



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

CONTROL DE SISTEMAS DE ALUMBRADO DE MANERA  
REMOTA A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS MÓVILES

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Albalat Ortiz, Manuel

Tutor/a: Sapena Bañó, Ángel

Cotutor/a: Pérez Cruz, Juan

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# CONTROL DE SISTEMAS DE ALUMBRADO DE MANERA REMOTA A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS MÓVILES

Autor: Manuel Albalat Ortiz

Tutor: Juan Pérez Cruz

Cotutor: Ángel Sapena Bañó

Grado en Ingeniería Eléctrica, ETSID

## RESUMEN

En este proyecto se va a crear un sistema de control para una instalación de alumbrado que permite el manejo de manera remota a través de un dispositivo móvil, ya sea un teléfono móvil o una tableta.

Para realizar este control se va a hacer uso de la tecnología PLC, ya que mediante la automatización es posible crear un vínculo entre un circuito eléctrico y un dispositivo virtual. La automatización además permite crear ambientes de iluminación ya definidos. De este modo, se pueden controlar los circuitos de forma individual en un modo manual y, además, se podrán elegir escenas que tengan unos ajustes ya programados sobre los diferentes circuitos.

La conexión entre el PLC y el móvil será vía Ethernet a través de una LAN (Local Area Network) y empleando el protocolo de comunicación entre sistemas OPC UA. En este protocolo uno de los elementos funciona como servidor, en este caso será el autómatas. Este servidor envía a los elementos que se conecten como clientes la información de las variables que se hayan programado como visibles y recibe datos de aquellas variables que son modificables desde el cliente.

Para que el móvil pueda conectarse como cliente en este protocolo, es necesario el uso de una aplicación. Esta aplicación, además de ser capaz de establecer la conexión, debe poder leer y escribir los valores que el servidor tenga disponibles.

Además, el autómatas se programará para poder controlar la instalación a través de un panel de control de interruptores y pulsadores. Este panel cuenta con la misma funcionalidad que el control remoto, pero empleando entradas digitales o analógicas. De forma que se podrá controlar la instalación en las situaciones en las que no se disponga de un dispositivo móvil.



## Contenidos

|   |    |
|---|----|
| I. MEMORIA .....  | 5  |
| 1. Introducción.....  | 5  |
| 2. Objetivos.....   | 6  |
| 3. Factores a considerar .....                                | 7  |
| 3.1.1. Zona de asistentes.....                                | 8  |
| 3.1.2. Escenario .....  | 10 |
| 3.1.3. Panel de Control .....                                 | 11 |
| 3.1.4. Cuadro General .....                                   | 12 |
| 3.1.5. Cableado.....  | 14 |
| 4. Planteamiento de soluciones .....                          | 15 |
| 4.1.1. Elección del autómata .....                            | 17 |
| 4.1.2. Panel de control .....                                 | 22 |
| 4.1.3. Cableado.....  | 23 |
| 4.1.4. Elección de la aplicación y el dispositivo móvil ..... | 27 |
| 5. Paneles de control .....                                   | 31 |
| 5.1.1. Control remoto desde dispositivo móvil .....           | 32 |
| 5.1.2. Control automatizado desde puesto de control .....     | 34 |
| 5.1.3. Control no automatizado .....                          | 34 |
| 6. Modos de control .....                                     | 35 |
| 6.1. Escenas.....   | 35 |
| 6.1.1. Recepción .....  | 36 |
| 6.1.2. Prefunción .....                                       | 37 |
| 6.1.3. Teatro .....   | 39 |
| 6.1.4. Exposición.....  | 40 |
| 6.1.5. Conferencia .....                                      | 42 |



|  |    |
|--|----|
| 6.1.6. Cine.....                               | 43 |
| 6.1.7. Música .....                            | 44 |
| 6.2. Modo manual.....                          | 46 |
| 7. Conclusión .....                            | 47 |
| II. PRESUPUESTO.....                           | 49 |
| 1. Introducción.....                           | 49 |
| 2. Coste de materiales .....                   | 49 |
| 3. Coste de mano de obra .....                 | 51 |
| 4. Costes generales.....                       | 52 |
| 5. Coste final de proyecto.....                | 53 |
| III. PLIEGO DE CONDICIONES .....               | 54 |
| 1. Introducción.....                           | 54 |
| 2. Condiciones técnicas .....                  | 54 |
| 2.1.1. Normativa general.....                  | 54 |
| 2.1.2. Red de comunicaciones.....              | 55 |
| 3. Condiciones facultativas .....              | 55 |
| 3.1.1. Responsabilidades del contratista ..... | 55 |
| 3.1.2. Responsabilidades del contratante.....  | 56 |
| 4. Condiciones económicas .....                | 57 |
| 4.1.1. Base fundamental.....                   | 57 |
| 4.1.2. Precios y recargos.....                 | 57 |
| 5. Condiciones legales .....                   | 58 |
| 5.1.1. Contrato.....                           | 58 |
| 5.1.2. Adjudicación del contrato .....         | 59 |
| 5.1.3. Rescisión del contrato .....            | 59 |
| IV. ANEXO I AUTOMATIZACIÓN.....                | 60 |



|        |                                     |     |
|--------|-------------------------------------|-----|
| 1.     | Lista de variables .....            | 60  |
| 2.     | Esquemas de la automatización ..... | 62  |
|        | V. ANEXO II PROGRAMAS .....         | 75  |
| 1.     | Programas del autómeta .....        | 75  |
| 1.1.1. | TwinCAT 3 .....                     | 75  |
| 2.     | App.....                            | 94  |
| 2.1.1. | Prosys .....                        | 94  |
| 2.1.2. | Tesla Client .....                  | 96  |
| 2.1.3. | Crear una App.....                  | 96  |
|        | VI. ANEXO III COMPONENTES.....      | 98  |
| 1.     | Beckhoff CX-5020 .....              | 98  |
| 1.1.   | Especificaciones técnicas .....     | 98  |
| 1.2.   | Fuente de alimentación .....        | 99  |
| 1.3.   | Software .....                      | 100 |
| 1.4.   | Hardware .....                      | 100 |
| 1.5.   | Terminales.....                     | 102 |
| 1.6.   | CERHOST .....                       | 106 |
| 2.     | Controlador electrónico .....       | 108 |
| 3.     | Ordenador .....                     | 109 |
| 4.     | Dispositivo móvil.....              | 110 |
|        | VII. ANEXO IV PLANOS .....          | 111 |

# I. MEMORIA

## 1. Introducción

El trabajo expuesto a continuación se basa en la automatización de sistemas, tecnología empleada en una gran amplitud de aplicaciones y, entre las cuales, se encuentra la que se expondrá en este documento: el control de sistemas de alumbrado.

La automatización es el empleo de sistemas de control y procesamiento con el fin de realizar una tarea de la forma más eficiente posible, tanto en tiempo como en calidad, minimizando y haciendo más cómoda la intervención humana.

A finales de los años 60 del siglo XX, se crea el primer PLC, sigla en inglés de “Programmable Logic Controller” (Controlador Lógico Programable). Con él se trata de sustituir los complejos circuitos eléctricos de control que constaban de relés, interruptores y otros componentes por un sistema de lógica combinacional empleando la electrónica.

El PLC se debe programar con el fin de realizar las operaciones que se consideren para el sistema a controlar. Según la programación, estas operaciones darán diferentes resultados en función de los estímulos de entrada que reciba. El PLC trabaja de forma continua, repasando cíclicamente su programación en busca de cambios en las señales de entrada. Atendiendo a estas señales, el PLC emitirá una respuesta conforme a lo programado.

Desde sus orígenes, la tecnología de los PLC ha sufrido una evolución tecnológica aparejada a las mejoras constantes en el ámbito de la electrónica. Tal evolución ha dado como resultado equipos más compactos y sofisticados. Paralelamente, el desarrollo de las redes de comunicación, en concreto la evolución de internet, ha permitido al mundo de la automatización la opción de intercomunicar sistemas. Esta comunicación permite sincronizar varios PLC o conectarlos a otro tipo de elementos, como pueden ser variadores de frecuencia u ordenadores.

Poder conectar un PLC con un ordenador permite crear un puesto de control y supervisión con una interfaz que permite una interacción máquina-humano más cómoda y sencilla. A este tipo de relaciones se las conoce como HMI “Human Machine Interaction”.

Esta evolución en la electrónica ha supuesto también la aparición de los móviles inteligentes y tabletas multimedia, cuyo rendimiento y utilidad puede asemejarse al de un ordenador de mesa. Esto permite establecer una conexión con el PLC de un modo similar al que se haría desde un ordenador, con la ventaja de que lo podemos llevar con nosotros sin suponer un sobreesfuerzo.

## 2. Objetivos

En este proyecto el objetivo principal es crear un sistema de control remoto a través de un dispositivo móvil desde el cual controlar una instalación de alumbrado. Con el fin de contextualizar el trabajo, se tomará como ejemplo la instalación de una sala polivalente en la que se llevan a cabo diferentes actividades.

El propósito de la creación de este sistema de control supone la mejora de la eficiencia en la gestión de la iluminación de la estancia, puesto que se consigue modificar la iluminación en su conjunto en lugar de circuito a circuito. La utilización de esta aplicación permitirá la posibilidad de realizar estos ajustes, sin la necesidad de acudir a un cuadro de mandos, resultando así una actividad mucho más ágil y sencilla.

Aunque en este trabajo el control se centra en una sala polivalente, tal tecnología puede ser empleada en otros lugares, resultando especialmente útil y válida en instalaciones donde la gestión del alumbrado no debe ser accesible a personas ajenas a la instalación. Tal privación en cuanto el acceso al control, ayudará a garantizar la iluminación adecuada de la instalación en todo momento, evitando que, por ejemplo, no haya una persona que, de manera accidental, deje una estancia a oscuras en un momento inoportuno, con el caos que puede suponer en lugares de pública concurrencia. Así pues, este control permitirá una mayor seguridad ante intromisiones ajenas.

Marcando como punto de partida la eficiencia de empleo y la seguridad; el siguiente objetivo es adecuar el sistema a la situación que se plantea. El objetivo es controlar la iluminación de una sala polivalente en la que se llevan a cabo diferentes eventos, como obras de teatro, conferencias o actuaciones musicales.

Nuestro diseño permitirá adjudicar a cada tipo de evento las necesidades genéricas y específicas de iluminación correspondientes. Como estas necesidades lumínicas cambian

dentro de unos patrones relativamente cerrados, se pueden programar una serie de escenas atendiendo a las demandas más comunes de cada evento.

Aunque estas escenas permiten abarcar las situaciones genéricas más comunes, habrá demandas que escapen a estos ajustes predefinidos. Para solventar este problema, se programará el autómatas de modo que también se podrán ajustar los circuitos de modo individual. Esta forma de controlar la iluminación recibirá el nombre de modo manual.

Este proyecto se va a diseñar con la intención de poder integrarlo en una instalación eléctrica ya existente y en uso. La integración de este sistema gestionará únicamente los lugares principales que requieren este tipo de control: zona de asistentes y escenario.

Para evitar que el sistema quede sin control ante posibles fallos de conexión, otro objetivo a satisfacer será el de adecuar un panel de control físico, con pulsadores e interruptores.

A modo de resumen, en este proyecto se persigue satisfacer los siguientes puntos:

- Mejorar la eficiencia y la agilidad del control de iluminación mediante la automatización
- Controlar la instalación de manera remota y segura a través de un dispositivo móvil
- Crear una serie de *escenas* de uso general y un *modo manual* que permita realizar ajustes específicos
- Establecer un *panel de control físico*, con la finalidad de solucionar posibles fallos de conexión

En los siguientes apartados, se explicará cómo es la instalación que vamos a controlar, qué instrumentos se han seleccionado para realizar el control remoto y cómo se realizará el uso, tanto del modo remoto a través del móvil, como la gestión desde el panel físico.

### **3. Factores a considerar**

En este apartado se procede a describir qué factores inciden principalmente en el proyecto que afectan a su instalación de alumbrado. Tal como se ha comentado en el punto

anterior, esta instalación se va a corresponder con la de una sala polivalente. El espacio de esta sala está dividido en dos áreas:

- Zona de asistentes. Es el espacio por el que el público general se desplazará durante la celebración de los diferentes eventos.
- Escenario. Este espacio queda reservado para las actuaciones que así lo requieran, estando elevado a 1,2 m, respecto de la zona de asistentes.

Estas zonas tienen necesidades lumínicas distintas, por lo que el control de iluminación deberá tener en cuenta el espacio específico a iluminar según el evento que se lleve a cabo.

A continuación, se van a identificar los circuitos que se pretenden controlar, así como el control requerido. En primer lugar, se deberá ubicar en la sala las luminarias que controlan cada circuito. Seguidamente, se determinará qué tipo de ajuste se requiere en cada caso, por lo que habrá circuitos con control analógico, donde se podrán regular gradualmente la intensidad, o circuitos con control digital, los cuales, únicamente permiten su encendido o apagado. En los circuitos llamados digitales se emplean interruptores cuya función es cerrar el contacto NO -normalmente abierto- de un contactor. En la descripción de los circuitos que se encuentran a continuación, sólo se nombrará el interruptor para abreviar.

Finalmente, en los apartados que a continuación se detallan, se describen los circuitos y los equipamientos de control existentes en la instalación actual, repasando las diferentes estancias a considerar para nuestro proyecto.

### ***3.1.1. Zona de asistentes***

Tal y como se ha indicado anteriormente, por esta zona se desplaza el público general. Al tratarse de una sala polivalente no hay una distribución fija del espacio. Esto significa que si se realiza una obra de teatro, esta estancia se llenará con varias filas de asientos, pero, en el caso de acoger una feria del libro o un salón del cómic, el espacio se ocupa con pequeñas casetas. Más adelante se detallarán los usos más habituales. Por lo que respecta al sistema de alumbrado, la instalación que tratamos en este espacio consta de 4 circuitos que quedan distribuidos de la siguiente manera:

- Tres circuitos se corresponden con la iluminación general. Cada circuito contiene dos filas de cuatro proyectores LED. Cada circuito está controlado

mediante reguladores de intensidad, de modo que el nivel lumínico puede ajustarse de manera gradual (circuito analógico). La regulación de esta intensidad se realiza mediante un potenciómetro que es común para los tres circuitos, de modo que la intensidad de estas tres líneas se ajusta conjuntamente.



*Imagen 1 Proyector empleado en los circuitos de la zona de asistentes*

- El cuarto circuito, controla el encendido de las luces de balizamiento de los pasillos. Estas luces tienen como objeto, la creación de una línea de referencia para el personal asistente. Son luces de baja intensidad y no se requiere de una regulación progresiva, por lo que solo pueden estar encendidas o apagadas (circuito digital). Este encendido y apagado se controla mediante un interruptor. En total hay 30 lámparas de balizamiento de pasillo (15 en cada lateral) y 2 en la parte superior de ambas puertas de salida de la estancia.



*Imagen 2 Lámparas de balizamiento empleadas, en las puertas principales (izquierda) y pasillos laterales (derecha)*

En esta estancia se debe garantizar que los asistentes se puedan mover con facilidad y seguridad, visualizando correctamente la estancia. De modo que en las situaciones donde la iluminación general predomine sin penumbras, se pueda prescindir del encendido del alumbrado ambiente de los pasillos. Este último se empleará en situaciones cuyo alumbrado general sea tenue o inexistente, con la

finalidad descrita anteriormente de servir como guía visual para el desplazamiento de los asistentes.

### 3.1.2. *Escenario*

El escenario se considera el espacio sobreelevado, ubicado en la parte más alejada de la entrada del espacio principal. Es el espacio donde se desarrollan actividades como obras teatrales u otro tipo de actos en el que una persona o varias expondrán algún tipo de contenido a los asistentes. En este espacio, la iluminación necesaria variará en función del evento celebrado. El escenario de esta sala cuenta con los siguientes equipos de iluminación:

- Una línea de 4 focos en la parte posterior del escenario. Esta línea se divide en 2 circuitos simétricos respecto al centro, los focos de la izquierda en un circuito y los focos de la derecha en el otro.
- Una línea de 4 focos en la parte central del escenario. Esta línea es paralela a la anterior y también se divide en zona derecha y zona izquierda. Ambas líneas también tienen la característica común de iluminar de manera vertical.



*Imagen 3 Luminaria empleada en los circuitos descritos*

- Una línea de 6 focos situados enfrente del escenario. Están distribuidos en circuitos de 2 unidades. Los 2 focos centrales son paralelos a los circuitos descritos anteriormente, mientras que los focos de los extremos crean un ángulo de 35° orientados hacia el escenario.



Imagen 4 Proyector instalado enfrente del escenario

En la siguiente imagen se puede observar la distribución de las luminarias del escenario y su sectorización por colores. En el plano anexo de descripción de la estancia se pueden comprobar las ubicaciones de las luminarias en su totalidad.

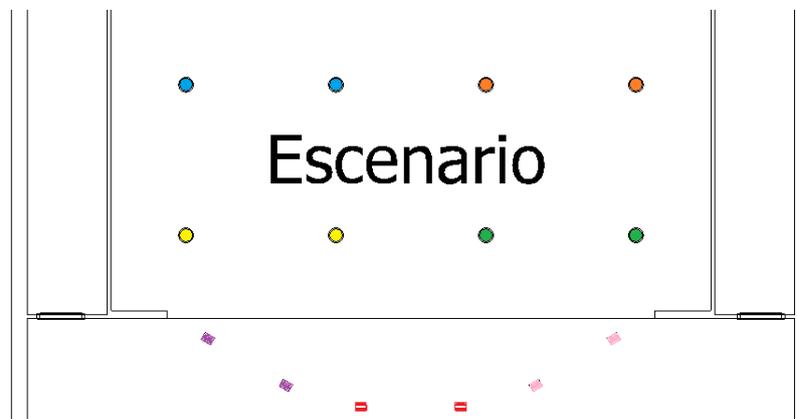


Imagen 5 Distribución de los circuitos del escenario

Esta sectorización de los circuitos, se debe a que los focos empleados en esta parte de la instalación no cuentan con la opción de regulación. Esto implica que los ajustes de intensidad lumínica se harán encendiendo y apagando circuitos mediante interruptores. A partir de la distribución dada, es posible iluminar esta estancia de varios modos, cosa que se verá en el apartado de escenas.

### 3.1.3. Panel de Control

Esta instalación incluye un panel de control situado en un cuarto desde el cual se puede observar la sala principal. Como se ha descrito anteriormente, para realizar el control de las luces que no requieren regulación, se emplean una serie de interruptores que actúan sobre contactores, que se encuentran instalados en un cuadro que se describe en el apartado posterior y recibe el nombre de *cuadro general*.

Para las luminarias que cuentan con control de intensidad contamos con un potenciómetro. Este potenciómetro es común para los 3 circuitos en los que se regula la intensidad, en total 6 reguladores (2 por circuito). La instalación de un único potenciómetro se debe a que las ocasiones donde los circuitos deben recibir una graduación diferente entre sí son muy escasas. De todos modos, con el sistema de control remoto que se va a realizar, la opción de regular individualmente cada circuito estará disponible, tal como se explicará en el [apartado 6.1](#).

Este panel de control está conectado al cuadro general de la instalación mediante un sistema de cableado que se describe en el [punto 3.1.5](#) de esta memoria.

### **3.1.4. Cuadro General**

El cuadro general queda instalado en una estancia del teatro donde solo tiene acceso el personal autorizado y, además, cerca de una de las puertas de acceso desde el exterior debido a que las protecciones de la instalación de todo el edificio se encuentran en esta sala.

La parte de la instalación a controlar, cumple con los artículos del reglamento electrotécnico de baja tensión. Consecuencia de este cumplimiento, es el número de circuitos que existen en los espacios descritos. En concreto, la Instrucción Reglamentaria Complementaria de Baja Tensión número 28 establece que debe existir separación entre los circuitos del escenario y el espacio dedicado a los asistentes. Esta ITC también nos indica que las luminarias deben repartirse en cada espacio de modo las luminarias queden repartidas, como mínimo, divididas entre 3 circuitos similares. Esto se debe a que una posible avería, especialmente una derivación, puede hacer disparar las protecciones del circuito. Si todo el sistema está “colgado” de la misma protección, en cuanto esta se dispare, la estancia completa queda oscurecida. Con este reparto que impone la norma se garantiza que solo caiga 1/3 de la instalación como máximo, permitiendo el uso del resto de circuitos. Evidentemente, el local también cuenta con alumbrado de emergencia respetando esta ITC BT, pero en este trabajo no se va a considerar su análisis puesto que el control de este alumbrado es autónomo, encendiéndose de forma automática cuando hay un corte total de suministro eléctrico.

Entrando en los detalles que condicionan nuestro trabajo en este cuadro general, lo principal es observar cómo quedan protegidos los circuitos. Hay un magnetotérmico general

para cada una de las estancias de 25 A colgado de las protecciones generales de la instalación, un magnetotérmico de 63 A y un diferencial cuya sensibilidad es de 300 mA.

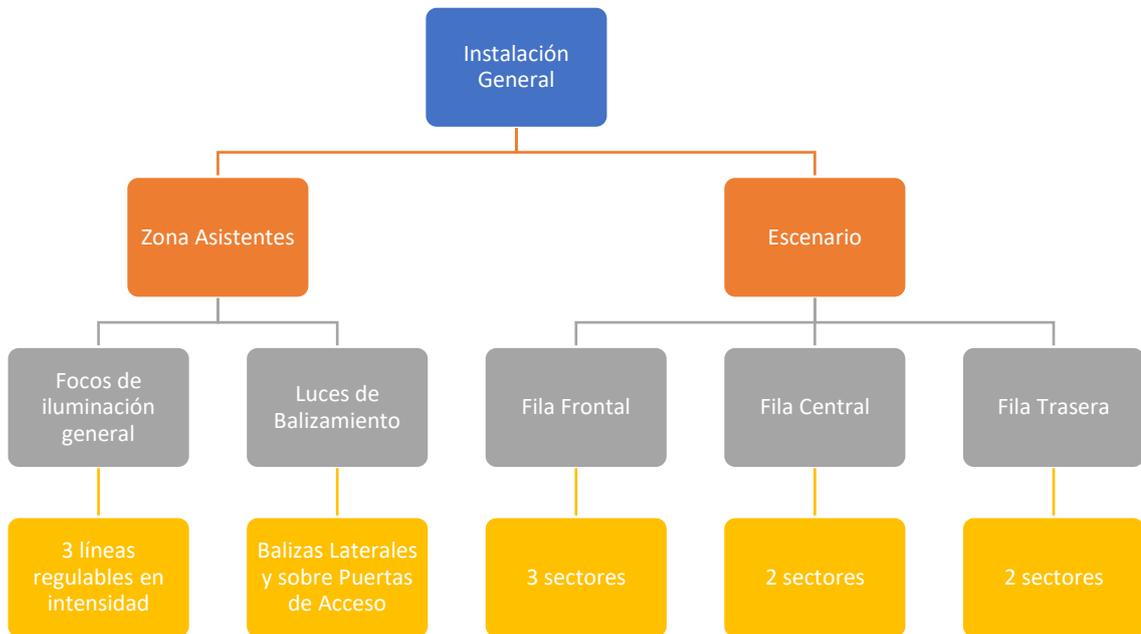


Imagen 6 Distribución de los circuitos eléctricos

El circuito correspondiente al escenario, cuenta con 3 interruptores automáticos de 10 A y, cada uno, lleva un interruptor diferencial cuya sensibilidad es de 30 mA. Desde cada diferencial, parten las líneas que van a los contactores de cada circuito descrito en el apartado anterior.

En cuanto al espacio de visitantes, tiene una distribución similar. Protecciones individuales en cada línea con la particularidad de que estos circuitos, en lugar de contactor, intercalando un regulador de intensidad entre las protecciones y los equipos lumínicos. Por otro lado, las luces de balizamiento se conectan mediante contactor, al igual que las del escenario.

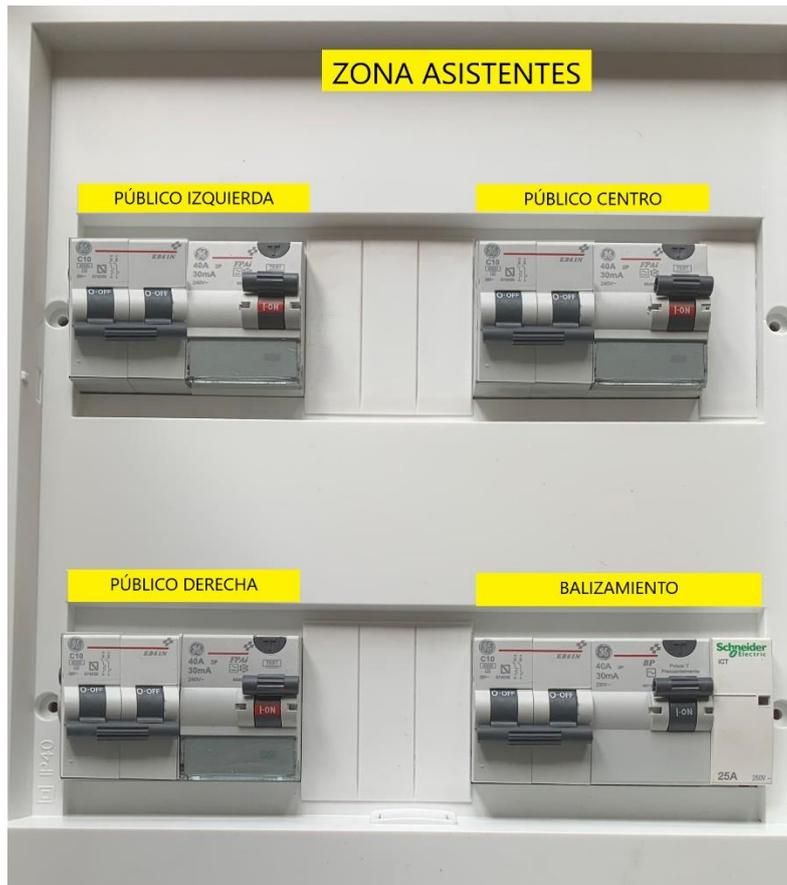


Imagen 7 Cuadro de protección zona de asistentes

En resumen, para este trabajo se considera que la instalación eléctrica de la sala polivalente está ya realizada y el propósito de este proyecto será el de insertar un modo de control del sistema de iluminación, que incluya los lugares principales de la sala: el escenario y el espacio de asistentes. Los circuitos de las salas adyacentes con otras finalidades o usos, tales como tomas de corriente en la zona de camerinos o la iluminación de los aseos, no formarán parte del análisis de la instalación a controlar. Del mismo modo, los elementos ya existentes en la instalación descrita se han comentado de manera orientativa, para dar a conocer el tipo de elementos empleados en la instalación.

### 3.1.5. Cableado

Los elementos dispuestos en el panel de control están conectados a los elementos del panel principal mediante cables. En concreto se hace uso de dos mangueras numeradas de 12x1,5 mm. Cada cable tiene asignado un número, de modo que es fácil identificar a qué línea pertenece. Del mismo modo, cada manguera tiene un identificador que permite su reconocimiento de manera rápida.

De los 12 cables de cada manguera, 1 está coloreado en amarillo y verde, indicando así su correspondencia con el cable de protección. Los 11 restantes se emplean para el intercambio de señales eléctricas de un cuadro a otro. Estas mangueras por tanto son las responsables de conectar los interruptores y el potenciómetro del cuadro de control con los contactores y reguladores de intensidad que se han descrito en los apartados anteriores. En este caso los cables numerados desde el 1 hasta el 7 se han reservado para el uso de los interruptores de la zona del escenario, los números 8 para las luces de balizamiento y las número 9 para el potenciómetro. En estas mangueras quedan 2 cables libres que pueden resultar útiles para conectar alguna de las funciones adicionales del sistema automatizado, en caso de que la sección y longitud de éstas no supongan un problema para la transmisión de señales de baja intensidad.

