



**Diseño de control de iluminación de Bodega Escocia con protocolo de comunicación KNX**

Sergio Paulo Duarte Garrido

Informe de practica para optar al título de:  
Ingeniero electricista

Asesor

Jaime Alejandro Valencia Velásquez  
Doctor (PhD) en Ingeniería Eléctrica  
Universidad de Antioquia

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Eléctrica  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2024

---

<b>Cita</b>	(Duarte Garrido, 2024)
<b>Referencia</b>	Duarte Garrido, S. (2024). <i>Diseño de control de iluminación de Bodega Escocia con protocolo de comunicación KNX</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	

---



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Julio César Saldarriaga Molina.

**Jefe departamento:** Noé Alejandro Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Objetivos	12
1.1 Objetivo general	12
1.2 Objetivos específicos	12
2 Marco teórico	13
COMPONENTES BASICOS	14
TIPOS DE ARQUITECTURA	14
PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	15
3 Metodología	20
4 Resultados	21
RECOLECCION DE INFORMACION	21
DISEÑO DE ILUMINACION EN DIALUX EVO	24
SIMULACION EN KNX VIRTUAL	29
PUESTA EN MARCHA	47
SELECCIÓN DE MATERIALES	56
PRESUPUESTO	67
ESTUDIO ECONOMICO Y AHORRO ENERGETICO	69
5 Análisis	76
6 Conclusiones	77
7 Referencias	78

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b>	Especificaciones técnicas tubo T8G5	21
<b>Tabla 2</b>	Especificaciones técnicas de luminarias LUCCA-A	22
<b>Tabla 3</b>	Tipo y cantidad de luminarias en la bodega	23
<b>Tabla 4</b>	Tabla de eventos y escenas	36
<b>Tabla 5</b>	Zonas de detección sensor de presencia	60
<b>Tabla 6</b>	Presupuesto control ON/OFF	67
<b>Tabla 7</b>	Presupuesto control dimmer	68
<b>Tabla 8</b>	Hora de encendido y apagado de iluminación en la bodega	70
<b>Tabla 9</b>	Tarifa horaria para febrero 2024	71
<b>Tabla 10</b>	Pago por concepto de iluminación de las 75 luminarias nuevas	71
<b>Tabla 11</b>	Flujos de efectivo para calcular el periodo de recuperación de la inversión control ON/OFF	72
<b>Tabla 12</b>	Flujos de efectivo para calcular el periodo de recuperación de la inversión control regulable	73
<b>Tabla 13</b>	Valor presente neto sistema ON/OFF	74
<b>Tabla 14</b>	Valor presente neto sistema regulable	75

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Tubo T8G5	21
<b>Figura 2</b> Temperatura del color	22
<b>Figura 3</b> Distribución de luminarias en la bodega	23
<b>Figura 4</b> Tableros de distribución de las luminarias	24
<b>Figura 5</b> Tabla 410.1 tomada del RETILAP	25
<b>Figura 6</b> Simulación en Dialux evo	26
<b>Figura 7</b> Zonas de racks y almacén	27
<b>Figura 8</b> Zona de picking	28
<b>Figura 9</b> Lista de dispositivos KNX virtual	30
<b>Figura 10</b> Topología KNX Virtual	31
<b>Figura 11</b> Basic funtions – single room	32
<b>Figura 12</b> Basic funtions – multiple room	32
<b>Figura 13</b> Switching advanced	33
<b>Figura 14</b> Diming - advanced	33
<b>Figura 15</b> Shutters/Blinds – advanced	34
<b>Figura 16</b> HVAC - single room	34
<b>Figura 17</b> HVAC - multiple room	35
<b>Figura 18</b> Data security and couplers	35
<b>Figura 19</b> Creación del proyecto	38
<b>Figura 20</b> Creación de las estancias en la ventana de edificios	39
<b>Figura 21</b> Ventana de catalogo con los dispositivos para KNX virtual	40

<b>Figura 22</b> ubicación de los dispositivos en las estancias de edificio	40
<b>Figura 23</b> Parámetros botonera canal 1	41
<b>Figura 24</b> Parámetros botonera canal 2	42
<b>Figura 25</b> Parámetros botonera canal 3	42
<b>Figura 26</b> Parámetros de los actuadores ON/OFF D7	43
<b>Figura 27</b> Parámetros de actuador dimmer D0	43
<b>Figura 28</b> Direcciones de grupo	44
<b>Figura 29</b> Dirección de grupo 0/0/1 de lámparas de consolidación	45
<b>Figura 30</b> Dirección 0/0/2 de lámparas de picking	45
<b>Figura 31</b> Dirección 0/0/3 Lámparas del rack	46
<b>Figura 32</b> Comprobación final de la fase de diseño en la botonera ubicada en la estancia de consolidación	46
<b>Figura 33</b> Dialogo de configuración al abrir KNX virtual	47
<b>Figura 34</b> programación de la botonera	48
<b>Figura 35</b> programación completa y exitosa de los dos dispositivos ubicados en consolidación	48
<b>Figura 36</b> interacción de la botonera canal 1 y el actuador D7	49
<b>Figura 37</b> Interacción de la botonera canal 2 y el actuador D7	50
<b>Figura 38</b> Interacción de la botonera canal 3 y el actuador D0	50
<b>Figura 39</b> Selección de los 8 objetos de la escena 1	51
<b>Figura 40</b> Dirección de grupo para el control de escenas	52
<b>Figura 41</b> Asociación de los dispositivos en el control de escenas	52
<b>Figura 42</b> Estructura del control de escenas	53
<b>Figura 43</b> Asociación de los objetos con las direcciones de grupo	53
<b>Figura 44</b> Escena 1 controlada desde el canal 4	54
<b>Figura 45</b> Escena 2 controlada desde el canal 5	54
<b>Figura 46</b> Escena 3 controlada desde el canal 6	55

<b>Figura 47</b> Escena 4 controlado desde el canal 7	55
<b>Figura 48</b> Fuente de alimentación de 320 mA	56
<b>Figura 49</b> Interfaz USB	58
<b>Figura 50</b> Sensor de presencia	59
<b>Figura 51</b> Zona de detección sensor de presencia según su altura de montaje	61
<b>Figura 52</b> Actuador binario riel DIN 8 canales	62
<b>Figura 53</b> Actuador de regulación universal carril DIN 4 canales	64
<b>Figura 54</b> Cable KNX EIB Bus lszh 2x2x0,8 AMG 20/1	66

## Siglas, acrónimos y abreviaturas

ETS	Engineering Tool Software
LON	Local Operating Network
TP	twisted pair
PL	power line
IP	Internet Protocol address
RF	Radio frecuencia
PLC	Power Line Communication
PRI	Periodo del valor de la inversión
VPN	Valor presente neto
RETILAP	Reglamento técnico de iluminación y alumbrado publico
IRC	Índice de reproducción cromática
TCC	Temperatura de color correlacionada



## Resumen

El control de iluminación puede mejorar la calidad de los espacios y en consecuencia la calidad de vida de los usuarios al ofrecer comodidad y flexibilidad; además trae beneficios energéticos y ambientales. Por esta razón en este trabajo se realiza un diseño de control de iluminación utilizando el sistema KNX y los programas ETS6 en su versión demo, el simulador KNX virtual y Dialux evo.

Para realizar el diseño se levantó la información del tipo de iluminación con la que cuenta la Bodega y con esta información se realizó un diseño en Dialux, seguidamente se realizó una simulación en KNX virtual y ETS6 con los dispositivos usados en el control de iluminación, teniendo en cuenta las limitaciones de la licencia demo del ETS6. Una vez definidos los dispositivos se realizó el presupuesto del diseño con equipos de Schneider Electric. Los resultados encontrados sugieren que, aunque el control de iluminación mediante KNX puede ser costoso, al evaluar financieramente el sistema de control de iluminación, son económicamente factibles y la recuperación de la inversión es rápida.

*Palabras clave:* Control de iluminación, sistema KNX, KNX virtual, ETS6.

### **Abstract**

The lighting control can improve the quality of spaces and consequently the quality of life of users by offering comfort and flexibility; it also brings energy and environmental benefits. For this reason, in this work, a lighting control design is carried out using the KNX system and the ETS6 programs in their demo version, the virtual KNX simulator, and Dialux evo.

To carry out the design, information about the type of lighting available in the warehouse was gathered, and with this information, a design was made in Dialux. Subsequently, a simulation was performed in KNX virtual and ETS6 with the devices used in lighting control, taking into account the limitations of the ETS6 demo license. Once the devices were defined, the budget for the design was prepared with Schneider Electric equipment. The results suggest that although lighting control through KNX can be expensive, when financially evaluating the lighting control system, they are economically feasible and the return on investment is quick.

*Keywords:* Lighting control, KNX system, virtual KNX, ETS6

## **Introducción**

En el sector industrial, las fábricas y bodegas suelen consumir energía eléctrica en gran cantidad y la iluminación es un ítem en el que se consume alrededor del 15 % de la energía eléctrica. Teniendo en cuenta que actualmente el control de iluminación de la bodega se realiza mediante la manipulación de los breakers que están ubicados en los tableros de potencia, es necesario desplazarse hasta la ubicación de estos tableros para realizar el encendido o apagado de la iluminación de la bodega según sea la necesidad. La bodega cuenta con iluminación led de 100 watts y con iluminación led tipo tubular. En este proyecto se diseñará un control de la iluminación de la bodega con domótica KNX, un protocolo de comunicación entre dispositivos. Con el fin facilitar el encendido y apagado de toda la iluminación y controlar las zonas donde se necesita una buena iluminación para un buen desarrollo de las actividades laborales que se realizan en la bodega.

Teniendo en cuenta las limitaciones que ofrece la licencia del programa ETS6 en su versión demo, el cual deja programar un total de 5 dispositivos se realizó un control de iluminación sencillo que se puede extrapolar para toda la bodega, los resultados de las simulaciones con KNX virtual fueron satisfactorios al poder realizar un control dimmer en las luminarias regulables y un control ON/OFF en las luminarias que nos son regulables, mediante escenas y sensores de movimientos. En el aspecto económico, la instalación es un poco costosa debido que los equipos que se cotizan para realizar el presupuesto son de la marca Schneider Electric ya que estos dispositivos nos ofrecen las funciones necesarias para realizar un adecuado control de la iluminación.

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Diseñar un control de iluminación de la Bodega Escocia de la empresa línea directa mediante el sistema KNX, con el fin de mejorar el control de la iluminación pasando de una forma manual a una automática.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Realizar el diseño de las luminarias de la bodega utilizando Dialux evo
- Realizar simulación en el entorno KNX virtual
- Elaborar presupuesto del diseño
- Realizar un estudio económico del proyecto donde se visualice cuanto es el ahorro energético y económico con la implementación del sistema KNX

## 2 Marco teórico

La domótica es la disciplina que se encarga de la automatización de los sistemas de cualquier tipo de vivienda o edificación, incluyendo servicios de gestión energética, seguridad y confort a través de las comunicaciones. Por tanto, se trata de una forma de conectar al usuario con los diferentes objetos que conforman una edificación, esto se puede realizar mediante una tecnología adecuada (Rodríguez García, 2023).

La domótica nos ofrece aplicaciones que pueden ser el control inteligente de la temperatura, el manejo de persianas, el control de la iluminación y de diferentes alarmas como las de intrusión o incendios. Por otro lado, la domótica nos ofrece una serie de ventajas las cuales se pueden diferenciar en varias categorías:

**Gestión energética:** en esta ventaja se optimizan los recursos energéticos con el control de iluminación y la climatización que se adecuan según sea necesario, además realizando la desconexión de aparatos que no se estén utilizando, reduciendo los gastos económicos y energéticos.

**Confort:** la automatización de algunos sistemas de las casas y edificaciones como la iluminación, las persianas, la climatización y electrodomésticos brindan confort a las personas y sobre todo mejora el estilo de vida de personas que tienen alguna discapacidad.

**Seguridad:** en la parte de seguridad se puede la domótica brinda varias ventajas como los son el manejo de cámaras y de cerrojos que impiden el ingreso al establecimiento o vivienda de personas que no están autorizadas, además con los sensores se pueden evitar inundaciones, incendios por cortocircuito o fugas de gas.

**Comunicación:** con la comunicación se puede realizar un control de forma remota de la vivienda o establecimiento desde aplicaciones y dispositivos móviles, facilitando la comunicación entre el usuario y los dispositivos, además la comunicación es esencial entre los sensores, actuadores y controladores.

**Accesibilidad:** la domótica es accesible para todo tipo de personas siendo una disciplina muy incluyente, como por ejemplo personas con discapacidades y adultos mayores que no están acostumbrados en este nuevo mundo de la tecnología (Rodríguez García, 2023).

## COMPONENTES BASICOS

Un sistema domótico está constituido por varios elementos o dispositivos que ejecutan unas funciones específicas dentro del proceso de automatización. Generalmente se clasifican en tres grandes grupos: sensores, actuadores y controladores.

**Sensores:** estos son los dispositivos de recolectar la información de las distintas variables físicas como la temperatura, luminosidad, entre otras. Los sensores monitorean un entorno para generar un evento que procesa el controlador. Los diseños de los sensores permiten identificar variables comprendidas en un valor máximo un valor mínimo. Según el fabricante hay equipos que pueden trabajar como controlador, sensor y actuador de forma simultánea permitiendo medir variables físicas, procesarlas y tomar las decisiones pertinentes.

**Actuador:** los actuadores son que reciben información digital o analógica de los sistemas y son los encargados de activar o desactivar según la parametrización de sus variables máxima y mínimas. Estos dispositivos entran en acción al recibir una orden del controlador y algunas de sus acciones pueden ser: encendido o apagado, subida o bajada de persianas, apertura o cierre entre otras.

**Controlador:** son los dispositivos que se programan según sea la necesidad del usuario que enlazan al sensor con el actuador, su función es recibir la señal del sensor y mediante su programación enviar un mensaje de activación o desactivación al actuador (Morales Guailas, 2023).

## TIPOS DE ARQUITECTURA

Un sistema domótico requiere de una arquitectura donde se especifica cómo se ubican los diferentes elementos de control, las principales arquitecturas son: arquitectura centralizada, descentralizada, distribuida, mixta o híbrida.

**Arquitectura centralizada:** los dispositivos se gestionan a través de un panel central el cual recibe información de los sensores y envía órdenes a los actuadores según su programación. Para esta arquitectura se utiliza un cableado en estrella que permite que el controlador este en centro y no exista comunicación entre los actuadores y sensores.

**Arquitectura descentralizada:** en esta arquitectura hay más de un controlador que se conecta a través de un BUS que se encarga de compartir la información, esta arquitectura tiene varias ventajas como rediseño de la red, con un cableado reducido, se puede ampliar fácilmente y garantiza una gran seguridad en el funcionamiento.

**Arquitectura Distribuida:** en este tipo de arquitectura cada uno de los actuadores y sensores puede enviar información al sistema, esto quiere decir que tienen inteligencia propia y son capaces de tomar decisiones por sí mismos usando información propia o externa, una de sus grandes ventajas son su eficiencia y seguridad, su principal desventaja es la dificultad en su instalación y programación.

**Arquitectura Mixta o Híbrida:** este tipo de arquitectura combina las tres arquitecturas anteriores centralizada, descentralizada y distribuida. Dispone de un controlador central o de varios controladores descentralizados, además los dispositivos como actuadores, sensores e interfaces son capaces de ser controladores como sucede en la arquitectura distribuida (Morales Guayllas, 2023).

## PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

El protocolo de comunicación es el idioma que deben utilizar los dispositivos de control del sistema para poder entenderse entre ellos, de tal forma que puedan compartir información de forma coherente, los protocolos y sistemas más conocidos son el Bluetooth y wifi, pero la domótica también se comunica a través de KNX, X10, Lonworks, ZigBee o Z-wee y en función de su estandarización pueden ser de tipo abierto o cerrado.

Los protocolos abiertos son aquellos sistemas que están disponibles gratuitamente para todos, es decir, que no existen patentes sobre el protocolo por esta razón pueden ser utilizados por cualquier persona o empresa de manera que cualquier fabricante puede desarrollar aplicaciones y productos que llevan de forma implícita el protocolo de comunicación. En un sistema abierto si un fabricante desaparece y deja de sacar sus productos al mercado, no afecta demasiado ya que hay otros fabricantes que cubren este vacío.

Los protocolos cerrados son aquellos sistemas que son específicos de una marca y solo pueden ser usados por esa marca. De esta forma solo el fabricante puede realizar mejoras y fabricar dispositivos que hablen el mismo idioma. Esto puede proteger los derechos del fabricante, pero limita la aparición de nuevas aplicaciones y productos estancando la evolución de los sistemas

domótico, ya que la vida útil del sistema dependerá de la estabilidad y la vida de la empresa fabricante; si desaparece deja sin soporte técnico a los sistemas ya instalados y sin opción al recambio de dispositivos.

A medida que los protocolos abiertos se van desarrollando, van ganando terreno en el mercado relegando a los protocolos cerrados (Maji, 2009).

## **SISTEMA X10**

Este sistema es un estándar de transmisión que permite controlar aparatos eléctricos a través de la instalación eléctrica, esta tecnología fue desarrollada por pico Electronics of Glenrothes, Escocia, fue la primera tecnología en aparecer y es una de las más extendidas por su facilidad de instalación y bajo precio.

Este sistema utiliza una línea de electricidad de 220[V] o 110[V] para transmitir señales de control entre dispositivos, conlleva un inconveniente en la fiabilidad porque el sistema se vuelve muy sensible a ruido eléctricos. Las señales de control se basan en transmisión de ráfagas de pulsos de 120[kHz] que representan información digital, se sincronizan con el cruce por cero de la señal de la red. Se pueden enviar mensajes a 256 dispositivos conectados a una misma red.

El protocolo está formado de tal forma que la señal portadora es captada por cualquier modulo receptor conectado a la línea de alimentación eléctrica, traduciéndose en un evento ON, OFF, DIM Algunos puntos fuertes de este protocolo son los siguientes:

- Altamente extendido: es un protocolo que está bien posicionado en el mercado mundial, sobre todo en estados unidos y en Europa.
- Es simple de instalar y de configurar: se conectan los módulos en los aparatos que se desean controlar, después se le asignan direcciones y a continuación se les puede enviar ordenes básicas a través de un computador, un mando a distancia o cualquier aplicación que sea compatible con X10
- Barato: entre los sistemas domóticos es el más económico ya que es un sistema sencillo y preparado para ser instalado por cualquier persona, no es necesario de ser un profesional.

Algunos puntos débiles de este protocolo son las siguientes:

- Interferencia: es la principal debilidad ya que la calidad de la señal depende de la calidad de la señal de la red eléctrica.



- Unidireccional: es un sistema unidireccional esto quiere decir que los dispositivos no pueden mostrar su estado una vez se ha enviado la señal, aunque ya se han desarrollado algunos dispositivos bidireccionales como el A10.
- Poca versatilidad: no dispone de funciones lógicas programables que permitan realizar funciones complejas la mayoría son funciones de control como ON/OFF o DIMMER (Maji, 2009).

## **LONWORKS**

Esta tecnología se presentó por Echelon en 1992. Este protocolo fue diseñado para cubrir con varios estándares industriales y constituye un estándar en muchos segmentos en el mercado de control, con una tecnología abierta a más de 1000 fabricantes en todo el mundo.

