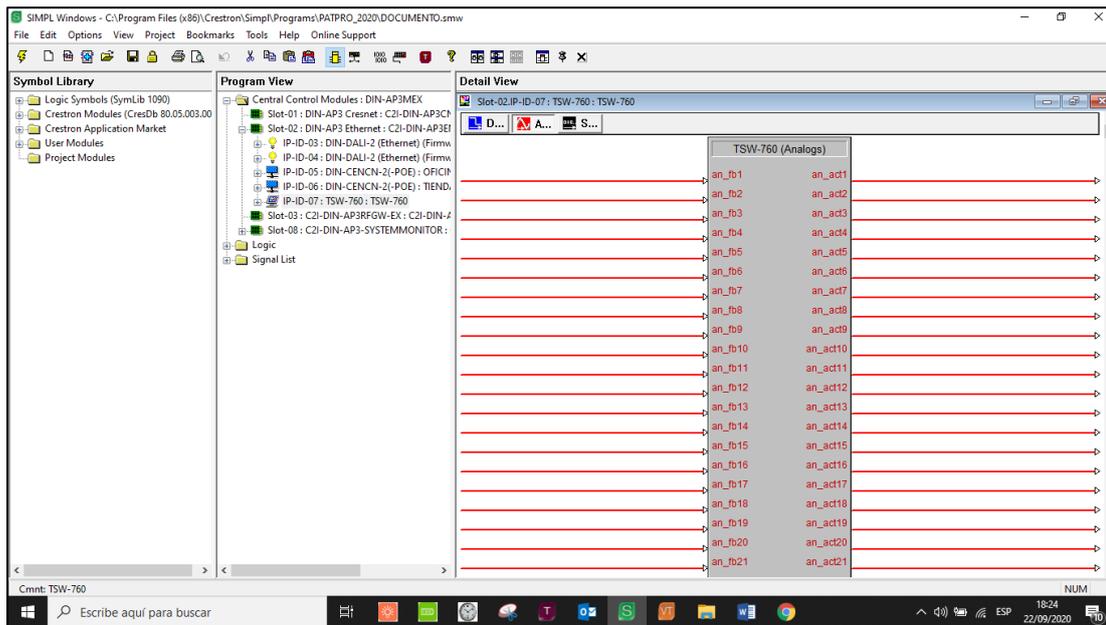


Figura 4.62: Señales analógicas.