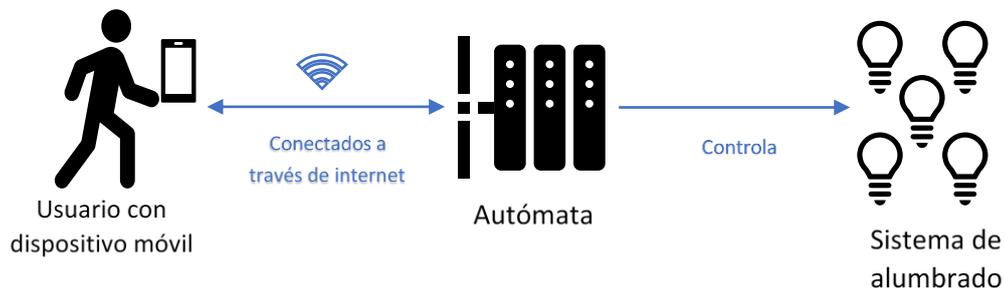
## 4. *Planteamiento de soluciones*

En este punto se tratará de resolver cómo se llevará a cabo el control automatizado de la instalación descrita. Para ello será necesario establecer qué elementos se introducirán en la instalación, así como el software necesario para crear el vínculo comunicativo entre el autómatas seleccionado, el dispositivo móvil del usuario y las luminarias descritas de la instalación.

El vínculo *autómata-instalación eléctrica* no presenta ninguna dificultad más allá de la propia de los sistemas automatizados, donde una serie de contactos se conectan a los terminales de entrada del autómatas y las señales de salida se conectan a los contactos que permiten el paso o no de corriente hacia el receptor final. Sin embargo, la comunicación *autómata-dispositivo móvil* se realiza a través de una red de comunicación. Esta red de comunicación debe ser accesible a ambos elementos y, el lenguaje de comunicación, común. Para ello se hará uso de una red de internet, ya sea de ámbito local o con conexión a la red global. Esta conexión emplea el protocolo TCP/IP, en el que los diferentes elementos de la red tienen una dirección asignada.

El empleo de internet no es suficiente para establecer la conexión entre el autómatas y el dispositivo del usuario, ambas partes deben comunicarse empleando el mismo “idioma”. Para ello hay que elegir un protocolo de comunicación compatible para que esta comunicación

sea efectiva y segura. Para este trabajo, el protocolo de comunicación elegido recibe el nombre *OPC UA*.



*Imagen 8 Relación HMI -Human Machine Interaction-*

Tal y como se describió en el apartado 3, para evitar que la iluminación del local quede sin control en caso de fallar esta comunicación entre el dispositivo móvil y el autómata, se adaptará el puesto de control en el que el usuario podrá controlar la iluminación a través de pulsadores e interruptores de un modo similar al que se dispondrá remotamente.

De entre los protocolos de comunicación disponibles para la interacción entre autómatas y dispositivos virtuales, el protocolo OPC es el que mejor se adecua al propósito de este trabajo. Siglas de *OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control*, es un modo de comunicación, el cual, crea un enlace entre el autómata y un ordenador. Esta comunicación establece una relación servidor-cliente, en la que el PLC -Programmable Logical Controller- recibe órdenes de entrada y envía información respecto a las variables de salida.

Aunque se trate de una opción de comunicación común en el mercado, esta comunicación solo es posible establecerla mediante aplicaciones de Microsoft. Esto puede lastrar la flexibilidad de uso que se le pretende dar a la instalación, por lo que hay que ver si existe una comunicación que establezca esta relación servidor-cliente de forma segura independientemente de la aplicación que se emplee. Y, tal como sucede con las tecnologías de hardware, el software también evoluciona y se llega a la solución llamada OPC UA.

OPC UA es la sigla de *Open Platform Communications Unified Architecture*, que traducido sería *Comunicaciones de Plataforma Abierta con Arquitectura Unificada*. Este protocolo de comunicación aúna las características de la comunicación OPC y amplía los métodos comunes de interacción servidor-cliente, permitiendo que aplicaciones ajenas a Microsoft puedan actuar como cliente sin problemas.

Para que la comunicación OPC UA se pueda llevar a cabo es necesaria, como mínimo, una red de área local, también conocido por su acrónimo inglés LAN (Local Area Network). Esto se debe al empleo del protocolo de Internet TCP/IP para establecer la comunicación. En una LAN, este protocolo asigna a cada elemento conectado a la red una dirección concreta y estática, lo que permite identificar a cada dispositivo conectado a la red.

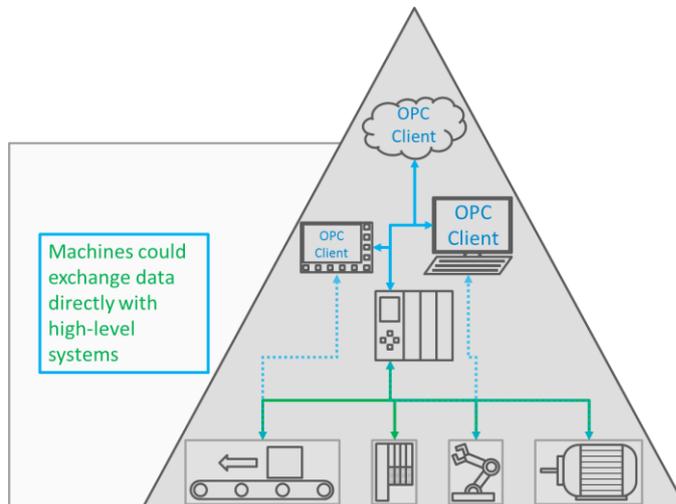


Imagen 9 Diagrama de comunicación OPC

En la relación servidor-cliente de la conexión OPC UA por norma general el autómatas es el servidor. Los clientes serán los elementos que conectemos a él, ya sea un ordenador, un teléfono móvil o una tablet. El único elemento necesario para que dispositivos tan diversos puedan establecer una conexión es disponer de una aplicación que actúe como cliente. Más adelante se comentarán varias opciones, siendo válidas todas ellas.

Conociendo ya la función del autómatas y la instalación a controlar, a continuación, se describen los elementos que se han elegido para llevar a cabo el proyecto. Para las diferentes elecciones se han tenido en cuenta tanto criterios de adaptabilidad a la instalación existente, así como la posibilidad de comprobar su funcionamiento en el laboratorio.

#### 4.1.1. Elección del autómatas

Antes de decantarnos por un autómatas u otro, hay que fijar que requisitos debe satisfacer. Por tanto, el autómatas necesita cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos de menor a mayor importancia:

- Realizar las tareas propias del control de iluminación

- Contar con la capacidad suficiente de entradas y salidas para la gestión de la instalación
- Ser capaz de conectarse a internet
- Hacer la función de servidor en la comunicación OPC UA

En el mercado existe una gran gama de productos en el campo de la automatización y, seguramente, cualquiera de ellos puede llevar a cabo la función del primer punto. Aún así, los habrá que se queden cortos en cuanto a número de entradas-salidas y necesiten de complementos para ampliar su capacidad.

El tercer punto crea un mayor filtrado de resultados. Es el de conexión a Internet. Este requisito facilitará que los autómatas más sencillos quedan excluidos de la selección, puesto que la conexión remota es una condición inamovible. Disponer de puertos de comunicación Ethernet es una característica cada vez más común en los autómatas. Esto se debe a que hay varios tipos de control que requieren de este puerto para diferentes tipos de comunicación.

El último filtro que se aplica es el de poder realizar la función de servidor en una relación OPC UA. Con este criterio, la búsqueda muestra menor cantidad de opciones y serán las características particulares de cada autómata las que hagan decantar la balanza por una opción u otra.

Cada modelo de los autómatas que se exponen en las próximas líneas, tienen unas características comunes, aunque todos cumplen con los requisitos que se pretenden satisfacer en este proyecto. Las diferencias particulares entre ellos marcarán la elección del autómata. Estas diferencias no recaen únicamente en el precio, otros factores como el número de entradas y salidas o el tipo de instalación que requiere son puntos a tener en cuenta. A continuación, se exponen los tres autómatas que se han comparado para la realización de este trabajo:

- ***Beckhoff CX-5020***

Este modelo viene con el procesador sin entradas ni salidas más allá de unos puertos para diferentes utilidades como el USB. Las entradas y salidas se añaden mediante módulos específicos que se adhieren a este cuerpo principal. Esto hace que se pueda construir un autómata a medida de nuestras necesidades e incluso permitirá posteriores adecuaciones a un precio contenido.



Imagen 10 Beckhoff CX-5020

Cuenta con un sistema operativo embebido, Windows CE, que gestiona tanto la parte de la automatización como las diferentes licencias y extensiones que se instalan. Debido a esta característica es el que mayor memoria RAM tiene. El programa empleado para su configuración es gratuito y permite realizar pruebas en el autómata, mediante licencias gratuitas de una semana. Cabe comentar que la licencia definitiva se adquiere por separado contactando con el fabricante.

Se puede instalar en carril DIN de 35 mm, que es el empleado en cuadros eléctricos de baja tensión. Esto permite instalar el autómata en el cuadro sin ningún tipo de adecuación específica más allá de las recomendaciones del fabricante.

El precio se sitúa en un rango medio de 2000 euros, aunque la licencia definitiva supone un coste adicional.

- **Simatic S7-400**

El modelo de marca Siemens viene de serie con 32 puertos que sirven de entrada o salida de forma indistinta, ampliables con diferentes módulos que se conectan al autómata.



Imagen 11 Siemens S7-400

Este autómata no es posible instalarlo sobre carril DIN de 35 mm, por lo que para su instalación será necesario adaptar algún tipo de estructura donde quede sujeto y protegido, además de cumplir con las necesidades que impone el fabricante en cuanto a ventilación, si fuera necesaria.

Es el más caro de los 3, superando los 2000 euros con los módulos de expansión para las entradas y salidas analógicas que se van a necesitar. En caso de ser la primera vez que se trabaja con esta marca de autómata también habría que asumir el coste de adquisición del programa empleado para la configuración.

- **Schneider Electric TM251**

Este autómata cuenta con dos puertos Ethernet y un puerto USB además de un hueco para tarjetas SD. Como el Beckhoff, no cuenta con entradas ni salidas propias.

Este autómata tiene la particularidad de funcionar como servidor OPC UA pero no como cliente, aunque esto no supone un problema en esta instalación. De los 3 autómatas es el más lento en leer o escribir las variables que se intercambien por esta vía de comunicación.

Es instalable sobre carril DIN de 35 mm lo que facilita su instalación sobre el cuadro eléctrico.

Es el más barato de los 3, no llegando a 1000 euros incluyendo los módulos de expansión necesarios para este trabajo, aunque presenta el mismo problema que el modelo de Siemens, tener que pagar el programa que permite configurar el PLC.



Imagen 12 Schneider TM251

Los tres modelos requieren de una fuente de alimentación que les proporcione 24 V en corriente continua, siendo los tres de una potencia similar. Esta característica no condiciona, por tanto, la elección de un modelo u otro, debido a que el coste de la fuente de alimentación será el mismo para los tres.

Tras considerar los diversos factores, el modelo elegido es el Beckhoff CX-5020. De los autómatas expuestos, es el que mejor se adecua a las necesidades de este trabajo. Aunque no sea el más económico, tiene un procesador potente y los módulos de entradas/salidas son fáciles de instalar. Además, el programa de configuración no requiere de pagos para disfrutar de todas sus funciones, cosa que no ocurre con los otros dos. Otro punto que inclina la balanza a favor de esta opción es comprobar sus prestaciones en el aula de prácticas, aspecto que nos ha permitido comprobar su funcionalidad.

### 4.1.2. *Panel de control*

El panel de control que se ha descrito en el apartado 3.3 va a adecuarse para incluir las funciones nuevas fruto de la automatización del sistema. Junto a los circuitos descritos, en este panel reformado se va a incluir el control de las escenas. También se van a instalar pilotos de control, que indicarán las funciones que estén activas.

Para manejar las escenas se van a necesitar tantos pulsadores como escenas se creen. Se ha determinado que para esta sala se van a programar 7 escenas, que se corresponden con las situaciones más habituales. Por tanto, se instalarán 7 pulsadores junto con 7 pilotos que indiquen qué escena es la que está activada.

Para activar el modo manual se instalará otro pulsador con su piloto correspondiente.

Para apagar las luces y desactivar cualquier función activa se instala un pulsador más. Este vendrá acompañado de un piloto que indique que el autómata se encuentra en “Stand-by”, es decir, encendido sin ninguna función activa.

Por último, se añade un pulsador que desactive el control remoto. Su fin es poder retomar el control del automatismo desde este panel de control en caso de estar activado el control remoto y perder la conexión del dispositivo móvil. También se añade un piloto que indica cuándo está conectado el control remoto.



*Imagen 13 Interruptor y potenciómetro del panel de control*

El control individual de las diferentes luminarias se realiza con los interruptores y el potenciómetro que ya había instalados. De todos modos, en el presupuesto se incluirá el precio de estos elementos de modo que se sepa cuánto costaría este panel sin disponer de materiales instalados previamente. Junto a estos interruptores se instalan pilotos de control para que el operario sepa que luces estarán activas en caso de accionar el modo manual, cosa

que se explica en el apartado 6.2. Estos pilotos de control se conectan en serie con el interruptor, por lo que su encendido no depende del autómatas.

Recapitulando, este panel de control cuenta con:

- 8 interruptores que controlan el encendido y apagado de los circuitos descritos en el apartado 3
- 1 potenciómetro para las luminarias de intensidad variable
- 10 pulsadores repartidos entre las escenas y las funciones descritas (manual, apagar y resetear el modo remoto)
- 10 pilotos de control

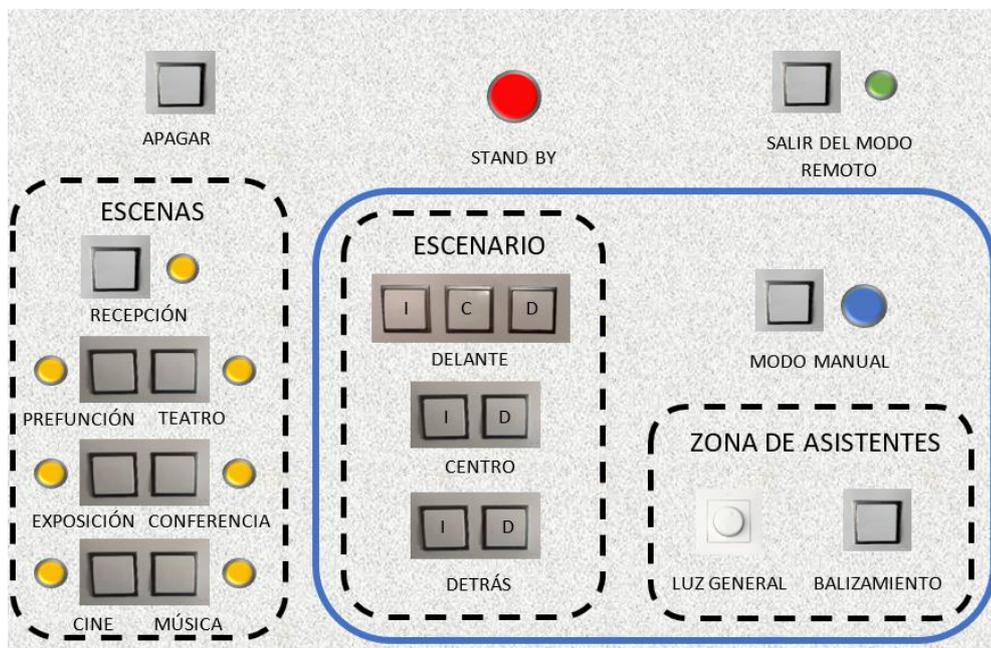


Imagen 14 Panel de control físico

Aunque se esté realizando el control de forma remota, los pilotos instalados en este panel se encienden y apagan según se activen las funciones. De este modo alguien que no disponga de acceso remoto al automatismo puede verificar si se está haciendo uso del mismo.

### 4.1.3. Cableado

En este punto se va a determinar si el cable descrito previamente en el apartado 3.5 para la conexión del panel de control con el cuadro general, que es donde se ubicará el autómatas, es suficiente para su nuevo empleo.

Por el momento, hay 22 cables que se pueden utilizar entre el cuadro general y el cuadro de control. En este punto lo que debemos saber es cuántos cables son necesarios emplear para las conexiones de las entradas y salidas del autómatas que tengan conexión con este panel. Para ello hay que analizar cómo realizar el cableado para transmitir correctamente las señales.

Haciendo recuento de los circuitos expuestos en el panel de control y la documentación técnica del autómatas, obtenemos como resultado la necesidad de:

- 1 cable como polo positivo de 24 V para los interruptores y los pulsadores
- 1 cable como polo negativo de 24 V para los pilotos de control
- 7 cables como retorno de los pulsadores correspondientes a las escenas
- 7 cables como salida de los pilotos de control de las escenas
- 3 cables para el retorno de los pulsadores de modo manual, reseteo del modo remoto y puesta en stand by
- 3 cables para las señales de los pilotos de control de modo remoto, modo manual y señal de stand by
- 8 cables como retorno de los interruptores de los circuitos de alumbrado (escenario y balizamiento)
- 2 cables para el control de la señal del potenciómetro

En total se necesitan 32 cables, con lo que con las mangueras instaladas aún nos faltan cables. Instalando una manguera adicional de 12 como las que ya hay instaladas obtenemos un total de 33 cables, de modo que ya tenemos capacidad suficiente para la transmisión de las señales del panel de control al autómatas.



Imagen 15 Manguera con varios cables

El siguiente requerimiento está relacionado con la caída de tensión. En general, la señal del autómatas son pulsos o escalones de 24 V de tensión. Si la caída de tensión en el conductor provoca que la señal no sea suficiente, el panel de control no funcionará.

En este panel de control existen 2 señales distintas. Las señales digitales son las que se emplean en el control de los pulsadores y los interruptores. Con estos elementos cerramos el circuito entre el polo positivo y el contacto del autómatas. Esta tiene una tensión de 24 V. La señal analógica puede presentar más problemas, puesto que en el autómatas seleccionado con el potenciómetro variamos la tensión entre los contactos del terminal que realiza la función de entrada, oscilando la tensión entre 10 V negativos y 10 V positivos. Esta señal está digitalizada y tiene una resolución de 12 bits.

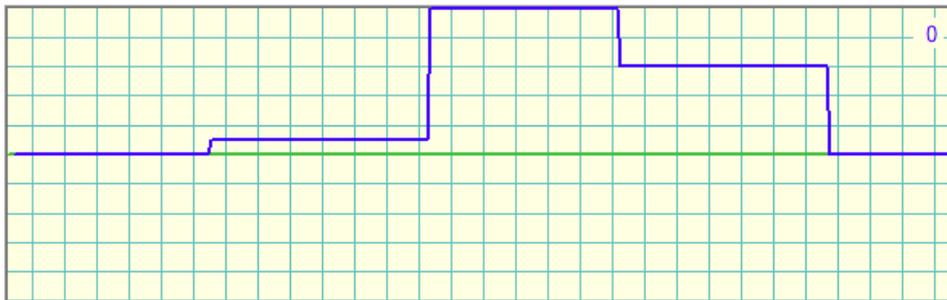


Imagen 16 Ejemplo de señal analógica

La menor tensión de la señal analógica será la que tendremos en cuenta para el cálculo de la caída de tensión, dado que en las señales digitales se cuenta con un margen más amplio y se parte de una tensión mayor. Aun así, con la finalidad de comprobar que la caída de tensión se cumple en las señales digitales, se realizará el cálculo para ambas tensiones.

El siguiente punto para conocer la caída de tensión es conocer tanto la sección, la longitud y la resistividad del cable, así como la corriente que circulará por él. La resistividad del cable es un valor determinado por el material del conductor. En este caso se emplea

conductor de cobre y su resistividad a 20°C es  $\rho=0.018\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ . Para establecer una resistividad más adecuada en condiciones no tan favorables y más acordes a una situación probable, se considera que el valor de la resistividad a temperatura 50°C es más correcto. Esta manguera de cable está recubierta con aislamiento XLPE que deben emplearse en lugares de pública concurrencia y debe soportar temperaturas de 90°C según el reglamento de baja tensión. Como estos cables solo transmiten señales de baja intensidad, es previsible que el conductor no sufra un calentamiento debido a la intensidad de la corriente que circula por él. Por tanto  $\rho$  para 50°C será:

$$\rho_{50} = \rho_{20}[1 + \alpha(T_2 - 20)] = 0.018[1 + 0.00392(50 - 20)] = 0.0201\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Donde  $\alpha$  es la constante de incremento de la resistividad con la temperatura.

En cuanto a la sección en el punto 3 se ha dicho que era de 1.5mm<sup>2</sup>. Queda por determinar la longitud. Ambos cuadros están separados por 10 m de longitud, por lo que la longitud total a considerar es el doble. Un total de 20 m.

Por último, queda conocer la intensidad máxima que va a soportar el cable. Para conocerla se ha consultado en la documentación del autómata y se nos comunica que en las entradas digitales esta corriente toma un valor de 3 mA y en las analógicas de 130 mA. Con todos los datos conocidos, se muestran los cálculos a continuación:

- Caída de tensión para líneas de 24 V cable de cobre de 1'5 mm de sección:

$$cdt = I * \frac{l * \rho}{S} = 0.003 * \frac{20 * 0.0201}{1.5} = 0.0008 \text{ V} = 0.8 \text{ mV}$$

- Caída de tensión para la línea de 10 V con cable de 1'5 mm de sección:

$$cdt = I * \frac{l * \rho}{S} = 0.130 * \frac{20 * 0.0201}{1.5} = 0.0348 \text{ V} = 34.8 \text{ mV}$$

Ambas líneas tienen una caída de tensión que no afecta negativamente al correcto funcionamiento del control a través de este panel.

El cableado empleado para comunicar el autómata con los contactores y los reguladores de intensidad será de la misma sección que el empleado en las entradas, 1.5mm<sup>2</sup>. En distancias largas se ha comprobado que la caída de tensión no es suficiente como para alterar el funcionamiento y las corrientes de salida. Según la documentación, son 15mA en

salidas digitales y 140mA en las analógicas. Por tanto, se deduce que para distancias que no superan el metro de longitud y con corrientes similares a las existentes en las entradas, la caída de tensión será aún menor y no afectará al correcto funcionamiento.

Junto a este documento, se adjuntan los esquemas eléctricos que detallan como quedan conectados los diferentes elementos de control.

#### ***4.1.4. Elección de la aplicación y el dispositivo móvil***

En cuanto a la elección del dispositivo móvil a utilizar, hay un par de características básicas que deben ser satisfechas obligatoriamente:

- Disponer de conexión a Internet, ya sea vía Wi-Fi o a través de servicios multimedia
- Contar con un sistema operativo capaz de ejecutar la aplicación que actúa como cliente (mínimo Android 5.0 –Lollipop- o cualquier IOs)

En el mercado nos encontramos con una amplia gama de productos que cumplen con tales requisitos. No obstante, se recomienda que el dispositivo cuente, además de lo ya enunciado, con las siguientes especificaciones con el fin de que el usuario tenga una interacción óptima con el sistema:

- Pantalla de 4'5 pulgadas o superior
- Núcleo múltiple de 1 MHz o superior, que permita multitarea
- Memoria RAM de 1 GB de capacidad o superior

Aún y acotando con estos tres requisitos no obligatorios, la gama de elección sigue siendo amplia, por lo que se puede concluir que, prácticamente, cualquier dispositivo móvil, smartphone o tablet, fabricado en los últimos 5 años seguramente cumpla tanto con los requisitos obligatorios como con los recomendados.

En cuanto a la elección de la aplicación cliente, existen varias opciones que pueden realizar el trabajo requerido en este proyecto. A continuación, se describen un par de las mismas que cumplen con su papel de cliente en la conexión OPC UA.

- **PROSYS OPC UA CLIENT**

Aplicación desarrollada por Prosys OPC Ltd, aplicación gratuita por tiempo indefinido. Esta aplicación muestra la lista de variables programadas para ser visibles a través de este protocolo de comunicación. Este formato puede que no sea el más atractivo en el aspecto visual, pero la aplicación funciona de forma fluida. Es la que se ha elegido para realizar ensayos en el laboratorio, por lo que en puntos siguientes se describirá con más detalle qué es lo que vemos en la interfaz de esta aplicación y cómo se emplea.

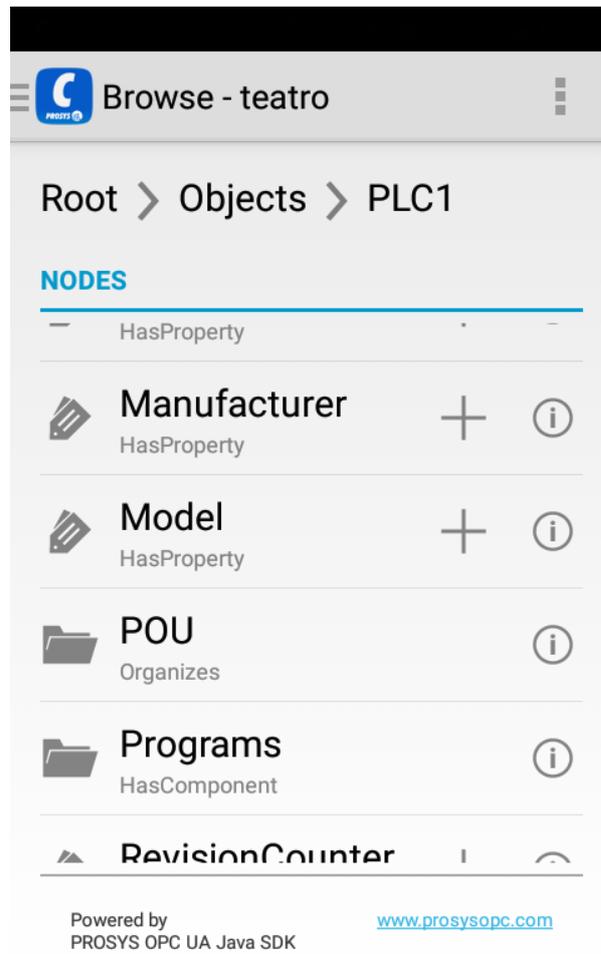
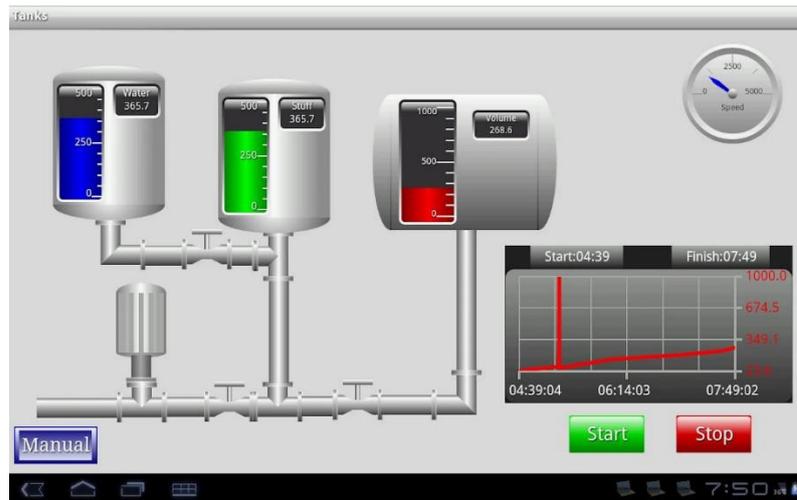


Imagen 17 Pantalla principal App Prosys

- **TeslaSCADA**

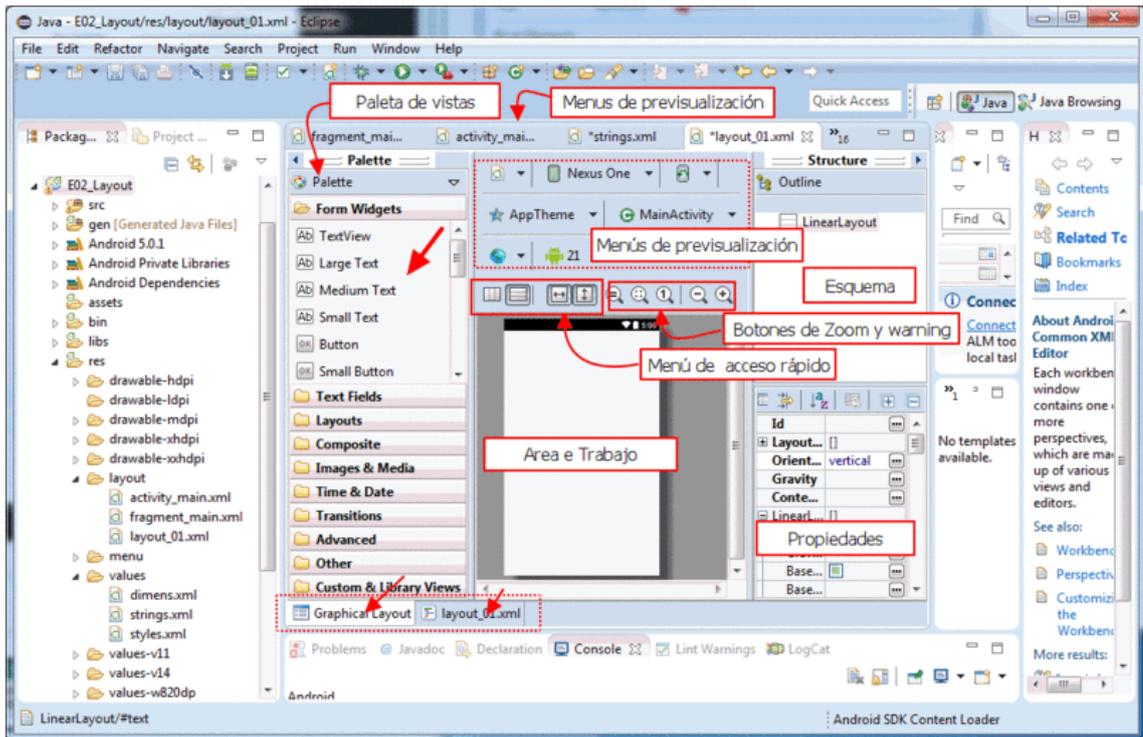
Desarrollada por LLC Tesla, esta aplicación permite crear un panel de control virtual con una sencilla visualización. En su versión de prueba queda limitada a 60 días y a disponer solo de 16 módulos, por lo que se ha descartado para las pruebas realizadas en este proyecto. Aunque cabe mencionar que la capacidad de crear un panel similar al que encontramos de forma física nos hace tenerla en cuenta como una opción apta para este tipo de proyectos.