El estándar LonWorks se basa en un esquema propuesto por LON (Local Operating Network) el cual consiste en un conjunto de dispositivos inteligentes, que se conectan mediante uno o más medios físicos que se comunican utilizando un protocolo común, cada nodo o dispositivo es autónomo y proactivo, de forma que puede ser programado para enviar mensajes a cualquier otro dispositivo cuando se cumplen ciertas condiciones, también puede realizar ciertas acciones como respuesta a los mensajes que ha recibido.

Algunos de sus puntos fuertes son los siguientes:

- Interoperabilidad: puede integrar productos de diferentes fabricantes en sistemas flexibles sin necesitar desarrollar hardware, software.
- Estándar internacional: tiene los siguientes estándares internacionales: ISO/IEC-14908, estándar Europeo (EN-14908), Estándar Chino (GB/Z20177-2006), Estándar de Estados Unidos (EIA-709-1)
- Múltiples medios de transmisión: puede funcionar a través de cables telefónicos trenzados con topología libre (TP), sobre corrientes portadoras Powerline (PL) y también puede transmitir haciendo uso de protocolos de internet (IP)
- En continuo desarrollo.

Algunas de sus puntos débiles son los siguientes:

- Créditos: el sistema LON funciona con créditos que tienen un costo en cada instalación.

- Facilidad de manejo: es un sistema robusto pero sencillo de manejar, algunos fabricantes han desarrollado su propio software de programación y control de dispositivos LON (Maji, 2009).

## **ZIGBEE**

Es un protocolo de comunicación inalámbrico que utiliza ondas de radio frecuencia de baja energía, lo que permite que los dispositivos Smart compatibles se comuniquen entre ellos sin necesitar usar el Wifi, lo que ayuda a enviar información sin que la red se sature.

Las redes de Zigbee realizan su funcionamiento a través de redes mesh, lo que quiere decir que este compuesto por dispositivos que tienen un lenguaje común para comunicarse y enviar información, están compuestos por repetidores que son los encargados de enviar la señal al siguiente dispositivo. Este es un sistema abierto lo que quiere decir que cualquier persona puede modificarlo según las necesidades que requiera (Maji, 2009).

## **SISTEMA KNX**

Es uno de los sistemas más aceptados en el mundo de la domótica esto se debe a sus estándares y a su fiabilidad. El sistema KNX acepta cuatro medios de comunicación. Cada medio de comunicación puede ser utilizado en combinación con uno o más modos de configuración, permitiendo a cada fabricante escoger la combinación correcta para cada segmento del mercado y aplicación. Los medios de comunicación son los siguientes: par trenzado (TP), Corrientes portadoras (PLC), radio frecuencia (RF) y protocolos de red como IP o Ethernet, además es un sistema con topología Bus, con medio distribuido, por esta razón los diferentes elementos son capaces de actuar por sí mismos a partir de la información que recibe por el cable o Bus principal.

El estándar de comunicación KNX es gestionado por la asociación KNX la cual surgió de tres estándares previos como son el protocolo europeo Home Systems (EHS), BatiBus, y el European Installation Bus (EIB or Instabus). Es un estándar abierto e internacional, por lo que es posible su acoplamiento e integración en otros sistemas, además cuenta con una gran cantidad de fabricantes de productos que son compatibles entre sí.

El programa ETS (Engineering tool software) es la única herramienta de software que es independiente del fabricante el cual se usa para diseñar y configurar instalaciones inteligentes para

el control de edificaciones hechas con el sistema KNX. Las principales características de este software son las siguientes:

- Es único y en cualquier parte del mundo es posible usar el mismo software ETS, para todos los proyectos KNX y para todos los dispositivos con certificación KNX.
- Es una herramienta del estándar KNX.
- La base de datos de todos los productos certificados por los fabricantes KNX pueden ser importados a ETS.

Algunas de los puntos fuertes que tiene KNX son los siguientes:

- Interworking: esto quiere decir que todos los productos que están etiquetados con la marca KNX están obligados a “hablar y comprender” el lenguaje KNX.
- Libertad de elección en el amplio número de fabricantes.
- Estándar internacional.
- Una completa gama de medios de transmisión.
- Esta en continuo desarrollo.

Algunos de sus puntos débiles son los siguientes:

- Facilidad de manejo: el ETS es muy robusto, pero no es sencillo de manejar.
- Coste: los productos KNX suelen ser costosos en comparación con otros productos de domótica, aunque en los últimos años hay marcas de KNX que se han distinguido por mejor los precios (Maji, 2009).

### **3 Metodología**

Para el desarrollo del proyecto se realizaron diferentes actividades, con el fin de cumplir con los objetivos propuestos.

Inicialmente se recolectó información para identificar el tipo de luminarias de la bodega, cuál es su potencia y en donde están distribuidas en la bodega; además identificar cuáles son regulables y cuáles no.

Luego de realizar la recolección de información se realiza el diseño de la bodega con el programa dialux evo, con el cual se puede observar la cantidad de lux y si cumplen RETILAP.

Se realiza una simulación con el entorno KNX virtual con el cual se puede observar cómo es la presentación de los elementos reales de la domótica KNX además de su programación en el programa ETS6.

En vista de la simulación, se hace un presupuesto de los dispositivos con los que se controla la iluminación de la bodega, además se estudia el ahorro energético y económico con la implementación del control de iluminación de la bodega.

Finalmente, se realiza una documentación donde se puede observar el manejo de los programas KNX virtual y ETS6 y sus respectivos resultados

## 4 Resultados

### RECOLECCION DE INFORMACION

Inicialmente se recolectó información del tipo de luminarias con las que cuenta la bodega, donde se encontró que tiene dos tipos de luminarias distribuidas por toda la bodega, además de un sistema de claraboyas en el tejado que permiten apagar la iluminación durante ciertas horas del día. A continuación, se realiza una descripción de cada tipo de luminaria con la que cuenta la bodega.

#### TUBOS T8G5 ALPC – ALUMINIO + POLICARBONATO

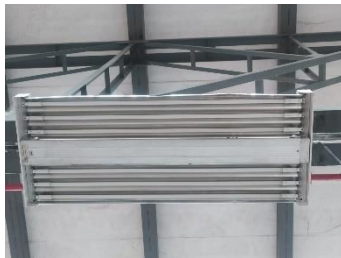
**Tabla 1**

*Especificaciones técnicas tubo T8G5*

Referencia	Artículo	Dimensión [mm]	Potencia [W]	Lúmenes [lm]	Eficiencia [LPW]	IRC [%]	TCC [K]	T [VAC]	FP [%]	Vida útil [Horas]
VEL0107	VELT822 W. 80D	∅ 26X1170	22	3080	140	80	6000	100- 227	≥0.9	30.000

**Figura 1**

*Tubo T8G5*



Estos tubos T8G5 están diseñados para reemplazar los fluorescentes, es una luminaria de con una buena eficiencia de 140 [lm/W] esto quiere decir cuántos lúmenes nos da la luminaria en función de su consumo. Al ser una luminaria de 22 [W] de potencia tenemos que este tipo de iluminación nos arroja 3080 [lm]. Además, tiene un índice de reproducción cromática (IRC) del 80%. Un índice entre 80 y 100 se considera muy eficiente y su uso es recomendable en talleres de pintura, industria textil, tiendas, hospitales entre otros.

El TCC de esta luminaria es de 6000 K, lo que significa que es un led frío según se observa en la **Figura 2.**; Además se puede conectar en un rango de tensión entre 100 – 227 [V] con un

factor de potencia mayor al 0.9 y una vida útil de 30.000 horas como se puede observar en la **Tabla 1**. En bodegas escocia este tipo de iluminación está conectada a 220 [V]

**Figura 2**

*Temperatura del color*



## LUMINARIA LED LUCCA-A

**Tabla 2**

*Especificaciones técnicas de luminarias LUCCA-A*

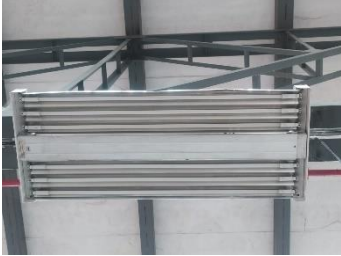

Referencia	Dimensión [mm]	Potencia [W]	IP	Clase	IRC [%]	TCC [K]	Tensión [VAC]	Factor de potencia [%]	Vida útil [Horas]
LUCCA-WH-021731W	584.5X346.5X51.5	100	20	I	80	5000	120-227	≥0.9	50.000

Este tipo luminaria es Highbay, diseñada con módulos LED. Sobrepuestas al techo. Compuesta por cuatro ópticos fabricados en pantalla blanca. El chasis de la luminaria es fabricado en acero laminado en frío, con acabado en pintura poliéster electrostática en polvo.

Es una luminaria con una potencia de 100[W] con un IRC de 80, ideal para industria textil, tiene un TCC de 5000 [K], un led frío según la Fig. 2. Este tipo de iluminación se puede conectar en un rango de tensiones de 120-227[V], un factor de potencia de 0,9 y una vida útil de 50.000 horas, además de una protección IP 20, lo que significa que tiene una protección frente a sólidos superiores a 12 [mm] y ninguna protección de líquidos. Este tipo de luminaria es clase I esto nos dice que tiene un aislamiento básico y debe incorporar una conexión a tierra protectora para mitigar los riesgos de descarga eléctrica.

Todas estas especificaciones técnicas se observan en la **Tabla 2**. En bodegas escocia este tipo de iluminación esta conecta a 220[V]; además este tipo de iluminación es regulable con un voltaje entre 0-10 [V]

**Tabla 3***Tipo y cantidad de luminarias en la bodega*

Tipo de iluminación	Imagen	Cantidad
Luminario T8G5		146
LUCCA-A		90

**Figura 3***Distribución de luminarias en la bodega*

En bodega escocia se tiene un total de 236 luminarias de las cuales 90 son luminarias nuevas tipo led LUCCA-A de 100[W], las otras 146 luminarias son antiguas tipo led tubular T8G5 de 22[W] estas están en un chasis de luminaria que contiene 6 tunos led T8G5.

Estas luminarias están distribuidas por toda la bodega en diferentes puntos como se puede ver en las imágenes de la **Figura 3**. En el inventario que se realizó se encontraron 6 luminarias tipo T8G5 que están dañadas.

Toda la iluminación de la bodega se apaga de 7 tableros de 220 [V] como los que se observan en las imágenes de la **Figura 4**. Los breakers con los que se hace el encendido o apagado de todas las luminarias están etiquetados con una marca de color rosado para poder identificarlos y no desenergizar otras zonas o equipos de la bodega que están en el mismo tablero de distribución.

#### **Figura 4**

*Tableros de distribución de las luminarias*



### **DISEÑO DE ILUMINACION EN DIALUX EVO**

Se realiza el diseño de la iluminación existente de Bodega Escocia en el Programa Dialux evo, el cual es un programa de descarga libre que permite el diseño de iluminación de cualquier edificación o proyecto de construcción. Su instalación es fácil y rápida, además utiliza imágenes en múltiples formatos que permiten desarrollar un plan de iluminación adecuado. Con este programa observaremos si cumple con el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público que establece los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público.



En el capítulo 4 del RETILAP encontramos diseños y cálculos de iluminación interior, en la sección 410.1 se encuentran los niveles de iluminación y distribución de luminancia. Esta sección nos brinda la siguiente información:

- a) **Nivel de iluminancia:** En lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 440.1, adaptados de la norma ISO 8995 “Principles of visual ergonomics -- The lighting of indoor work systems”.

El valor medio de iluminancia, relacionado en la citada tabla, debe considerarse como el objetivo de diseño y por lo tanto esta será la referencia para la medición en la recepción de un proyecto de iluminación.

En ningún momento durante la vida útil del proyecto la iluminancia promedio podrá ser superior al valor máximo o inferior al valor mínimo establecido en la Tabla 410.1. En la misma tabla se encuentran los valores máximos permitidos para el deslumbramiento (UGR)(Ministerio de Minas y Energía, 2010).

### Figura 5

Tabla 410.1 tomada del RETILAP

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR <sub>L</sub>	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
<b>Áreas generales en las edificaciones</b>				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
<b>Almacenes, bodegas.</b>	<b>25</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>
<b>Talleres de ensamble</b>				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000

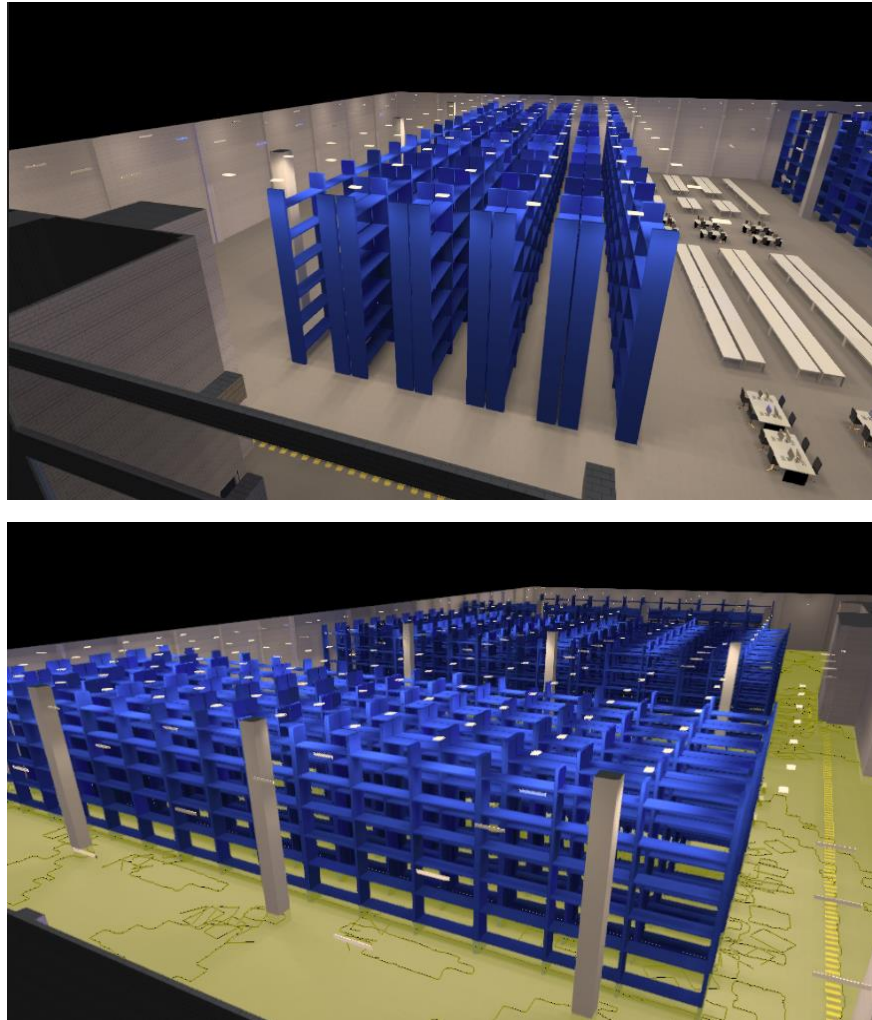
En la **Figura 5** podemos observar que para almacenes y bodegas que es nuestro caso de estudio tenemos un nivel de iluminancia mínimo de 100[lx], medio de 150[lx] y máximo de 200[lx]

- b) **Distribución de Luminancia:** Corresponde a la sensación de claridad de una fuente de luz o un objeto iluminado, por lo tanto, una buena distribución de luminancia ayuda a la agudeza visual, sensibilidad al contraste y eficiencia de las funciones oculares. Por el contrario, una inadecuada distribución de luminancias contribuye al deslumbramiento, a la fatiga por contrastes muy altos o a la monotonía por contrastes demasiado bajos (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

La simulación de la iluminación se realizó solo con las luminarias de la Bodega, las otras luminarias no se tuvieron en cuenta.

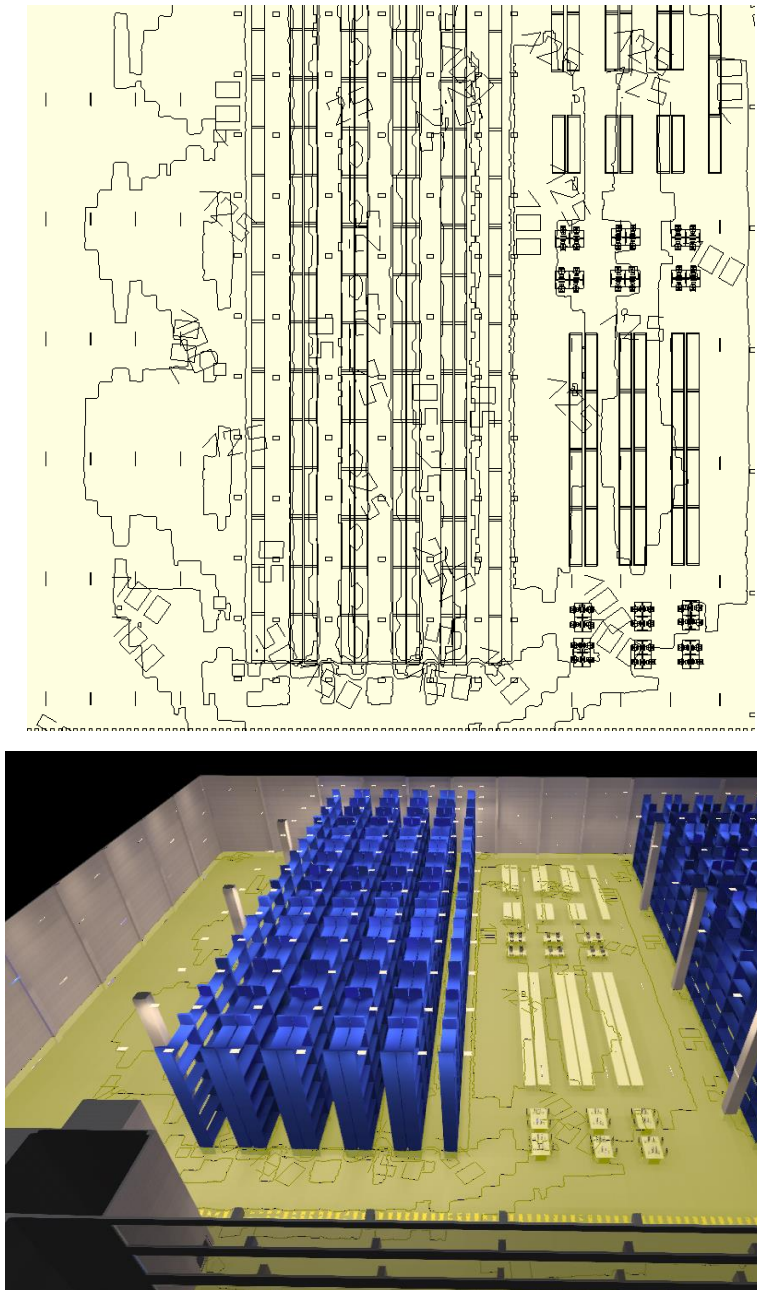
### Figura 6

*Simulación en Dialux evo*



En la **Figura 6** podemos observar algunas imágenes de los resultados que arrojo la simulación en Dialux. En esta simulación se encontró que en la zona de los racks y de almacén cumplen con el reglamento técnico RETILAP el cual exige una iluminancia mínima de 100[lx] y máxima de 200[lx]. Esto lo podemos observar en la **Figura 7**.