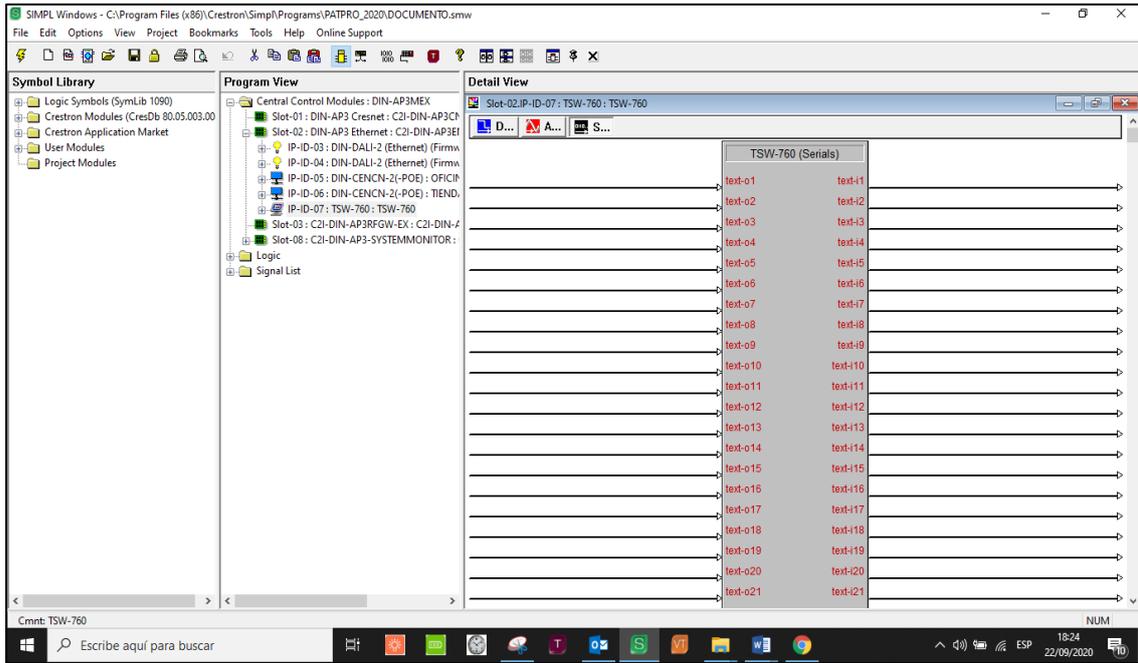


Figura 4.63: Señales seriales.

22. Asignamos nombres a los puertos de entrada y salida a utilizar en la pantalla táctil, tomando como referencia los puertos asignados en el paso 17. Después se utilizan estos puertos en el desarrollo de la lógica de control guardada en el procesador.

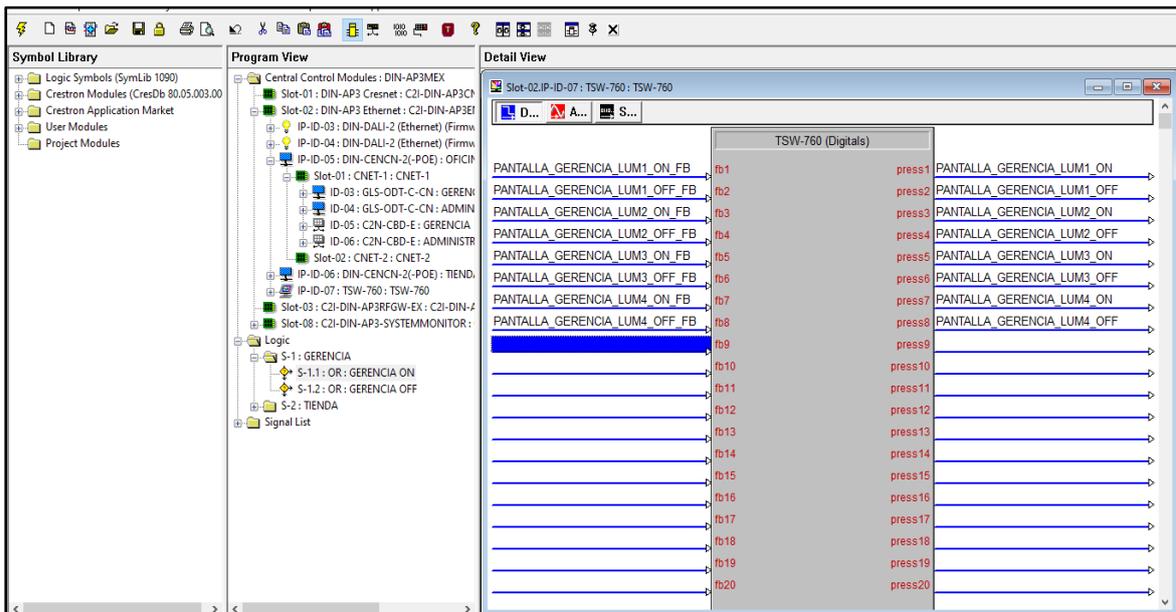


Figura 4.64: Asignación de nombres a los puertos de entrada y salida.

#### **4.4 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO.**

En esta sección se realiza un análisis de los costos que demanda la implementación del sistema centralizado y automatizado de ahorro energético en la iluminación de un centro comercial. El análisis comprende los costos de los equipos e instrumentos y mano de obra. En todo proyecto se generan principalmente dos tipos de costos: costos directos y costos indirectos.

##### **4.4.1 Costos de gasto directos (CGD).**

Son los costos que se genera por el costos de materiales (dispositivos y equipos) y de instalación y montaje (mano de obra).