*Imagen 18 Ejemplo de panel de control App TeslaSCADA*

En GooglePlay se pueden encontrar otras aplicaciones similares, aunque el funcionamiento es similar en todas ellas, siendo la de Tesla la que más opciones permite. Si el usuario deseara una aplicación más a medida, para dispositivos Android existe la opción de creársela uno mismo. Esta opción es la más compleja de todas ellas, pues exige conocimientos avanzados de programación ya sea en lenguaje Java (dispositivos Android) o en código C (dispositivos Apple).

Para móviles y tabletas Android, la creación de una aplicación con el móvil se puede realizar con el programa Eclipse. En él, será necesario descargar las APK correspondientes a las librerías utilizadas por el sistema Android. Entre estas librerías no se encuentran las necesarias para establecer conexiones OPC UA. Si optamos por esta vía, habrá que acudir a la web de la OPC Foundation donde se pueden descargar las librerías correspondientes para que la App que desarrollemos funcione como es debido.



*Imagen 19 Pantalla descriptiva del programa Eclipse*

En el caso de dispositivos de Apple, esta programación se hará empleando Swift. Las librerías para la programación también se encuentran en el dominio público, pero, de nuevo, las correspondientes con la comunicación OPC UA se deben descargar en la OPC Foundation.

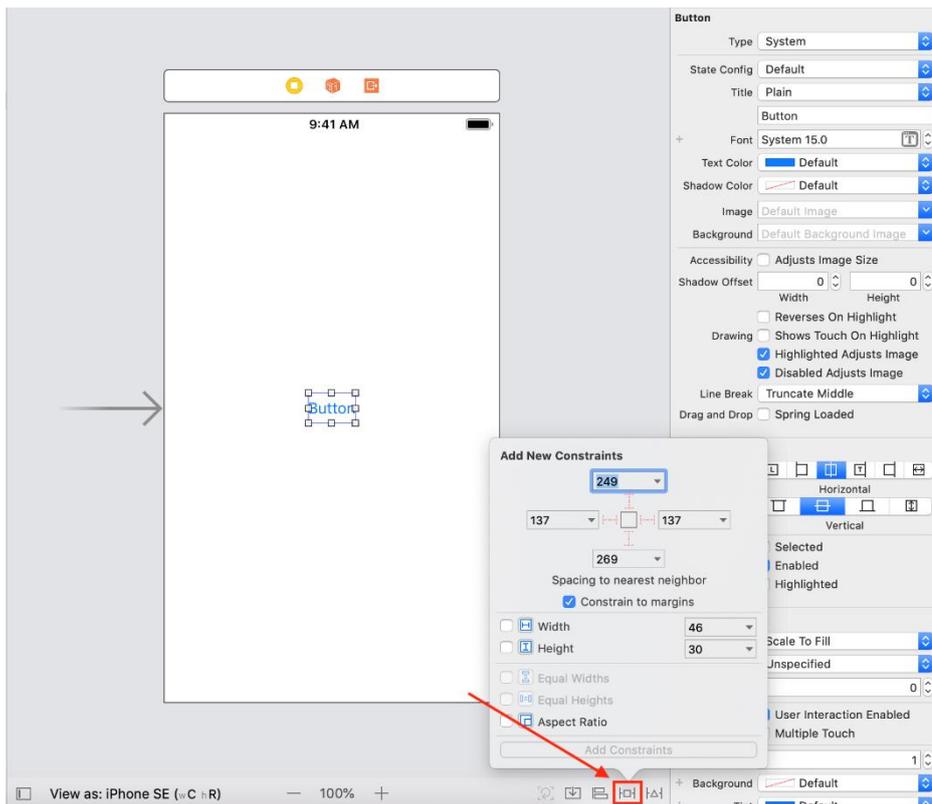


Imagen 20 Pantalla descriptiva del programa Swift

## 5. Paneles de control

En este apartado se va a explicar cómo se va a manejar el sistema automatizado. Como hemos comentado en apartados anteriores, este control se podrá realizar tanto desde un dispositivo móvil como desde un panel de control fijo.

Además, existe la opción de realizar un accionamiento directo sobre los elementos de control, los contactores y reguladores. El panel donde están instalados, queda visualmente aislado de la estancia general. Esto se debe a que estos elementos están instalados en la estancia reservada a la taquilla, junto al cuadro de protecciones. En el plano incluido más adelante se detalla dónde queda ubicado.

Por tanto, hay tres modos de controlar la iluminación, de los cuáles dos emplean la automatización. Esta automatización permite crear escenas de modo que se pueden controlar

los circuitos de un modo global y no es necesario realizar un ajuste circuito por circuito. Como alguna escena puede que no se ajuste a alguna situación, se incluye un modo de ejecución manual que permite modificar los valores de estas escenas. Este modo manual también permite el control circuito por circuito, aunque no se haya seleccionado ninguna escena.

A continuación, se describe en términos generales cómo funciona cada modo.

### ***5.1.1. Control remoto desde dispositivo móvil***

Este modo de control es el que se va a considerar como el modo principal. En él, se pretende controlar las luces de la sala polivalente desde un dispositivo móvil, ya sea un teléfono o una tablet. Esto permite al usuario realizar el control desde cualquier lugar. Además, el diseño de las aplicaciones que más adelante se detallan, resulta fácil de emplear una vez se conoce su uso.

Para activar este modo de empleo, el primer paso es conectar el móvil al autómatas. Para realizar esta conexión se creará un vínculo entre ambos que emplea la comunicación OPC UA, en la que uno de los miembros actúa como servidor, en este caso el autómatas, y el otro como cliente, el dispositivo móvil.

Para que esta comunicación sea posible, debe existir algún tipo de conexión física. Con la finalidad de una mayor seguridad, se recomienda que esta conexión se realice a través de una red de ámbito local. Aunque el sistema cuenta con protocolos de seguridad fiables, prescindiendo del acceso a internet se restringe al máximo la intrusión de posibles hackers que puedan alterar el funcionamiento del sistema. Por tanto, estando ambos dispositivos conectados a la misma red, desde el dispositivo móvil se accede a la aplicación que actúa como cliente en una conexión OPC UA. La primera vez que se accede a la aplicación, se debe configurar a qué servidor se accede introduciendo su dirección TCP/IP, pero este paso solo es necesario la primera vez y lo hará el programador. Una vez creado este vínculo, la aplicación lo guarda en su memoria hasta que el usuario decida eliminarlo.

Una vez conectados el cliente con el servidor, desde el dispositivo móvil se tiene acceso a todas las variables que se han considerado oportunas en la programación del automatismo y que se verán más adelante. Como existen dos modos de controlar el automatismo, la primera variable que se debe activar para realizar el control desde el dispositivo móvil es la que se ha llamado “Modo Remoto”. Con esta variable activa, el automatismo solo responderá

a las órdenes que le lleguen desde el dispositivo móvil, quedando el panel de control deshabilitado.

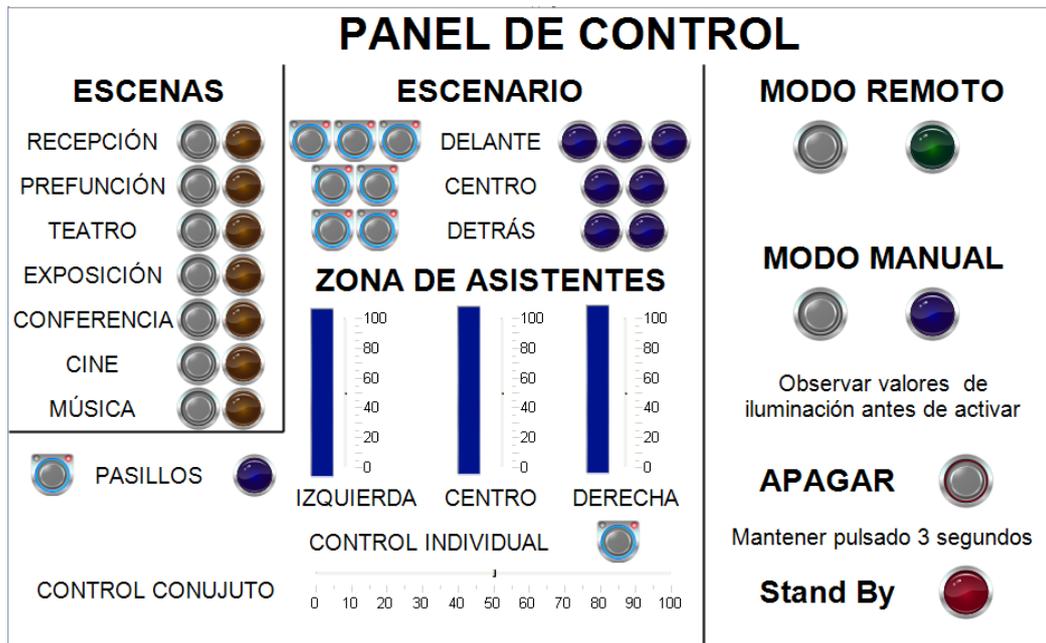


Imagen 21 Panel de control virtual

Una vez conectado, en este modo de control el usuario tiene ante sí una interfaz virtual con varias opciones antes sí tal y como se muestra en la Imagen 21. Desde este panel virtual se puede habilitar el modo remoto (esquina superior derecha de la imagen), lo cual permite interactuar con el resto de controles del panel.

El panel queda configurado de forma que las funciones semejantes entre sí están próximas unas de otras. Por ejemplo, los pulsadores que accionan las escenas se encuentran en un recuadro en la parte superior izquierda. O los interruptores de los focos del escenario en la parte central.

Junto a los diferentes botones del panel, se puede observar que hay una serie de testigos que se encenderán según se activen los circuitos o funciones a las cuales están vinculados. Estos testigos virtuales se activan independientemente del modo de control que se lleve a cabo. Aunque no esté activado el control remoto, si se está realizando un control de la estancia desde el panel físico, se puede supervisar remotamente que comandos están activos.

En el apartado 6, se explicará con más detalle cómo funcionan los diferentes comandos del control manual, los botones de escenas y como interpretar los diferentes testigos.

### ***5.1.2. Control automatizado desde puesto de control***

Desde el panel de control se puede gestionar el sistema de modo que, en caso de no disponer de un dispositivo móvil o que la conexión no pueda establecerse, se pueda controlar el sistema de manera presencial. Tal como se describe en el apartado de programación, los elementos de este panel actúan sobre los mismos comandos que los del control remoto.

En este panel, como se ha comentado en el apartado 4.1.2, quedan instalados una serie de pilotos, interruptores y pulsadores, así como un potenciómetro con el fin de controlar y supervisar el sistema. De esta manera, los pilotos indican qué escena está activada. También existe un testigo para indicar que están activados los modos de control remoto y el control manual.

Los pulsadores se encargan de la activación de las escenas salvo uno, que es el encargado de establecer el sistema en Stand by. Los interruptores son empleados para el control de las luces en caso de que esté activo el modo manual. Para activar este modo también se dispone de un interruptor. El potenciómetro se emplea para fijar el valor de consigna de la intensidad de las luces de la estancia general, que son regulables.

### ***5.1.3. Control no automatizado***

Este punto se incluye a modo informativo ya que no es un modo de control automatizado con el objetivo de explicar qué se puede hacer en caso de fallo grave en el sistema automatizado.

Aunque sea una situación muy poco probable, el autómatas puede tener algún tipo de fallo interno, ya sea una rotura o un problema de sobrecalentamiento, que impida ejecutar la programación, de manera adecuada. Si esto ocurriera, tal como se ha realizado la instalación, es imposible controlar el sistema de iluminación.

Para poder retomar el control, será necesario reajustar el sistema de cableado a su estado original. Este ajuste debe hacerlo un profesional cualificado debido al riesgo de lesiones eléctricas. Por seguridad, también es conveniente que se revisen los elementos implicados en la instalación. Es posible que el fallo pueda venir también de alguno de los contactores, interruptores o incluso algún defecto en el cableado.

Aunque se recupera el control de la instalación, queda tal y como estaba antes de la implementación con el autómata. Esto significa que el control remoto es imposible realizarlo y, además, las escenas creadas no se podrán activar.

Este tipo de control, se insiste, debe quedar reservado a situaciones muy concretas y siempre bajo la supervisión de un profesional.

## **6. Modos de control**

En este apartado se va a explicar cómo controlar el sistema. Para ello, tal y como se ha mencionado en los objetivos, se disponen de 2 modos generales: escenas y modo manual. En esta sección se explicará en qué consiste cada modo.

Para ello, se describe cómo manejar ambas opciones desde los respectivos paneles de control, tanto el virtual desde el dispositivo móvil como el panel físico dispuesto en la sala de control que se han descrito en el punto 5.2.

A continuación, se explica cómo funcionan ambos modos.

### **6.1. Escenas**

En la sala polivalente que se ha descrito se llevan a cabo diversos actos en los que las necesidades lumínicas varían. Y no solo entre las distintas actividades, sino también en el transcurso de las mismas.

Con tal de agilizar la gestión de la iluminación, se ha recabado información sobre qué tipo de actos se dan con más frecuencia. Así se pueden crear modos preestablecidos de iluminación, con el que el encargado, con una sola pulsación, puede ajustar la iluminación en su conjunto, a diferencia de lo que sucede con el modo manual.

Por tanto, se han programado una serie de escenas que ajustan la iluminación en bloque. Esto significa que, cada vez que se selecciona una escena mediante un pulsador (ya sea virtual o físico), el PLC mandará a cada elemento de control como debe establecerse de forma inmediata.

A continuación, se describen las escenas que se han considerado oportunas para el control de esta sala.

### 6.1.1. Recepción

Gran parte de los eventos realizados en esta sala tienen que ver con actuaciones de diversa índole, pero todos ellos tienen en común la llegada del público instantes antes de que empiece la función. Para ese momento de llegada de público se ha programado la escena “Recepción”.

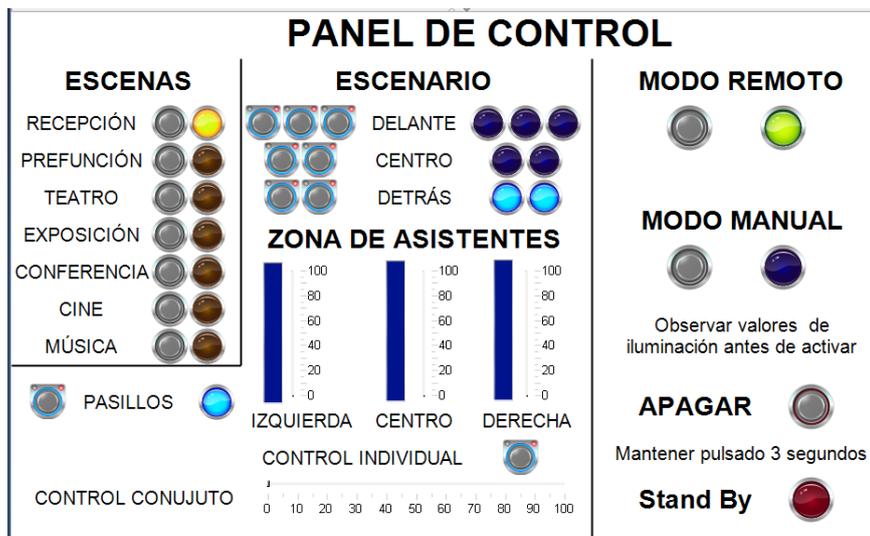
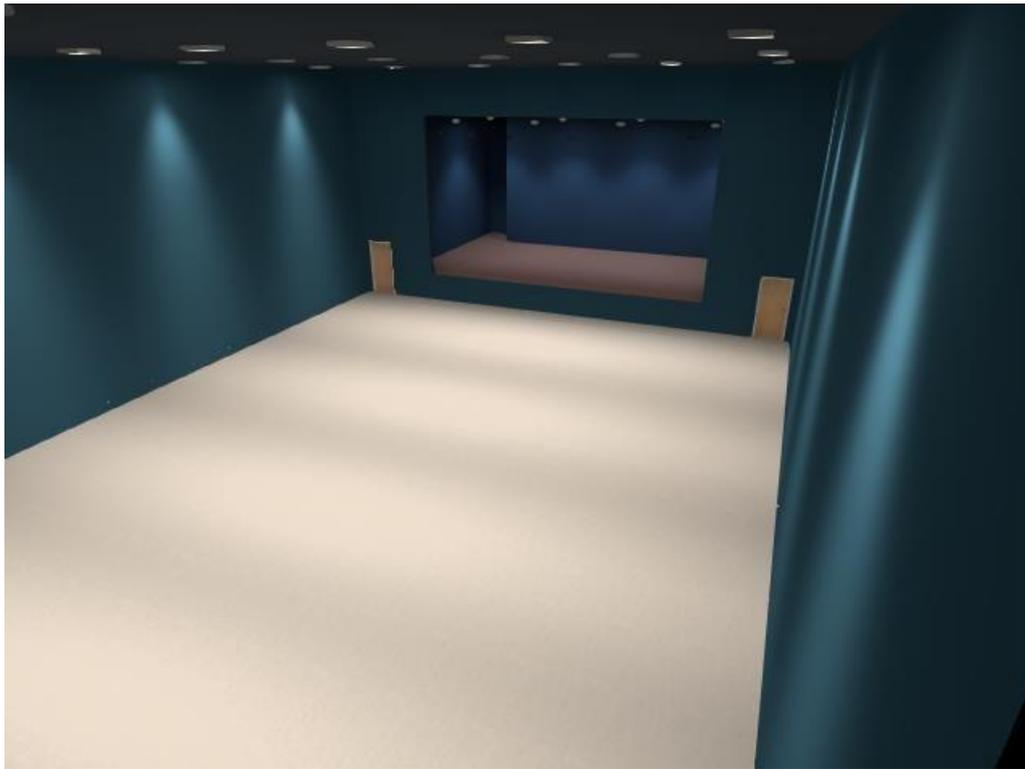


Imagen 22 Vista del panel de control con la escena recepción activada

Tal como se observa en la imagen 22 del panel de control, en este modo la intensidad de las luces del público se fija al 100 % de la potencia disponible. Las luces de balizamiento de los pasillos laterales también se encienden, así como las luces del escenario de la parte trasera.



*Imagen 23 Iluminación de la estancia con la escena Recepción*

Con la iluminación al máximo en la zona de asistentes se garantiza que durante el acceso de la gente no haya problemas de visión ni tropiezos. Las luces de balizamiento se encienden con el propósito de que el espectador vea los puntos en la pared, con tal de que se destaque el camino lateral por el que se podrá andar cuando las luces principales bajen su intensidad.

Por su parte en el escenario se enciende solo la parte trasera, con la finalidad de que el personal encargado pueda acabar de montar lo que requiera la acción, pero con un brillo que no llame excesivamente la atención de los asistentes que empiezan a llegar.

### **6.1.2. Prefunción**

Esta función es similar a la escena anterior, pero con una disminución de la intensidad de luz en la zona de asistentes. Esta bajada busca el efecto de que, aquellos asistentes que aún deambulen por la estancia se percaten de que el evento empezará en breves momentos.

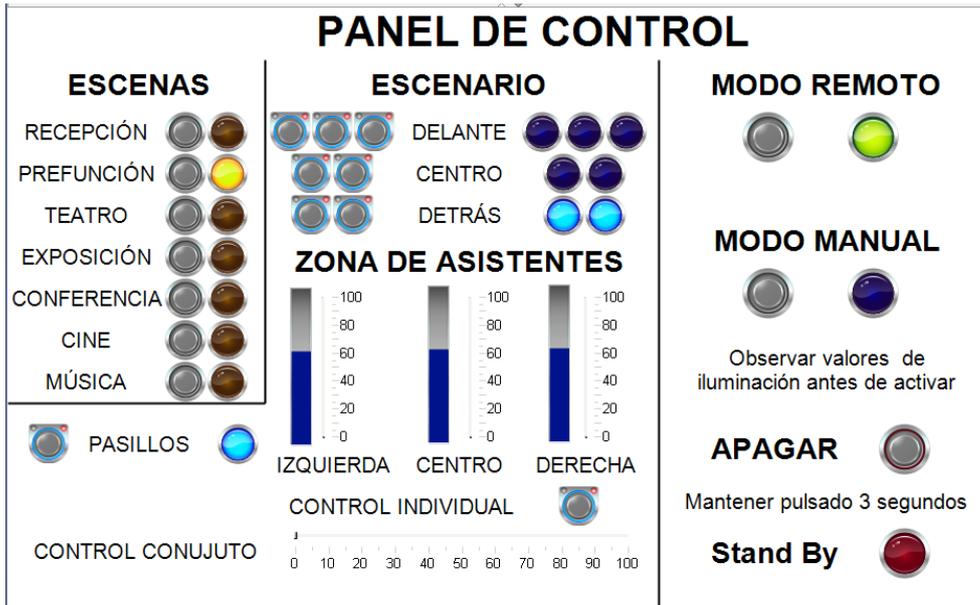


Imagen 24 Visualización del panel de control con la escena Prefunción activada

Tal como se observa en la imagen 24, la intensidad de los focos de la zona de asistentes se establece al 60%. El resto de luces permaneces encendidas como en el modo de Recepción. Las luces de balizamiento laterales se mantienen encendidas. En cuanto al escenario se mantiene la iluminación dejando solo encendidas las luces del escenario que están en la posición más retrasada.

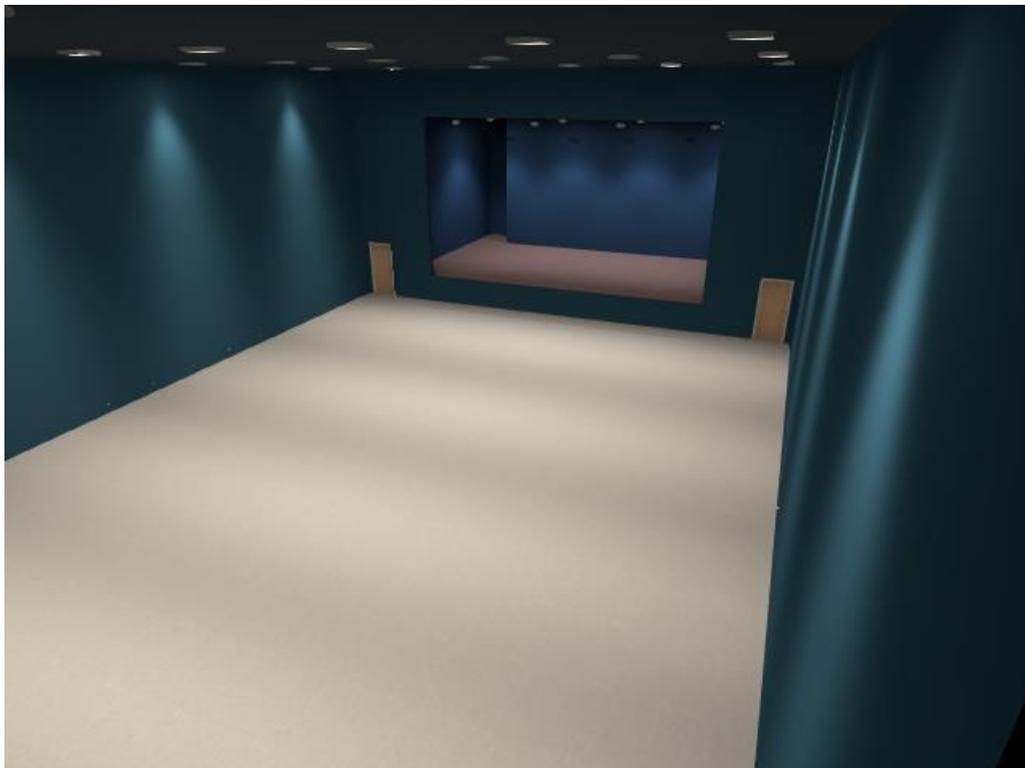


Imagen 25 Iluminación de la estancia con la escena Prefunción

### 6.1.3. Teatro

Uno de los actos que se llevan a cabo en esta sala polivalente son actuaciones teatrales.

Para este fin, se ha creado una escena con los ajustes siguientes:

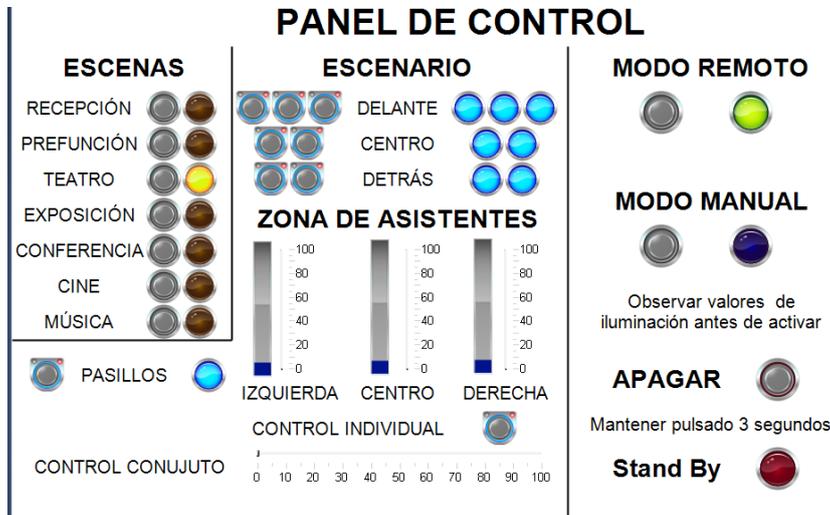


Imagen 26 Visualización del panel de control con la escena Teatro activada

Como se observa en la imagen 26, las luces de la zona de asistentes se dejan con 10 % de intensidad. Esto deja la estancia en penumbra, pero con la iluminación suficiente para poder ojear un boletín con información relacionada con la obra que se está representando. La luces de balizamiento se encienden con tal de que los asistentes puedan ver mejor la pisada en los pasillos laterales.



*Imagen 27 Iluminación de la estancia con la escena Teatro*

En el escenario se encienden todas las luminarias disponibles. Por norma general, en las obras de teatro la escenografía debe estar bien iluminada para que los espectadores vean la función. Aquí se recuerda que en caso de que una función necesitara de una iluminación específica, se puede recurrir al modo manual explicado en el apartado 6.2.

#### **6.1.4. Exposición**

Hay ocasiones en las que esta sala se habilita para albergar exposiciones o pequeñas ferias. En estos casos es habitual que se coloquen expositores en las paredes laterales y por la zona central de la estancia. De este modo se crean dos pasillos tal como se ve en la imagen xx que aparece más adelante.