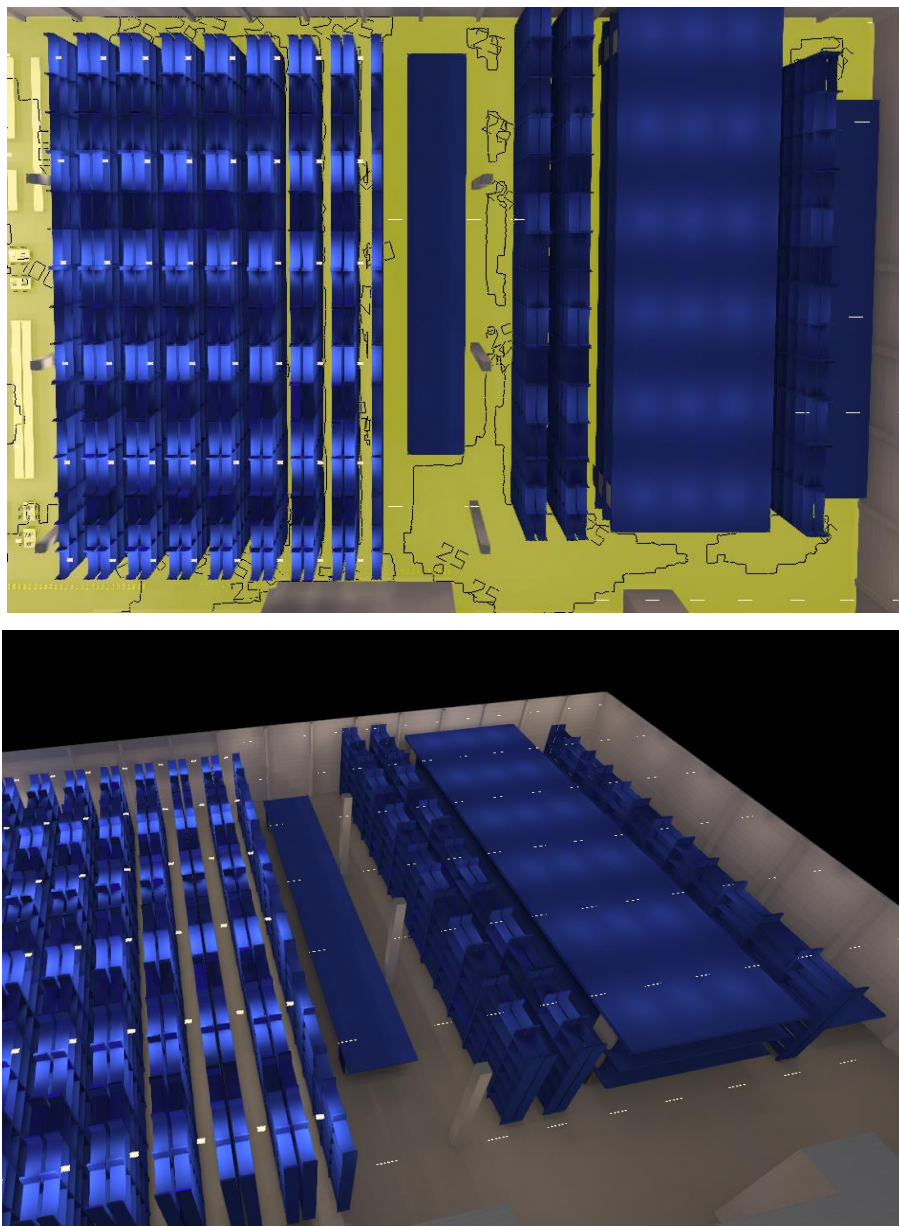
**Figura 7**  
*Zonas de racks y almacén*



En estas zonas la iluminación está compuesta por dos tipos de luminarias, la nueva que es un tipo led de 100[W] y de iluminación antigua led tipo tubular T8G5 de 22[W]. se debe tener en cuenta que no se encontró el archivo fotométrico de la iluminación antigua, por esta razón se usó la iluminaria que más se aproximaba a sus datos técnicos.

En la parte de PIKING no se cumple con el RETILAP, pero se debe tener en cuenta que cada piso en donde se realiza la actividad de PIKING, la cual consiste en suministrar los productos que el cliente a encargado previamente en su pedido; cuenta con su debida iluminación independiente al de la bodega. Esta iluminación no entra entre las luminarias que se le va a realizar control de iluminación, por lo tanto, no se tuvieron en cuenta en la simulación. En la **Figura 8** podemos ver los resultados para esta zona de la Bodega.

**Figura 8**  
*Zona de picking*



## **SIMULACION EN KNX VIRTUAL**

KNX virtual es una interfaz basada en Windows que permite simular una instalación domótica con KNX, esta herramienta no requiere ninguna inversión en hardware (como fuente de alimentación, interfaz USB o IP, dispositivos KNX) debido a que trabaja con dispositivos virtuales con los cuales se pueden realizar pruebas con el software ETS6 Professional.

KNX virtual representa más de 20 dispositivos KNX conectados en una línea TP. Estos dispositivos funcionan con varias cargas de una edificación, por ejemplo, lámparas regulables, persianas, alarmas, válvulas de calefacción entre otros.

La última versión de KNX virtual es 2.5.1, la cual se puede descargar de la página oficial de KNX association, desde su cuenta [my.knx.org](https://my.knx.org). Se debe realizar un pedido el cual es gratuito, le llegara un mensaje al correo que registro cuando creo su cuenta con un enlace donde lo puede descargar e instalar (KNX, 2023b).

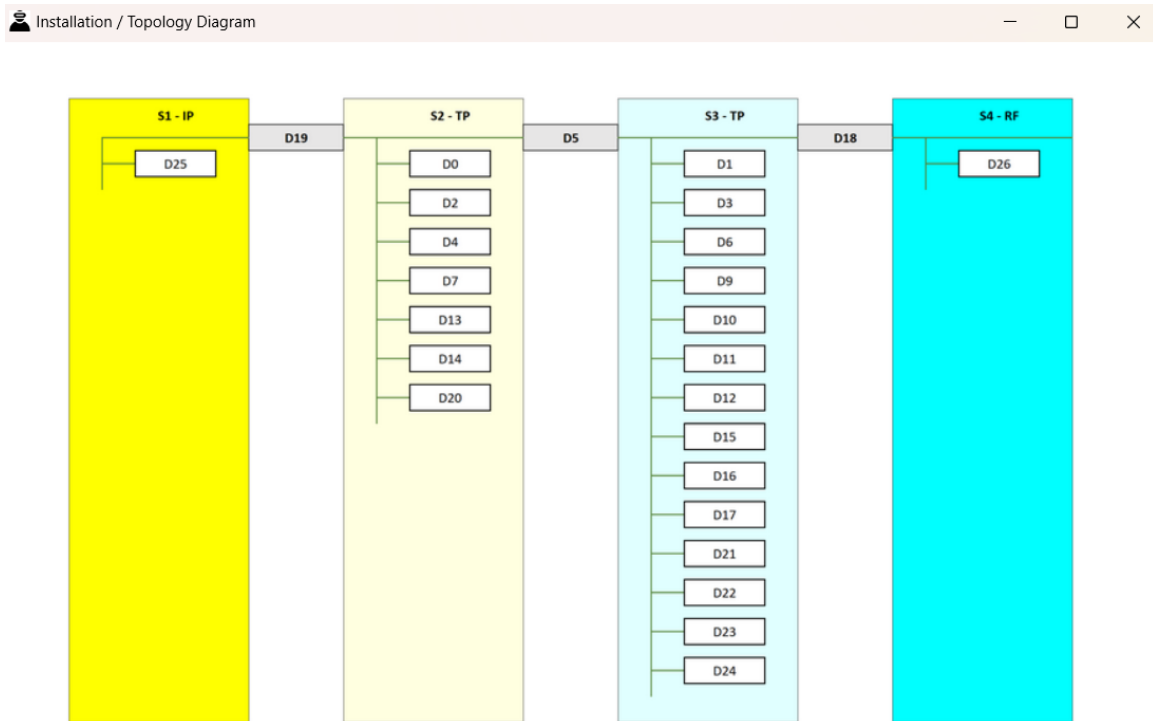
Los dispositivos virtuales que se pueden utilizar en KNX virtual son los siguientes:

**Figura 9***Lista de dispositivos KNX virtual*

ID	OrderNr	Description	Dev Type	Supported ProgVersion(s)	Segment
D0	DA.tp	Dimming Actuator	\$2500	v1.0	S2
D1	PB.tp	Push Button Interface (AES)	\$2501	v9.0	S3
D2	BS.tp	Blinds/Shutter Actuator	\$2502	v1.0	S2
D3	BO.tp	Binary Output (AES)	\$2503	v9.0	S3
D4	KX.tp	KiX	\$2504	v1.0	S2
D5	C.tp.tp	TP/TP Coupler (AES)	\$2505	v9.0	S3
D6	VA.tp	Valve Actuator	\$2506	v1.0	S3
D7	SA.tp	Switching Actuator	\$2507	v1.0	S2
D9	AM.tp	Alarm Module	\$2509	v1.0	S3
D10	MP.tp	Movement/Presence Detector	\$2510	v1.0	S3
D11	BI.tp	Binary Input Module	\$2511	v1.0	S3
D12	WM.tp	Weather Module	\$2512	v1.0	S3
D13	SC.tp	Scenario Controller	\$2513	v1.0	S2
D14	LM.tp	Logic Module	\$2514	v1.0	S2
D15	SP.tp	Setpoint Manager	\$2515	v1.0	S3
D16	HC.tp	Heat Controller	\$2516	v1.0	S3
D17	HE.tp	Heat Exchanger	\$2517	v1.0	S3
D18	C.tp.rf	TP/RF Coupler (AES)	\$2518	v9.0	S4
D19	C.ip.tp	IP/TP Coupler (AES)	\$2519	v9.0	S2
D21	RC.tp	Room Controller	\$2521	v1.0	S3
D22	RC.tp	Room Controller	\$2521	v1.0	S3
D23	RC.tp	Room Controller	\$2521	v1.0	S3
D24	RC.tp	Room Controller	\$2521	v1.0	S3
D25	BO.ip	Binary Output (AES)	\$2525	v9.0	S1
D26	PB.rf	Push Button Interface (AES)	\$2526	v9.0	S4

La topología con la que trabaja KNX virtual, cuenta con un área, una línea y 4 segmentos S1, S2, S3 y S4 como podemos observar en a **Figura 10**, el segmento que más se utiliza es el segmento 2, cuando se desea trabajar con dos dispositivos que están en diferentes segmentos se necesita trabajar con un acoplador de segmentos.

**Figura 10**  
*Topología KNX Virtual*



KNX virtual cuenta con 8 interfaces con las cuales se puede trabajar, estas interfaces son las siguientes:

- Basic functions – single room
- Basic functions – multiple room
- Switching advanced
- Diming advanced
- Shutters/Blinds – advanced
- HVAC – single room
- HVAC – multiple room
- Data security and couplers

**Figura 11**  
*Basic funtions – single room*

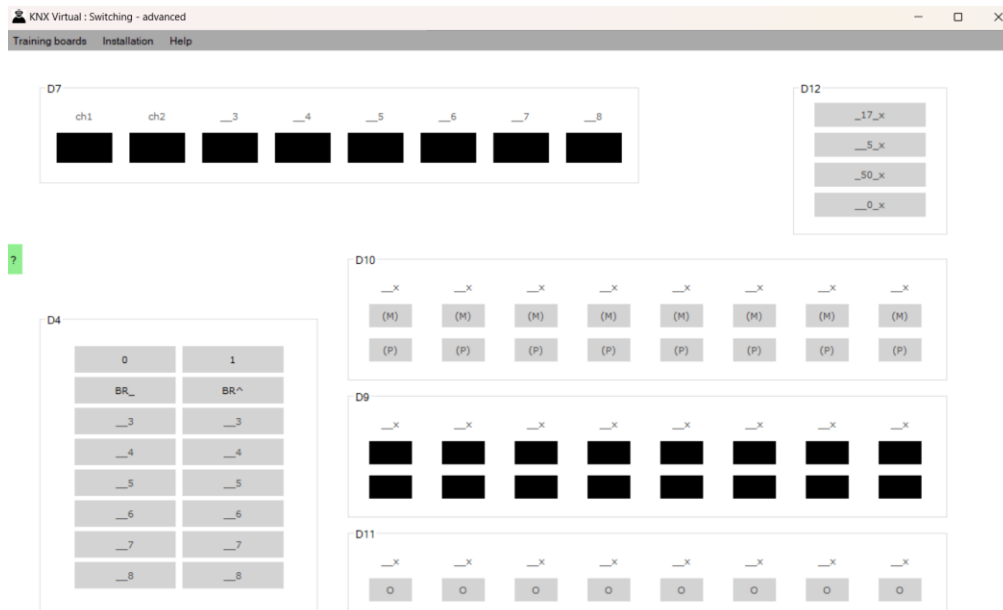


**Figura 12**  
*Basic funtions – multiple room*

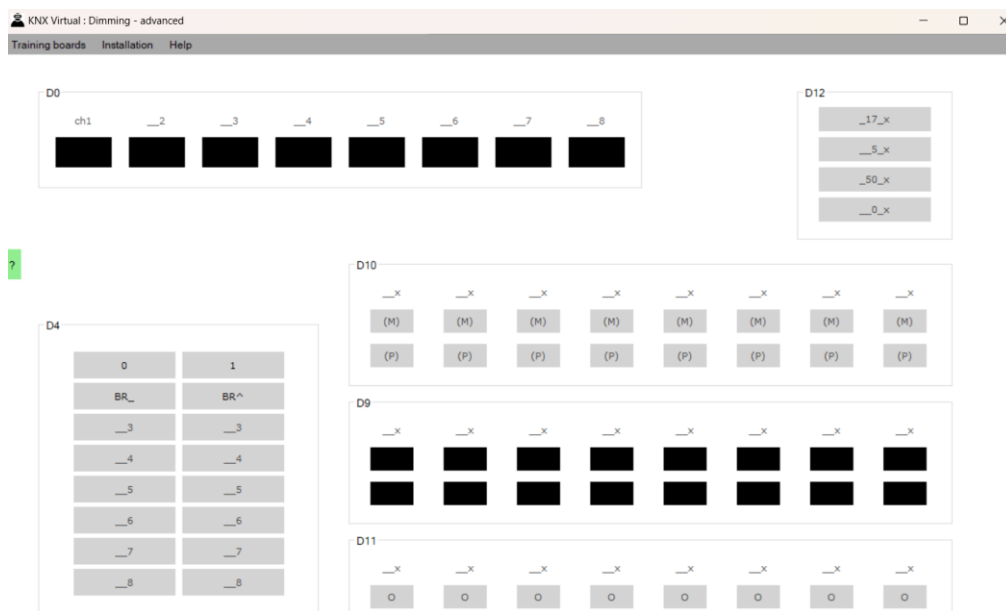




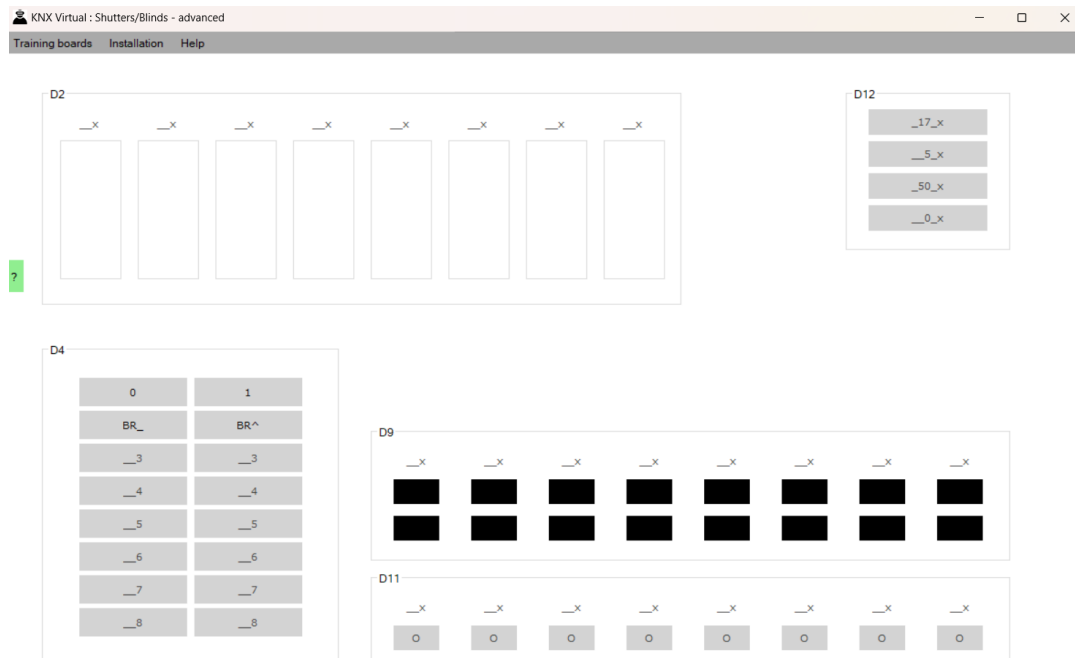
**Figura 13**  
*Switching advanced*



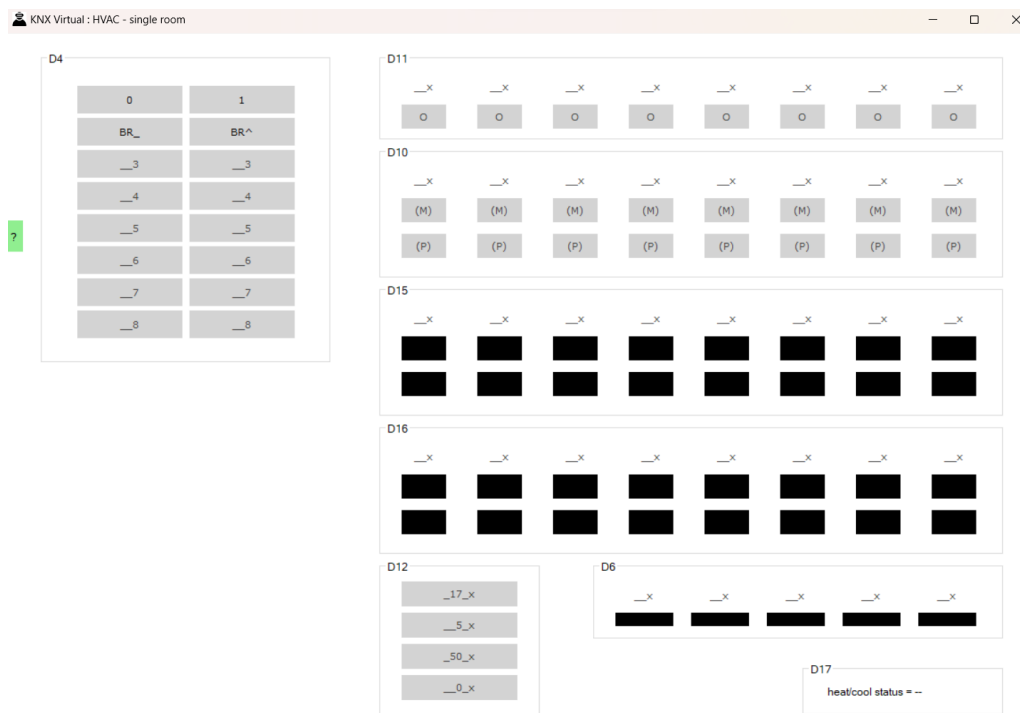
**Figura 14**  
*Diming - advanced*



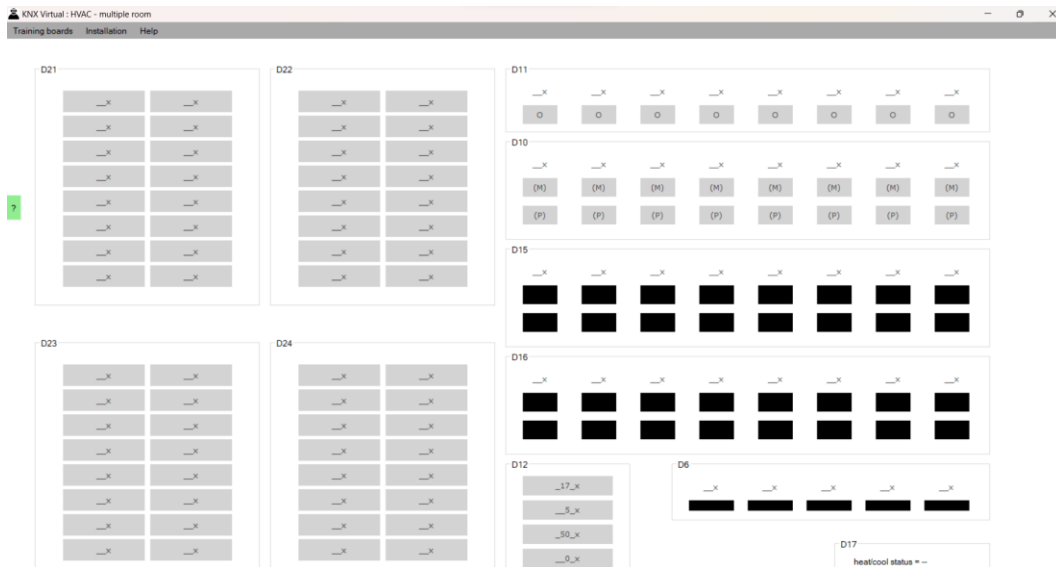
**Figura 15**  
*Shutters/Blinds – advanced*