El costo directo de materiaes, considera el costo de materiales listados en este proyecto, estos costos están basados en tarifas del mercado y tiene como base los precios de los proveedores de este tipo de tecnologías. El costo directo de instalación y montaje, considera la mano de obra, equipos y herramientas efectuadas exclusivamente para realizar la implementación del proyecto.

##### **4.4.1.1 Costo de los dispositivos y equipos (CDE)**

El costo de los materiales directos han sido tomada de las cotizaciones que se realizaron a los distintos proveedores, los precios están en dólares y no incluyen IGV. Si bien es cierto que los costos de los dispositivos son elevados debido a que dispositivos especializados, de uso industrial, tipo de tecnología utilizado y su funcionalidad, sin embargo, son los que garantizan y permitir realizar este tipo de proyectos con total fiabilidad.

El costo de dispositivos y equipos asciende a \$22,360.00, en el anexo A se presenta el detalle.

##### **4.4.1.2 Costo de instalación y montaje (CIM).**

Para el cálculo los costos de la instalación y montaje de los equipos, se consideró la información de proyectos similares. Para este tipo de proyectos se estima que el costo de tendido de cable y montaje de los equipos y dispositivos es del 10% del costo de materiales.

$$CIM = 10\%CDE = 10\% * 22,360.00 = \$ 2,236$$

##### **4.4.2 Costo de gastos indirectos (CGI).**

Son aquellos gastos que no han sido considerados en los costos directos. Se consideran los costos de infraestructura para la realización de las actividades del proyecto que no se dan a conocer al cliente pero que son necesarios e indispensables. Las consideraciones que se tuvieron en cuenta para estimar este costo son:

- Los costos de utilidad y gastos generales para la ejecución de los trabajos no incluidos en los costos directos. En este proyecto por ser un diseño no se considerará este costo.
- Costos generados del apoyo técnico y administrativo, como los gastos de movilización y desmovilización del personal y equipos de construcción, instalaciones temporales de construcción, dirección, administración, supervisión de campo que aseguren la calidad y seguridad de los trabajos, costos de transporte de personal dentro de la obra, equipos de seguridad y protección del medio ambiente.

Los gastos indirectos del que realiza la implementación del proyecto está comprendido ente 5% y 15%, respectivamente, del costo directo. Según información de proyectos similares este costo se estima en un 10 %, ver tabla 4.8.

$$CGI = 10\%CGD$$

#### 4.4.3 Exclusiones.

En el desarrollo de este proyecto, no se consideran los siguientes costos:

- Costo de luminarias.
- Costos de fabricación y montaje de canaletas si se requiere.
- Costos de obras civiles como montaje de tubos si se requiere.
- El impuesto general a las ventas (IGV).

#### 4.5.5 Costo total de gastos del proyecto. (PTGP)

El costo total del proyecto (PTGP) será igual a la suma del presupuesto de gastos directo más el presupuesto de gasto indirecto.

**Tabla 4.8:** Resumen del costo total.

Resumen de costos	Costo \$
Costo de dispositivos equipos	\$22,360.00
Costos de instalación y montaje	\$2,236.00
Costos indirectos	\$2,459.60
<b>Total</b>	<b>\$27,055.60</b>

El análisis de costos realizado para estimar cuanto se estaría invirtiendo en la implementación de este proyecto, estima que es de \$27,055.60 dólares, sin incluir IGV.