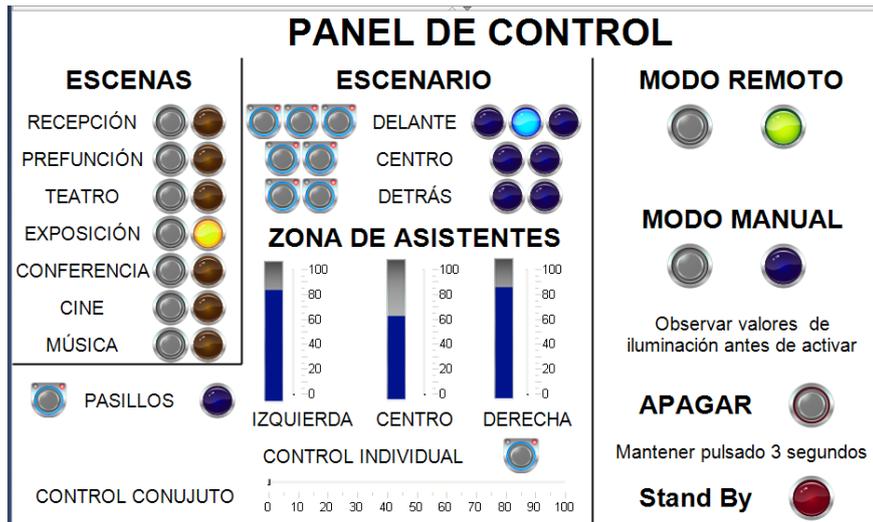


Imagen 28 Visualización del panel de control con la escena Exposición activada

Tal como se observa en la imagen 28, las líneas de focos de los laterales se establecen al 80% y la central al 60%. Esto se debe a que en el centro de la estancia no se necesita tanta iluminación, los stands que se colocan para estos efectos cuentan con iluminación propia. Del mismo modo, las luces de balizamiento quedan apagados debido a que los stands laterales anulan la visión de estas luminarias.



Imagen 29 Iluminación de la estancia con la escena Exposición

En el escenario se enciende los focos centrales de la fila delantera con el objetivo de iluminar carteles informativos que se colocan en esta zona.

### 6.1.5. Conferencia

Otro acto habitual que se lleva a cabo en esta sala son conferencias. Estos actos acostumbra a tener una o varias personas en el escenario dando una charla o exponiendo contenido de algún tema.

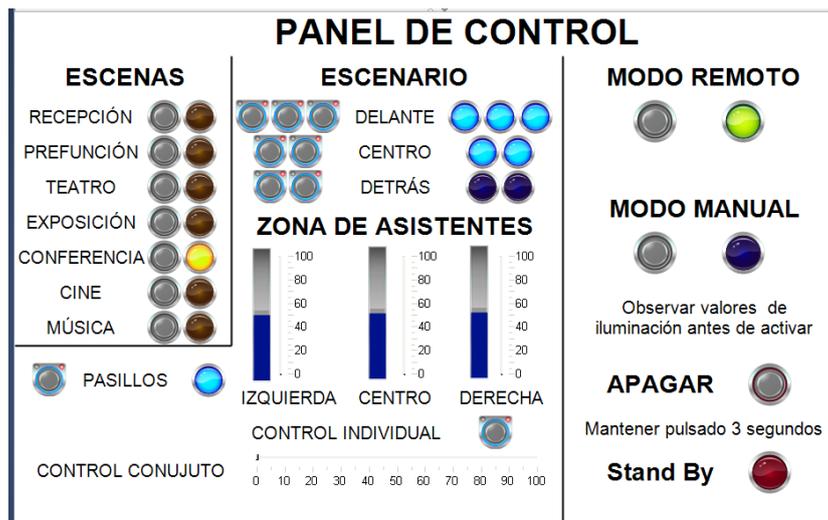


Imagen 30 Visualización del panel de control con la escena Conferencia activada

Para esta escena, se establece una intensidad del 50% en la zona de asistentes, debido a que en este tipo de actos hay ocasiones en las que se anima al público a participar realizando preguntas o puede que reciban algún tipo de documentación relacionada con lo que se expone, con lo que tener este nivel de luz permite ver mejor el material proporcionado para la charla. También se encienden las luces de balizamiento para marcar mejor la línea de paso.

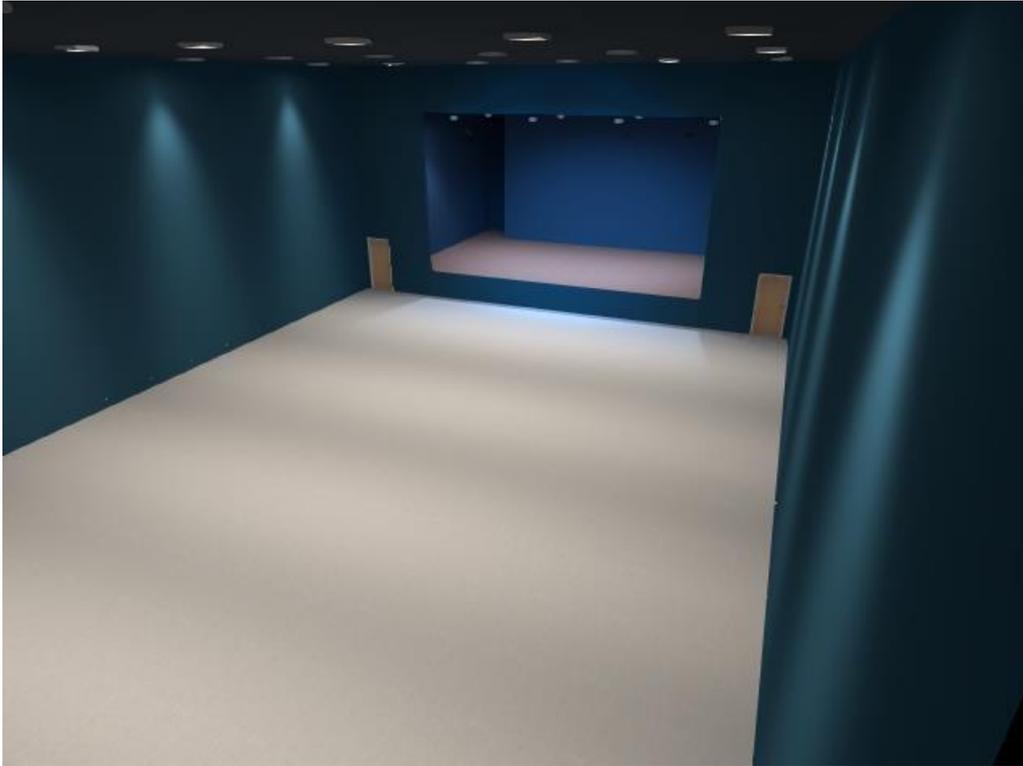


Imagen 31 Iluminación de la estancia con la escena Conferencia

En cuanto al escenario, se encienden los focos de la línea frontal y central. De este modo, los conferenciantes quedan debidamente iluminados.

### 6.1.6. Cine

Esta sala también está acondicionada para proyecciones cinematográficas, por lo que se ha creado una escena específica para este fin.

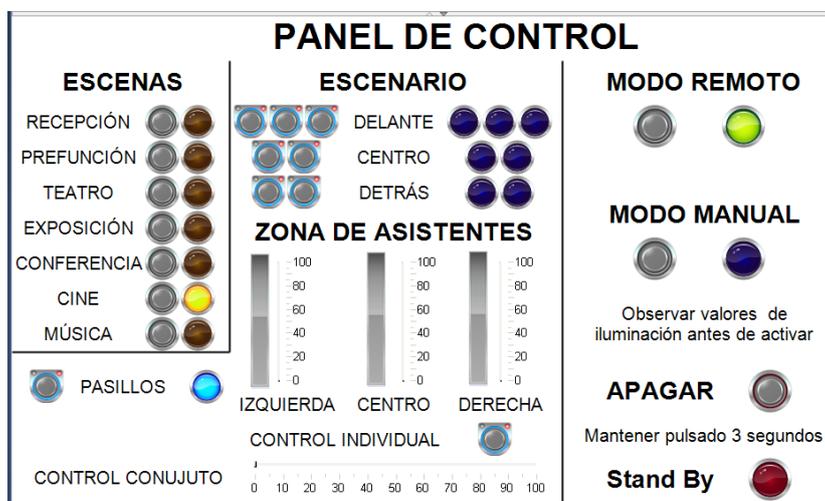


Imagen 32 Visualización del panel de control con la escena Cine activada

Tal como se ve en la imagen 33, solo se encienden las luces de balizamiento. Esto es debido a que encender las luces de la zona de asistentes disminuye la calidad de la proyección y se quiere mantener iluminada la zona de paso. En el escenario se encuentra la pantalla, por lo que las luces de esta zona también están apagadas.



*Imagen 33 Iluminación de la estancia con la escena Cine*

### **6.1.7. Música**

Esta escena está diseñada para las actuaciones musicales que se den en esta sala. Entre las actuaciones musicales hay variedad en cuanto a géneros musicales, por lo que se ha optado por crear un entorno que pueda adaptarse a gran parte ellos.

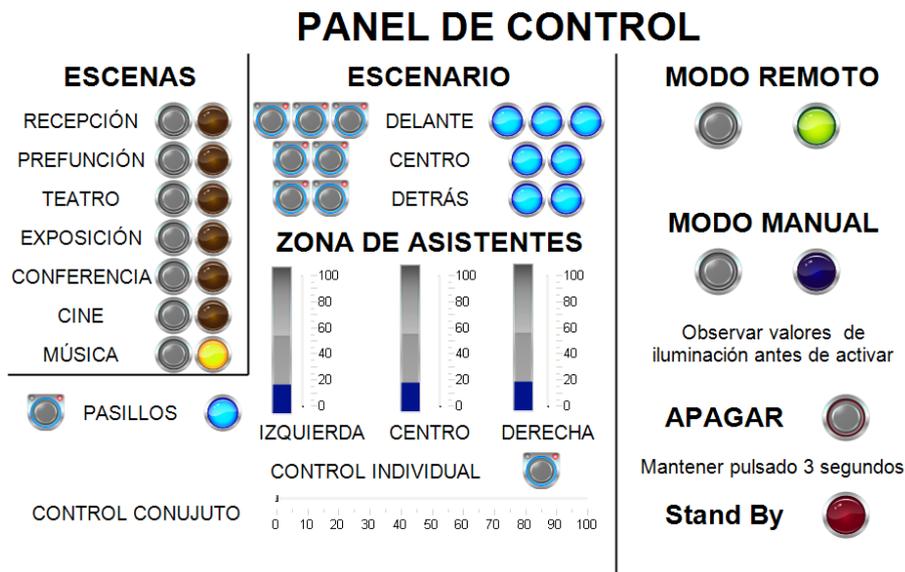


Imagen 34 Visualización del panel de control con la escena Teatro activada

Esta escena no está pensada para actuaciones en las que el grupo musical lleve se propio conjunto de iluminación para el escenario, en este caso se aconseja recurrir al modo manual.

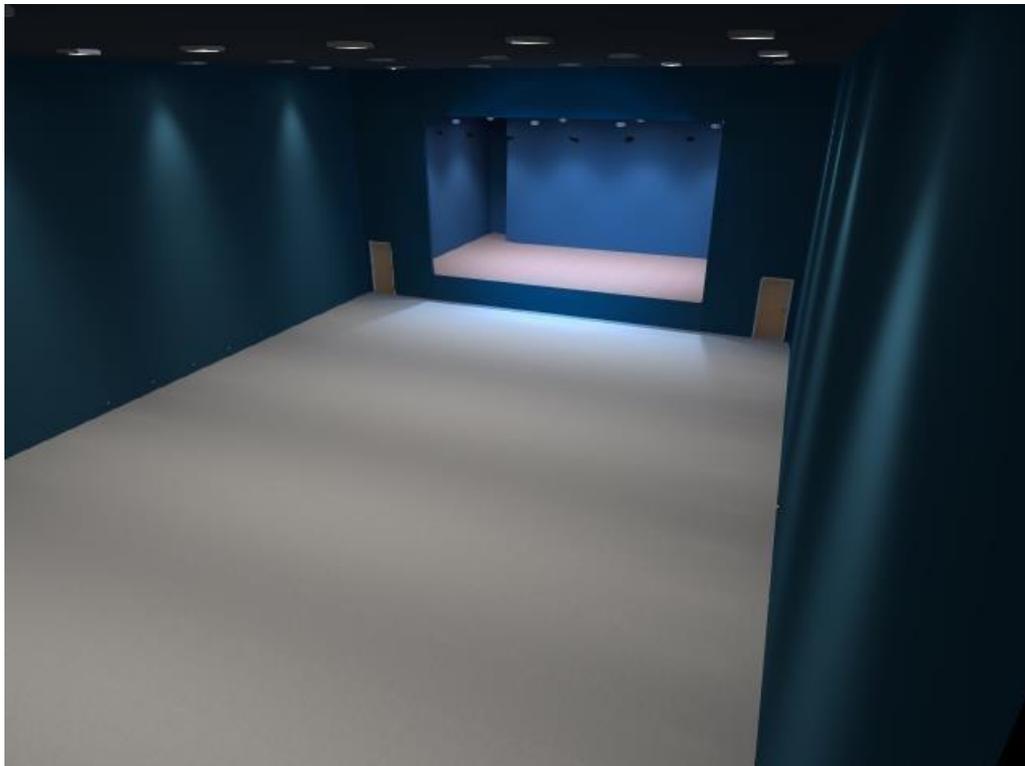


Imagen 35 Iluminación de la estancia con la escena Música

En esta escena el público en penumbra, dejando un 20 % de intensidad lumínica. Las luces de balizamiento permanecen encendidas para facilitar el movimiento de gente por los laterales, que quedan libres en caso de que se monten bancadas de asientos. En este caso, las luces del escenario se encienden todas con el fin de iluminar a los músicos de una forma clara.

## 6.2. Modo manual

En el modo manual, se interactúa con los diferentes circuitos de forma individual. Es un modo similar a como se maneja la instalación sin la automatización, tal como se describe en el apartado 3.

Este modo, aunque sea similar a un modo no automatizado, es necesario incluirlo porque con las 7 escenas descritas es posible que algunas situaciones no tengan una iluminación acorde.

Por las particularidades de la automatización, este modo de control permite crear una escena adicional. Antes de accionar el interruptor que activa este modo, el usuario puede modificar el estado de los interruptores y los potenciómetros en función de sus necesidades, sin afectar al estado de la iluminación.

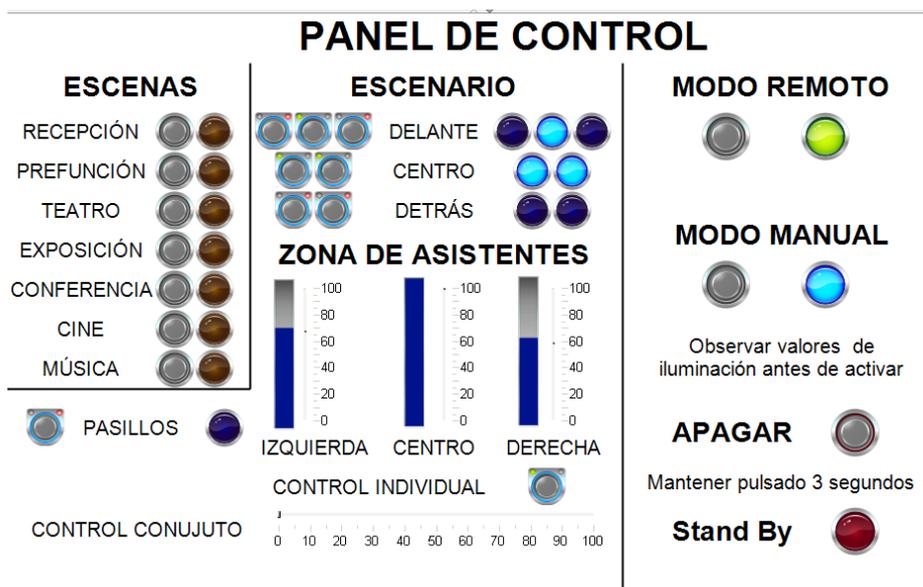


Imagen 36 Ejemplo de configurar la iluminación en modo manual

En el panel de control físico, se conoce el estado de cada circuito por la posición de las teclas y del potenciómetro. En el panel virtual, cada interruptor tiene un par de pilotos que indican su posición. El rojo indica que el interruptor se encuentra en la posición de “apagado” y el verde, “encendido”. Por su parte, el estado de las señales analógicas controladas a través de este panel se comprueba por la posición del punto sobre las barras deslizantes.

En el control analógico, tal como se puede observar, hay una diferencia sustancial entre el panel de control físico y el virtual. En el panel virtual tenemos un interruptor adicional que habilita el control individual de los tres circuitos en los que existe regulación gradual. Al contrario de lo que sucede con el panel físico, crear nuevas variables en el panel virtual no supone un coste adicional de material. No hace falta instalar nuevos interruptores o potenciómetros, además de los terminales y cableado adicional.

## 7. Conclusión

Con lo expuesto en este documento se puede concluir que la automatización del control de iluminación es una solución adecuada para instalaciones en locales de grandes dimensiones donde el control de la iluminación debe estar restringido, únicamente, a personal autorizado tanto de manera presencial como remota.

En el caso particular de la sala polivalente, donde hay una serie de actos que se pueden englobar en unos modos genéricos, incluir la automatización agiliza en gran medida el ajuste de los parámetros lumínicos. La inclusión de las escenas ahorra al usuario la necesidad de ajustar la iluminación circuito a circuito. Ajuste que, en las situaciones donde se ven afectados varios circuitos al mismo tiempo, produce en los asistentes una mejor experiencia y calidad visual en las transiciones entre diferentes escenas.

La posibilidad de controlar este sistema desde un dispositivo móvil hace que no sea necesario estar ante un panel de control. Cualquier empleado desde cualquier punto del teatro puede ajustar la iluminación a la necesidad que se requiera. Además, en tareas de mantenimiento agiliza el proceso y economiza recursos humanos, pues no es necesario que haya alguien en el panel de control y otro vigilando la luminaria.



Este tipo de control además, puede acoplarse a sistemas que no tienen por qué ser de iluminación, por lo que es una tecnología aplicable en más ámbitos. Y aunque en este proyecto se opta por crear una red de ámbito local, el autómata servidor puede conectarse a una red con acceso a internet. Esto permite conectarse desde la aplicación cliente desde cualquier sitio, aspecto que resulta útil para supervisar instalaciones que estén alejadas de nuestra ubicación, pero que requieran algún tipo de supervisión o incluso la creación de alarmas, de modo que lleguen notificaciones al dispositivo móvil en caso de fallo.

La aparición de nuevas tecnologías como los teléfonos inteligentes permite realizar estas tareas de un modo más cómodo y sencillo. El saber adaptar los sistemas a los nuevos dispositivos en ocasiones ayuda al usuario, ya no solo a controlar mejor un sistema, sino a optimizar su rendimiento económicamente.

# II. PRESUPUESTO

## 1. *Introducción*

En esta sección se detalla el coste total que se requiere para la ejecución del proyecto, justificando la cuantía necesaria en cada apartado.

El presupuesto se divide según la naturaleza de sus componentes, creando así un desglose que permita un análisis más rápido del coste de cada parte del mismo.

Sólo se contemplan los gastos que se puedan relacionar directamente con el proyecto, excluyéndose del mismo los gastos indirectos como pudieran ser el transporte al lugar de ejecución u otras necesidades, como el alojamiento, que se pudieran requerir en un caso no académico.

## 2. *Coste de materiales*

Tal como se ha comentado anteriormente, en este presupuesto se va a contemplar el coste de todos los materiales implicados en el sistema de control. Esto excluye a los elementos de la instalación tales como dispositivos de protección (magnetotérmicos, diferenciales...), así como las luminarias instaladas.

Así como el autómatas ha sido elegido por criterios técnicos, el resto de componentes presupuestados se seguirá el criterio económico debido a las diferencias pequeñas en prestaciones entre las diferentes marcas.

- **Autómata**

En la siguiente tabla se desglosa el coste del autómata, las licencias de uso y los diferentes módulos que se han empleado para este proyecto:

| Elemento                        | Unidades | Precio unitario | Precio total      |
|---------------------------------|----------|-----------------|-------------------|
| Autómata Beckhoff CX-5020       | 1        | 1.986,75 €      | 1.986,75 €        |
| Terminal EL1002                 | 1        | 20,31 €         | 20,31 €           |
| Terminal EL1008                 | 2        | 38,43 €         | 76,86 €           |
| Terminal EL2002                 | 1        | 26,35 €         | 26,35 €           |
| Terminal EL2008                 | 2        | 42,27 €         | 84,54 €           |
| Terminal EL3001                 | 1        | 101,02 €        | 101,02 €          |
| Terminal EL4004                 | 1        | 144,94 €        | 144,94 €          |
| Fuente de alimentación 24V 100W | 1        | 71,12 €         | 71,12 €           |
| <b>Total</b>                    |          |                 | <b>2.511,89 €</b> |

- **Componentes auxiliares**

En este apartado se detallan los costes de los materiales que son necesarios para llevar a cabo la automatización del sistema pero que no forman parte del autómata. Estos elementos son pulsadores, reguladores de intensidad,

potenciómetro, interruptores y pilotos de control. En la siguiente tabla se muestra el coste:

| Elemento                          | Unidades | Precio unitario | Precio total      |
|-----------------------------------|----------|-----------------|-------------------|
| Pulsador SIMON Ref 27659-65       | 10       | € 6,23          | € 62,30           |
| Interruptor SIMON Ref 27101-65    | 8        | € 4,41          | € 35,28           |
| Potenciómetro Orys Ref ME1306559  | 1        | € 19,50         | € 19,50           |
| Contactador SE Ref GC1610M5       | 8        | € 61,51         | € 492,08          |
| Piloto Rojo SE Ref XB5AVB4        | 1        | € 24,95         | € 24,95           |
| Piloto Verde SE Ref XB5AVB3       | 1        | € 24,95         | € 24,95           |
| Piloto Azul SE Ref XB5AVB6        | 1        | € 26,58         | € 26,58           |
| Piloto Amarillo SE Ref XB5AVB5    | 7        | € 24,95         | € 174,65          |
| Cable 12x1,5mm libre de halógenos | 30       | € 7,45          | € 223,50          |
| <b>Total</b>                      |          |                 | <b>1.083,79 €</b> |

### ***3. Coste de mano de obra***

En este apartado se detallan los costes derivados de la mano de obra, estimándose el tiempo necesario en cada una de las tareas que se llevan a cabo durante su ejecución. Estas tareas comprenden el estudio previo, la programación del autómata, la instalación del sistema en la sala polivalente y las labores de comprobación del funcionamiento del sistema. El precio de la mano de obra queda fijado por el convenio de trabajadores de trabajo de ingeniería y es

de 25 euros por hora trabajada. Las horas de instalación se presupuestan, a modo informativo, acorde al convenio de electricista para un oficial de primera, 20 euros.

| Elemento                 | Unidades | Precio unitario | Precio total      |
|--------------------------|----------|-----------------|-------------------|
| Estudio previo           | 45       | € 25,00         | € 1.125,00        |
| Programación automatismo | 125      | € 25,00         | € 3.125,00        |
| Redacción de proyecto    | 90       | € 25,00         | € 2.250,00        |
| Instalación y montaje    | 30       | € 20,00         | € 600,00          |
| Ajustes y comprobaciones | 40       | € 25,00         | € 1.000,00        |
| <b>Total</b>             |          |                 | <b>8.100,00 €</b> |

## 4. Costes generales

En este apartado se recogen los gastos derivados de la actividad empresarial que resultan difícil de cuantificar por unidad pero que deben ser recogidos, como son el gasto de recursos tales como el teléfono, la electricidad o el pago de impuestos varios, así como materiales de difícil cuantificación durante la ejecución del proyecto como bridas, cinta aislante o pegatinas para las etiquetas identificativas.

En un proyecto de este tipo, costes aumentan el precio final del proyecto un 5% más a lo ya presupuestado en los apartados de mano de obra y materiales.

Por tanto, se suman los precios totales anteriores y se calcula el 7 %:

$$\begin{aligned} \text{Costes generales} &= 5\%(\text{Coste materiales} + \text{Coste mano de obra}) \\ &= \frac{7 * (2511.89 + 1083.79 + 8100)}{100} = 818.70\text{€} \end{aligned}$$

## 5. Coste final de proyecto

Por último, sumamos todas las cantidades de los diferentes costes y obtenemos el total:

| Partida       | Precio             |
|---------------|--------------------|
| Autómata      | 2.511,89 €         |
| Materiales    | 1.083,79 €         |
| Mano de obra  | 8.100,00 €         |
| Costes varios | 818,70 €           |
| <b>Total</b>  | <b>12.514,38 €</b> |

Con todos los cálculos realizados, el importe final del proyecto es de **doce mil quinientos catorce euros y treinta y ocho céntimos**.

# III. PLIEGO DE CONDICIONES

## 1. *Introducción*

En esta parte del proyecto se definen las condiciones que tanto la empresa ejecutora del proyecto como el contratante se comprometen a cumplir.

Estas condiciones se definen a continuación según su ámbito, diferenciándose cuatro apartados fundamentales: técnico, facultativo, económico y legal.

En el apartado técnico se recogen las características a seguir por los materiales y qué procedimientos se emplearán en la ejecución del proyecto.

En el apartado facultativo se exponen qué tipo de acuerdos se establecen entre ambas partes, declarando las obligaciones y derechos de cada uno.

En el apartado económico queda reflejado cómo se efectuará el pago del proyecto, así como qué tipo de indemnizaciones o recargos se aplicarán en caso de incumplimientos en los plazos de ejecución.

Por último, en el apartado legal se recogen las obligaciones de índole legislativa que asume el contratista, la forma de contratación y la suscripción de los correspondientes seguros de responsabilidad civil.

## 2. *Condiciones técnicas*

En este apartado se procede a comentar que requisitos técnicos deben cumplir tanto los materiales como otros aspectos de la instalación.

### 2.1.1. *Normativa general*

Los materiales empleados en la instalación son, en su mayoría, componentes eléctricos. Estos materiales, deben cumplir una serie de normativas aprobadas a nivel tanto español como europeo.

Por tanto, deben seguir la normativa actual en el ámbito de la electricidad, recogida en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus respectivas Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC). Algunas de estas normas remiten a su tiempo al cumplimiento de normas ISO o UNE-EN. La ITC-BT 28 es de especial interés en este proyecto dado que el control se realiza en un local de pública concurrencia y esto condiciona en cierta medida la distribución de los diferentes circuitos a controlar.

### ***2.1.2. Red de comunicaciones***

Para que la comunicación OPC UA entre el dispositivo móvil y el autómatas sea posible, ambos elementos deben estar conectados como mínimo a una red de ámbito local. No es estrictamente necesario que esta red cuente con acceso a internet, puesto que el control remoto se podría realizar por el personal autorizado que se encuentra en la sala.

La red del local instalada deberá contar con conexión inalámbrica Wi-Fi y al menos un puerto LAN disponible con tal de garantizar al usuario una conexión entre el servidor y el cliente. En caso de detectar que desde algunos puntos del teatro la cobertura Wi-Fi sea débil, y esto provocara pérdidas de conexión, se aconseja colocar repetidores de señal adicionales que garanticen una cobertura completa en el local.

## ***3. Condiciones facultativas***

El objeto del proyecto es crear un control remoto utilizado mediante dispositivo móvil con el objetivo de gestionar la iluminación de una sala polivalente, empleando un sistema automatizado que dispondrá de varias escenas programadas. De este modo es más fácil conseguir el nivel de iluminación requerido para cada situación.

En este proyecto se ha creado el sistema adaptándolo a las necesidades de una sala polivalente, pero podría ser aplicado a otros sistemas de iluminación siempre que se adecúe a las características del nuevo sistema.

### ***3.1.1. Responsabilidades del contratista***

La empresa contratista es responsable directa de cumplir los siguientes requisitos:

- Conoce el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y realizará la instalación cumpliendo tal normativa.
- Tendrá pleno conocimiento del material empleado en el proyecto y lo empleará de modo correcto. Cualquier daño en los materiales derivado de un mal empleo o conexión errónea por parte del contratista correrá a cargo del mismo.
- El contratista se compromete a cumplir la legislación laboral vigente en cuanto a tener los seguros correspondientes de sus trabajadores.
- En caso de necesitarse maquinaria que requiera de permisos especiales, la empresa contratista se hará cargo de que sus empleados conozcan su correcto uso y que cuentan con los permisos necesarios para su manejo.
- Se compromete a empezar y terminar la obra en el plazo acordado con el contratante. Los retrasos en la finalización de la obra solo serán justificados únicamente por motivos ajenos al contratista, quedando el contratista exento de derecho a reclamación solo en este caso.
- La empresa contratista se compromete a realizar las comprobaciones pertinentes de que el sistema de iluminación funciona según lo establecido, dando el visto bueno y la obra finalizada cuando el resultado de estas verificaciones finales sea positivo.