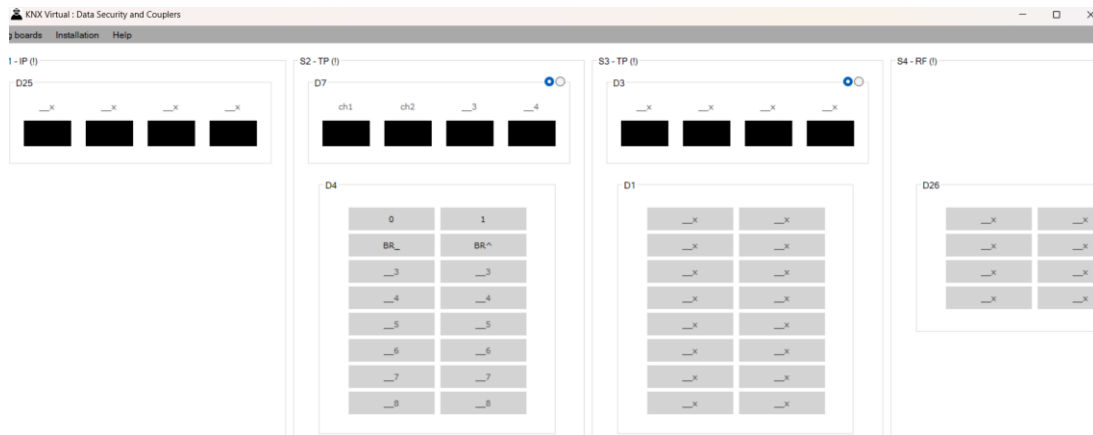
**Figura 16**  
*HVAC - single room*



**Figura 17**  
*HVAC - multiple room*



**Figura 18**  
*Data security and couplers*



En este proyecto se realizó el control de iluminación de Bodegas escocia con control ON OFF en las luminarias antiguas las cuales no se pueden regular y en las luminarias nuevas se va a realizar un control regulable. Se divide la Bodega de la siguiente manera.

- Sector de picking: en esta parte se instala un actuador switching para iluminación y un sensor de luminosidad.
- Sector de consolidación: en esta parte se instala un actuador switching para iluminación y un sensor de luminosidad.
- Sector de racks (luminarias nuevas): en esta parte se instala un actuador dimming para iluminación y un sensor de luminosidad.

El sector de consolidación y de picking tienen la misma programación por lo tanto se tuvo en cuenta cuatro actuadores de iluminación ON/OFF para cada área, el área de racks es la zona que tiene luminarias regulables, por esta razón se utilizaron ocho actuadores de iluminación regulable para simular el control de iluminación de esta área.

Este control de iluminación se realizó mediante el control de escenas, estas nos permiten controlar varios dispositivos con una sola orden. El valor con el cual se activa la escena se hace con un sensor de luminosidad.

**Tabla 4**

*Tabla de eventos y escenas*

EVENTO	ESCENA
Luz < 25	1
25 <= Luz >50	2
50 <= Luz > 75	3
Luz >= 75	4

### Escena 1

En la escena 1 cuando la luz es menor que 25, las lámparas antiguas con control ON/OFF se mantendrán encendidas y las lámparas nuevas que son regulables se tendrán encendidas al 100%; la activación y desactivación de la escena se realizara con el canal 4 de la botonera.

**Escena 2**

En la escena 2, cuando la luz esté entre 25 y 50, las lámparas antiguas con control ON/OFF se mantendrán encendidas y las nuevas regulables se tendrán alrededor de un 75 %; la activación y desactivación de la escena se hará con el canal 5 de la botonera.

**Escena 3**

En la escena 3 cuando la luz esté entre 50 y 75, se apagan las lámparas antiguas con control ON/OFF y las nuevas regulables se tendrán alrededor de un 25 %; la activación y desactivación de la escena se hará con el canal 6 de la botonera.

**Escena 4**

En la escena 4 cuando la luz es mayor o igual a 75, las lámparas antiguas con control ON/OFF se mantendrán apagadas y las lámparas nuevas que son regulables se encontraran apagadas; la activación y desactivación de la escena se realizará con el canal 47 de la botonera.

**Software ETS 6**

El programa ETS (Engineering tool software) es la única herramienta que es independiente al fabricante el cual se usa para diseñar y configurar instalaciones inteligentes para realizar el control de edificaciones hechas con el sistema KNX (KNX, 2023b).

En este programa tenemos a nuestra disposición más de 8000 productos que son ofrecidos por más de 500 fabricantes, la licencia del ETS6 tiene un costo de 1000 euros, pero su descarga es gratuita y permite trabajar con la versión demo con capacidad de 5 dispositivos programables. Este proyecto se realizó con la versión demo.

Con estas limitaciones se realizó la programación y la simulación con los siguientes dispositivos:

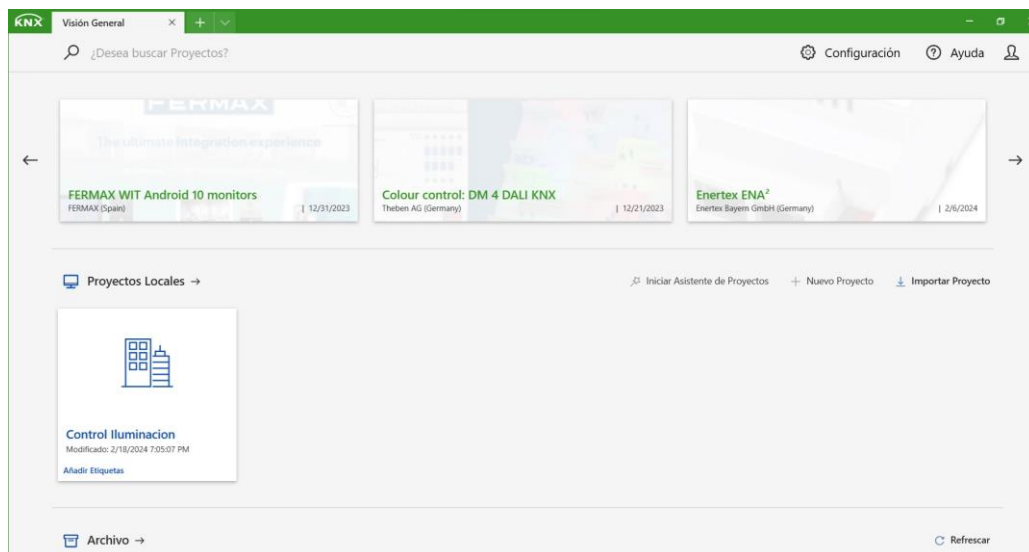
- Dispositivo de pulsadores – KX.tp D4
- Actuador de conmutación – SA.tp D7
- Actuador de conmutación – DA.tp D0
- Control de escenas

Se siguieron los siguientes pasos con los cuales se realizó la simulación en KNX virtual y ETS6 versión demo.

### Paso 1

En primer lugar, se realizó la creación del proyecto, para realizar esto se abre el programa ETS6 y se crea el proyecto en el panel de control en + nuevo proyecto con el nombre que se desea, en este caso se llama control de iluminación. En la **Figura 19** se puede observar el panel de control y la creación de nuestro proyecto.

**Figura 19**  
*Creación del proyecto*

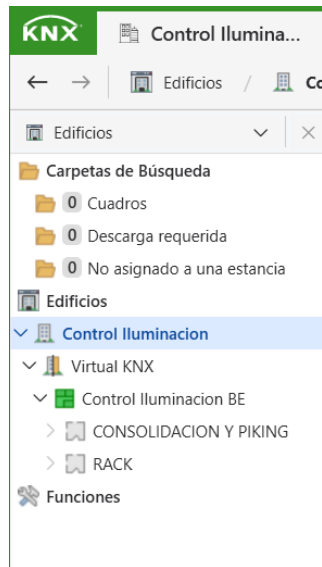


### Paso 2

En segundo lugar, se creó la estructura del edificio en la vista de edificios como se puede visualizar en la **Figura 20**. En esta ventana realizo la distribución ordenada de los dispositivos, en este proyecto se crearon dos estancias una de ellas con el nombre de consolidación y picking y la otra con el nombre de rack.

**Figura 20**

*Creación de las estancias en la ventana de edificios*

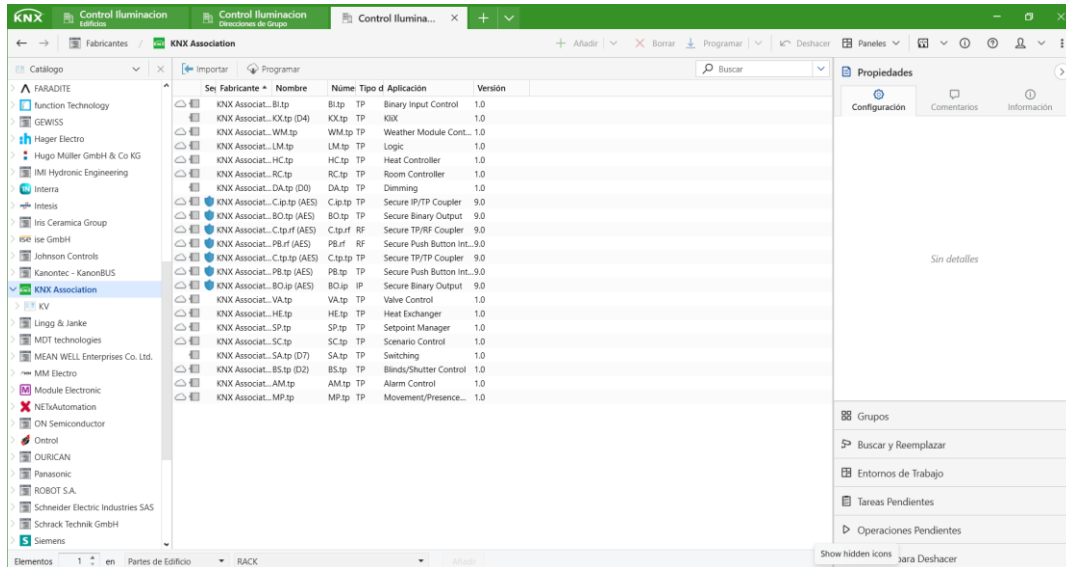
**Paso 3**

En tercer lugar, se debe buscar los dispositivos en la ventana de catálogo, una vez en esta ventana se busca entre los fabricantes a KNX Asociación y se realiza la búsqueda de los dispositivos mencionados anteriormente y una vez encontrados se realiza la siguiente actividad.

- El pulsador 1 (KX.tp D4, CH1) gobierna el encendido/apagado de las luminarias que se encuentran ubicadas en consolidación (SA.pt D7, CH1, CH2, CH3, CH4)
- El pulsador 2 (KX.tp D4, CH2) gobierna el encendido/apagado de las luminarias de las luminarias que se encuentran ubicadas en picking (SA.pt D7, CH5, CH6, CH7, CH8)
- El pulsador 3 (KX.tp D4, CH3) gobierna la luminosidad de las luminarias nuevas que se encuentran ubicadas en los racks (DA.pt D7, CH1, CH2, CH3, CH4)

En la **Figura 21** se observa la ventana de catálogos en donde salen todos los fabricantes de KNX, en especial los dispositivos que se ofrecen en KNX Association que son los que se utilizaran para realizar la simulación en KNX virtual.

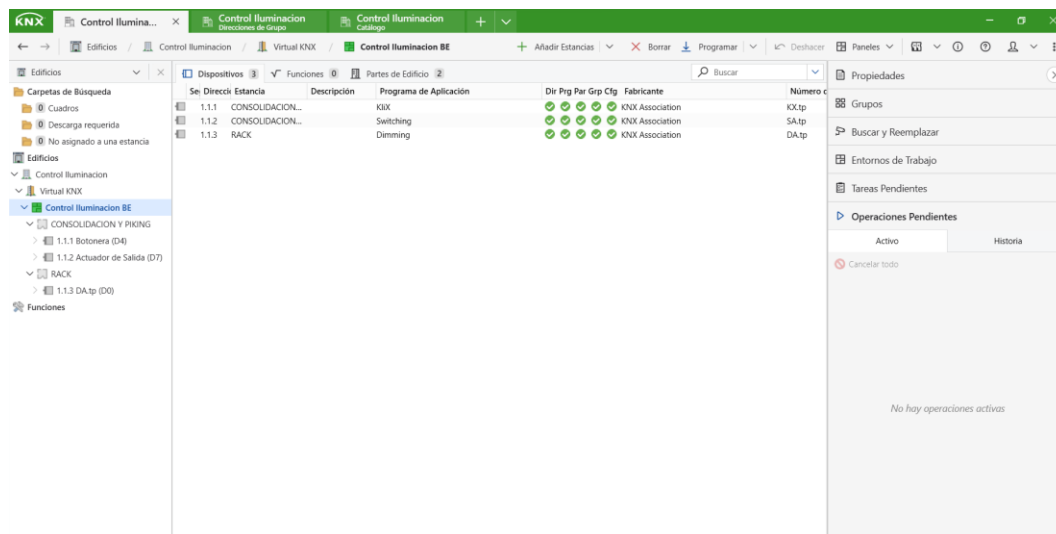
**Figura 21**  
*Ventana de catalogo con los dispositivos para KNX virtual*



**Paso 4**

En cuarto lugar, se ubican los dispositivos que necesitamos en la ventana de edificios en las estancias requeridas para desarrollar la actividad.

**Figura 22**  
*ubicación de los dispositivos en las estancias de edificio*





En la **Figura 22** se observa la botonera KX.tp D4, el actuador ON/OFF DS.tp D7 y el actuador Dimmer DA.tp D0 los cuales se ubican en las estancias de la edificación, la botonera y el actuador ON/OFF se ubican en la estancia de consolidación y picking, los actuadores dimmer se ubican en la estancia de RACK.

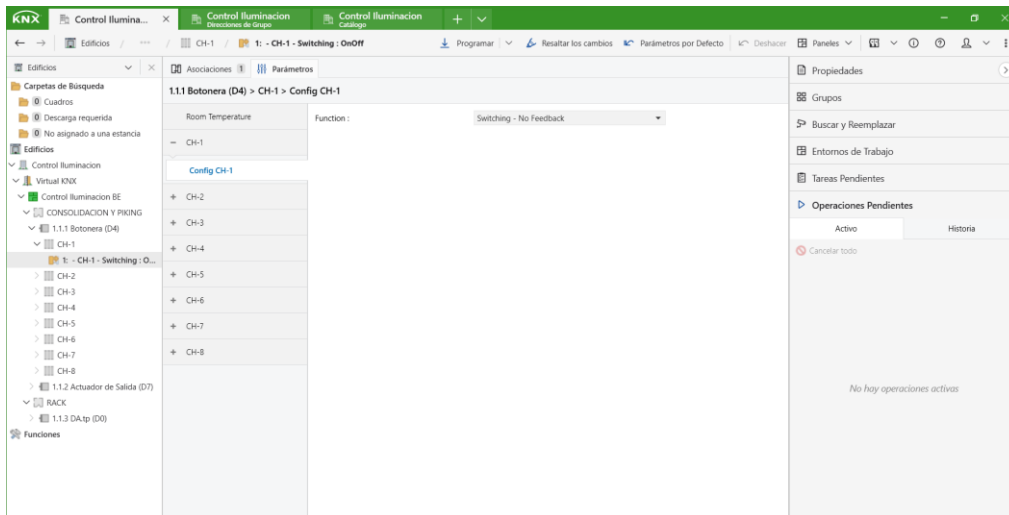
## Paso 5

Una de las cosas importantes que deben de realizar es la selección adecuada de los parámetros de los dispositivos, a continuación, en la **Figura 23**, **Figura 24** y **Figura 25** se muestra cómo se realiza la selección de los parámetros para los canales de la botonera que serán usados.