## DISCUSION DE RESULTADOS.

1. La implementación del sistema automatizado en iluminación se realizó mediante tecnología LED, tal como lo utilizó Huamán (2017), siendo la más adecuada para la implementación de sistemas de automatización en iluminación, además de controlar la modulación de la iluminación, proponemos un control digital direccionable para cada luminaria, a través de la tecnología DALI.
2. Para este sistema se utilizó un control automático por sensores y manual por botoneras para el encendido y apagado de luminarias, además se realizó un control atenuable y automático para las zonas con ingreso de luz natural; la comunicación entre procesador y periféricos se realizó utilizando el protocolo TCP/IP, el cual nos permite realizar un control, monitoreo y gestión de forma remota o local desde cualquier punto de la red; el procesador utilizado es un controlador lógico programable netamente orientado a la iluminación, ofreciendo flexibilidad y facilidad en su programación, a comparación de Contreras (2010) que utilizó un dispositivo PLC genérico que logra activar y/o desactivar los circuitos de iluminación en modo manual o automático mas no regular la intensidad de las luminarias.
3. En el sistema propuesto es factible el uso de tecnología para el control automático, gestión y monitoreo del sistema de iluminación, siguiendo los criterios de confort, ahorro y eficiencia energética tal como lo indica León (2010) en sus conclusiones, para ello hemos propuesto además el uso de la tecnología DALI por su flexibilidad en el control regulable de iluminación.
4. En el sistema propuesto se utilizaron sensores duales y un procesador, especializados para el control, monitoreo y gestión en iluminación para los diferentes ambientes en una edificación mayor, conforme lo recomienda Sanchez & Valdivia (2008) que utilizaron la marca MAXIOM como controlador específico a comparación de este proyecto que se utilizó la marca CRESTRON.

## CONCLUSIONES.

1. Se logró diseñar la arquitectura de red, para lo cual se utilizó una red de área local Ethernet para la intercomunicación del módulo procesador y la interface hombre máquina; asimismo, para la red de campo se utilizaron protocolos especializados, como el bus DALI para el control y direccionamiento de las luminarias, y el bus CRESNET para la transmisión de las señales de los sensores de ocupancia, fotosensores y las botoneras. Cada bus de campo se intercomunica con módulos de interface (módulo de interface de luminarias y módulo puente para sensores) que adaptan y estandarizan los datos para ser transmitida por el estándar Ethernet.
2. Se seleccionó cada uno de los equipos e instrumentos necesarios para el sistema centralizado y automatizado de ahorro energético, este sistema tiene como elemento principal un módulo controlador que permite integrar las señales de las luminarias y sensores, procesa y envía los datos hacia un panel de operador, además en esta aplicación se seleccionó una HMI táctil. Se eligió el tipo de luminaria LED y que esta sea dimerizable, siendo este tipo las más eficientes y de fácil mantenimiento, necesitándose 161, 36 y 41 luminarias para la zona de ventas, trastienda y oficinas respectivamente. Los fotosensores seleccionados miden la cantidad de luz natural que incide sobre un área en particular, los de ocupancia permiten detectar la presencia de personas. Todos los equipos seleccionados son compatibles con el tipo de red seleccionada.
3. Se realizó la configuración de los equipos seleccionados por medio del software SIMPL, a través del cual se le asignó una dirección específica (ID) a cada luminaria y la asignación de entradas y salidas para los sensores. La programación se realizó por medio de los elementos llamados “bloques de función” para la lógica de control de encendido y apagado de las luminarias y su respectiva atenuación en función de los datos enviados por los sensores de ocupancia y fotosensores.
4. El costo de los elementos requeridos en la implementación del sistema centralizado y automatizado para el ahorro energético en la iluminación es de \$27,055.60 dólares.

## **RECOMENDACIONES.**

1. Se recomienda extender la arquitectura ya que el sistema lo permite, se puede conectar más dispositivos como un terminal remoto o computador personal que se conecte en línea desde cualquier punto de la red para fines de soporte y monitoreo. También se puede conectar dispositivos móviles para un control personalizado o de preferencia.
2. Se recomienda instalar dispositivos sonoros en las áreas de trabajo con el fin de alertar a las personas que las luminarias se apagarán en un tiempo predeterminado. Lo que permitiría programar las tareas o modificar los tiempos de encendido de las luminarias.