### ***3.1.2. Responsabilidades del contratante***

Por su parte, el contratante es responsable directo de los siguientes puntos:

- La empresa contratante comunicará a la empresa contratista con todo tipo de detalles sobre cómo quiere que se ejecute el proyecto, así como entablar un acuerdo en cuanto a las fechas tanto de inicio como de final de obra.
- El contratante ofrecerá toda la información que el contratista requiera sobre el local en el que se instalará este tipo de control con el fin de agilizar el proceso de estudio previo.
- En caso de necesitarse permisos de carácter obligatorio para la ejecución de la obra, el contratante se hará cargo de tenerlos en orden en el momento en el que se vaya a ejecutar la obra.

- Deberá disponer de los dispositivos electrónicos, tablet/teléfono móvil, que cumplan los requisitos mínimos expuesto en los anexos adjuntos en este documento para poder realizar el control remoto.

## 4. Condiciones económicas

### 4.1.1. Base fundamental

Una vez realizado el trabajo, el contratante deberá abonar a la empresa contratista el importe estipulado en el presupuesto del proyecto.

En caso de que el contratante quisiera realizar el pago a plazos, deberá llegar a un acuerdo con el contratista antes de la ejecución de la obra. En este acuerdo deberá constar el número de plazos en los que se efectuará el pago, así como los intereses de recargo aplicados al importe de cada plazo.

### 4.1.2. Precios y recargos

El contratante se compromete a efectuar el pago al contratista durante la semana siguiente a la finalización de la obra, imponiéndose los siguientes recargos al precio final según el tiempo de demora:

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| Entre 1 y 7 días     | Sin recargo     |
| Entre 8 y 30 días    | Recargo del 2%  |
| Entre 31 y 60 días   | Recargo del 4%  |
| Entre 61 y 90 días   | Recargo del 7%  |
| Entre 91 y 180 días  | Recargo del 15% |
| Entre 181 y 300 días | Recargo del 30% |

Si pasados los 300 días no se ha efectuado el pago, el contratista tendrá derecho a realizar una demanda ante los tribunales.

Por otro lado, en caso de ser el contratista el que se demora en la fecha de entrega del proyecto finalizado, siempre que estas demoras no tengan una justificación plausible debido a causas ajenas al contratista, se reducirá el precio final acordado en el presupuesto según este criterio:

|                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| Entre 1 y 7 días   | Sin reducción     |
| Entre 8 y 30 días  | Reducción del 3%  |
| Entre 31 y 60 días | Reducción del 7%  |
| Entre 61 y 90 días | Reducción del 15% |

Si pasados 90 días no se ha finalizado la obra, el contratante tiene el pleno derecho de rescindir el contrato, quedando exento de responsabilidades de cualquier tipo con el contratista.

En este apartado, los días a los que se hace referencia son días naturales y consecutivos.

## 5. Condiciones legales

En este apartado quedan reflejadas las condiciones contractuales que deben existir entre el proyectista, el contratante y la empresa contratista.

### 5.1.1. Contrato

En el contrato debe quedar reflejado todo lo acordado por las partes implicadas sin dejar lugar a dudas sobre el precio total de la obra, así como las fechas de inicio y entrega final. También queda reflejado en el contrato los tiempos de garantía, siendo de dos años para los componentes electrónicos y de un año en cuanto a lo relacionado con la programación y el montaje.

Cualquier modificación del proyecto, bien en los materiales o bien en la programación del PLC, deberá ser consultada y aprobada por el proyectante.

Las posibles reparaciones que se debieran realizar sobre el sistema se evaluarán como unidades de obra. Si estas reparaciones fueran fruto de un mal uso de la instalación y, por

tanto, los daños no son consecuencia de un mal montaje, por parte de la empresa contratista, o de tratarse algún componente electrónico de una unidad defectuosa de fábrica, la garantía queda anulada.

El contrato se realizará siempre por escrito y cumpliendo con la legalidad vigente, siendo firmado por todas las partes implicadas.

### ***5.1.2. Adjudicación del contrato***

Si la sala polivalente donde se realizará la obra en cuestión es propiedad de un organismo de carácter público, ya sea a nivel municipal como autonómico o estatal, la adjudicación del contrato debe regirse por la normativa vigente para la adjudicación de este tipo de contratos.

En caso de que el sistema sea equipado en un local cuyo propietario es una empresa privada o un particular, será el responsable de tal local el encargado de adjudicar la obra a la contrata que considere oportuna.

### ***5.1.3. Rescisión del contrato***

El contrato podrá ser rescindido siempre que se dé alguna de las condiciones siguientes:

- Las partes implicadas desean rescindir el contrato de mutuo acuerdo.
- Incumplimiento de los plazos establecidos, tanto en la realización de la obra como en el pago de la misma.
- Actuaciones que puedan entorpecer el avance de la obra de forma interesada.

# IV. ANEXO I AUTOMATIZACIÓN

## 1. Lista de variables

En la imagen siguiente se muestra la lista de variables que se han definido para este trabajo. Aquellas que presentan la etiqueta “{attribute ‘OPC.UA.DA := ‘1’}” son las variables a las que se tiene acceso desde el dispositivo móvil.

```
1 PROGRAM POU
2 VAR_INPUT
3     Recepcion AT %IX1.0 : BOOL ;
4     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
5     RecepcionRemoto AT %IX2.0 : BOOL ;
6     Prefuncion AT %IX1.1 : BOOL ;
7     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
8     PrefuncionRemoto AT %IX2.1 : BOOL ;
9     Teatro AT %IX1.2 : BOOL ;
10    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
11    TeatroRemoto AT %IX2.2 : BOOL ;
12    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
13    Exposicion AT %IX1.3 : BOOL ;
14    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
15    ExposicionRemoto AT %IX2.3 : BOOL ;
16    Conferencia AT %IX1.4 : BOOL ;
17    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
18    ConferenciaRemoto AT %IX2.4 : BOOL ;
19    Cine AT %IX1.5 : BOOL ;
20    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
21    CineRemoto AT %IX2.5 : BOOL ;
22    Musica AT %IX1.6 : BOOL ;
23    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
24    MusicaRemoto AT %IX2.6 : BOOL ;
25    ApagarRemoto AT %IX7.1 : BOOL ;
26
27    Manual AT %IX7.0 : BOOL ;
28    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
29    ManualRemoto AT %IX7.2 : BOOL ;
30    Apagar AT %IX1.7 : BOOL ;
31    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
32    ModoRemoto AT %IX7.4 : BOOL ;
33    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
34    PublicoIndRemoto AT %IX7.5 : BOOL ;
35
36    Publico AT %IW20 : INT ;
37    {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
```

```
38      PublicoRemoto AT %IW24 : INT ;
39      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
40      PublIzqRemoto AT %IW22 : INT ;
41      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
42      PubLCenRemoto AT %IW26 : INT ;
43      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
44      PublDerRemoto AT %IW30 : INT ;
45      EscenarioFrontIzq AT %IX3.0 : BOOL ;
46      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
47      EscenarioFrontIzqRemoto AT %IX4.0 : BOOL ;
48      EscenarioFrontCen AT %IX3.1 : BOOL ;
49      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
50      EscenarioFrontCenRemoto AT %IX4.1 : BOOL ;
51      EscenarioFrontDer AT %IX3.2 : BOOL ;
52      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
53      EscenarioFrontDerRemoto AT %IX4.2 : BOOL ;
54      EscenarioCentIzq AT %IX3.3 : BOOL ;
55      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
56      EscenarioCentIzqRemoto AT %IX4.3 : BOOL ;
57      EscenarioCentDer AT %IX3.4 : BOOL ;
58      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
59      EscenarioCentDerRemoto AT %IX4.4 : BOOL ;
60      EscenarioTrasIzq AT %IX3.5 : BOOL ;
61      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
62      EscenarioTrasIzqRemoto AT %IX4.5 : BOOL ;
63      EscenarioTrasDer AT %IX3.6 : BOOL ;
64      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
65      EscenarioTrasDerRemoto AT %IX4.6 : BOOL ;
66      PasilloBal AT %IX3.7 : BOOL ;
67      {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
68      PasilloBalRemoto AT %IX4.7 : BOOL ;
69      END_VAR
70      VAR
71      MRecepcion AT %MX6.0 : BOOL ;
72      MPrefuncion AT %MX6.1 : BOOL ;
73      MTeatro AT %MX6.2 : BOOL ;

74      MExposicion AT %MX6.3 : BOOL ;
75      MConferencia AT %MX6.4 : BOOL ;
76      MCine AT %MX6.5 : BOOL ;
77      MMusica AT %MX6.6 : BOOL ;
78      MApagar AT %MX6.7 : BOOL ;
79
80      PublicoConR AT %MD32 : REAL ;
81
82      PublicoCon AT %MW56 : INT ;
83
84      SR_Recepcion AT %MD68 : SR ;
85      SR_Prefuncion AT %MD72 : SR ;
86      SR_Teatro AT %MD76 : SR ;
87      SR_Exposicion AT %MD80 : SR ;
88      SR_Conferencia AT %MD84 : SR ;
89      SR_Cine AT %MD88 : SR ;
90      SR_Musica AT %MD92 : SR ;
91
92      MPas AT %MX96.0 : BOOL ;
93      MEFI AT %MX96.1 : BOOL ;
94      MEFC AT %MX96.2 : BOOL ;
95      MEFD AT %MX96.3 : BOOL ;
96      MECI AT %MX96.4 : BOOL ;
97      MECD AT %MX96.5 : BOOL ;
98      METI AT %MX96.6 : BOOL ;
99      METD AT %MX96.7 : BOOL ;
100
101      MRemPas AT %MX97.0 : BOOL ;
102      MRemEFI AT %MX97.1 : BOOL ;
103      MRemEFC AT %MX97.2 : BOOL ;
104      MRemEFD AT %MX97.3 : BOOL ;
105      MRemECI AT %MX97.4 : BOOL ;
106      MRemECD AT %MX97.5 : BOOL ;
107      MRemETI AT %MX97.6 : BOOL ;
108      MRemETD AT %MX97.7 : BOOL ;
109      T_Apagar AT %MD0 : TON ;
```

```
110     SR_StandBy AT %MD10 : SR ;
111     MFuncion AT %MX2.1 : BOOL ;
112     MFuncionES AT %MX2.0 : BOOL ;
113     SR_Remoto AT %MD50 : SR ;
114     TON_ApagarRemoto AT %MD54 : TON ;
115 END_VAR
116 VAR_OUTPUT
117     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
118     PubLI AT %QW8 : INT ;
119     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
120     PubLC AT %QW10 : INT ;
121     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
122     PubLD AT %QW12 : INT ;
123     PubLICon AT %QW14 : INT ;
124     PubLCCon AT %QW16 : INT ;
125     PubLDCon AT %QW18 : INT ;
126     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
127     Pasillo AT %QX0.0 : BOOL ;
128     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
129     EscFI AT %QX0.1 : BOOL ;
130     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
131     EscFC AT %QX0.2 : BOOL ;
132     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
133     EscFD AT %QX0.3 : BOOL ;
134     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
135     EscCI AT %QX0.4 : BOOL ;
136     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
137     EscCD AT %QX0.5 : BOOL ;
138     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
139     EscTI AT %QX0.6 : BOOL ;
140     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
141     EscTD AT %QX0.7 : BOOL ;
142     LRecepcion AT %QX5.0 : BOOL ;
143     LPrefuncion AT %QX5.1 : BOOL ;
144     LTeatro AT %QX5.2 : BOOL ;
145     LExposicion AT %QX5.3 : BOOL ;

146     LConferencia AT %QX5.4 : BOOL ;
147     LCine AT %QX5.5 : BOOL ;
148     LMusica AT %QX5.6 : BOOL ;
149     LRemotoActivado AT %QX5.7 : BOOL ;
150     ManualActivado AT %QX1.0 : BOOL ;
151     {attribute 'OPC.UA.DA' := '1'}
152     LStandBy AT %QX1.1 : BOOL := TRUE ;
153 END_VAR
154
```

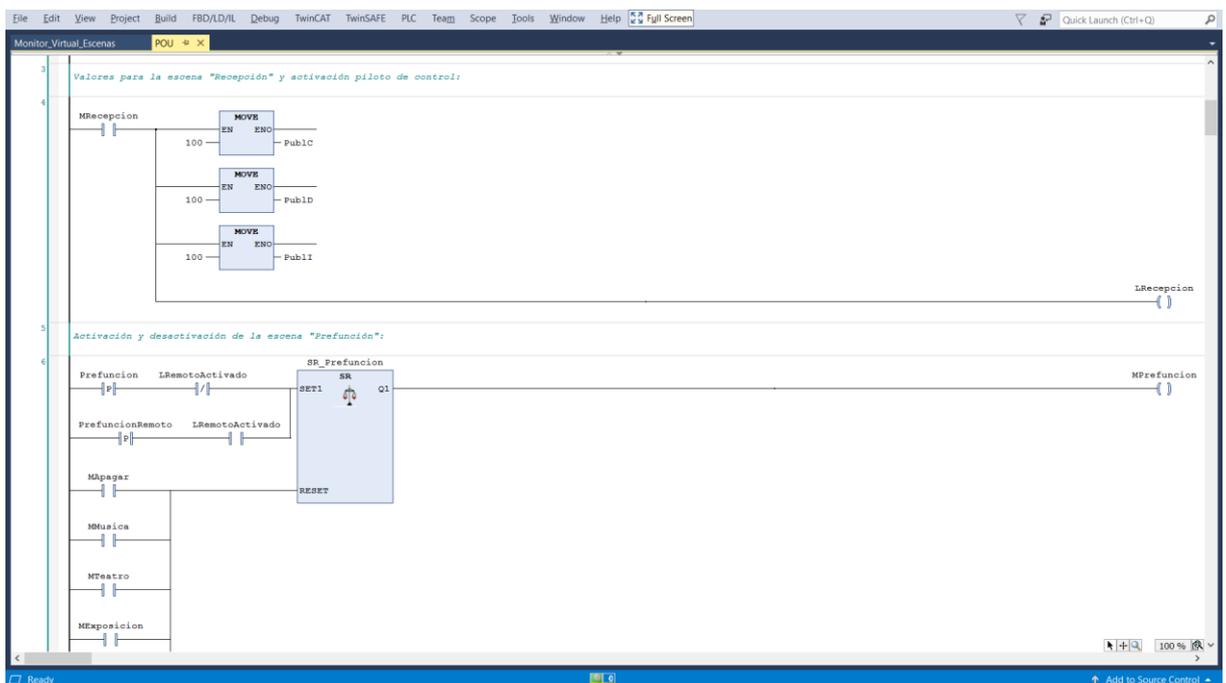
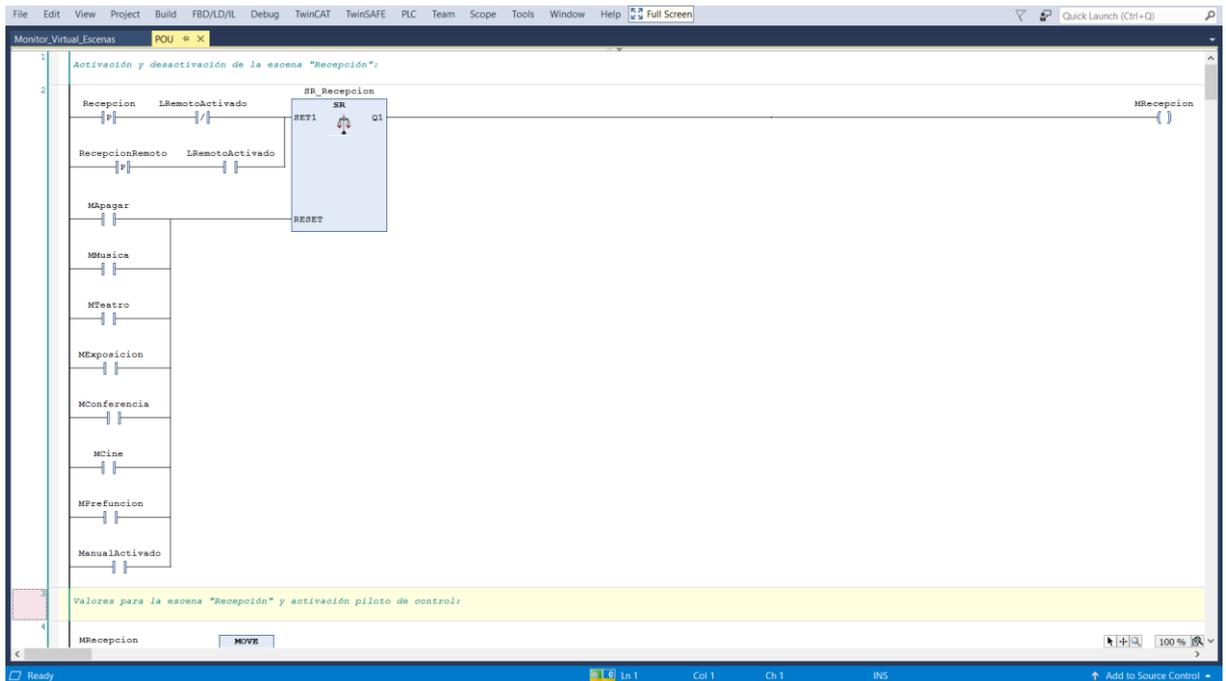
## 2. Esquemas de la automatización

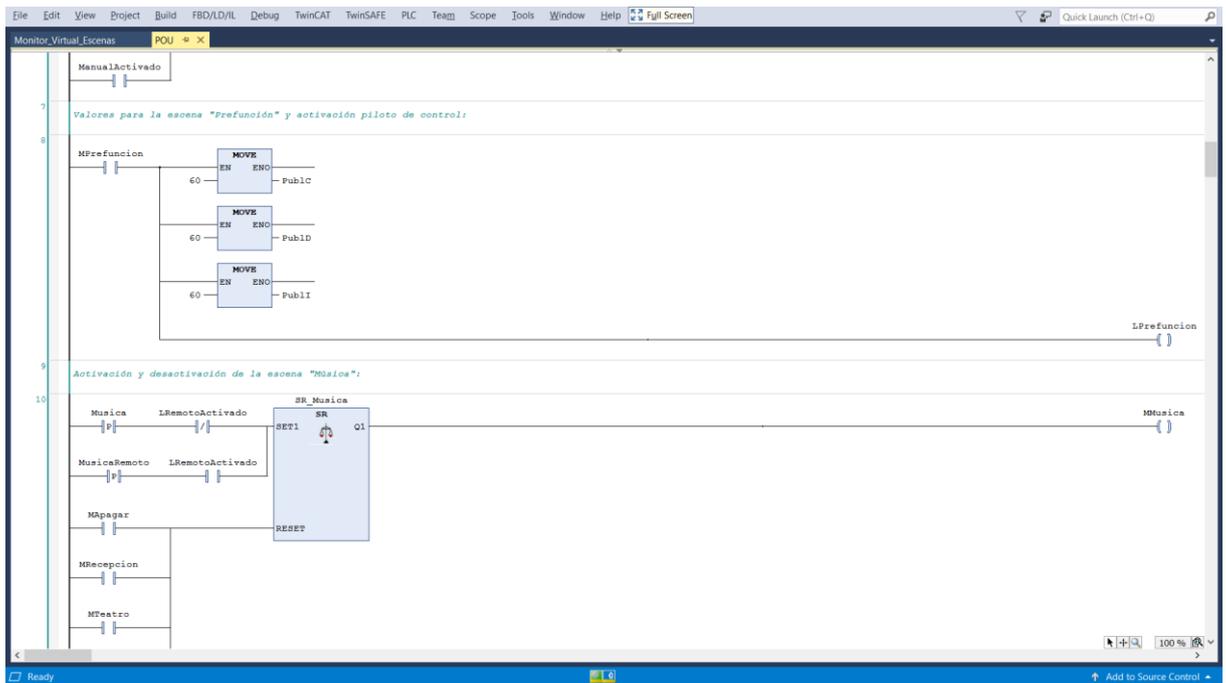
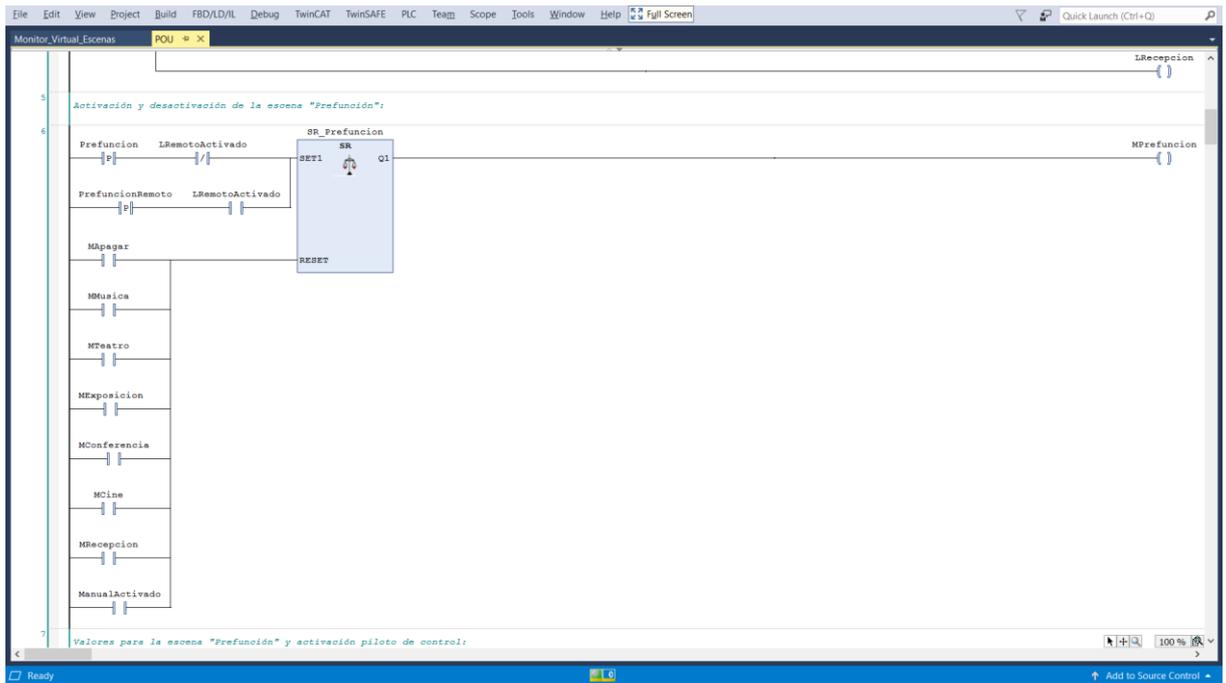
Conociendo tanto los equipamientos del teatro como qué modos de ejecución van a poderse emplear, en este apartado se va a explicar cómo se ha programado el autómatas para que el control sea posible.

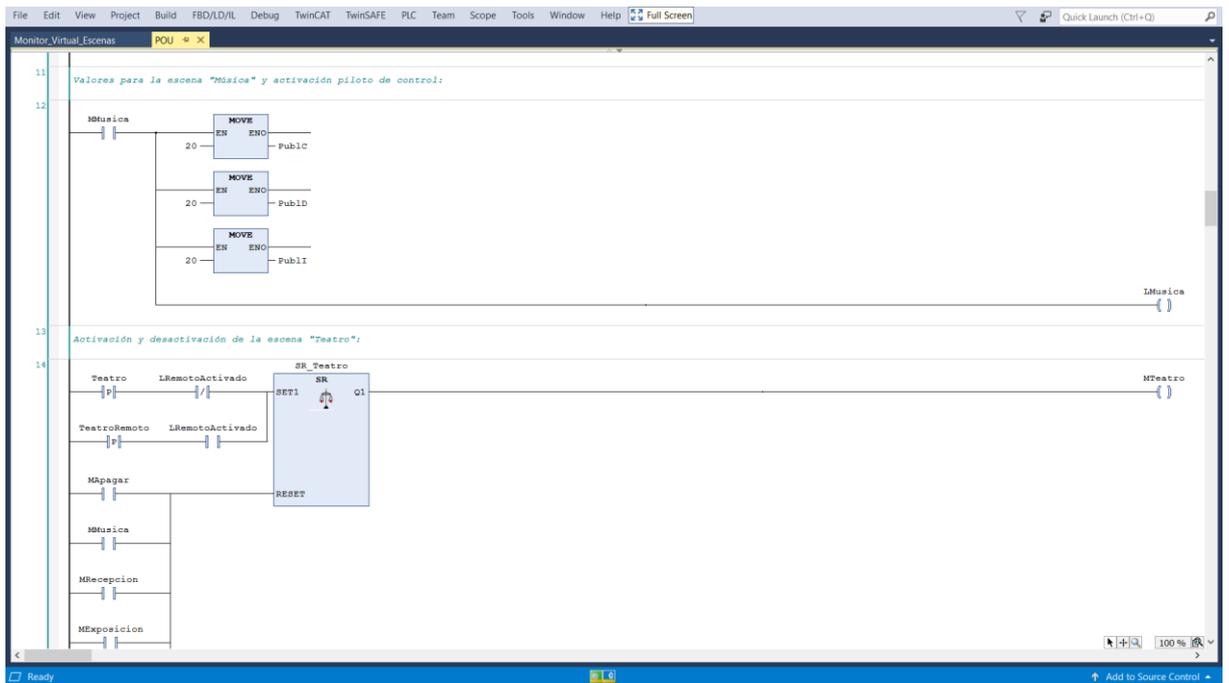
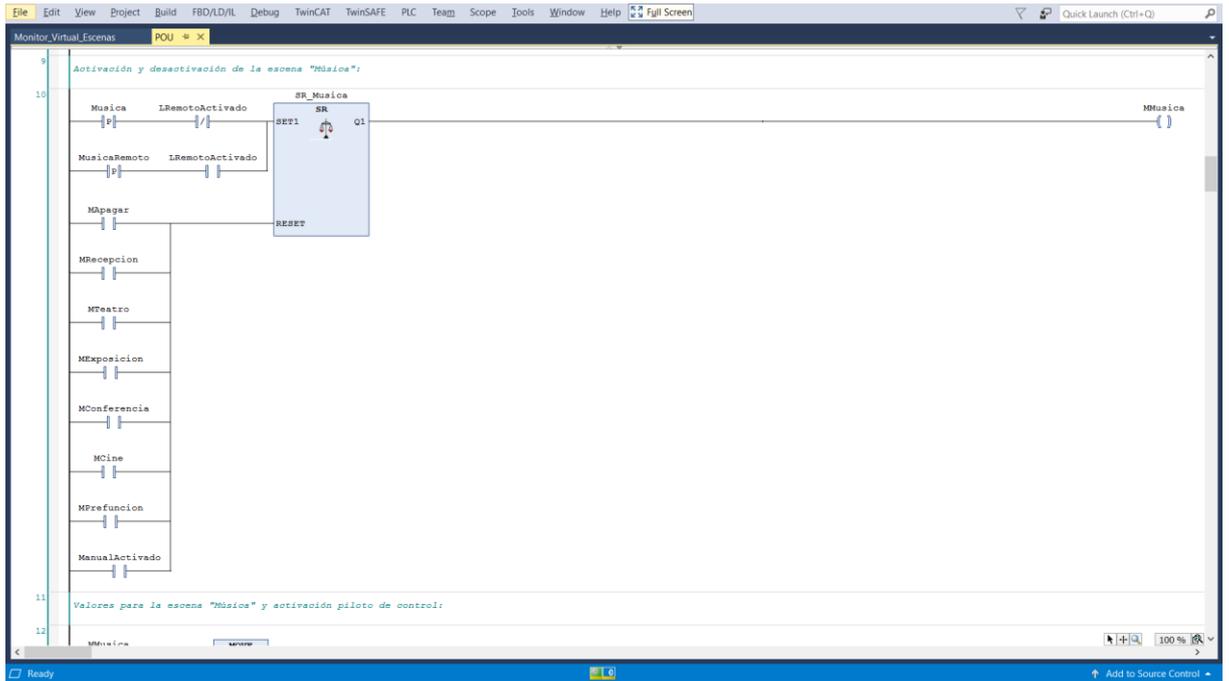
La programación del sistema automatizado se ha realizado con el programa TwinCAT 3, del que se dará más información en los anexos.