En la **Figura 23** se observa la parametrización del canal 1 de la botonera, el cual se selecciona la función de switching – no feedback

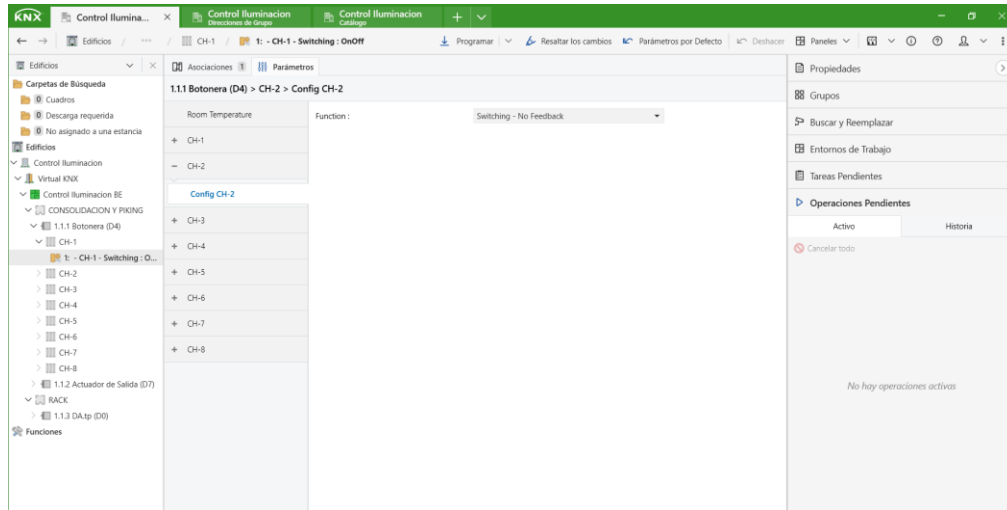
## Figura 23

### Parámetros botonera canal 1



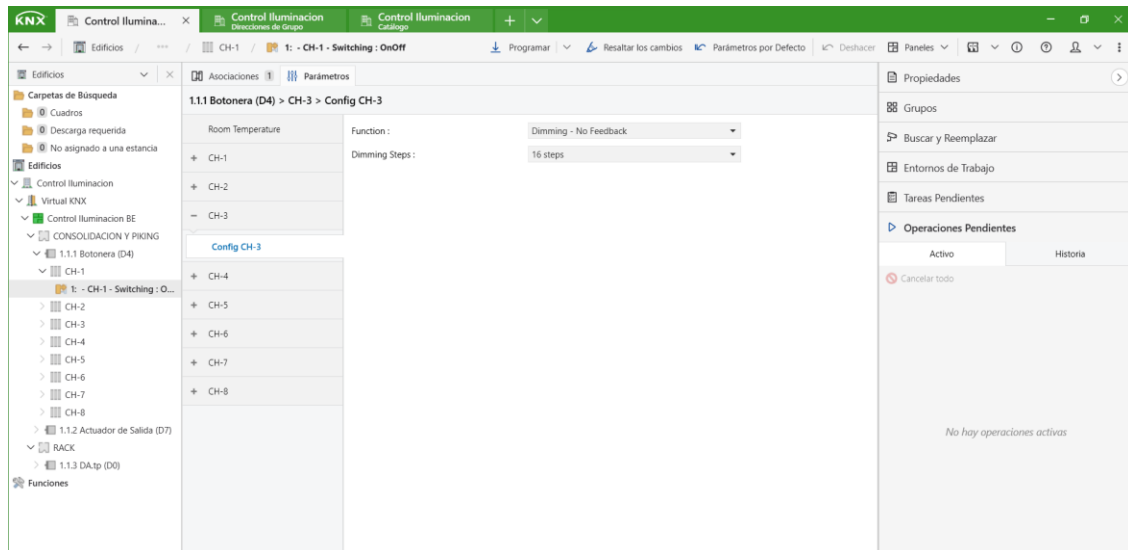
En la **Figura 24** se observa la parametrización del canal 2 de la botonera, el cual se selecciona la función de switching – no feedback

**Figura 24**  
*Parámetros botonera canal 2*



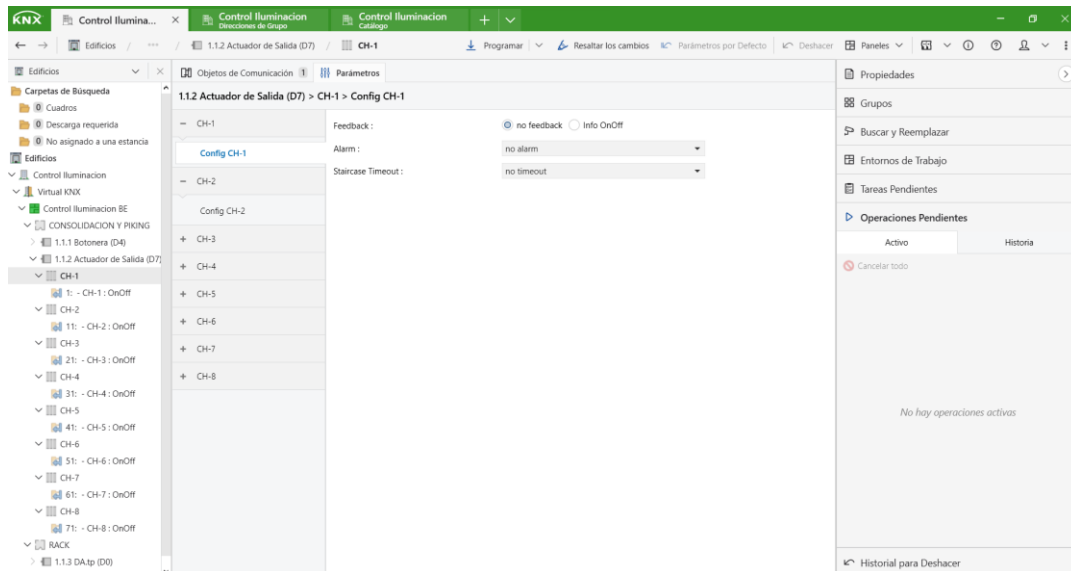
En la **Figura 25** se observa la parametrización del canal 3 de la botonera, el cual se selecciona la función de dimming – no feedback y en pasos de 16.

**Figura 25**  
*Parámetros botonera canal 3*



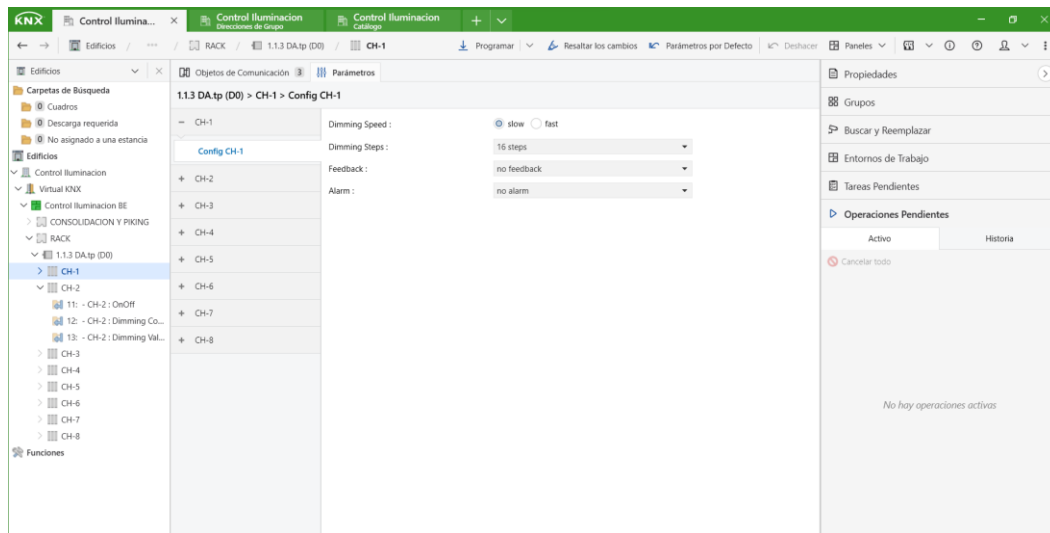
En la **Figura 26** y **Figura 27** se observa cómo se eligen los parámetros de los actuadores ON/OFF y los regulables que se utilizarán.

**Figura 26**  
*Parámetros de los actuadores ON/OFF D7*



En la **Figura 26** se puede observar los parámetros usados para el actuador ON/OFF en los canales del 1 al 8 que son usados para simular el encendido y apagado de las luminarias de la zona de consolidación y de picking.

**Figura 27**  
*Parámetros de actuador dimmer D0*



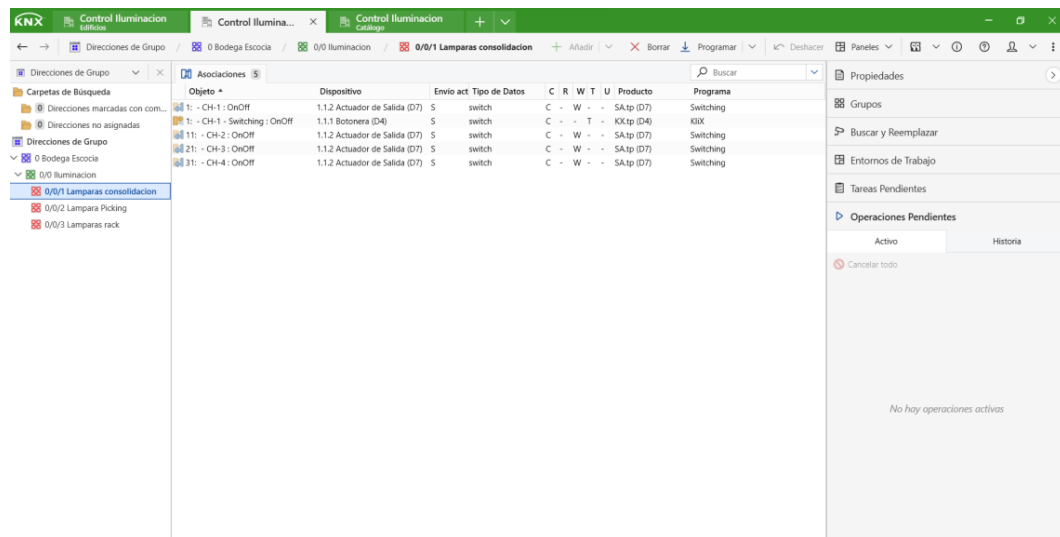
En la **Figura 27** se encuentran los parámetros de los dispositivos con los que se controla las luminarias regulables de la zona de los racks, como se puede observar se escoge la forma lenta

en pasos de 16 y sin realimentación. Todos los canales DA.tp D0 se parametrizan de la misma forma.

## Paso 6

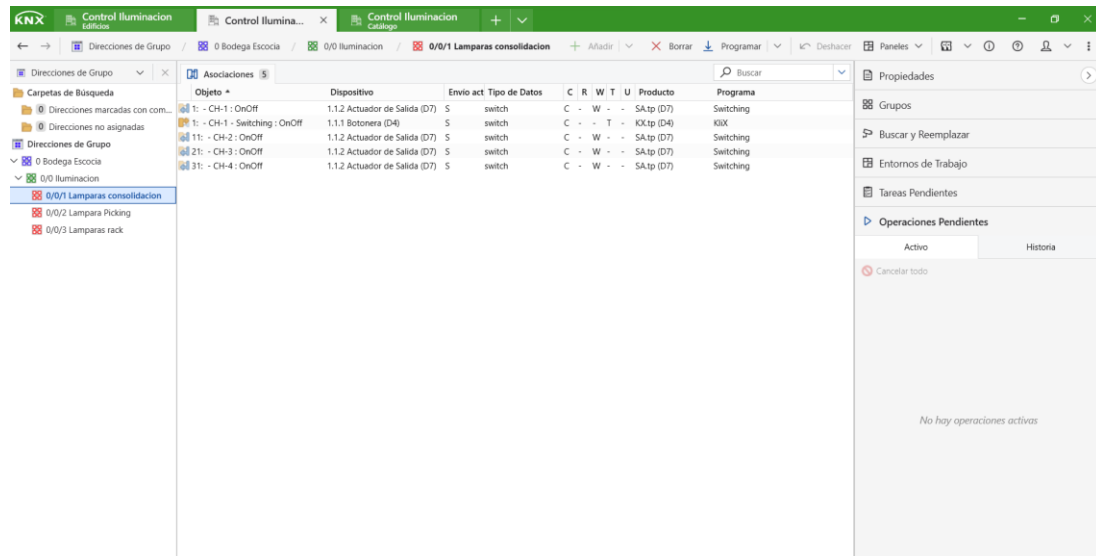
Una vez hecha la parametrización se crean las direcciones de grupo en donde se procede a asociar cada pulsador de la botonera con los actuadores según sea el caso, en la **Figura 28** se observa la creación de las direcciones de grupo para este proyecto.

**Figura 28**  
*Direcciones de grupo*



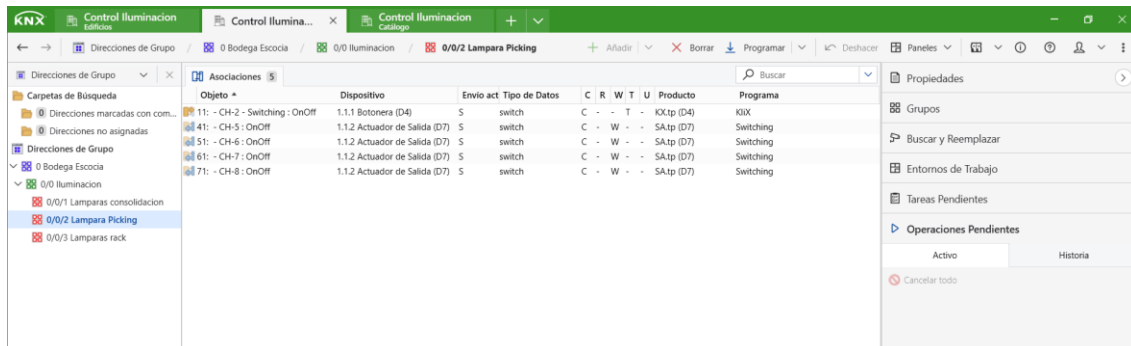
En la **Figura 29** se puede observar la dirección de grupo para la zona de consolidación en la cual se asocian todos los dispositivos para esta zona. Se puede visualizar que el canal 1 de la botonera D4 está vinculado con los actuadores ON/OFF D7 en los canales del 1-4.

**Figura 29**  
*Dirección de grupo 0/0/1 de lámparas de consolidación*



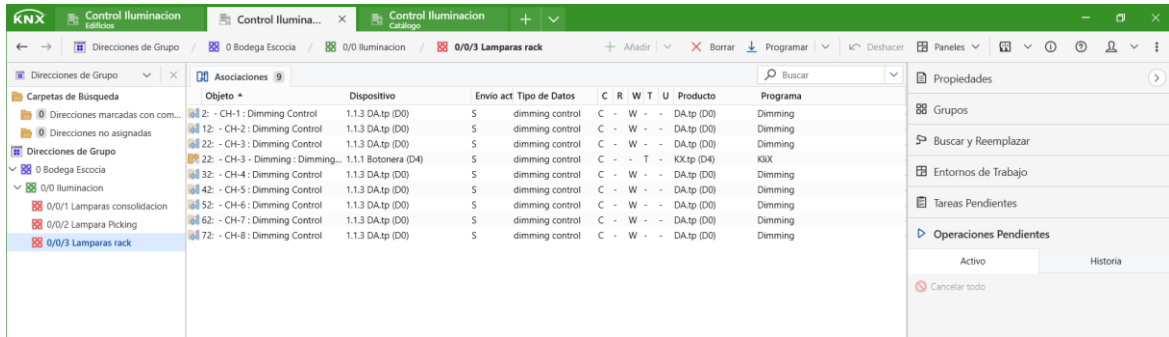
En la **Figura 30** se puede observar la dirección de grupo para la zona de picking en la cual se asocian todos los dispositivos para esta zona. Se puede visualizar que el canal 2 de la botonera D4 está vinculado con los actuadores ON/OFF D7 en los canales del 5-8.

**Figura 30**  
*Dirección 0/0/2 de lámparas de picking*



En la **Figura 31** se puede observar la dirección de grupo para la zona de racks en la cual se asocian todos los dispositivos para esta zona. Se puede visualizar que el canal 3 de la botonera D4 está vinculado con los actuadores regulables D0 en los canales del 1-8.

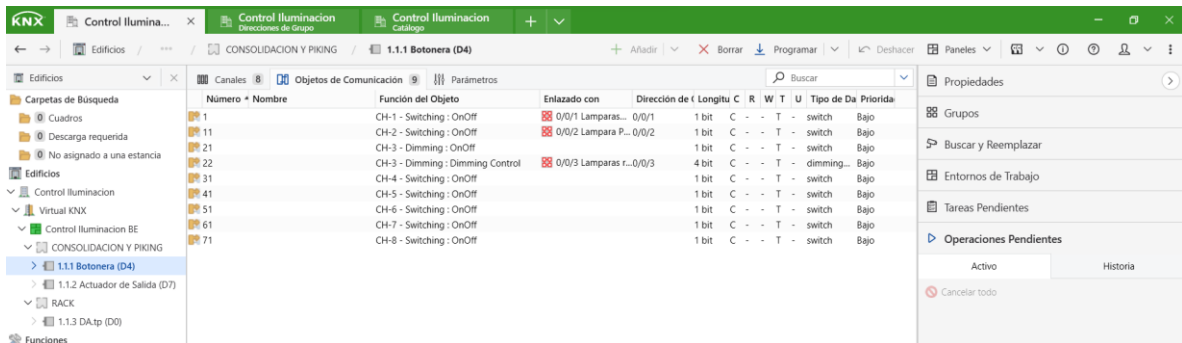
**Figura 31**  
*Dirección 0/0/3 Lámparas del rack*



**Paso 7**

Como un último paso en la vista de edificios se puede comprobar que las asociaciones realizadas entre las direcciones de grupo y los dispositivos sean correctas. Como ejemplo se va a mostrar en la **Figura 32** la comprobación final de la ventana de edificios en la estancia de consolidación. Donde se observa los canales que se usaron, la función que se escogió para parametrizar el canal y la dirección de grupo con la que se asoció.

**Figura 32**  
*Comprobación final de la fase de diseño en la botonera ubicada en la estancia de consolidación*



## PUESTA EN MARCHA

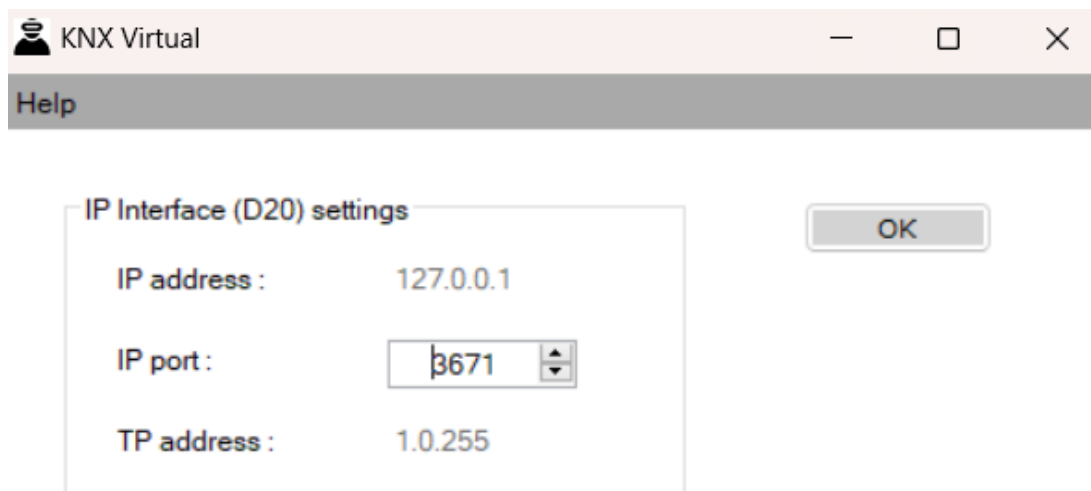
una vez terminada la parte de diseño en el ETS6, se realiza la puesta en marcha de los dispositivos, esta parte se realizó con la ayuda del KNX virtual, pero este procedimiento es idéntico al que se realizaría en un proyecto real.

### Paso 1

En la **Figura 33** se puede observar la ventana de configuración que sale al abrir la aplicación de KNX virtual, en donde define el puerto IP de la interfaz, el puerto predeterminado es el puerto 3671; no obstante, se puede escoger uno diferente si fuera necesario.