## BIBLIOGRAFÍA.

- ANSI/ISA-5.1. (2009). Símbolos de identificación e instrumentación. Obtenido de [http://integrated.cc/cse/Instrumentation\\_Symbols\\_and\\_Identification.pdf](http://integrated.cc/cse/Instrumentation_Symbols_and_Identification.pdf)
- BANCO MUNDIAL. (2017). Banco Mundial califica políticas sobre energía sostenible de 111 países. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2017/02/15/world-bank-scores-sustainable-energy-policies-in-111-countries>
- BTICINO. (2020). Productos y soluciones en ahorro de energía. Obtenido de <http://www.bticino.com.mx/productos.asp?lonidcategoria=41>
- CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD-CNE. (2006). *Codigo Nacional de Electricidad*. Ministerio de Energía y Minas, Lima. Obtenido de características de los conductores eléctricos: <http://www.pqsperu.com/Descargas/NORMAS%20LEGALES/CNE.PDF>
- CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD-CNE. (2006). - *Utilización*. Obtenido de <http://www.pqsperu.com/Descargas/NORMAS%20LEGALES/CNE.PDF>
- CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD-CNE. (2011). *Suministros*. Obtenido de <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>
- CONTRERAS IGLESIAS, A. M. (2011). Diseño de un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial. *Tesis para Optar el Título de ingeniero Electrónico*. Pontificia universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/518>
- DCM. (2020). Ventajas del led frente a alógenos y fluorescentes. Obtenido de <https://www.dcmsistemas.com/es/documentacion/informacion-adicional/34/ventajas-del-led-frente-a-halogenos-y-fluorescentes/>
- ENDESA. (2016). La eficiencia energética de las empresas. Obtenido de <https://www.elblogdeendesa.com/eficiencia-energetica-energia/comportamiento-energetico-empresa/>
- GESTION. (2019). *Centros comerciales en el Perú*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/empresas/centros-comerciales-en-peru-estas-son-las-cifras-que-rigen-el-mercado-noticia/#:~:text=En%20Per%C3%BA%20existen%2080%20malls%20a%20nivel%20nacional%20controlados%20por%2013%20grupos%20empresariales>
- HUMAN, C. (2010). Diseño de la infraestructura de la red para un sistema de iluminación automatizado. *Tesis de licenciatura en ciencias de Ingeniería con mención en Ingeniería electrónica*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- IEC-62031-1. (2008). Regulaciones técnicas para módulos con LEDs con o sin controlador LED integrado para iluminación general. Obtenido de <https://webstore.iec.ch/publication/6323>

- IEC 20287-3-1. (2017). Cálculo de Corriente Admisible para Cables en Régimen Permanente con un factor de Carga del 100%. Obtenido de IEC 60287-3-1:2017 is applicable to the conditions of steady-state operation of cables at all voltages, buried directly in the ground, in ducts, troughs or in steel pipes, both with and without partial drying-out of the soil, as well as cables in air.
- iNFOPLC. (2012). PACs para Control Industrial, el Futuro del Control - National Instruments. Obtenido de <https://www.infoplcn.net/documentacion/5-automatas/1419-pacs-para-control-industrial-el-futuro-del-control-national-instruments>
- LANAO, D. F. (2015). Diseño y desarrollo de un sistema de iluminación. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico*. Pontificia Universidad católica del Perú, Lima. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/ed91/a59fab846510ef4a445e57706fa43ac8d66e.pdf>
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS-MEM. ( 2020). *Indicadores del sector eléctrico a nivel nacional*. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Cifras%20preliminares%20del%20Sector%20Electrico%20-%20Diciembre%202019%20-%20Rev%206-1.pdf>
- MORO, M. (2011). Instalaciones domóticas. madrid: Paraninfo.
- NFPA 70. (2017). Código eléctrico nacional. Obtenido de <https://atlingenieria.com.mx/wp-content/uploads/2018/11/NEC-NFPA-70-2008-Spanish.pdf>

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### COSTOS EQUIPOS Y DISPOSITIVOS