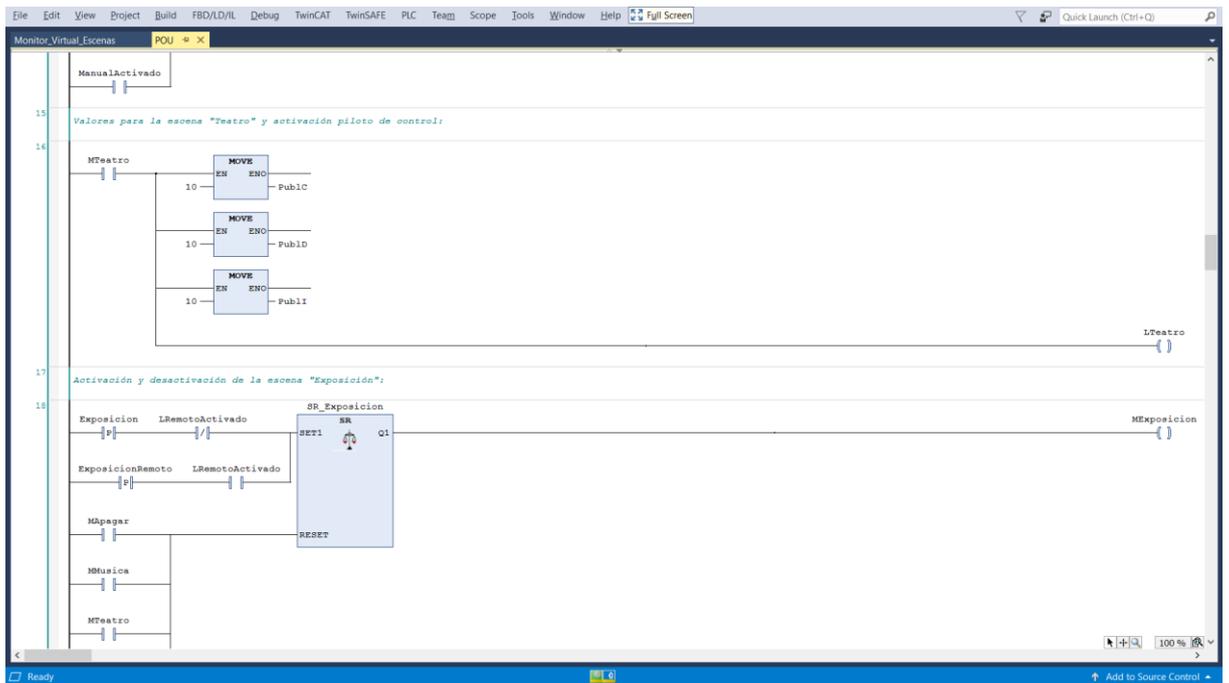
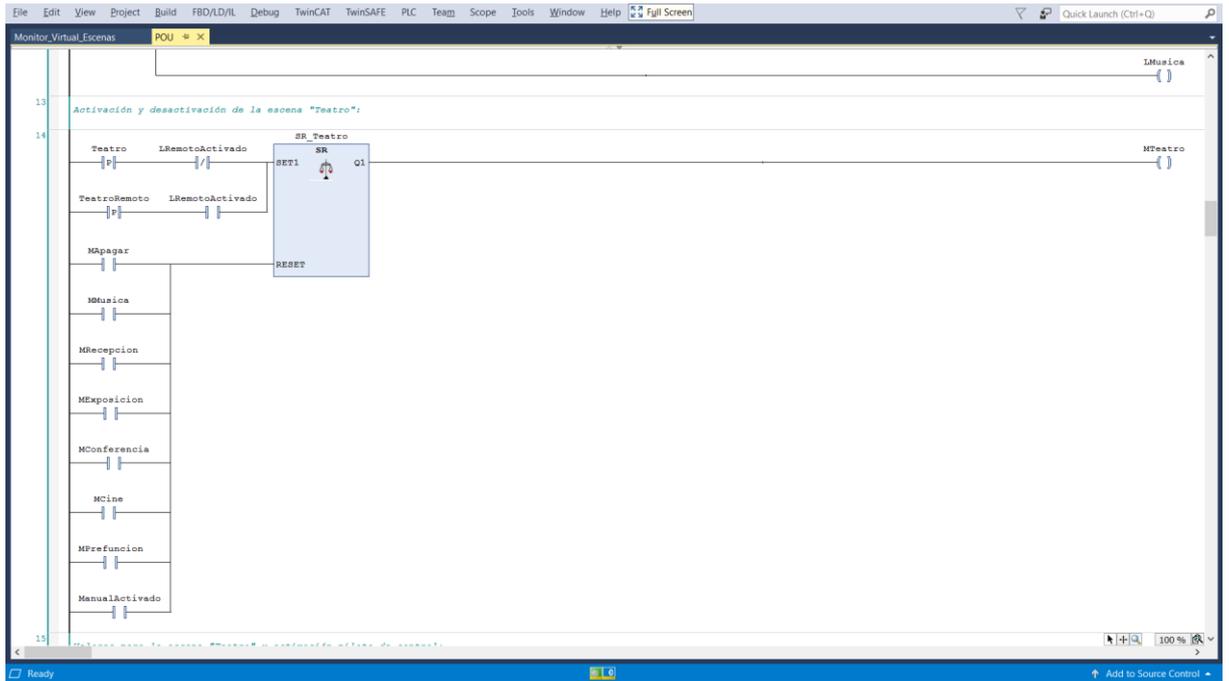
Como se ha dicho en el apartado 4.1.1, el autómatas empleado es el Beckhoff CX-5020, del que se proporciona información adicional en el anexo XX.

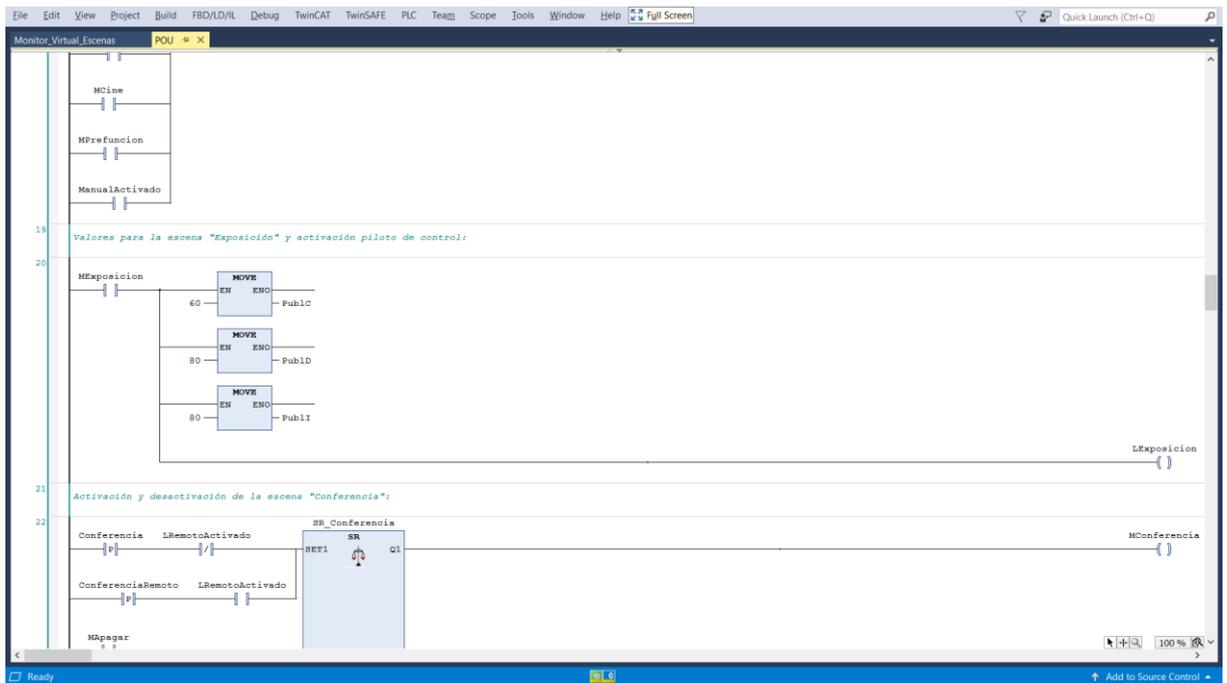
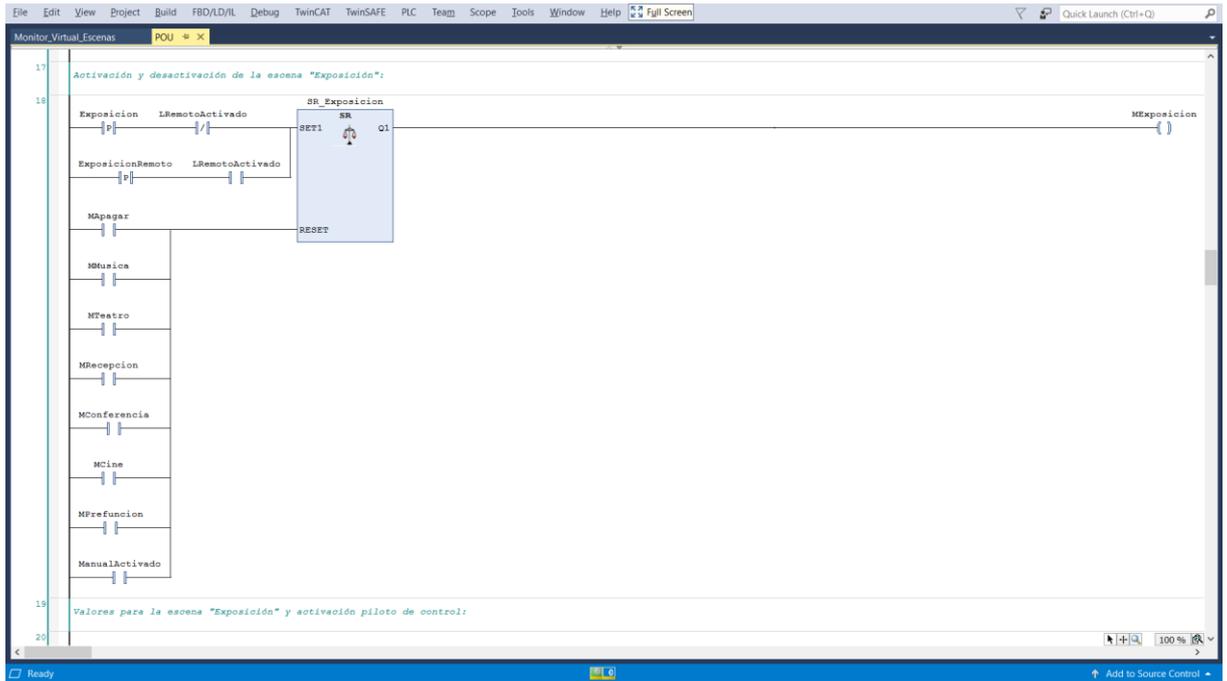
En las siguientes imágenes se pueden observar las líneas programadas en el autómatas con su correspondiente línea de comentario sobre qué función cumple.

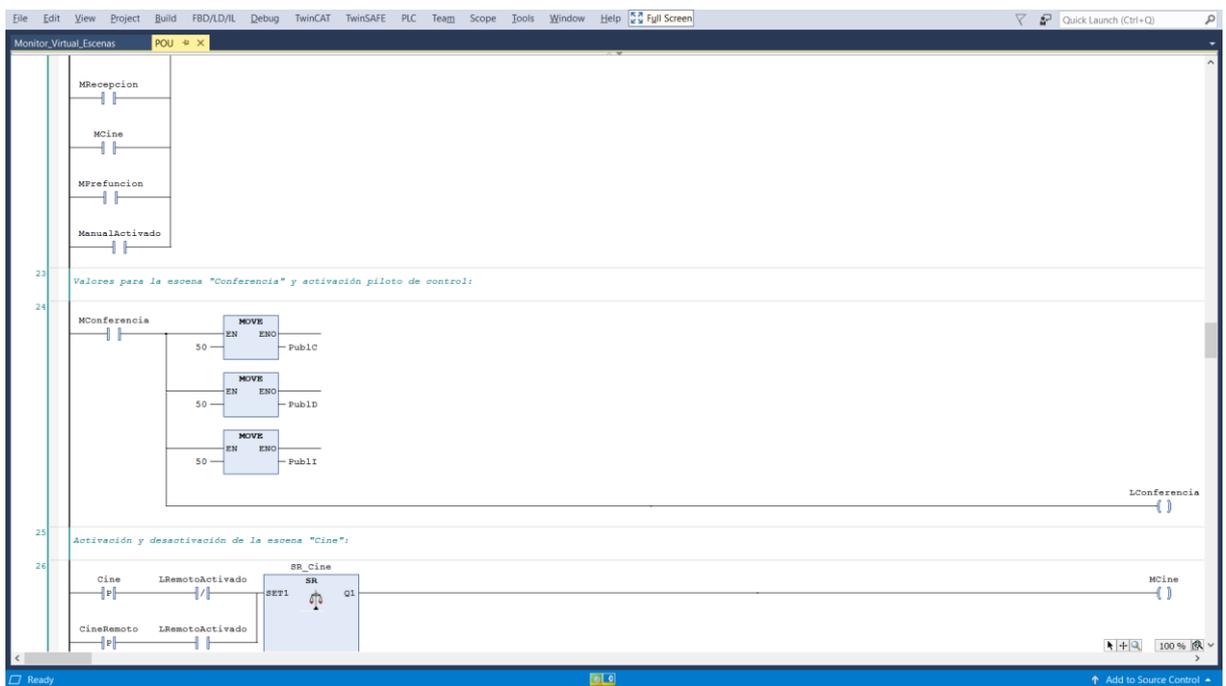
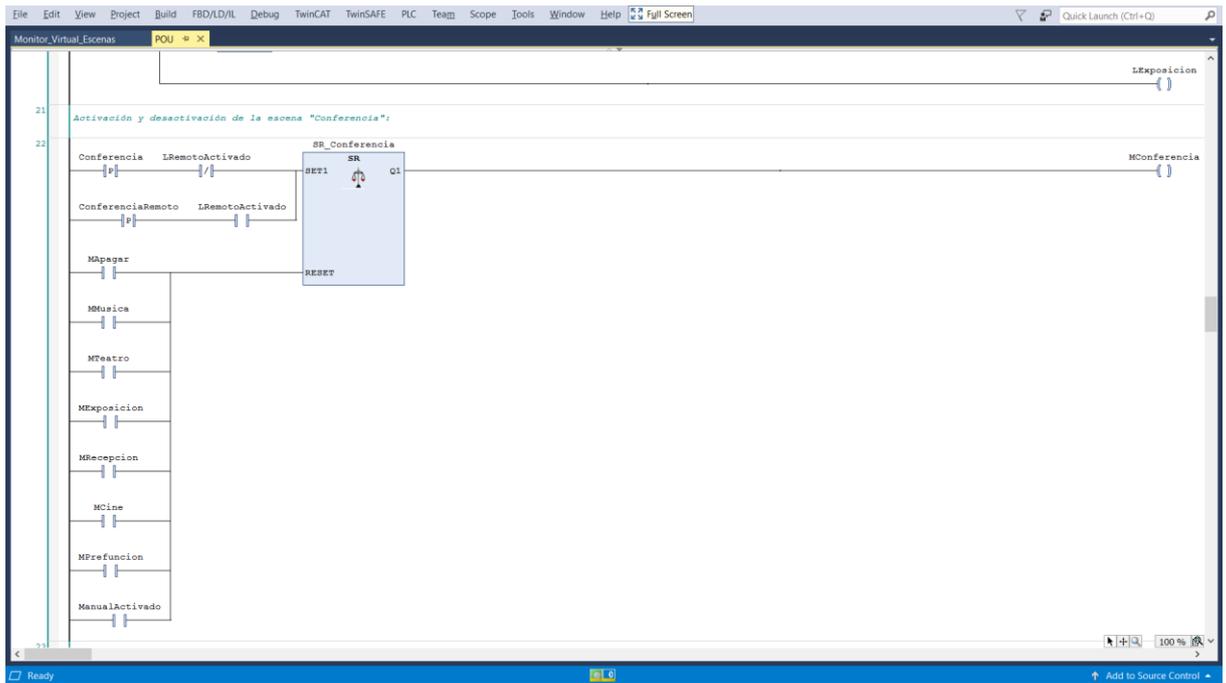


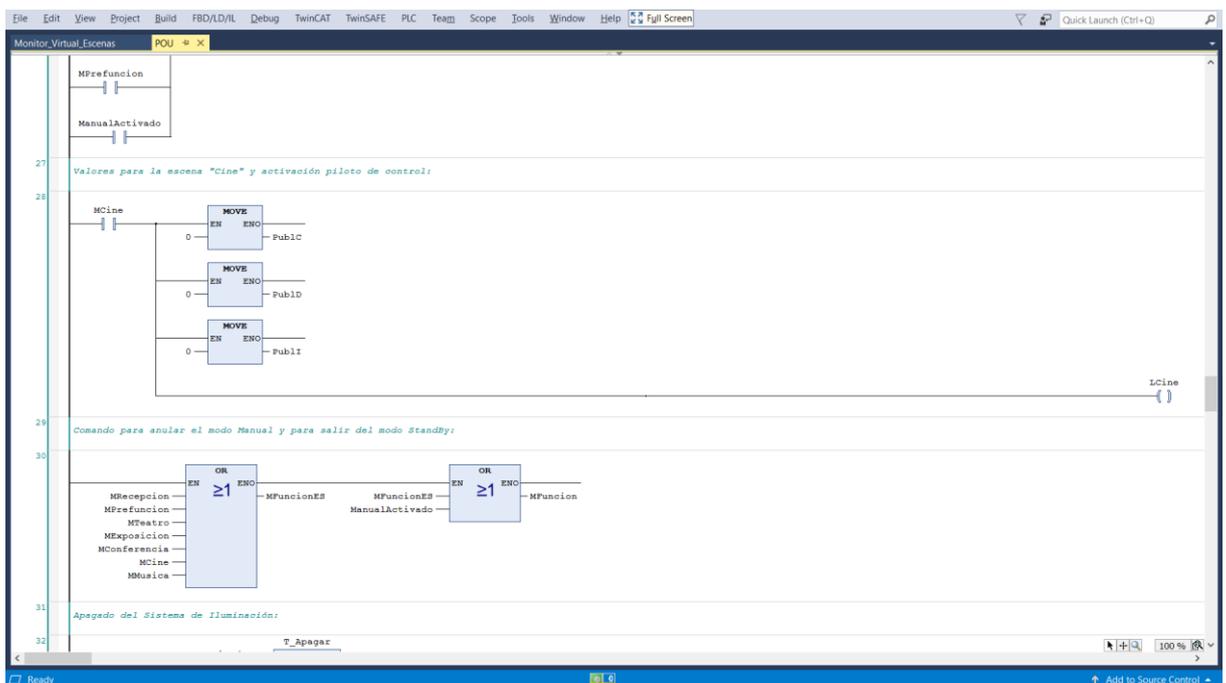
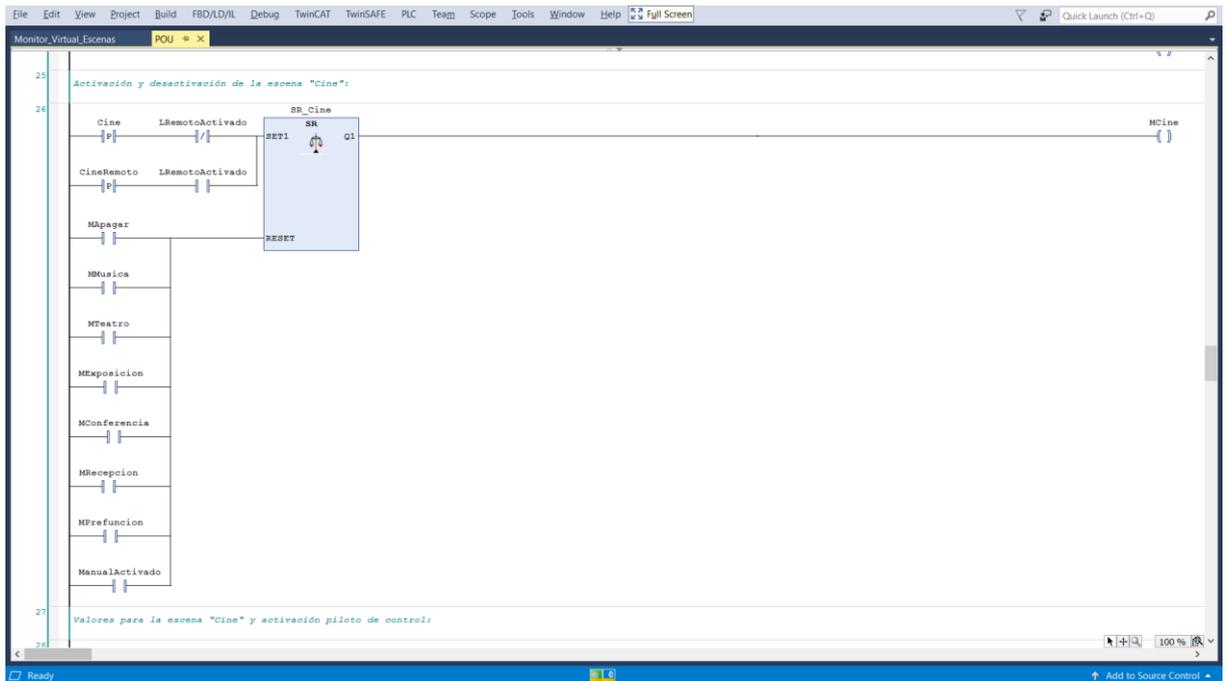


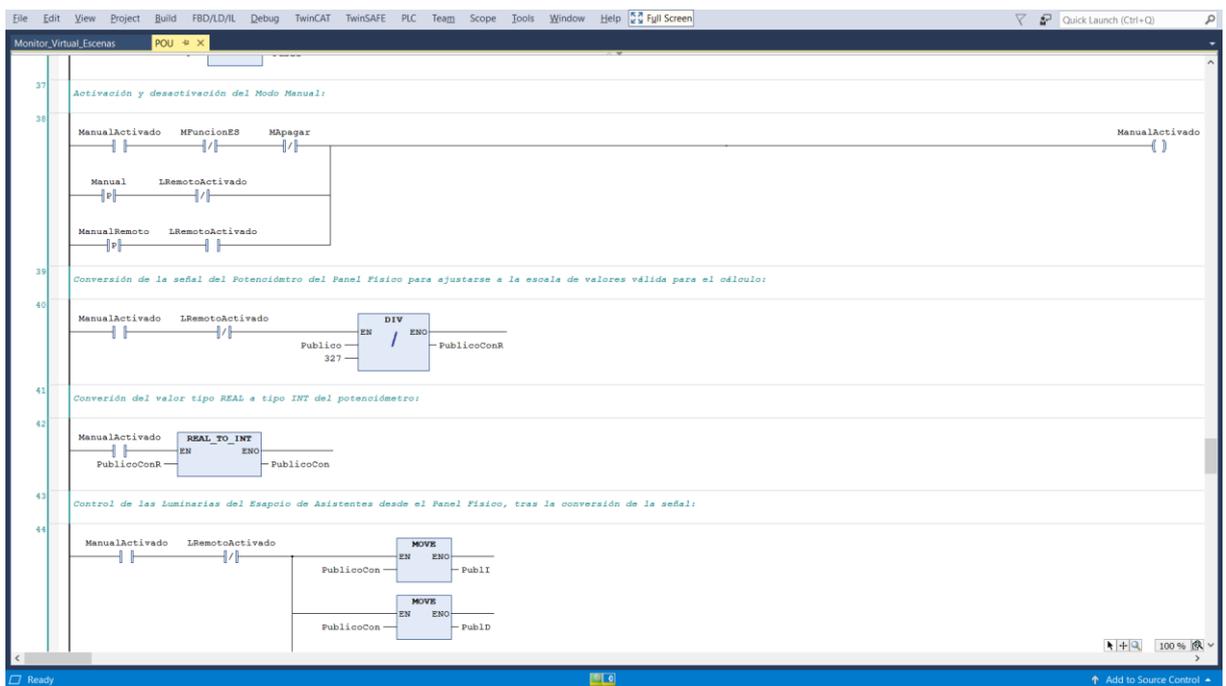
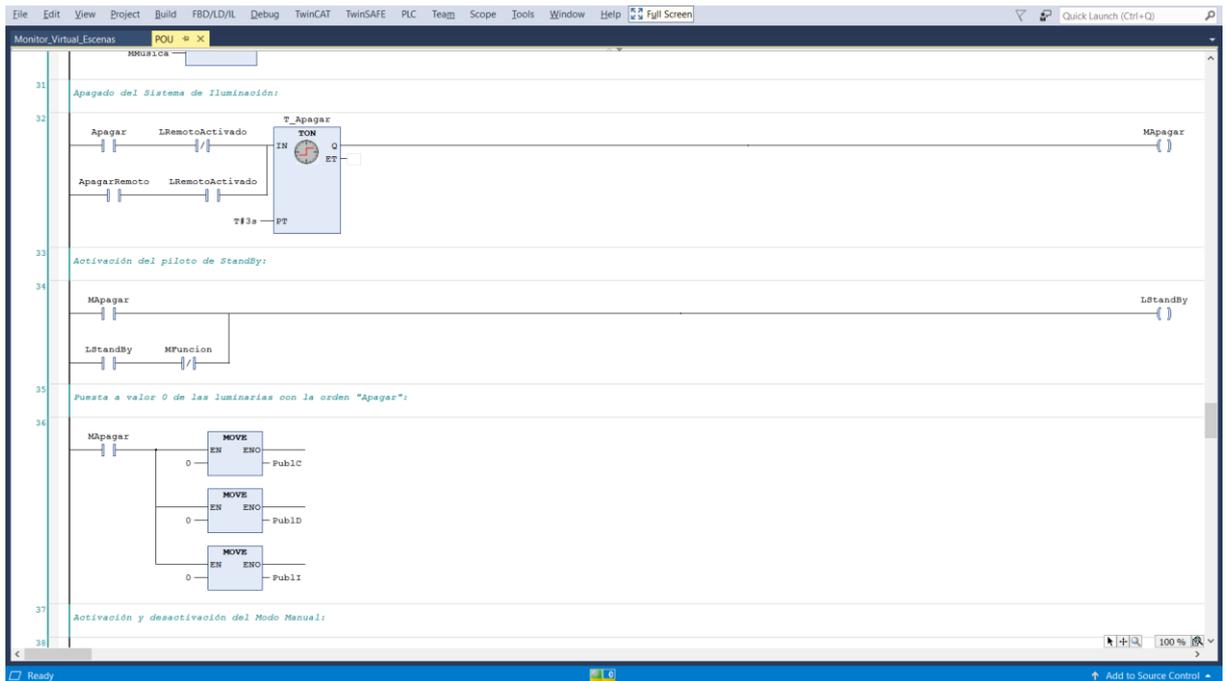