### Figura 33

*Dialogo de configuración al abrir KNX virtual*

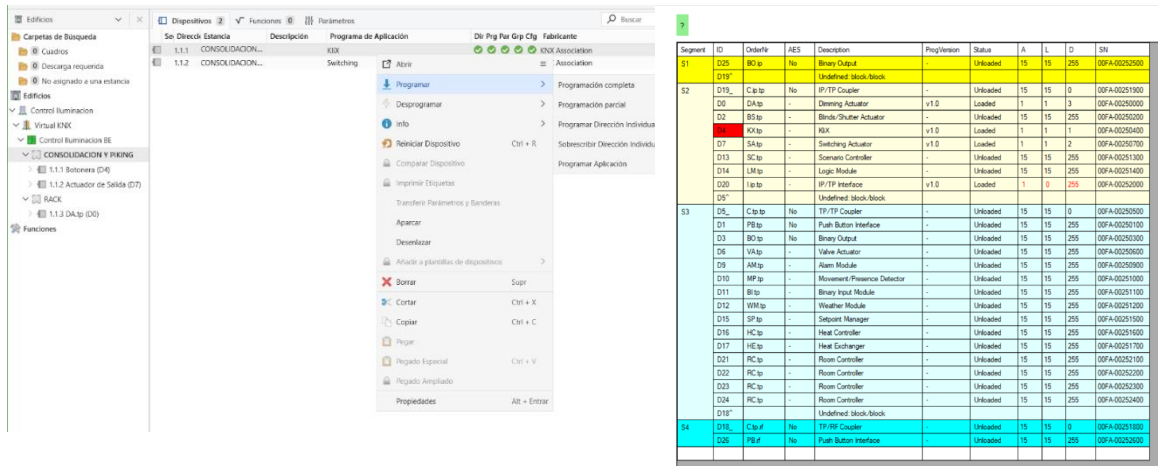


### Paso 2

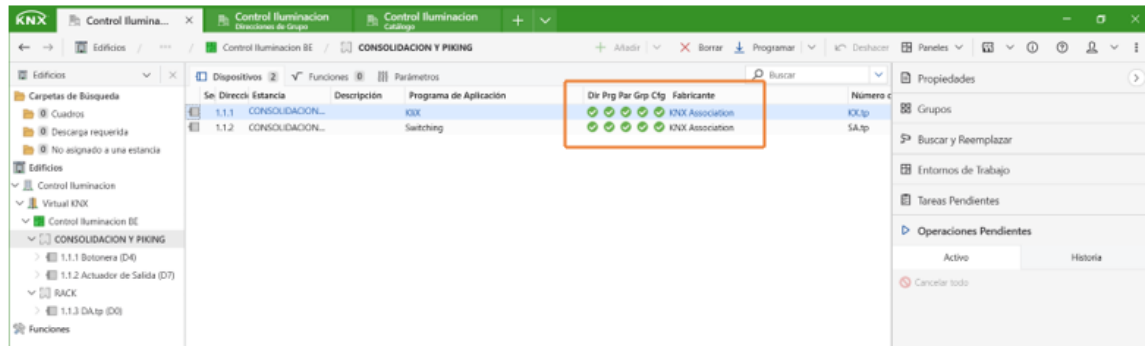
Se selecciona el dispositivo que se desea programar en la vista de edificios y se selecciona la opción programar >> programación completa, cuando se hace por primera vez, si se realiza un cambio cuando se vaya a programar nuevamente se debe escoger la programación parcial. Una vez hecho esto se debe ir al KNX virtual y pulsar el botón de programar.

En la **Figura 34** se puede observar la programación completa de la botonera, de la misma forma se realiza la programación de los demás dispositivos.

**Figura 34**  
*programación de la botonera*



**Figura 35**  
*programación completa y exitosa de los dos dispositivos ubicados en consolidación*



En la **Figura 35** se observa que al finalizar la programación de los dispositivos todos los ítems deben aparecer en verde, en este caso se programó la botonera D4 y el actuador D7. De la misma manera se comprueba que la programación ha sido exitosa en los demás dispositivos.

**Paso 3**

Una de las grandes ventajas de usar KNX virtual es que no se requiere de ningún dispositivo físico para probar la programación que se realizó, además de contar con diferentes interfaces como



se mostró anteriormente, con las cuales podemos interactuar con dispositivos virtuales, en este proyecto se usó la interfaz Basic functions – single room que se mostró en la **Figura 11**.

**Figura 36**  
*interacción de la botonera canal 1 y el actuador D7*



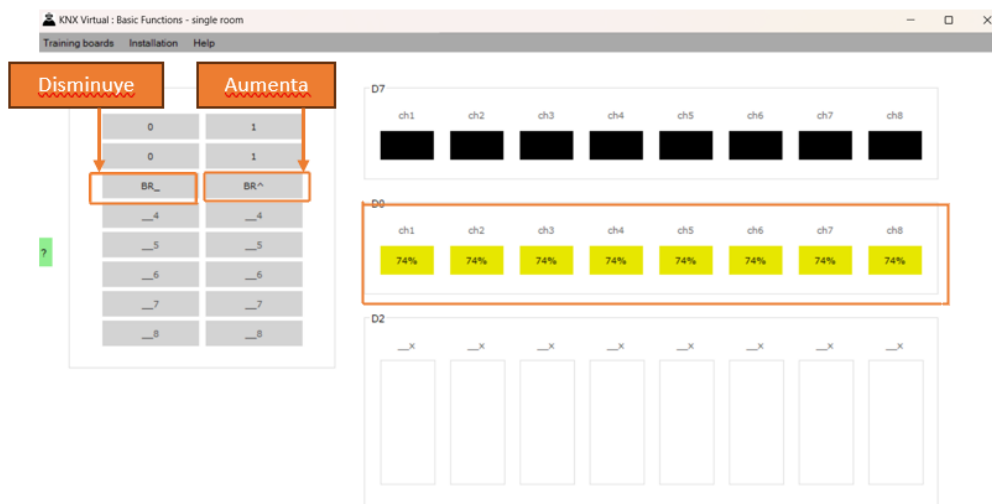
En la **Figura 36** se observa la interacción entre el canal 1 de la botonera y el actuador ON/OFF D7, en donde si presionamos el 1 en la botonera se encienden las luminarias de los canales ch1, ch2, ch3 y ch4, si presionamos el 0 estas luminarias se apagarán.

**Figura 37**  
*Interacción de la botonera canal 2 y el actuador D7*



En la **Figura 37** se observa la interacción entre el canal 2 de la botonera y el actuador ON/OFF D7, en donde si presionamos el 1 en la botonera se encienden las luminarias de los canales ch5, ch6, ch7 y ch8, si presionamos el 0 estas luminarias se apagarán.

**Figura 38**  
*Interacción de la botonera canal 3 y el actuador D0*



En la **Figura 38** se visualiza la interacción del canal 3 de la botonera y el actuador D0, en donde si presionamos BR^ la intensidad de las luminarias asociadas en el actuador D0

incrementaran su luminosidad. Si se presiona el botón BR\_ la luminosidad de la luminaria disminuirá.

## Control de escenas

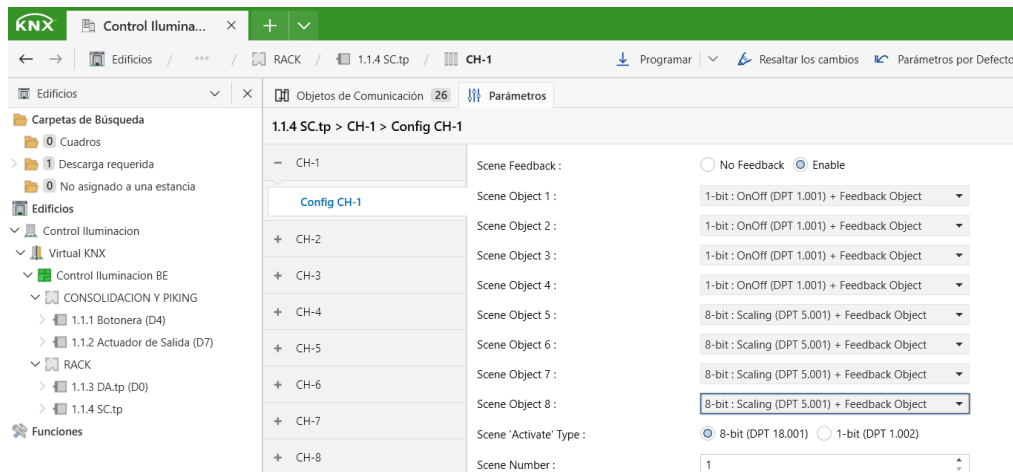
En el control de escenas definimos la activación, aprendizaje y habilitación de las escenas, se debe tener en cuenta que cada escena permite manejar un máximo de 8 dispositivos, en nuestro caso tenemos luminarias de control ON/OFF y luminarias reguladas. Para la simulación se tomaron 4 de control ON/OFF que representan las lámparas de consolidación y de pocking; las otras 4 lámparas restantes representan las lámparas de los racks las cuales son reguladas.

## Escena 1

En la Fig. 39 podemos observar la selección de cada objeto de la escena, en donde los objetos del 1 al 4 son lámparas de control ON/OFF, por lo tanto, serán de 1 bit, mientras que, las lámparas del 5 al 8 son lámparas reguladas con un valor de 8 bits.

## Figura 39

### Selección de los 8 objetos de la escena 1

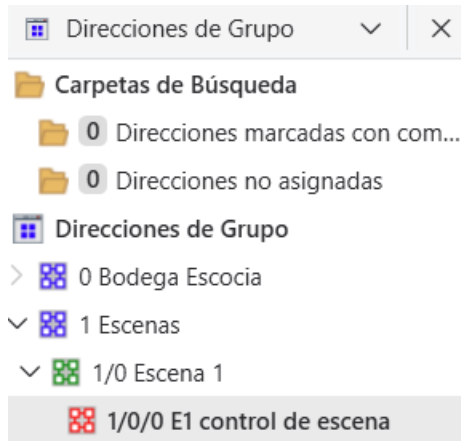


una vez se ha seleccionado los objetos de la escena, se crean las direcciones de grupos para asociar los dispositivos de las escenas. Por lo tanto, se crea un grupo principal que llama Escenas,

un grupo intermedio que llama Escena 1 y una dirección de grupo que llama E1 control de escena. En la **Figura 40** se observa la creación de estas direcciones de grupo.

**Figura 40**

*Dirección de grupo para el control de escenas*



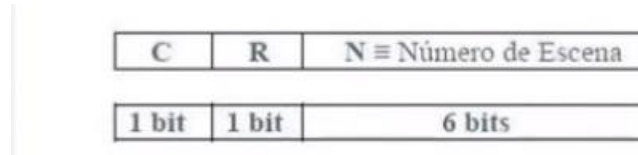
Dentro de la dirección de escenas 1/0/0 E1 control de escenas se asocia el control de escenas y el control de la escena en modo de aprendizaje y activación que se realiza con el canal 4 de la botonera. Tanto el canal de la escena como el de la botonera que activa y memoriza la escena deben tener el mismo número de escena. En la **Figura 41** podemos observar la asociación de estos dispositivos.

**Figura 41**

*Asociación de los dispositivos en el control de escenas*

Objeto *	Dispositivo	Envío act	Tipo de Da	C	R	W	T	U	Producto	Programa	Longitud
1: - CH-1 : Scene Control	1.1.4 SC.tp	S	scene con...	C	-	W	-	-	SC.tp	Scenario Control	1 byte
31: - CH-4 - Scene Control : Activ...	1.1.1 Botonera (D4)	S	scene con...	C	-	-	T	-	KX.tp (D4)	KiIX	1 byte
32: - CH-4 - Scene Control : Learn	1.1.1 Botonera (D4)	S	scene con...	C	-	-	T	-	KX.tp (D4)	KiIX	1 byte

Para entender mejor como se realiza el control de escenas en la **Figura 42** encontramos la estructura del control de escenas que es de 1 bit.

**Figura 42***Estructura del control de escenas*

En donde C activa y memoriza la escena, si C = 0 la escena se activa y si C = 1 la escena se memoriza. R es un campo reservado que tiene un valor de cero y N es el número de la escena que tiene un rango de [0...63] por esta razón en el control de escenas de la **Figura 41** tenemos dos objetos de comunicación que se transmiten.

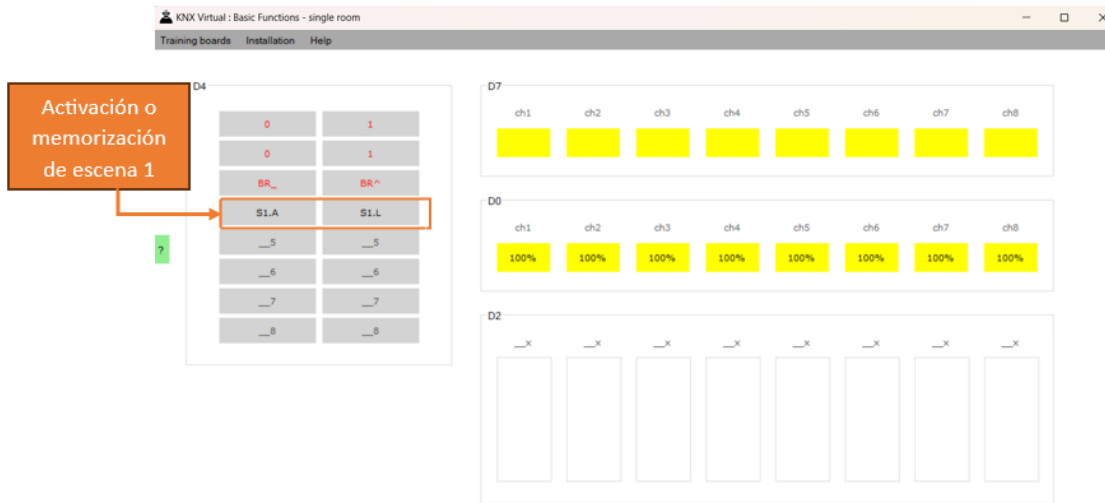
Una vez entendido esto se realiza la asociación de cada objeto de la escena 1 con sus respectivas direcciones de grupo. Esto se puede observar en la **Figura 43** donde se observa la asociación de cada objeto con su respectiva dirección de grupo.

**Figura 43***Asociación de los objetos con las direcciones de grupo*

Número	Nombre	Función del Objeto	Enlazado con	Dirección de grupo	Longitud	C	R	W	T	U	Tipo de Datos	Prioridad
1	CH-1: Scene Control	CH-1: Scene Control	1/0/0 E1 control...	1/0/0	1 byte	C	-	W	-	-	scene con...	Bajo
2	CH-1: Scene Object 1	CH-1: Scene Object 1	0/0/1 Lamparas...	0/0/1	1 bit	C	-	-	T	-	switch	Bajo
3	CH-1: Scene Object 2	CH-1: Scene Object 2	0/0/1 Lamparas...	0/0/1	1 bit	C	-	-	T	-	switch	Bajo
4	CH-1: Scene Object 3	CH-1: Scene Object 3	0/0/2 Lampara P...	0/0/2	1 bit	C	-	-	T	-	switch	Bajo
5	CH-1: Scene Object 4	CH-1: Scene Object 4	0/0/2 Lampara P...	0/0/2	1 bit	C	-	-	T	-	switch	Bajo
6	CH-1: Scene Object 5	CH-1: Scene Object 5	0/0/7 Valor de re...	0/0/7	1 byte	C	-	-	T	-	percentag...	Bajo
7	CH-1: Scene Object 6	CH-1: Scene Object 6	0/0/7 Valor de re...	0/0/7	1 byte	C	-	-	T	-	percentag...	Bajo
8	CH-1: Scene Object 7	CH-1: Scene Object 7	0/0/7 Valor de re...	0/0/7	1 byte	C	-	-	T	-	percentag...	Bajo
9	CH-1: Scene Object 8	CH-1: Scene Object 8	0/0/7 Valor de re...	0/0/7	1 byte	C	-	-	T	-	percentag...	Bajo
10	CH-1: Learn Object 1	CH-1: Learn Object 1	0/0/5 Informacio...	0/0/5	1 bit	C	-	W	-	-	switch	Bajo
11	CH-1: Learn Object 2	CH-1: Learn Object 2	0/0/5 Informacio...	0/0/5	1 bit	C	-	W	-	-	switch	Bajo
12	CH-1: Learn Object 3	CH-1: Learn Object 3	0/0/6 Informacio...	0/0/6	1 bit	C	-	W	-	-	switch	Bajo
13	CH-1: Learn Object 4	CH-1: Learn Object 4	0/0/6 Informacio...	0/0/6	1 bit	C	-	W	-	-	switch	Bajo
14	CH-1: Learn Object 5	CH-1: Learn Object 5	0/0/4 Informacio...	0/0/4	1 byte	C	-	W	-	-	percentag...	Bajo
15	CH-1: Learn Object 6	CH-1: Learn Object 6	0/0/4 Informacio...	0/0/4	1 byte	C	-	W	-	-	percentag...	Bajo
16	CH-1: Learn Object 7	CH-1: Learn Object 7	0/0/4 Informacio...	0/0/4	1 byte	C	-	W	-	-	percentag...	Bajo
17	CH-1: Learn Object 8	CH-1: Learn Object 8	0/0/4 Informacio...	0/0/4	1 byte	C	-	W	-	-	percentag...	Bajo
20	CH-1: Feedback Scene	CH-1: Feedback Scene	0/0/4 Informacio...	0/0/4	1 bit	C	-	-	T	-	boolean	Bajo

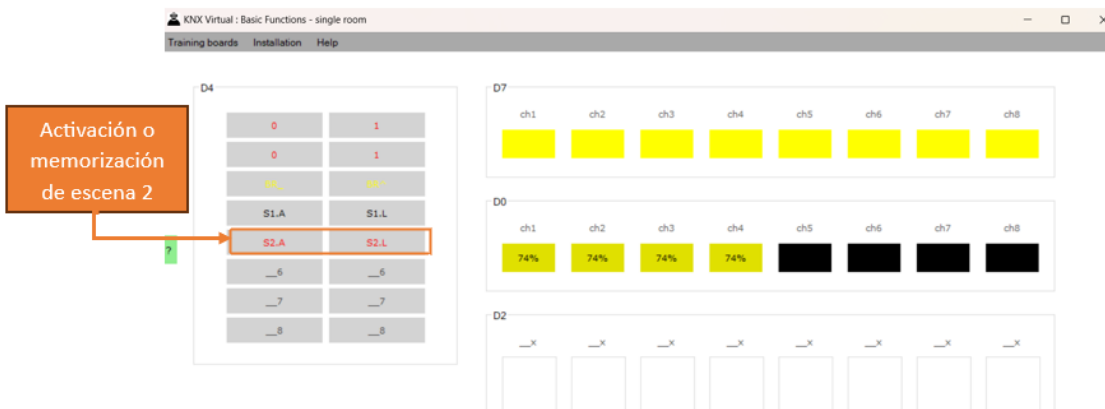
para finalizar se vuelve a programar parcialmente la botonera D4, el actuador ON/OFF D7 y el actuador dimmer D0. El control de escenas como es la primera vez se debe realizar una programación completa. Al hacer la programación correspondiente en el KNX virtual, vemos que el canal 4 de la botonera D4 está el control de escena 1, donde S1.L es para memorizar la escena y S1.A para activar la escena. Esto se puede observar en la **Figura 44**.

**Figura 44**  
*Escena 1 controlada desde el canal 4*



una vez se cuadran todos los parámetros de la escena uno, se memoriza la escena presionando el botón S1.L, y para activar esta escena se presiona el botón S1.A. si cualquier dispositivo de los que controla la escena sale de sus parámetros preestablecidos la escena se desactivara de forma automática. Las otras tres escenas se configuran según sus parámetros, pero la programación es similar a la que se realizó en la escena 1.

**Figura 45**  
*Escena 2 controlada desde el canal 5*



En la **Figura 45** se observa la escena 2 activada y la escena 1 desactivada, en la escena dos tenemos que las lámparas de control ON/OFF están encendidas y las lámparas regulables están aproximadamente al 75 %.