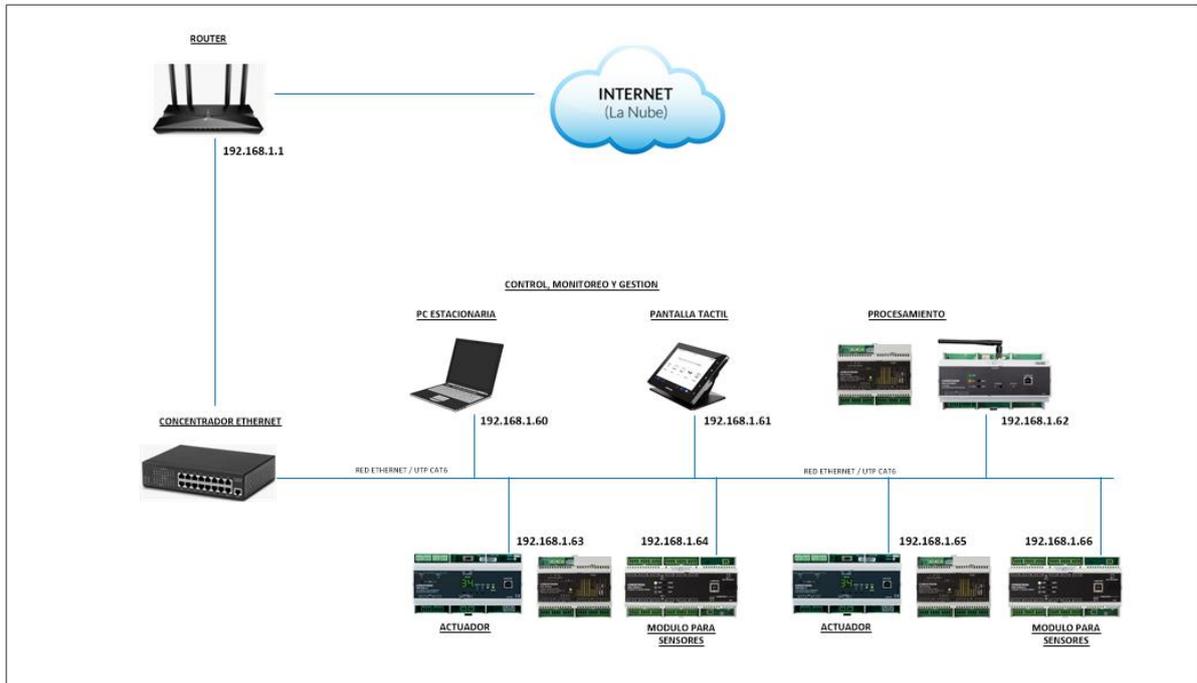
**Tabla A.1:** Costo de los equipos y dispositivos.

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANT	P. UNIT	P. TOTAL
1	TSW-760-B-S	Pantalla táctil de 7 pulg., Negra suave	1	\$1,400.00	\$1,400.00
2	DIN-AP3MEX	Procesador de automatización de carril DIN 3-Series® con puerta de enlace inalámbrica infiNET EX y ER	1	\$1,300.00	\$1,300.00
3	DIN-DALI-2	Interfaz DALI de 2 canales en carril DIN	3	\$800.00	\$2,400.00
4	DIN-PWS60	Fuente de alimentación Cresnet de carril DIN de 60 watts	6	\$210.00	\$1,260.00
5	DIN-CENCN-2	Puente de red Ethernet a Cresnet	3	\$450.00	\$1,350.00
6	GLS-ODT-C-CN	Sensor de ocupación de tecnología dual con Cresnet, 2000 pies cuadrados.	21	\$200.00	\$4,200.00
7	C2N-CBD-E-W-S	Teclado Cameo- Express, montaje estándar, blanco liso	25	\$200.00	\$5,000.00
8	GLS-SIM	Módulo de integración del sensor Crestron Green Light	5	\$130.00	\$650.00
9	GLS-LOL	Fotosensor Crestron Green Light, circuito abierto	5	\$180.00	\$900.00
10	CRESNET-NP-TL-SP1000	Cable de control Cresnet, no plenum, verde azulado, carrete de 304 m (1000 pies)	2	\$500.00	\$1,000.00
14	PCGUCC6ALZBL	Cable de datos UTP/CAT6 , 4 pares trenzados-304 m-23 AWG	2	\$350.00	\$700.00
15	4500FE.00100	Cable Multifilar, Alarma de Seguridad, Blindado, 2 Hilos, 22 AWG, 0.352 mm <sup>2</sup> , 328 ft, 100 m	20	\$110.00	\$2,200.00
16		TOTAL.			\$22,360.00

# ANEXO B

## ARQUITECTURA DE RED DEL SISTEMA CENTRALIZADO Y AUTOMATIZADO

Figura B.1: Arquitectura de red del sistema centralizado y automatizado para un centro comercial.