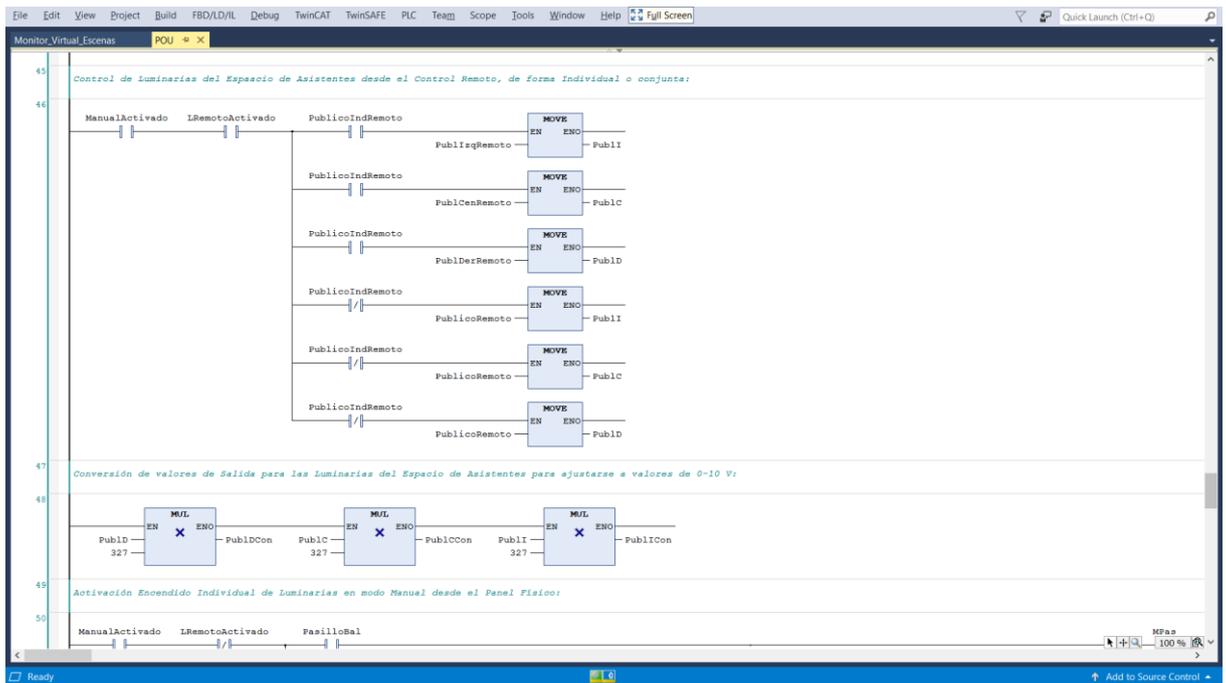
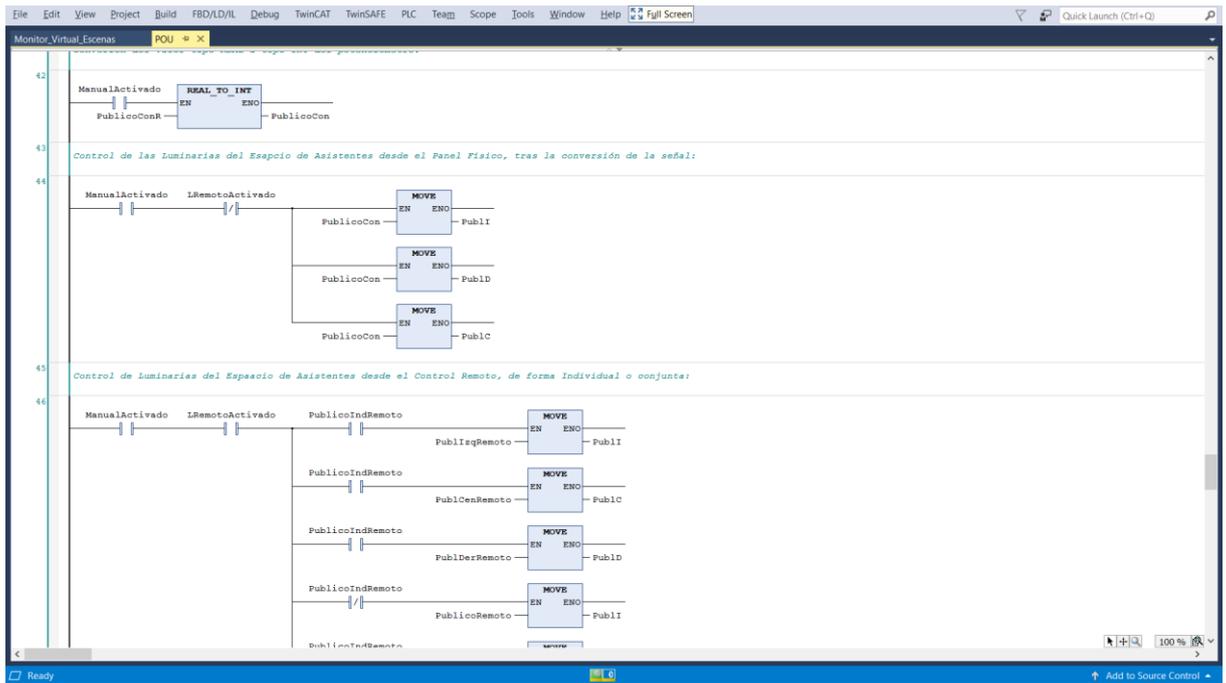


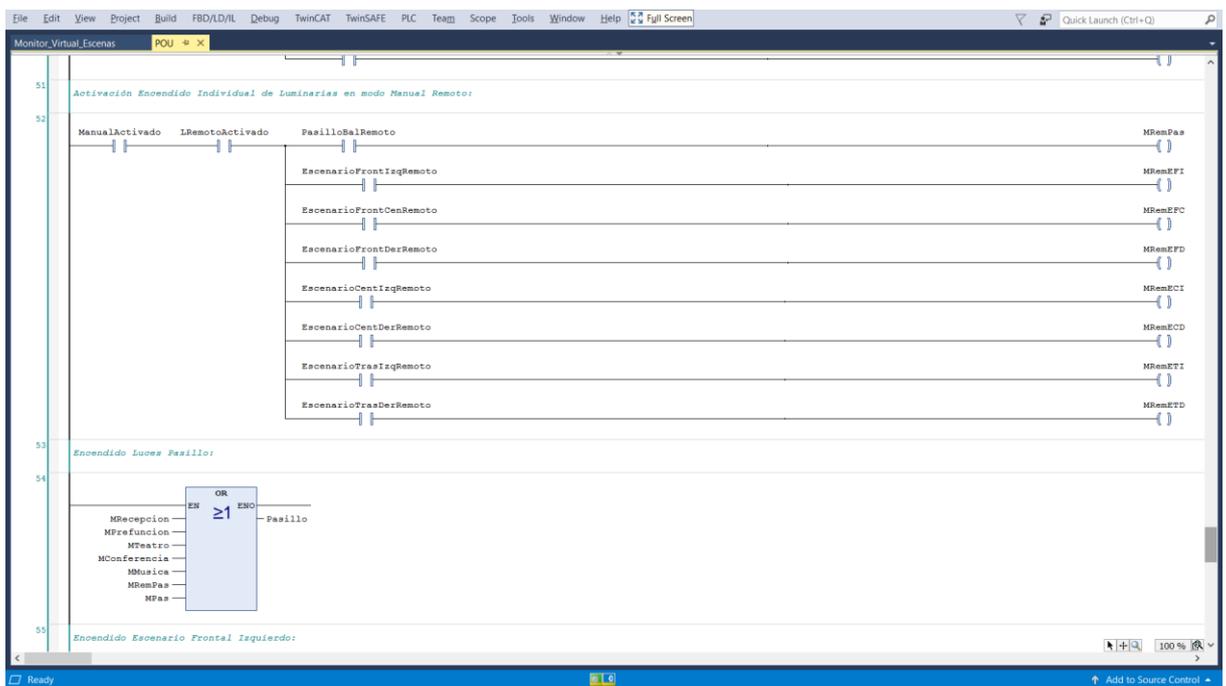
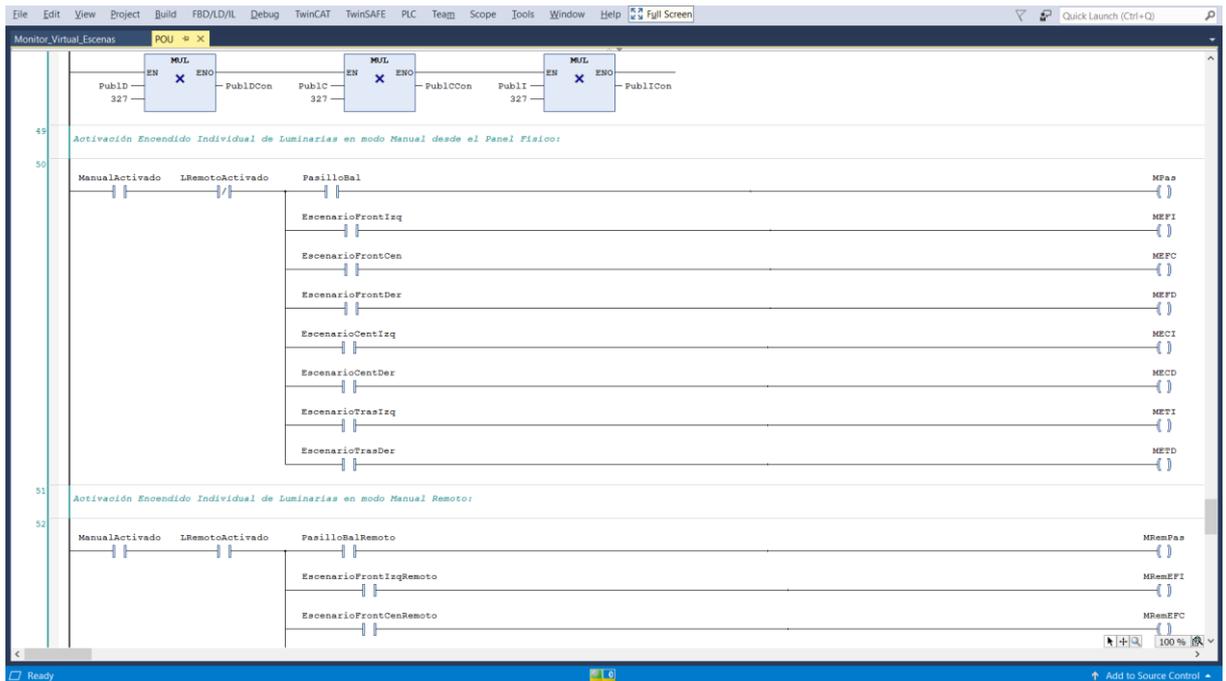


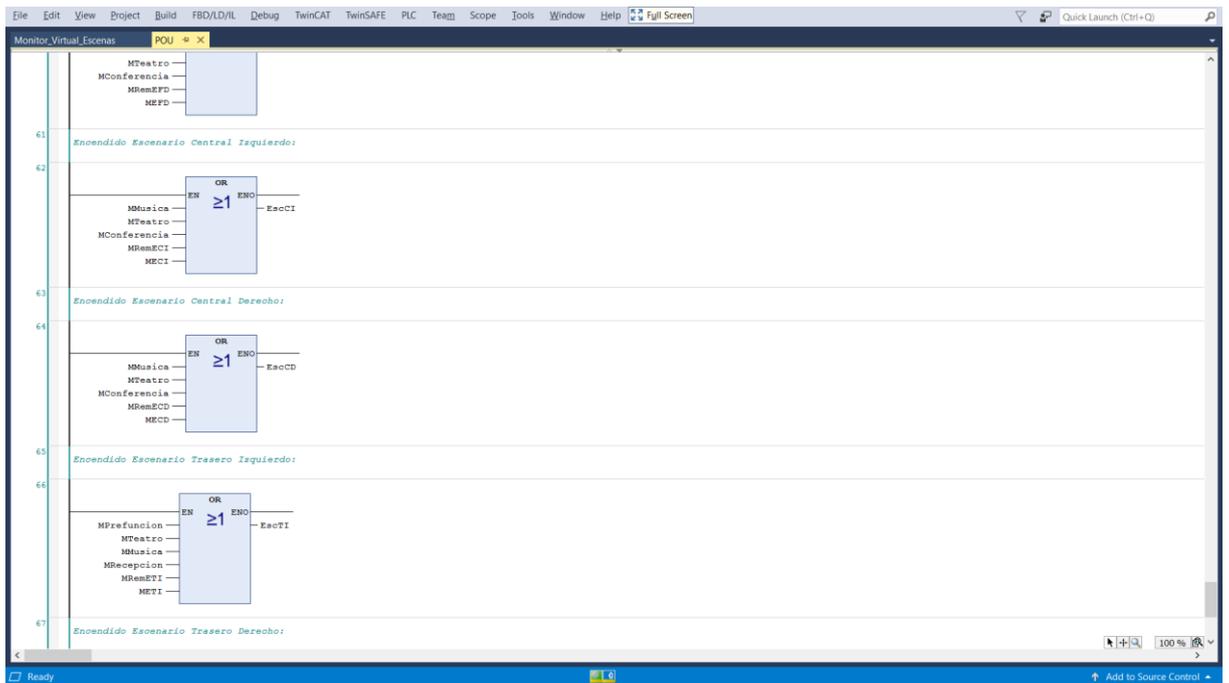
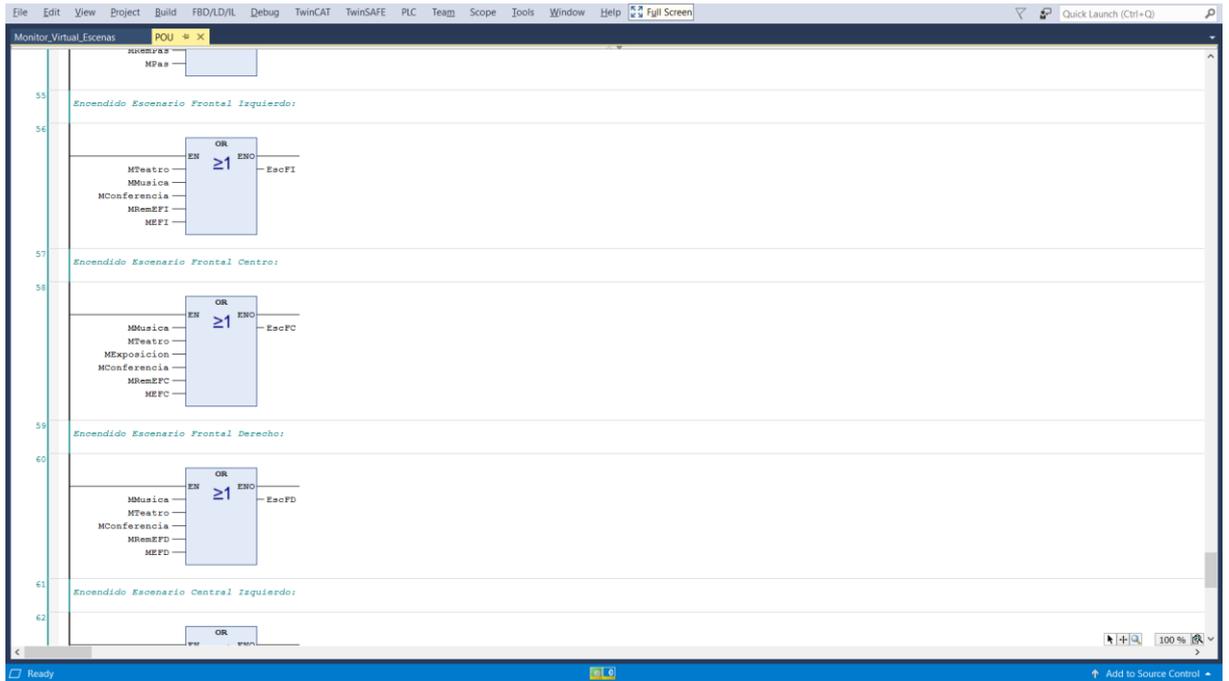


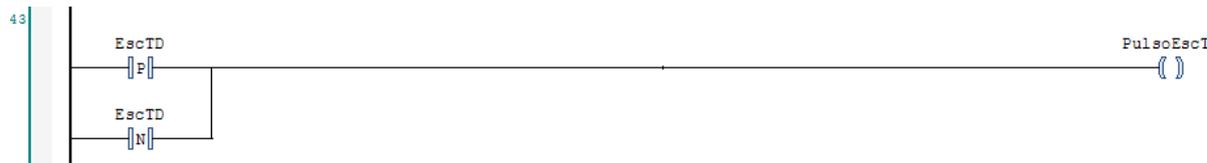
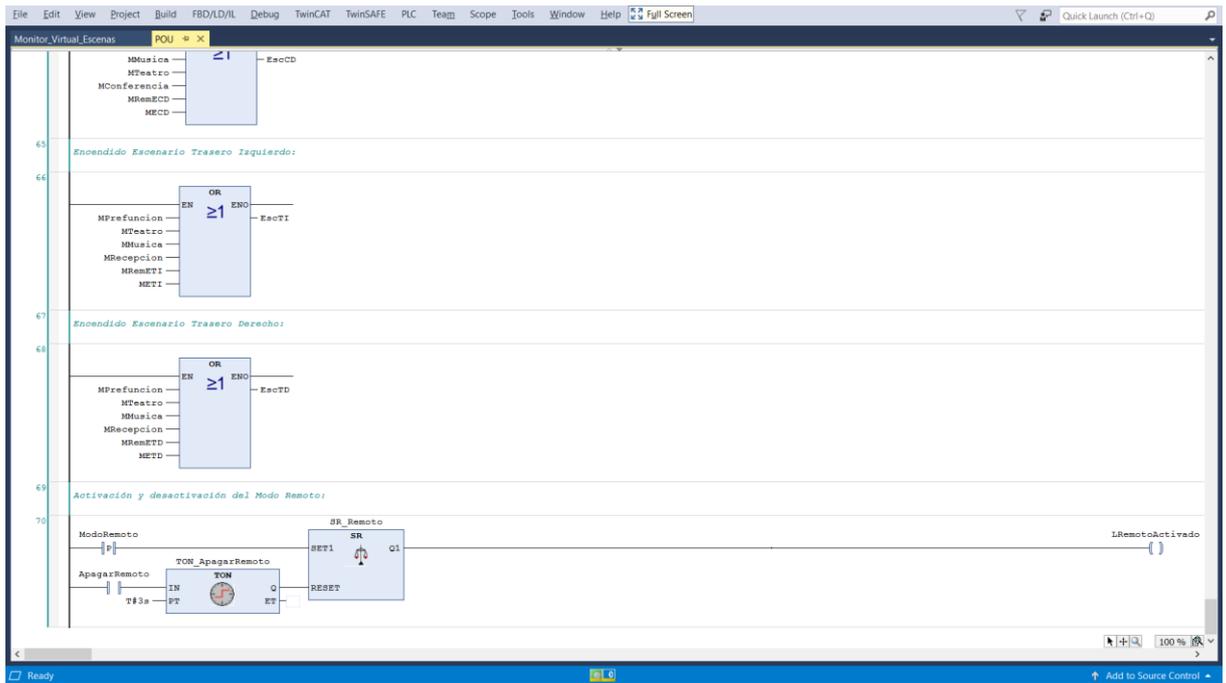












# V. ANEXO II PROGRAMAS

## 1. Programas del autómeta

### 1.1.1. TwinCAT 3

TwinCAT 3 es el programa que empleamos para la programación del PLC. También es el programa en el que se incluye el panel de control que monitorea la iluminación desde el PC a través de la visualización.

En este apartado se incluye un manual en la que se explica cómo programar en TwinCAT, explicándose qué elementos se emplean y como transferir esta programación al autómeta.

Aunque en este apartado se trate de explicar con amplitud cómo funciona el programa también se hace de forma resumida y sin entrar en todos los detalles, por tanto, si el lector requiere más información sobre cómo emplear TwinCAT 3 debe buscar en el manual original de la web de Beckhoff ([https://infosys.beckhoff.com/index\\_en.htm](https://infosys.beckhoff.com/index_en.htm)).

- **Instalar TwinCAT 3**

La instalación de TwinCAT 3 se realiza descargando el instalador desde la página web de Beckhoff (<https://www.beckhoff.com/>) en la sección "Download". Se pedirá al usuario o bien crearse un usuario o bien acceder como invitado para que nos envíen el Link de descarga al e-mail.

El ordenador en el que se instalará TwinCAT 3 debe cumplir los siguientes requisitos:

|                   |   |
|-------------------|---|
| Sistema operativo | Windows XP con SP3 (x86) o Windows 7 (x86 o x64). Sistemas operativos más recientes como Windows 8 o Windows 10 no deberían presentar problemas |
| Procesador        | Mínimo 1.6 GHz  |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Espacio en disco duro | Mínimo 3 GB de memoria libres                                     |
| Gráficos              | Adaptador que soporte DirectX9, con resolución mínima de 1024x768 |

Se recuerda que este programa actúa como complemento de Microsoft Visual Studio, por tanto si el ordenador en el cual se va a instalar TwinCAT no tiene instalado este programa, se deberá instalar previamente. Microsoft Visual Studio se puede descargar de forma segura desde la web <https://www.visualstudio.com/es/>.

Una vez terminada la instalación, ya se puede empezar a programar.

- **Crear proyecto**

En este apartado se describen los primeros pasos a seguir antes de empezar la programación del PLC.

### **Crear un proyecto**

Para empezar, se debe crear un proyecto nuevo. Para ello se elige crear “New TwinCAT Project...”. En la ventana que se nos abre le damos al proyecto un nombre y una carpeta de destino donde se guardarán de forma automática los archivos que se vayan creando relacionados con el proyecto.

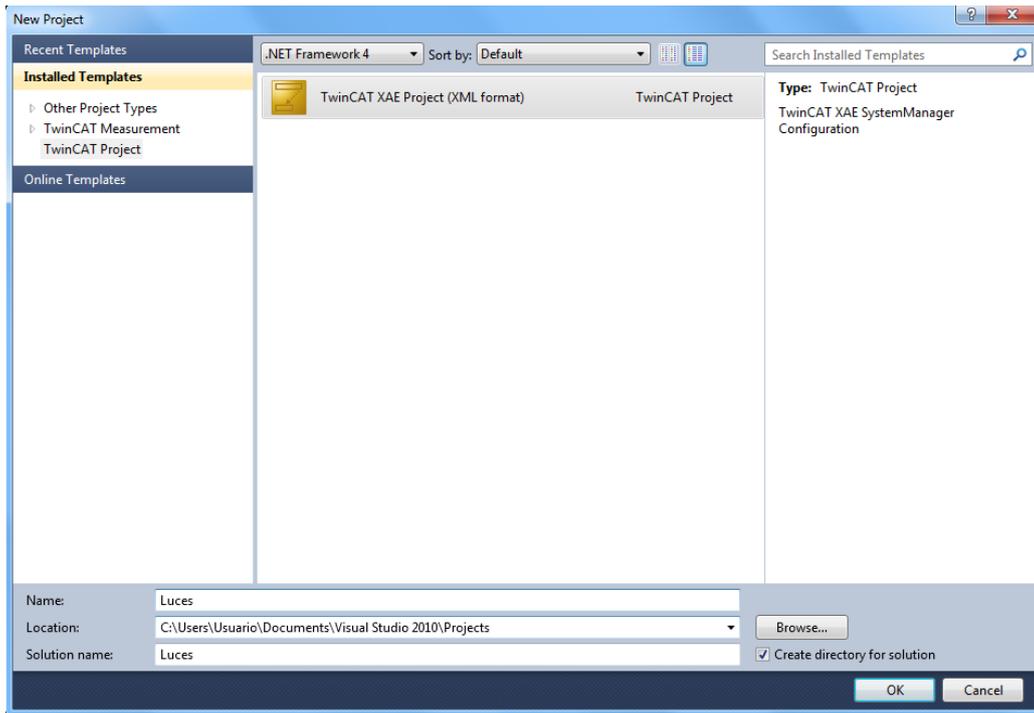


Imagen 37 Empezar proyecto en TwinCAT

### Vincular al autómata

Este proyecto debe ir vinculado a un autómata. Aunque este paso no es vital hacerlo de modo instantáneo a la creación del proyecto si se recomienda hacerlo, debido a que la programación ya se realizará siguiendo la estructura que sigue el autómata en lugar de seguir la estructura que por defecto plantea Windows para procesos simulados.

Para vincular el autómata se debe acceder a la pestaña “SYSTEM” y en la categoría “General” seleccionar el cuadro donde pone “Choose Target...”.

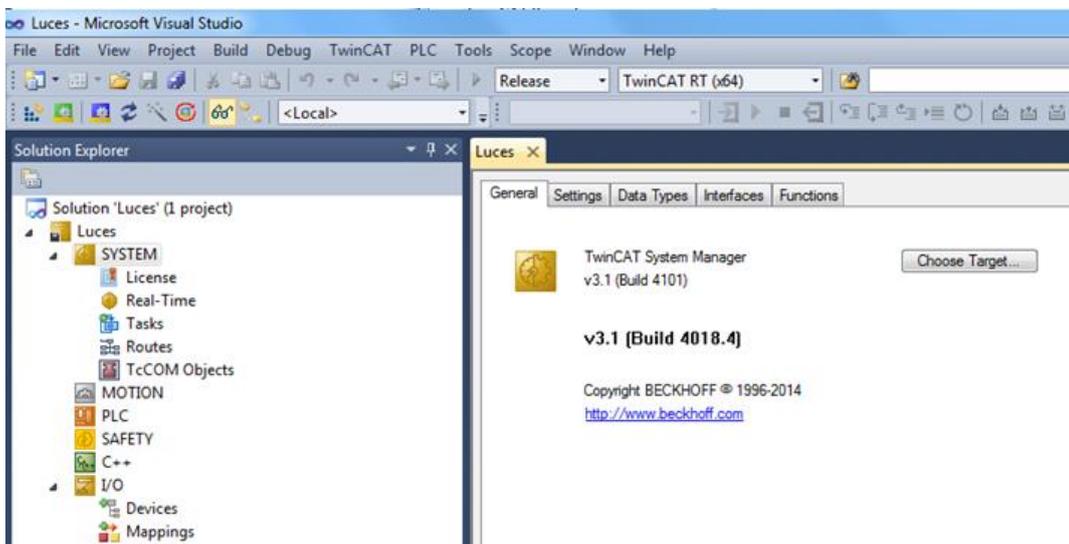


Imagen 38 menú principal de configuración del autómata

Se abre una ventana en la que se debe entrar en la opción “Search (Ethernet)”. Se abre una nueva ventana en la que se realiza la búsqueda del autómata. Es importante que el ordenador y el autómata compartan la misma LAN, pues al clicar en “Broadcast Search”, se realiza una búsqueda en el entorno de internet local. En caso de conocer el nombre de Host o la dirección IP del autómata se puede realizar la búsqueda más acotada, pero se recomienda que haga la búsqueda automática.

Una vez aparezcan en pantalla los equipos conectados a la red, seleccionamos el autómata al que queremos vincular el proyecto y se clica en el botón “Add Route”. Si la conexión se realiza bien, aparecerá una X en la columna “Connected”.

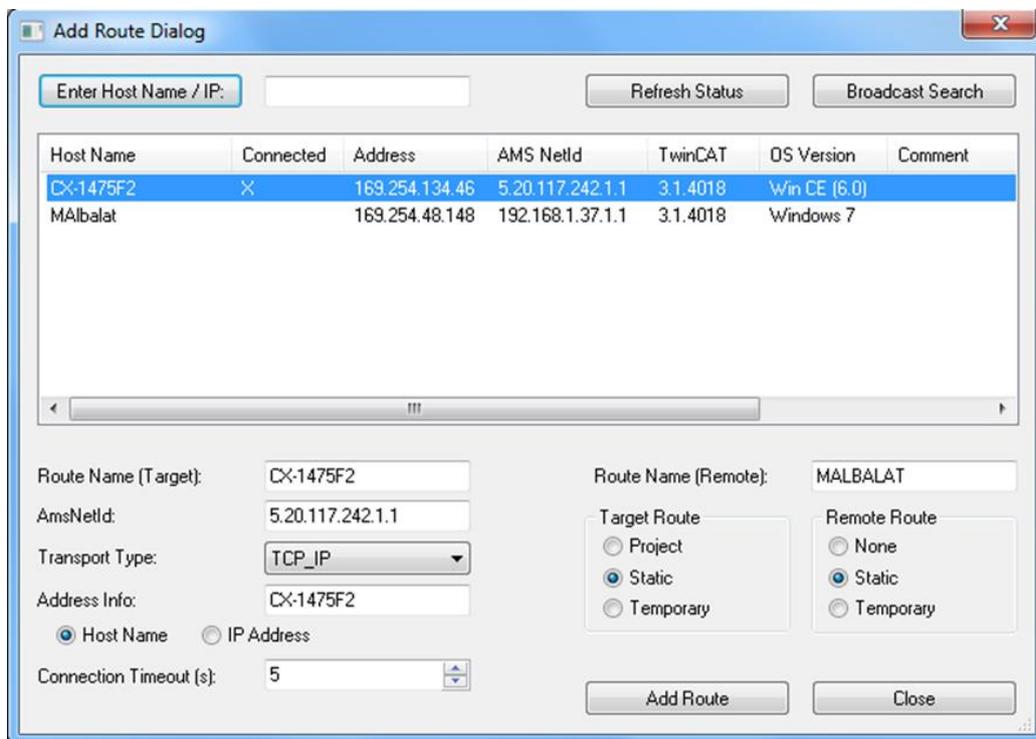


Imagen 39 Menú de vincular el PLC con el ordenador para su configuración

## Vinculación de terminales

Una vez vinculado el autómata hay que establecer conexión con los terminales que conforman las entradas y salidas. Más adelante en este documento se ofrece información más detallada sobre estos elementos del autómata.