**Figura 46**  
*Escena 3 controlada desde el canal 6*



En la **Figura 46** se ve la escena 3 activada y las escenas 1 y 2 desactivadas, en la escena tres tenemos que las lámparas de control ON/OFF están apagadas y las lámparas regulables están aproximadamente en un 25%.

**Figura 47**  
*Escena 4 controlado desde el canal 7*



En la **Figuro 47** se observa la escena 4 esta activada y las escenas 1, 2 y 3 se encuentran desactivadas, en la escena 4 tenemos que todos los dispositivos se encuentran apagados.

## SELECCIÓN DE MATERIALES

Se seleccionaron dispositivos de Schneider Electric ya que sus dispositivos cuentan con las especificaciones técnicas necesaria para realizar el control de iluminación (Sánchez Cunalata, 2016).

### Fuente de alimentación

La fuente de alimentación proporciona el nivel tensión adecuado para la interconexión interna entre los dispositivos que se comunican a través de bus KNX (Electric, 2024b).

#### Figura 48

*Fuente de alimentación de 320 mA*



- **Nombre:** Fuente de alimentación de 320 mA
- **Descripción:** Fuente de alimentación KNX REG-K / 320 mA con entrada de energía de emergencia, gris claro
- **Referencia:** MTN684032 SCHNEIDER ELECTRIC
- **Precio:**
  - 246.02 EUR
  - 1'053.117,61 COP



## CARACTERISTICAS

La fuente de alimentación KNX REG-K proporciona energía a los componentes de bus de una línea. Por cada línea de bus se requiere, como mínimo, una fuente de alimentación. La fuente de alimentación integra un filtro que separa los telegramas de datos de la fuente de alimentación. La fuente de alimentación suministra una baja tensión de seguridad estabilizada (SELV, Safety Extra-Low Voltage) de 30 V CC. Está protegida contra cortocircuitos y cuenta con un límite de tensión y de corriente. Las intensidades de salida demasiado altas se señalan con un indicador en rojo (sobre corriente) (Electric, 2024b).

La longitud máxima del cable entre la fuente de alimentación y el componente de bus más alejado es de 350 m. Una tecla de la fuente de alimentación permite reiniciar los componentes de bus incluidos en la línea conectada. El estado (RESET) se visualiza mediante el indicador rojo (RESET) del dispositivo. La fuente de alimentación está lista para el funcionamiento cuando el indicador verde (RUN) está encendido. La fuente de alimentación cuenta con un filtro integrado. Está prevista para el montaje sobre un carril según la norma DIN-EN60715. No es necesario un bus de carril (Electric, 2024b).

- Tensión asignada: 110 – 230 VAC, 50 – 60 Hz
- Consumo de potencia: < 50 W
- Temperatura de funcionamiento: -5°C a +45°C
- Dimensiones: 90 x 72 x 65 mm

## Interfaz USB

Es la interfaz de datos situada entre el ordenador y el bus KNX

**Figura 49**  
*Interfaz USB*



- **Nombre:** Interfaz USB de carril DIN SpaceLogic KNX
- **Descripción:** interfaz USB de carril DIN, el cual se puede utilizar como interfaz de programación para la versión 3 o superior del software ETS.
- **Referencia:** MTN6502-0101 SCHNEIDER ELECTRIC
- **Precio:**
  - 252.56 EUR
  - 1'079.567,19 COP

## CARACTERÍSTICAS

La Interfaz USB de Carril DIN SpaceLogic KNX (interfaz USB KNX) es una interfaz de datos situada entre un ordenador de sobremesa o portátil y el bus de instalación KNX. Se puede utilizar como interfaz de programación para la versión 3 (o superior) del software ETS® y es compatible con los marcos largos KNX (Electric, 2019).

Los telegramas largos permiten una descarga más rápida en el caso de los dispositivos que puedan recibir dichos telegramas. Los ledes del dispositivo indican el estado de funcionamiento y

los errores de comunicación que se producen en el bus. El conector USB está aislado galvánicamente del bus KNX (Electric, 2019).

- Fuente de alimentación: a través del bus KNX, < 3 mA
- Longitud del cable USB: toma USB tipo C con una longitud máxima de 4 m
- Dimensiones: 100 x 18 x 66 mm

### Sensor de presencia

el sensor de presencia mediante su sensibilidad a la luz que es ajustable hará el control de la iluminación dando la orden al actuador de encenderse o apagarse y si la luminaria es regulable de aumentar o disminuir su intensidad (Electric, 2024d).

#### Figura 50

*Sensor de presencia*



- **Nombre:** KNX - Detector de presencia Gran Altura montaje en superficie
- **Descripción:** El detector de presencia es de detección frontal y lateral. Se puede montar tanto en el techo como en la superficie. Esta fabricado en plástico, lo cual lo hace más resistente posible, además, es libre de mercurio y de metales pesados cuidando el medio ambiente y su salud.
- **Referencia:** MTN6354-0019 SCHNEIDER ELECTRIC
- **Precio:**
  - 225.16 EUR
  - 962.445,95 COP

## CARACTERISTICAS

El sensor de infrarrojos puede utilizarse para encender y apagar la luz automáticamente. La unidad no es adecuada para sistemas de alarma antirrobo, ya que no es a prueba de manipulaciones en la forma prescrita para tales sistemas. El detector de movimiento está equipado con sensores piroeléctricos que detectan el calor invisible emitido por objetos en movimiento (personas, animales, etc.). El calor detectado de este modo se convierte electrónicamente en una señal que enciende una carga conectada (por ejemplo, una luz). También se enciende el LED rojo integrado (Electric, 2024d).

El sensor no detecta el calor irradiado detrás de obstáculos, como paredes o cristales. Por lo tanto, este tipo de radiación térmica no activará ninguna luz. Todos los ajustes de las funciones se realizan a través del mando a distancia KNX Presence (Electric, 2024d).

- Fuente de alimentación: Tensión del bus KNX, 21 – 30 VDC
- Angulo de cobertura: 360° con ángulo de apertura de 180°
- Zona de detección:

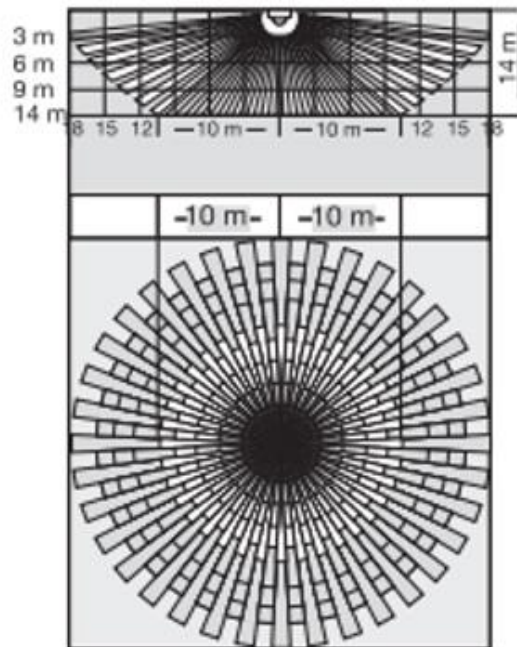
**Tabla 5**

*Zonas de detección sensor de presencia*

Altura de montaje [m]	Alcance de detección (Radio) [m]
14	10
9	14
6	16
2.8	18

**Figura 51**

*Zona de detección sensor de presencia según su altura de montaje*



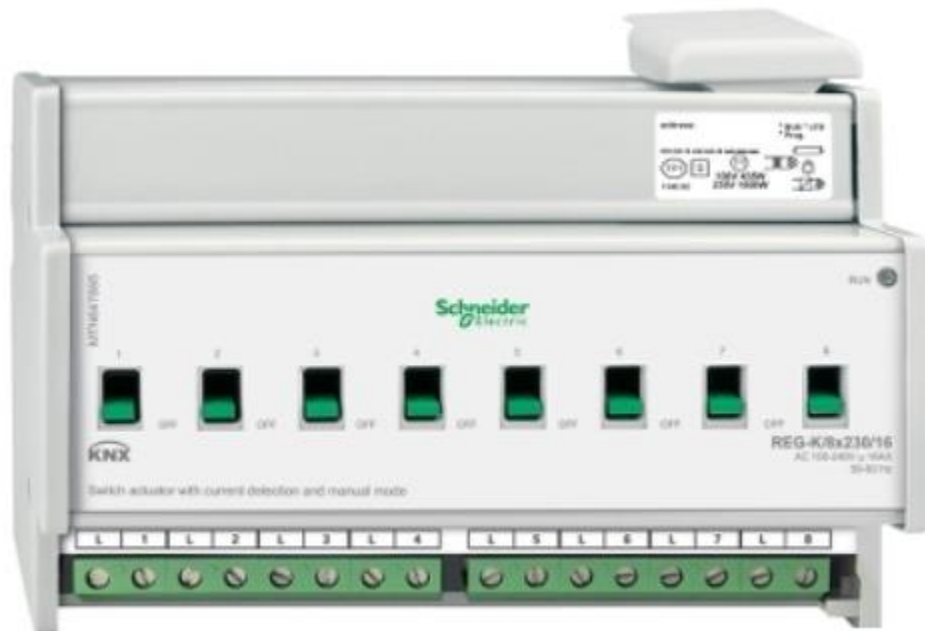
- Dimensiones: Montaje en superficie, redondo  $\varnothing 120 \times 65$  mm Montaje oculto, redondo  $\varnothing 120 \times 78$  mm
- Temperatura de operación:  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$
- Ajuste de luminosidad básica: 2 – 1000 lux
- Salidas: Conmutación, regulación, luminosidad básica

## Actuador binario

Es el encargado de encender o apagar las luminarias una vez que recibe la orden del sensor.

### Figura 52

Actuador binario riel DIN 8 canales



- Nombre: KNX - Actuador binario carril DIN 8 canales 230 V 16 A con detección de corriente
- **Descripción:** El accionador cuenta con detección de corriente integrada que mide la corriente de carga en cada canal. Todas las salidas de interruptor de 230 V pueden operarse con interruptores manuales. Con conector de bus integrado. Un LED verde indica que el dispositivo está listo para operar una vez que se ha cargado la aplicación. La carga se conecta con terminales de borne atornillado. Para instalación en rieles DIN TH35, según EN 60715. El bus se conecta utilizando un terminal de conexión de bus. no se requiere un riel de datos. Operación como cerrar/abrir contacto. Función de iluminación de escalera con/sin apagado manual y advertencia de apagado. Funciones de retraso. Ambientes. Función lógica. Bloqueo o control prioritario. Función de retroalimentación.
- **Referencia:** MTN647895 SCHNEIDER ELECTRIC

- **Precio:**

- 463.93 EUR
- 1'983.067,81 COP

## CARACTERISTICAS

El actuador binario REG-K/x230/16 con detección de corriente y accionamiento manual (Fig. 52) puede conectar los elementos siguientes a través de contactos n.a. independientes y libres de potencial (Electric, 2024a).

El actuador dispone de un acoplador de bus. El montaje tiene lugar en un carril DIN, la conexión de bus mediante un borne de conexión de bus y es alimentado a través de la tensión de bus. No es necesario un bus de carril. Además, el actuador dispone de una detección integrada de corriente para medir la corriente de carga por canal (Electric, 2024a).

- Alimentación desde KNX: 24 V CC, aprox. 16 mA
- Tensión nominal: 230 V CA, 50 hasta 60 Hz Por canal
- Corriente nominal: 16 A,  $\cos \varphi = 0,6$
- Lámparas incandescentes: 230 V CA, máx. 3600 W con 10.000 ciclos de maniobra
- Lámparas halógenas: 230 V CA, máx. 2500 W con 10.000 ciclos de maniobra
- Lámparas fluorescentes: 230 V CA, máx. 2500 VA compensado en paralelo con 5.000 ciclos de maniobra
- Carga capacitiva: 230 V CA, 16 A, máx. 200  $\mu\text{F}$  con 5.000 ciclos de maniobra
- Carga del motor 230 V CA, máx. 1000 W
- Frecuencia de conmutación: Máx. 10 por minuto en carga nominal
- Fusible: En cada canal, un interruptor automático de 16 A preconectado
- Temperatura de funcionamiento:  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Ancho del dispositivo: aprox. 140 mm

### Actuador dimmer

Este dispositivo regula las luminarias regulables, dependiendo de la luminosidad del sensor de presencia. Garantizando los niveles de luminosidad que se necesitan para tener un entorno de trabajo adecuado (Electric, 2024c).

**Figura 53**

*Actuador de regulación universal carril DIN 4 canales*



- **Nombre:** KNX - Actuador de regulación universal carril DIN 4 canales 230 V 250 W
- **Descripción:** El actuador de regulación universal tiene 4 canales de 250 W/VA con anulación manual. Tiene detección automática de carga y se pueden conectar diferentes fases. el actuador se puede instalar en carriles DIN TH35 de acuerdo con la norma EN 60715 Cada salida tiene una tensión nominal: CA 220-230 V, 50/60 Hz. La potencia nominal es de 4 x 250 W/VA o 3 canales: 1 x 350 W/VA y 2 x 250 W/VA o 2 canales: 2 x 350 W/VA.
- **Referencia:** MTN6710-0004 SCHNEIDER ELECTRIC
- **Precio:**
  - 506,42 EUR
  - 2'167.790,50 COP

#### CARACTERISTICAS

El actuador de regulación universal KNX (Fig. 53) puede regular y utilizar diferentes cargas para cada canal. El actuador detecta automáticamente el tipo de carga conectada para cada canal.



El actuador también se ajusta a los requisitos especiales de los diodos LED y ESL/CFL (Electric, 2024c).

- LED = diodo emisor de luz
- ESL = lámpara ahorradora de energía, también denominada
- CFL = lámpara fluorescente compacta. Cuando se conecta de nuevo la tensión de alimentación, el canal en cuestión permanece desconectado. Sin embargo, el ETS también dispone de un ajuste que permite restablecer el último nivel de luminosidad. Los canales del actuador se pueden conectar a diferentes conductores externos. El actuador se puede conmutar manualmente utilizando las teclas de canal. En el ETS se pueden activar otras funciones adicionales de tiempo, lógica, escenario y centralizadas (Electric, 2024c).

Los canales del actuador se pueden conectar a diferentes conductores externos. El actuador se puede conmutar manualmente utilizando las teclas de canal. En el ETS se pueden activar otras funciones adicionales de tiempo, lógica, escenario y centralizadas (Electric, 2024c).

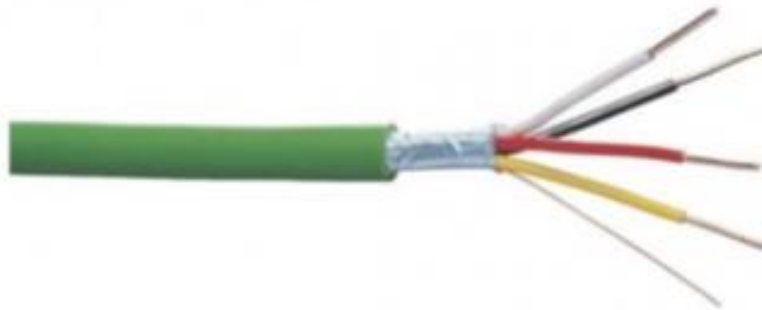
- Fuente de alimentación desde KNX: 24 V CC, aprox. 10 mA
- Tensión de aislamiento: 4 kV CA bus/tensión de alimentación
- Tensión nominal: AC 220/230 V, 50/60 Hz
- Fusible: Asegure el actuador con un interruptor automático de 10 A.
- Cargas óhmicas (lámparas incandescentes y halógenas de 230 V): > 4 W
- Cargas inductivas (lámparas halógenas de baja tensión con transformadores bobinados): > 25 VA
- Cargas capacitivas (lámparas halógenas de baja tensión con transformadores electrónicos): > 4 VA
- Diodos LED o ESL/CFL regulables en el modo de funcionamiento de corte de fase descendente = RC: > 4 VA
- Diodos LED o ESL/CFL regulables en el modo de funcionamiento de corte de fase ascendente de LED ESL/CFL (RLLED): > 4 VA
- Temperatura de funcionamiento: -5 °C a +45 °C
- Ancho del dispositivo: aprox. 144 mm

## Cable bus

La función del cable bus de KNX es la de transmitir instrucciones entre los distintos elementos de la red domótica.

### Figura 54

*Cable KNX EIB Bus lszh 2x2x0,8 AMG 20/1*



- **Nombre:** Cable KNX EIB Bus lszh 2x2x0,8 AMG 20/1.
- **Descripción:** Cable de instalación diseñado para control de sistemas domóticos en edificios: gestión de edificios, gestión de energía, temporización de sistemas, control descentralizado de iluminación, calefacción, aire acondicionado, ventilación, persianas, bloqueo, tableros indicadores, etc.
- **Referencia:** 19082001212050 SUMCAB
- **Precio:**
  - 83.67 EUR x 100 mt
  - 357.647,24 COP x 100 mt

## Programa ETS6

KNX ha creado tres licencias ETS6 distintas para diferentes propósitos:

- **ETS6 profesional 1000 EUR:** esta licencia es ilimitada en cuanto al número de dispositivos y el número de proyectos (Kiewitz, 2024).
- **ETS6 HOME 350 EUR:** Esta licencia es exactamente el mismo software que el ETS6 Professional, pero está limitada a 64 dispositivos, limitada únicamente a un proyecto y para uso exclusivamente privado (Kiewitz, 2024).

- **ETS6 litE 200 EUR:** Esta licencia es exactamente el mismo software que el ETS6 Professional, pero está limitada a 20 dispositivos por proyecto. Sin embargo, el número de proyectos es ilimitado (Kiewitz, 2024).

**NOTA:** Se debe tener en cuenta qué si se desea una licencia ETS6 basada en dongle se aplicará un coste adicional de 80 EUR

## PRESUPUESTO

El presupuesto se realiza sobre una prueba piloto para 75 luminarias LUCCA-A de 100 [W] que se instar sustituyendo las antiguas. Las luminarias se van a instalar a una altura de 12 m e iluminaran un área de aproximadamente  $1000 m^2$ . El control que se desea realizar es de regulación o control ON/OFF.

### PRESUPUESTO CONTROL ON/OFF

Con este tipo de control el presupuesto es el que se observa en la **Tabla 6**, este control tiene la ventaja que no se necesita invertir en cableado de potencia ya que se puede usar los puntos de encendido o apagado que tenían las luminarias antiguas y realizar el control mediante el actuador binario carril DIN 8 canales que tiene un interruptor automático de 16 A

**Tabla 6**

*Presupuesto control ON/OFF*

Listado de equipos KNX y precio						
ítem	descripción	cantidad	unidad	Vr. Unitario	Vr. Total	
1	Fuente de alimentación KNX 320 mA, con salida auxiliar de 29 Vdc	1	UN	\$ 1,031,782.86	\$	1,031,782.86
2	Interfaz USB de carril DIN SpaceLogic KNX	1	UN	\$ 1,079,567	\$	1,079,567
3	Interfaz IP de Carril DIN SpaceLogic KNX	1	UN	\$ 1,235,855.58	\$	1,235,855.58
4	KNX - Detector de presencia Gran Altura montaje en superficie	3	UN	\$ 962,445.95	\$	2,887,337.85
5	KNX - Actuador binario carril DIN 8 canales 230 V 16 A con detección de corriente	1	UN	\$ 1,983,067.81	\$	1,983,067.81
6	Cable KNX EIB Bus lszh 2x2x0,8 AMG 20/1 (100 mt)	2	UN	\$ 357,647.24	\$	715,294.48
7	Licencia ETS 6 Lite Doungle	1	UN	\$ 1,196,859.41	\$	1,196,859.41
TOTAL					\$	10,129,765.18

## PRESUPUESTO CONTROL REGULABLE

Este tipo de control es más costoso ya que se deben comprar más dispositivos dimmer para realizar la regulación de las luminarias, esto se debe a las especificaciones técnicas del dispositivo que solo permite conectar por canal un máximo de 250 W, además estos dispositivos son más costosos y se necesita realizar de un cableado nuevo de los circuitos que alimentan las luminarias y poder conectarlos a sus respectivos actuadores de regulación universal carril DIN de 4 canales.