# ANEXO C:

## Tablas adicionales

Tabla C.1: Coeficientes de reflexión de los colores y materiales.

PINTURA/COLOR	COEF. REFL.	MATERIAL	COEF. REFL.
BLANCO	0.70-0.85	MORTERO CLARO	0.35-0.55
TECHO ACUSTICO BLANCO (según orificios)	0.50-0.65	MORTERO OSCURO	0.20-0.30
GRIS CLARO	0.40-0.50	HORMIGON CLARO	0.30-0.50
GRIS OSCURO	0.10-0.20	HORMIGON OSCURO	0.15-0.25
NEGRO	0.03-0.07	ARENISCA CLARA	0.30-0.40
CREMA, AMARILLO CLARO	0.50-0.75	ARENISCA OSCURA	0.15-0.25
MARRON CLARO	0.30-0.40	LADRILLO CLARO	0.30-0.40
MARRON OSCURO	0.10-0.20	LADRILLO OSCURO	0.15-0.25
ROSA	0.45-0.55	MARMOL BLANCO	0.60-0.70
ROJO CLARO	0.30-0.50	GRANITO	0.15-0.25
ROJO OSCURO	0.10-0.20	MADERA CLARA	0.30-0.50
VERDE CLARO	0.45-0.65	MADERA OSCURA	0.10-0.25
VERDE OSCURO	0.10-0.20	ESPEJO DE VIDRIO PLATEADO	0.80-0.90
AZUL CLARO	0.40-0.55	ALUMINIO MATE	0.55-0.60
AZUL OSCURO	0.05-0.15	ALUMINIO ANODIZADO Y ABRILLANTADO	0.80-0.85
		ACERO PULIDO	0.55-0.65

**Tabla C.2: Cálculo del número de luminarias.**

PROCEDIMIENTO	AREA		
	VENTAS	TRAS TIENDA	OFICINAS
Iluminación recomendada (lux)	500	350	500
Superficie en m2 (s)	2900	390	370
Altura de luminaria al piso (m) $h_0$	6	4	2.5
Altura de la superficie de trabajo (m) $h_1$	0.8	0.2	1
Distancia ente la luminaria y estación de trabajo h (m) $h = h_0 - h_1$	5.2	3.8	1.5
Índice focal (del area) $k = \frac{\text{ancho} * \text{largo}}{h * (\text{ancho} + \text{largo})}$	5.09	2.50	6.41
Ancho(m)	65	15	18.5
Largo(m)	44.6	26	20
Coefficiente de reflexiÓN $c_r$	$c_r$	$c_r$	$c_r$
Color de techo	gris claro(0.45)	gris claro(0.45)	gris claro(0.45)
Color de las paredes	blanco(0.75)	blanco(0.75)	blanco(0.75)
Color del suelo	gris oscuro(0.1)	gris oscuro(0.1)	madera clara
Coefficiente de utilizaciÓN. Por tabla del fabricante en función de $C_u \approx (k, c_r)$	0.97	0.97	0.97
Coefficiente de manteneiminto $C_m = 0.8$ ; <i>lugares limpios</i> $C_m = 0.6$ ; <i>lugares polvorientos</i>	0.8	0.6	0.8
Flujo luminoso total (lm) $\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$	1868556.7	234536.1	238402.1
Tipo de luminaria	Columbia LED 4000K / 96 W	LN INDV D/I DALI 1500 56W/4000K	Panel CFP14 - 4000K / 50 W
Número de lámparas /luminaria (n)	1	1	1
Flujo luminoso de la lámpara(lm) $\Phi_L$	11572	6550	5880
Número de lámparas $N_L = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L}$	<b>161.47</b>	<b>35.8</b>	<b>40.5</b>