En la **Tabla 7** se puede observar el presupuesto para realizar un control de iluminación regulable.

**Tabla 7**

*Presupuesto control dimmer*

Listado de equipos KNX y precio					
ítem	descripción	cantidad	unidad	Vr. Unitario	Vr. Total
1	Fuente de alimentación KNX 320 mA, con salida auxiliar de 29 Vdc	1	UN	\$ 1,031,782.86	\$ 1,031,782.86
2	Interfaz USB de carril DIN SpaceLogic KNX	1	UN	\$ 1,079,567	\$ 1,079,567
3	Interfaz IP de Carril DIN SpaceLogic KNX	1	UN	\$ 1,235,855.58	\$ 1,235,855.58
4	KNX - Detector de presencia Gran Altura montaje en superficie	3	UN	\$ 962,445.95	\$ 2,887,337.85
6	KNX - Actuador de regulación universal carril DIN 4 canales 230 V 250 W	9	UN	\$ 2,167,790.50	\$ 19,510,114.50
6	Cable KNX EIB Bus lszh 2x2x0,8 AMG 20/1 (100 mt)	2	UN	\$ 357,647.24	\$ 715,294.48
7	Licencia ETS 6 Lite Doungle	1	UN	\$ 1,196,859.41	\$ 1,196,859.41
TOTAL					\$ 27,656,811.87

## ESTUDIO ECONOMICO Y AHORRO ENERGETICO

Con el fin de saber cuánto es el ahorro energético y realizar un estudio económico para determinar si el proyecto es viable, se realiza un seguimiento por un mes, registrando la hora de encendido y apagado de la iluminación (**Tabla 8**).

Podemos deducir que las luminarias duran encendidas 16.53 horas del día que equivale a aproximadamente en un 68.88% del día. Teniendo en cuenta la tarifa de energía para febrero del 2024 tomado de las empresas públicas de Medellín EPM (**Tabla 9**). Se observa que el precio de la energía en horas de punta es de 1085.71 / kWh y en horas fuera de punta es de 1015.46 / kWh (EPM E.S.P, 2024).

**Nota:** Tarifa horaria en franjas aplicadas

- Horas de punta: 9:00 a.m. – 12:00 m; 6:00 p.m. – 9:00 p.m.
- Horas fuera de punta: 0:00 a.m. – 9:00 a.m.; 12:00 m - 6 p.m. y 9:00 p.m. – 12:00 p.m.

En promedio las luminarias están encendidas 4 horas en horas de punta y 12.53 horas en horas fuera de punta (EPM E.S.P, 2024).

**Tabla 8***Hora de encendido y apagado de iluminación en la bodega*

FEBRERO				
DIA	HORA DE ENCENDIDO Y APAGADO	TIEMPO QUE LAS LUMINARIAS ESTAN ENCENDIDAS [Horas]	HORAS DE PUNTA	HORAS FUERA DE PUNTA
1	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
2	OFF: 8:30 A.M ON: 4:00 P.M	16.5	4	12.5
3	OFF: 8:00 A.M ON: 3:00 P.M	17	4	13
4	OFF: 8:00 A.M ON: 5:30 P.M	15.5	4	11.5
5	OFF: 8:30 A.M ON: 4:00 P.M	16.5	4	12.5
6	OFF: 8:30 A.M ON: 4:00 P.M	16.5	4	12.5
7	OFF: 8:30 A.M ON: 4:00 P.M	16.5	4	12.5
8	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
9	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
10	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
11	OFF: 8:00 A.M ON: 5:30 P.M	15.5	4	11.5
12	OFF: 8:00 A.M ON: 4:00 P.M	16	4	12
13	OFF: 8:30 A.M ON: 4:00 P.M	16.5	4	12.5
14	OFF: 8:30 A.M ON: 4:00 P.M	16.5	4	12.5
15	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
16	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
17	OFF: 8:30 A.M ON: 4:00 P.M	16.5	4	12.5
18	OFF: 8:00 A.M ON: 5:30 P.M	15.5	4	11.5
19	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
20	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
21	OFF: 8:30 A.M ON: 4:00 P.M	16.5	4	12.5
22	OFF: 8:30 A.M ON: 4:00 P.M	16.5	4	12.5
23	OFF: 8:00 A.M ON: 4:00 P.M	16	4	12
24	OFF: 8:00 A.M ON: 4:00 P.M	16	4	12
25	OFF: 8:00 A.M ON: 5:30 P.M	15.5	4	11.5
26	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
27	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
28	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
29	OFF: 9:00 A.M ON: 4:00 P.M	17	4	13
TOTAL		479.5	116	363.5
PROMEDIO		16.53448276	4	12.5344828

**Tabla 9***Tarifa horaria para febrero 2024*

Tarifa horaria no residencial		Nivel 1 -\$/kWh
<b>Industrial y comercial</b>	Punta	1085.71
	Fuera de punta	1015.6

**Tabla 10***Pago por concepto de iluminación de las 75 luminarias nuevas*

Numero de luminarias	Potencias de luminarias [W]	Potencia total [kW]	Energía horas de punta [kWh]	Energía horas fuera de punta [kWh]	Total, a pagar por concepto de iluminación por mes
75	100	7.5	30	93.975	\$ 3,840,369.30
75	132	9.9	39.6	124.047	\$ 5,069,287.48

La empresa pagaría por iluminación de las 75 luminarias nuevas que se instalarán alrededor de 3'840,369.30 COP por mes (**Tabla 10**). con lo cual se produce un ahorro de 1'228,918.18 COP por mes cuando se realice el cambio de las luminarias viejas. Además, se produce un ahorro del 24.24% en el consumo energético.

Finalmente, estudios realizados con KNX han demostrado que el control de iluminación en los edificios de oficinas, escuelas, fabricas, almacenes, hoteles y aparcamientos que se realizan mediante sensores de luminosidad y de presencia que desconectan de forma automática la iluminación si se encuentra luminosidad suficiente en el área deseada o desconectan la iluminación en pasillos y esclareas u otros sitios no usados con frecuencia, pueden alcanzar entre un 20-60% de ahorro de energía. Teniendo en cuenta estas cifras y trabajando con un valor del 20%, el ahorro que se produce en cuanto al pago de energía por la iluminación es de 768,073.86 COP por mes (KNX, 2023a).

Con esta información se procede a realizar la evaluación financiera del proyecto mediante el método de periodo de recuperación de la inversión y mediante el método del valor presente neto (VPN)

## PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) es un indicador que mide en cuanto tiempo se recupera el total de la inversión, se debe tener en cuenta que este método no considera el valor

del dinero en el tiempo. Teniendo en cuenta esto, se obtiene que la inversión inicial que se realizó para instalar un control ON/OFF se recuperara en aproximadamente 13.2 meses (**Tabla 11**). Si se desea instalar un sistema de control que regule la iluminación la inversión inicial se recuperará en aproximadamente 36 meses (**Tabla 12**).

**Tabla 11**

*Flujos de efectivo para calcular el periodo de recuperación de la inversión control ON/OFF*

PERIODO DE RECUPERACION		
MES	FLUJO	ACUMULADO
<b>0</b>	\$ - 10,129,765.18	
<b>1</b>	\$ 768,073.86	\$ 768,073.86
<b>2</b>	\$ 768,073.86	\$ 1,536,147.72
<b>3</b>	\$ 768,073.86	\$ 2,304,221.58
<b>4</b>	\$ 768,073.86	\$ 3,072,295.44
<b>5</b>	\$ 768,073.86	\$ 3,840,369.30
<b>6</b>	\$ 768,073.86	\$ 4,608,443.16
<b>7</b>	\$ 768,073.86	\$ 5,376,517.02
<b>8</b>	\$ 768,073.86	\$ 6,144,590.88
<b>9</b>	\$ 768,073.86	\$ 6,912,664.74
<b>10</b>	\$ 768,073.86	\$ 7,680,738.60
<b>11</b>	\$ 768,073.86	\$ 8,448,812.46
<b>12</b>	\$ 768,073.86	\$ 9,216,886.32
<b>13</b>	\$ 768,073.86	\$ 9,984,960.18
<b>14</b>	\$ 768,073.86	\$ 10,753,034.04
<b>15</b>	\$ 768,073.86	\$ 11,521,107.90
<b>PRI=</b>	<b>13.189</b>	<b>Meses</b>



**Tabla 12***Flujos de efectivo para calcular el periodo de recuperación de la inversión control regulable*

PERIODO DE RECUEPRACION		
MES	FLUJO	ACUMULADO
0	\$ - 27,656,811.87	
1	\$ 768,073.86	\$ 768,073.86
2	\$ 768,073.86	\$ 1,536,147.72
3	\$ 768,073.86	\$ 2,304,221.58
4	\$ 768,073.86	\$ 3,072,295.44
5	\$ 768,073.86	\$ 3,840,369.30
6	\$ 768,073.86	\$ 4,608,443.16
7	\$ 768,073.86	\$ 5,376,517.02
8	\$ 768,073.86	\$ 6,144,590.88
9	\$ 768,073.86	\$ 6,912,664.74
10	\$ 768,073.86	\$ 7,680,738.60
11	\$ 768,073.86	\$ 8,448,812.46
12	\$ 768,073.86	\$ 9,216,886.32
13	\$ 768,073.86	\$ 9,984,960.18
14	\$ 768,073.86	\$ 10,753,034.04
15	\$ 768,073.86	\$ 11,521,107.90
16	\$ 768,073.86	\$ 12,289,181.76
17	\$ 768,073.86	\$ 13,057,255.62
18	\$ 768,073.86	\$ 13,825,329.48
19	\$ 768,073.86	\$ 14,593,403.34
20	\$ 768,073.86	\$ 15,361,477.20
21	\$ 768,073.86	\$ 16,129,551.06
22	\$ 768,073.86	\$ 16,897,624.92
23	\$ 768,073.86	\$ 17,665,698.78
24	\$ 768,073.86	\$ 18,433,772.64
25	\$ 768,073.86	\$ 19,201,846.50
26	\$ 768,073.86	\$ 19,969,920.36
27	\$ 768,073.86	\$ 20,737,994.22
28	\$ 768,073.86	\$ 21,506,068.08
29	\$ 768,073.86	\$ 22,274,141.94
30	\$ 768,073.86	\$ 23,042,215.80
31	\$ 768,073.86	\$ 23,810,289.66
32	\$ 768,073.86	\$ 24,578,363.52
33	\$ 768,073.86	\$ 25,346,437.38
34	\$ 768,073.86	\$ 26,114,511.24
35	\$ 768,073.86	\$ 26,882,585.10
36	\$ 768,073.86	\$ 27,650,658.96
37	\$ 768,073.86	\$ 28,418,732.82
<b>PRI =</b>	<b>36.008</b>	<b>Meses</b>

**VALOR PRESENTE NETO (VPN)**

Para realizar la evaluación financiera mediante este método, se tomó la vida útil del programa ETS5 el cual es fundamental para poder desarrollar los proyectos KNX, por consiguiente, se tomará una vida útil de 11 años para el proyecto. además, se tendrá una tasa de interés de oportunidad del 12.75% anual, que es la tasa de interés que maneja el banco de la república.

## VPN CONTROL ON/OFF

**Tabla 13***Valor presente neto sistema ON/OFF*

AÑO		FLUJO	VALOR PRESENTE
<b>0</b>	\$	<b>-10,129,765.18</b>	\$ <b>- 10,129,765.18</b>
<b>1</b>	\$	9,216,886.32	\$ 8,229,362.79
<b>2</b>	\$	9,216,886.32	\$ 7,347,645.34
<b>3</b>	\$	9,216,886.32	\$ 6,560,397.63
<b>4</b>	\$	9,216,886.32	\$ 5,857,497.88
<b>5</b>	\$	9,216,886.32	\$ 5,229,908.82
<b>6</b>	\$	9,216,886.32	\$ 4,669,561.45
<b>7</b>	\$	9,216,886.32	\$ 4,169,251.29
<b>8</b>	\$	9,216,886.32	\$ 3,722,545.80
<b>9</b>	\$	9,216,886.32	\$ 3,323,701.61
<b>10</b>	\$	9,216,886.32	\$ 2,967,590.72
<b>11</b>	\$	9,216,886.32	\$ 2,649,634.57
		VPN	\$ 44,597,332.73

El valor presente neto (VPN) del sistema de control ON/OFF es positivo lo que quiere decir que el proyecto es factible económicamente (**Tabla 13**).

## VPN CONTROL REGULABLE

El valor presente neto (VPN) del sistema de control regulable es positivo lo que quiere decir que el proyecto es factible económicamente (**Tabla 14**).

**Tabla 14***Valor presente neto sistema regulable*

<b>AÑO</b>		<b>FLUJO</b>		<b>VALOR PRESENTE</b>
<b>0</b>	\$	-27,656,811.87	\$	-27,656,811.87
<b>1</b>	\$	9,216,886.32	\$	8,229,362.79
<b>2</b>	\$	9,216,886.32	\$	7,347,645.34
<b>3</b>	\$	9,216,886.32	\$	6,560,397.63
<b>4</b>	\$	9,216,886.32	\$	5,857,497.88
<b>5</b>	\$	9,216,886.32	\$	5,229,908.82
<b>6</b>	\$	9,216,886.32	\$	4,669,561.45
<b>7</b>	\$	9,216,886.32	\$	4,169,251.29
<b>8</b>	\$	9,216,886.32	\$	3,722,545.80
<b>9</b>	\$	9,216,886.32	\$	3,323,701.61
<b>10</b>	\$	9,216,886.32	\$	2,967,590.72
<b>11</b>	\$	9,216,886.32	\$	2,649,634.57
		VPN	\$	27,070,286.04

## 5 Análisis

En el desarrollo del proyecto surgieron inconvenientes importantes, sobre todo con el programa ETS6 y KNX virtual. Para poder usar KNX virtual sin inconvenientes se debe considerar que tanto el ETS6 como KNX virtual estén en sus últimas versiones. Otro inconveniente es que el ETS6 en su versión demo solo admite la programación de 5 dispositivos, para poder realizar la programación de más 5 dispositivos toca realizar más de un proyecto.

Para tener un buen manejo del programa ETS6 la asociación KNX ofrece cursos certificados pagos, en donde se aprenden todas las virtudes que tiene este programa para realizar el control de los diferentes dispositivos. También se evidencio que hay muchos fabricantes de dispositivos KNX que lastimosamente para Colombia se debe hacer la importación de estos incrementando el costo. Al realizar el presupuesto del control del piloto de iluminación para un sector de la bodega con dispositivos Schneider Electric este salió con valor elevado ya que es una de las mejores marcas, pero también de las más costosas. Sin embargo, implementar un sistema de control con KNX resulta costoso debido al alto precio de los dispositivos y de la licencia del programa ETS6.

En cuanto al ahorro de energía se evidencio que, al realizar el cambio de luminarias antiguas por luminarias led se produjo un ahorro de 24.24% en el consumo de energía y un ahorro económico de 1'228,918.18 COP por mes. Es vital realizar la emigración a iluminación led. además, si a la iluminación led se realiza un control de iluminación ON/OFF o regulable se puede tener un ahorro extra entre el 20 - 60 %.

Al realizar la evaluación financiera de los dos sistemas de control se encontró que los dos son económicamente factibles y la recuperación de la inversión inicial de los proyectos se recupera relativamente rápido. Dando como resultado que el control ON/OFF es el que se recupera más rápido la inversión inicial, esto se debe a que también es el sistema más económico.

## 6 Conclusiones

La realización de este proyecto del diseño de un control de iluminación mediante KNX, ha dejado varias conclusiones:

- La domótica es una de la tecnología que cada vez van a hacer mar utilizadas para hacer el control de cualquier edificación, brindando grandes resultados en confort, en ahorro energético, económico y en seguridad.
- El sistema KNX es muy versátil al ser un sistema abierto tiene una gran cantidad de fabricantes, los cuales proporcionan diferentes dispositivos con los cuales se puede realizar el control de las diferentes estancias de una edificación
- KNX virtual es una herramienta muy útil, la cual permite familiarizarse con el entorno de programación del ETS y realizar simulación que permiten probar las diferentes funciones de los dispositivos para realizar el control de las variables deseadas como: iluminación, persianas, temperatura, alarmas y sensores, aunque en este proyecto solo se realizó simulación con dispositivos para hacer control de iluminación.
- En la parte económica se pudo observar que el presupuesto es una guía de los costos asociados con dispositivos y programas KNX para realizar un control de iluminación de forma física.
- Aunque realizar una instalación con KNX es costosa, son proyectos factibles económicamente. En los que la recuperación de la inversión inicial es relativamente rápida, esto se debe al ahorro que se produce en el consumo de energía y, por tanto, un ahorro económico.
- La emigración a tecnología led contribuye a un ahorro energético y económico considerable resaltando la importancia de esta tecnología.

## 7 Referencias

- Electric, S. S. (2019). *Interfaz USB de Carril DIN SpaceLogic KNX*. [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)
- Electric, S. S. (2024a). *Actuador binario REG-K/ 2x230/16 con detección de corriente y accionamiento*. [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)
- Electric, S. S. (2024b). *Fuente de alimentación KNX REG-K*. [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)
- Electric, S. S. (2024c). *KNX actuador de regulación universal LL REG-K*.
- Electric, S. S. (2024d). *KNX Präsenz Mini Gebrauchsanleitung*. [schneider-electric.com](http://schneider-electric.com)
- EPM E.S.P. (2024). *Tarifas y Costo de Energía Eléctrica - Mercado Regulado*. <https://www.epm.com.co/clientesyusuarios/energia/tarifas-energia.html>
- Kiewitz, T. (2024, enero). *Licencias ETS6*. <https://support.knx.org/hc/es/articles/4404977767698-Licencias-ETS6>.
- KNX. (2023a). *Eficiencia Energética con KNX*. 1–20.
- KNX. (2023b, septiembre 16). *ETS6 y KNX Virtual*. <https://www.ets6.org/ets6-y-knx-virtual/?lang=es>.
- Maji. (2009, octubre 16). *El Protocolo de comunicaciones, el lenguaje de la domótica*. <https://domoprac.com/component/k2/item/264-el-protocolo-de-comunicaciones-el-lenguaje-de-la-domotica.html>.
- Ministerio de Minas y Energía. (2010). *ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO. RETILAP* (pp. 1–229).
- Morales Guailas, W. R. (2023). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA UNA VIVIENDA INTELIGENTE CON PROTOCOLO LOXONE*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - SEDE CUENCA.
- Rodríguez García, I. (2023). *Proyecto domótico de una vivienda con KNX Virtual Autor*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería.
- Sánchez Cunalata, D. F. (2016). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DOMÓTICA BASADO EN LA TECNOLOGÍA SMART BUS KNX PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN, AUDIO Y SEGURIDAD, MEDIANTE UN ENLACE WEB APPS*. Escuela Politécnica Nacional.