Para crear el vínculo de los terminales del autómata con el proyecto se puede hacer de dos modos. El más cómodo es realizar un escaneo en búsqueda de estos dispositivos. Para ello, en el aparatado “I/O” la sección “Devices” se hace clic con el botón derecho del ratón y se selecciona la opción “Scan”. El sistema nos avisa que es posible que algunos terminales

puede que no se encuentren por este método de búsqueda, por tanto hay que recurrir al método manual. El método manual es buscar tanto el módulo principal como sus terminales de modo manual entre las librerías del sistema y añadirlo en los dispositivos.

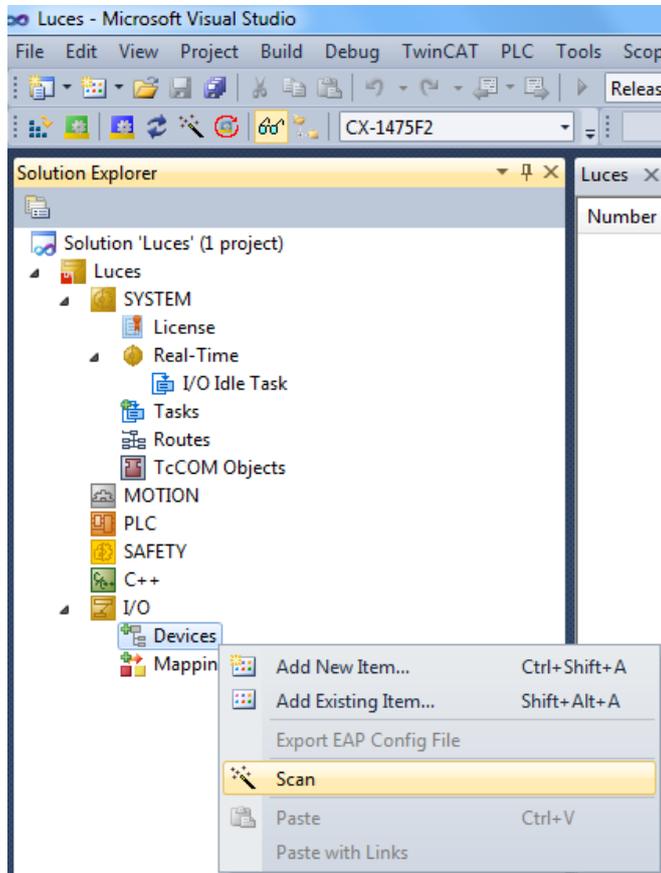


Imagen 40 Búsqueda de PLC

### ***Prueba de terminales***

Una vez fijados los terminales en el proyecto, es recomendable poner en práctica la prueba que nos sugiere el programa que recibe el nombre de “Free Run”. En esta prueba se puede verificar que tanto las entradas como las salidas funcionan según lo previsto y, por tanto, no hay problemas en las conexiones.

- ***Elementos del PLC***

En este punto se explicará los elementos que aparecen en la configuración del PLC. Se recuerda que la intención de este aparatado es solo orientativa y por tanto se explican las partes básicas empleadas en el desarrollo de los diferentes proyectos.

Al iniciar el proyecto, la pestaña PLC no tiene ningún elemento incluido. Por tanto, lo primero que habrá que hacer es crear un proyecto de PLC. Cuando creamos un nuevo PLC, el

programa ofrece la opción de incluir un PLC con los elementos que posteriormente se describirán ya incluidos o crear uno en el que no se incluye nada y, por tanto, el programador deberá incluir en caso de ser necesario.

Una vez creado el PLC, éste incluye:

### ***POU***

Siglas de “Program Organization Unit” Es la unidad básica en la que el autómata devuelve una serie de valores según las instrucciones dadas. Más adelante se explican los diferentes tipos de lenguaje que se pueden emplear para configurar el POU.

Existen tres tipos de POU:

### ***Program***

Un POU será “Program” cuando sea uno de los programas principales del PLC. Si hemos elegido el Standard PLC ya incluye un POU llamado “MAIN”, que es el programa principal y siempre va vinculado a una tarea. En los “program” se pueden incluir otros POU.

### ***Function Block***

Los bloques de funciones sirven para, cuando en un programa hay una serie de líneas que se repiten periódicamente pero se ligan a entradas y salidas distintas, englobarlas en un bloque y que el programa principal quede más descargado.

A los bloques de funciones se les puede añadir tantas entradas y salidas como se requiera.

### ***Function***

Las funciones actúan de forma similar a los bloques de función con la particularidad de que solo devuelven un valor, es decir, solo hay un valor de salida.

### ***Task***

Las tareas son las órdenes que el autómata ejecuta. Estas tareas se referencian a un programa. En un autómata con varios PLC o varios programas, se puede fijar cuál de ellas debe recibir mayor preferencia.

## **Visualization**

Las llamadas visualizaciones actúan como un panel de control. Actúa como un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), en el que el usuario cuenta con los mandos del programa y puede controlar la acción del progreso desde el ordenador.

A diferencia de otros elementos del POU, la visualización no estrictamente necesaria crearla, debido a que en algunos procesos no hará falta contar con este tipo de panel de control y el funcionamiento del programa no depende de su existencia.

## **References**

Lo que TwinCAT llama referencias son las librerías. Es vital incluir las librerías correctas pues sin ellas el autómatas no sabrá leer las líneas de código. En el PLC Estándar por defecto incluye las librerías básicas para las órdenes más habituales en un autómatas. Si empleamos funciones que no quedan recogidas en estas librerías, al compilar el programa saldrán mensajes de error.

- **Lenguajes de POU**

Tal como se ha comentado en el apartado anterior, los POU no tienen una forma única de ser programados. TwinCAT da la opción de programar en diferentes tipos de lenguaje. Según la ocasión y las preferencias del usuario, será más recomendable crear el programa en un lenguaje u en otro.

A continuación, una breve explicación de en qué consisten los lenguajes que es más habitual emplear:

### **Ladder Logic Diagram (LD)**

En el lenguaje de lógica de contactos se crean líneas de código en las que se emplean contactos y bobinas como actuadores principales. Se pueden incluir bloques de función ya sea creados por el usuario o de los que se disponen en las librerías del programa.

### **Function Block Diagram (FBD)**

En este tipo de esquema se colocan los bloques de función sobre el fondo de trabajo. Estos bloques tienen diferentes entradas y salidas. El programa cuenta con bloques de función predeterminados del tipo "Set/Reset", contadores y temporizadores así como operadores lógicos de suma, resta o comparadores.

## Structured Text (ST)

En este tipo de lenguaje la programación se realiza con órdenes similares a las que se emplean en lenguajes informáticos como Java o C++. En caso de haber creado el PLC estándar, el POU principal llamado "MAIN" que viene ya creado utiliza este tipo de lenguaje. En caso de no tener claro cómo crear las instrucciones en este lenguaje pero se prefiere crear el PLC estándar por comodidad, se puede crear otro POU con el lenguaje que más nos guste y luego que el programa MAIN lo ejecute.

## Secuencial Function Chart (SFC)

En este tipo de lenguaje se colocan bloques en orden descendente que actúan modo de puertas lógicas. En cada bloque que coloquemos se crear una instrucción que irá ligada a alguna variable. En cierto modo se podría decir que es una mezcla de los lenguajes FBD y ST.

- **Configurar POU**

Una vez creado el POU hay que programarlo. Es evidente que según el tipo de esquema que hayamos elegido, la forma de programar las instrucciones tendrá sus particularidades. Pero hay un elemento que es común en los distintos tipos de escritura y en todos los casos se programará de forma igual: las variables.

Cuando creamos una variable en TwinCAT se abre un cuadro de diálogo en el que se deben fijar los datos de la variable.

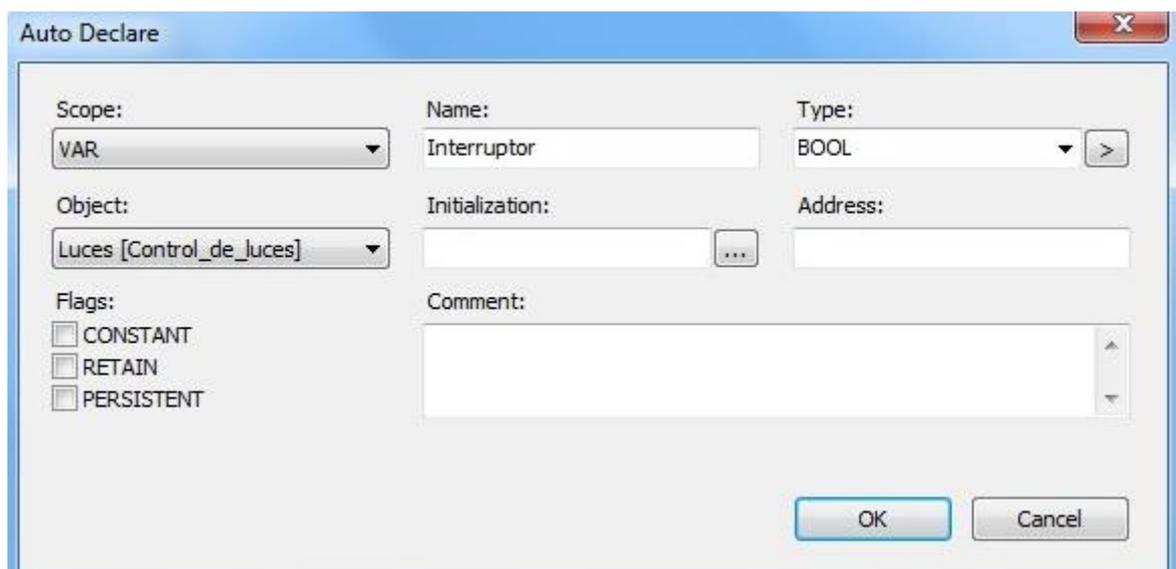


Imagen 41 Menú de configuración de variables

- ***Tipos de variables***

Empezando por la izquierda superior de la imagen, encontramos el primer campo a determinar de la variable llamado Scope. En este campo se selecciona el tipo de variable que es a elegir entre:

### ***VAR***

Este valor se emplea para determinar variables de tipo interno, es decir un valor de memoria. Estos valores por tanto no se vinculan con ningún dispositivo de entrada ni de salida.

### ***VAR\_INPUT***

Se emplea este valor para determinar las variables que son exclusivamente de entrada. Estas variables se vincularán a algún tipo de terminal de entrada que permita modificar su valor.

### ***VAR\_OUTPUT***

Este valor es utilizado para determinar las variables que son solo de salida. Son los valores que el POU devuelve según lo programado y se vinculan a los terminales de salida que les corresponda.

### ***VAR\_IN\_OUT***

Este tipo de variables normalmente pasan a través de un bloque de función y pueden ser a su mismo tiempo de entrada como de salida.

### ***VAR\_TEMP***

Estas son variables cuya particularidad es que son valores de tiempo. Solo se pueden emplear para variables que se midan en segundos o cualquier tipo de medida temporal (minutos, horas, días...) y solo son accesibles dentro del programa o del bloque de función.

### ***VAR\_STAT***

Se trata de variables que el programa llama estáticas. Se emplean para su valor solo es accesible en el espacio de programación y su uso está reservado a variables de contadores. Mantienen su valor aunque el POU deje de ser ejecutado.

### ***VAR\_GLOBAL***

Si una variable va a ser empleada en varios POU, se debe declarar como variable global.

- **Nombre de la variable**

La variable debe recibir un nombre que cumpla con el estándar de programación IEC 61131-3, que dicta que no se pueden emplear símbolos del teclado empleados en direccionamientos u otros comandos internos así como evitar nombres de variables internas del programa. Se aconseja que su nombre sea breve pero clarificador. En caso de que el programador quiera añadir información de la variable porque en el nombre no queda claro, esto se puede hacer en la parte “Comment”.

- **Tipos de valores de las variables**

En el apartado “Type” se define qué tipo de valor es la variable en cuanto su naturaleza de cantidad de datos. En la tabla siguiente se recogen los tipos de variable que más se emplean:

| <b>Nombre</b>        | <b>Característica</b>   | <b>Tamaño</b>                                 |
|----------------------|---|---|
| <b>BOOL</b>          | Alterna valores TRUE/FALSE  | 1 byte  |
| <b>BYTE</b>          | Valores numéricos entre 0 y 255   | 1 byte  |
| <b>DATE</b>          | Valores que indican fecha. Valor máximo de precisión segundo. Comprende valores entre 01/01/1970 y 02/06/2106 | 4 bytes (internamente se registra como DWORD) |
| <b>DATE_AND_TIME</b> | Igual que variable date pero incluye en el formato visual las horas, minutos y segundo                        | 4 bytes                                       |

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| <b>DINT</b>  | Valores numéricos entre<br>-<br>2.147.483.648 y<br>2.147.483.647  | 4<br>bytes   |
| <b>DWORD</b> | Valores de texto cuyo valor numérico equivalente esté comprendido entre 0 y<br>4.294.967.295                              | 4<br>bytes   |
| <b>INT</b>   | Valores numéricos enteros entre<br>-32.768 y -<br>32.767  | 2<br>bytes   |
| <b>LINT</b>  | Valores numéricos entre<br>-<br>9.223.372.036.854.77<br>5.808 y<br>9.223.372.036.854.77<br>5.807                          | 8<br>bytes (no es posible su lectura en TwinCAT PLC) |
| <b>LREAL</b> | Valores numéricos entre<br>~ -<br>1.79769313486231x1<br>0 <sup>308</sup> y<br>~<br>1.79769313486232x1<br>0 <sup>308</sup> | 8<br>bytes   |

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>LTIME</b>            | Variable de temporizadores TON, TOF y LTP  | 8 bytes   |
| <b>LWORD</b>            | Cadena de valor numérico   | 8 bytes   |
| <b>REAL</b>             | Números racionales entre $\sim -3.402.823 \times 10^{38}$ y $\sim 3.402.823 \times 10^{38}$          | 4 bytes   |
| <b>SINT</b>             | Números racionales entre -128 y 127  | 1 byte  |
| <b>STRING</b>           | Recoge una cadena de caracteres  | Depende de la longitud de la cadena<br>Por defecto emplea 80 bits |
| <b>TIME</b>             | Duración de tiempo, la cifra significativa máxima es el milisegundo. Valor máximo de 7.1582m47s295ms | 4 bytes (se almacena como DWORD)                                  |
| <b>TIME_OF_D<br/>AY</b> | Similar al tipo TIME, en este caso la división incluye las   | 4 bytes   |

|              |   |            |
|--------------|---|------------|
|              | horas. Valor máximo<br>1.193:02:47.295  |            |
| <b>UDINT</b> | Números<br>enteros desde 0 hasta<br>4.294.967.295   | 4<br>bytes |
| <b>UINT</b>  | Números<br>enteros desde 0 hasta<br>65.535  | 2<br>bytes |
| <b>USINT</b> | Números<br>enteros desde 0 hasta<br>255   | 1<br>byte  |
| <b>WORD</b>  | Almacena<br>datos transformados<br>en valor numérico. El<br>valor equivalente<br>máximo es 65.535 | 2<br>bytes |

### **Object**

En este apartado se selecciona en qué POU se encuentra la variable que se está configurando. Si la variable va a emplearse simultáneamente en varios POU se recuerda que se debe marcar como variable global.

### **Valor de inicio**

Si en nuestro programa alguna de las variables debe partir con un valor determinado por defecto, en la casilla "Initialization" se debe escribir cual es el valor que el programa marcará como predeterminado cada vez que se inicie.

### **Dirección**

En la sección "Adress" se indica en qué lugar de la memoria se memoriza la variable que se está programando. Para que el programa entienda en qué lugar de la memoria se desea guardar la variable hay que escribirla del modo siguiente:

`%<range prefix><size prefix><number|.number|.number....>`

En el primer conjunto, “range prefix”, se indica qué tipo de variable de variable es y se representa por las siguientes letras:

| LETRA | USO  |
|-------|--|
| I     | VARIABLES ligadas a un terminal de entrada                                   |
| Q     | VARIABLES ligadas a un terminal de salida                                    |
| M     | VARIABLES almacenadas en la memoria sin tener vínculo directo con terminales |

En el segundo conjunto, “size prefix”, se identifica el tamaño de la variable y, por tanto, el volumen de memoria que ocupará. Como en el caso anterior, también se representa por letras:

| LETRA | TAMAÑO                            |
|-------|-----------------------------------|
| X     | 1 bit (equivale a la 1/8 de Byte) |
| B     | 1 Byte                            |
| W     | 2 Bytes                           |
| D     | 4 Bytes                           |

Los siguientes conjuntos llamados “number” indican la casilla de memoria en la que se guarda la variable. A la hora de numerar las variables hay que tener en cuenta el tamaño que estas tengan con tal de evitar solapamientos de datos, ya que, por ejemplo las variables de tamaño W emplean su fila de Bytes y la siguiente. En el caso de variables de tamaño X, el número anterior al punto indica su fila y el número posterior el Byte específico dentro de la fila.

## Flags

Como se observa en la imagen, en la izquierda hay tres casillas que se pueden marcar. Estas tres casillas permiten designar una característica especial a la variable en cuanto su valor. Estas tres casillas realizan lo siguiente:

| CASILLA    | ACCIÓN   |
|------------|--|
| CONSTANT   | Marca el valor como fijo   |
| RETAIN     | Devuelve el valor original a la variable después de realizar un ciclo de trabajo |
| PERSISTENT | Similar a la casilla RETAIN, causa menos errores                                 |

## Comment

Tal como se ha dicho en el apartado “Name”, si se quiere añadir información sobre la variable se realiza en este campo. Resulta útil en programas complejos en los que las variables reciben nombres breves y numerados, pues ayuda al programador a saber cuál es el propósito de la variable.

- **Vincular variables y terminales**

Cuando se termina de programar el POU, se debe compilar el proyecto. Si durante la compilación se detectan errores, la compilación será fallida y se deberá revisar las líneas en las que el sistema detecta tales errores. Si por el contrario la compilación es correcta, se puede observar que en el apartado de PLC, junto al apartado donde se ubican el POU, la tarea principal, las referencias y las visualizaciones, aparece un nuevo apartado en el que se engloban tanto las variables de entrada como las de salida empeladas en la tarea principal.

Estas variables se deben vincular al terminal físico correspondiente para que el autómatas relacione las señales físicas con la programación. Ya sea en este apartado en la pestaña del PLC como en la pestaña de cada terminal, la vinculación se realiza eligiendo ligando ambos elementos.

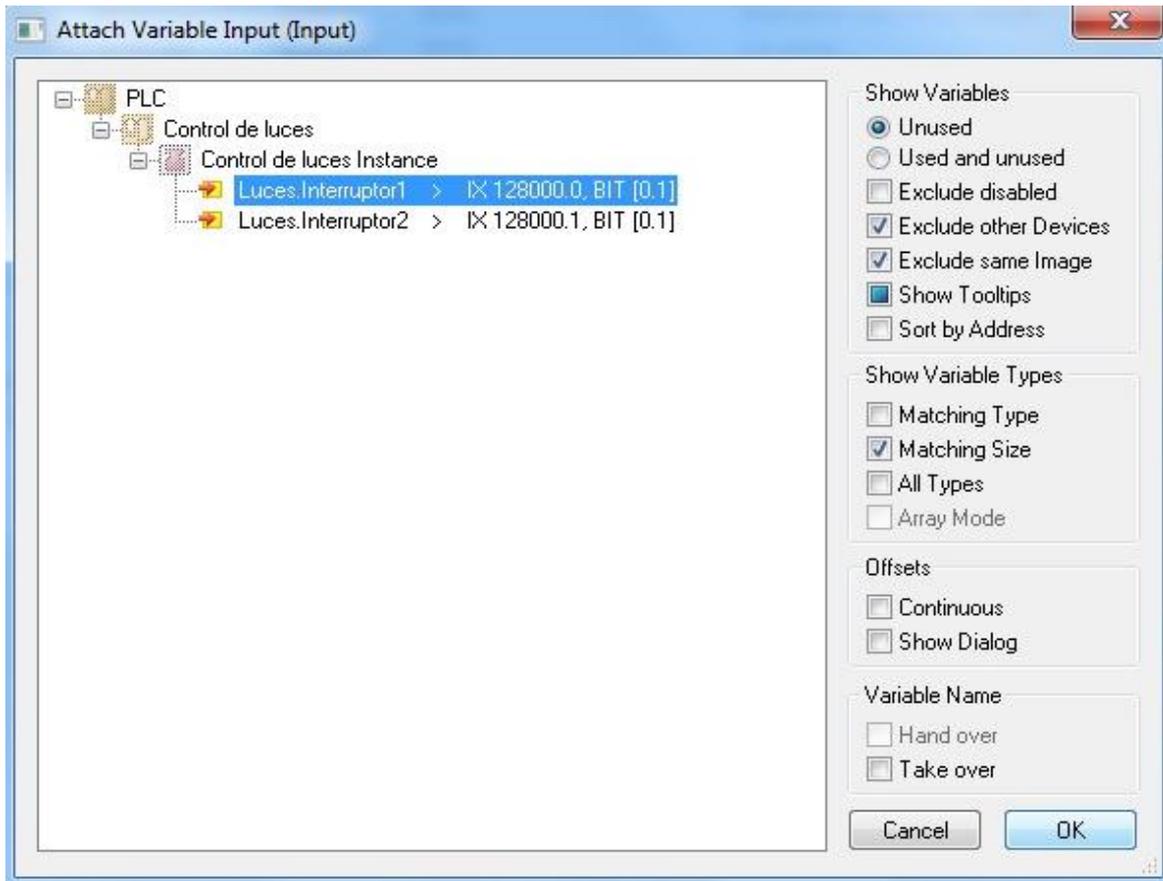


Imagen 42 Menú de configuración elementos de entrada

Una vez vinculadas las variables con los terminales correspondientes, se compila de nuevo el proyecto. En esta ocasión, tras la compilación ya se puede transferir el archivo al autómatas y ejecutarlo.

- **Configurar OPC UA**

En este proyecto se hace uso de la conexión entre sistemas que emplea el protocolo OPC UA. Es una versión actualizada de los sistemas OPC (OLE- Object Linking and Embedding – Process Control) que permite la conexión entre sistemas con diferentes arquitecturas internas, de ahí la etiqueta UA – Unified Architecture. Este tipo de conexión hace uso del protocolo de internet TCP/IP, que garantiza que la conexión entre los diferentes sistemas comunicados es solvente y, en caso de existir errores, estos se notifican.

La relación entre los diferentes dispositivos se basa en la comunicación tipo Servidor-Cliente. En este caso el Servidor será el que tenga las variables y el programa instalados y el Cliente que se conecte tendrá acceso a las variables que se habiliten para ello.

En este apartado se explicarán los pasos a seguir tanto para instalar como para configurar la conexión OPC UA en el Beckhoff CX-5020.

### ***Instalación***

El autómata por defecto solo lleva instalados los controladores necesarios para llevar a cabo procesos automatizados básicos con entradas y salidas accesibles mediante los terminales descritos posteriormente en el apartado de terminales del Beckhoff CX-5020. Por tanto se debe instalar el controlador necesario para este tipo de comunicación.

El controlador para la comunicación OPC UA debe solicitarse en el sitio web oficial de Beckhoff y, vía e-mail, se nos hará llegar el instalador.

Este complemento se instala en primer lugar en el PC donde esté instalado el TwinCAT 3. Automáticamente las librerías necesarias para emplear el OPC UA se instalarán. Además, en el equipo se instalan dos programas: OPC UA Configurator y OPC UA Server. De ambos programas se hablará con más detalle en apartados posteriores donde, especialmente el configurador, se deberán emplear.

El segundo paso es instalar el controlador en el autómata. Para ello es necesario transferir el archivo OPC UA Server que viene en la instalación anterior al autómata. Se puede introducir este archivo en una memoria Flash, pero como menos problemas habrá para realizar esta transferencia es mediante FTP.

El autómata se puede habilitar como servidor para este tipo de transferencia de archivos (más adelante en el apartado CERHOST se explicará cómo entrar en la configuración interna). Una vez transferido el archivo, se accede a él y se instala en el autómata.

### ***Habilitar variables***

Una vez realizada la instalación de los controladores es turno de configurar las variables que deseamos que sean accesibles para el dispositivo conectado mediante OPC UA. Habilitar una variable para que sea visible desde un dispositivo cliente es tan sencillo como en el apartado “Attributes” se debe incluir

el siguiente texto según el tipo de acceso que se desea permitir:

| <b>Propiedad</b> | <b>Etiqueta</b> | <b>Significado</b> |
|------------------|-----------------|--------------------|
|------------------|-----------------|--------------------|

|                                    |                          |   |
|------------------------------------|--------------------------|---|
| <b>Acceso de datos<br/>(DA)</b>    | 'OPC.UA.DA':='0'         | Desactiva la variable para OPC UA, la variable no será visible en ningún espacio UA   |
| <b>Acceso de datos<br/>(DA)</b>    | 'OPC.UA.DA':='1'         | Activa la variable para OPC UA, la variable será visible en espacios UA   |
| <b>Acceso de datos<br/>(DA)</b>    | 'OPC.UA.DA.Access':='x'  | Marca la disponibilidad de la variable según el valor de x:<br><br>0 = Invisible<br><br>1 = Solo lectura<br><br>2 = Solo escritura<br><br>3 = Lectura y escritura |
| <b>Acceso a historial<br/>(HA)</b> | 'OPC.UA.HA':='1'         | Permite el acceso al historial de la variable. Debe ir acompañada de la etiqueta 'OPC.UA.DA':='1'   |
| <b>Acceso a historial<br/>(HA)</b> | 'OPC.UA.HA.Storage':='x' | Define donde se almacena el historial de la variable según el valor de 'x'<br><br>1 = Memoria<br><br>2 = Archivo  |

|                                |                          |   |
|--------------------------------|--------------------------|---|
|                                |                          | <p>3 = Base de datos Compacta SQL</p> <p>4 = Base de datos en servidor SQL</p>                |
| <b>Acceso a historial (HA)</b> | 'OPC.UA.HA.Storage':='x' | Define la frecuencia con la que se almacena el valor de variable, siendo 'x' el tiempo en ms. |
| <b>Acceso a historial (HA)</b> | 'OPC.UA.HA.Buffer':='x'  | Define el número máximo de valores guardados en la memoria, siendo 'x' el valor máximo        |

### Configurar Servidor

Una vez configuradas las variables, el siguiente paso es configurar el Servidor. Los datos del servidor OPC UA se recogen en un fichero de texto llamado ServerConfig.xml. En caso de conocer los parámetros a modificar, se puede acceder a este archivo a través del autómatas y realizar las modificaciones pertinentes, aunque la modificación de estos datos resulta más cómoda realizarla desde el programa OPC UA Configurator.

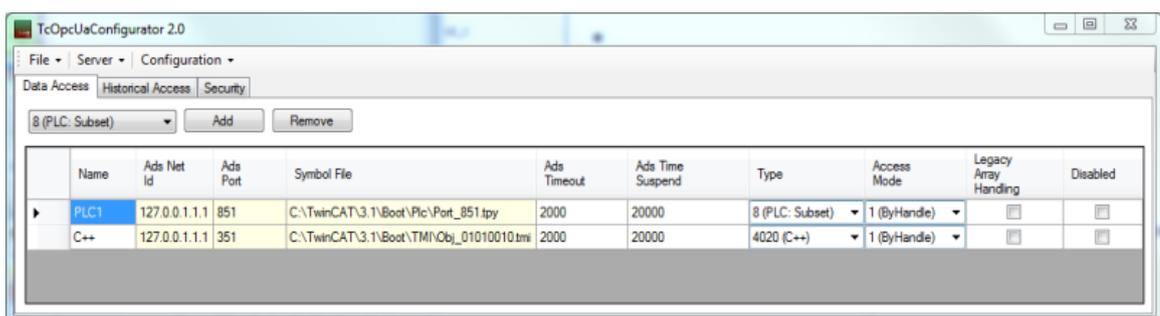


Imagen 43 Configuración de Servidor OPC UA

En este programa, se debe relacionar la configuración que queremos introducir al Servidor con el fichero TMC que se transfiere al autómatas en TwinCAT. Como se ve en la imagen anterior, existen 3 pestañas de actuación. En la pestaña "Security" debemos

asegurarnos de que el Cliente que conectamos cuenta con el permiso del Servidor para conectarse, de lo contrario la conexión se rechazará.

Para ver si esta configuración se ha realizado correctamente se puede emplear el OPC UA Sample Client. Introduciendo la dirección tcp.ip del autómata este programa debe ser capaz de conectar con el Servidor y acceder a las variables que hayan sido habilitadas para tal propósito.

## 2. App

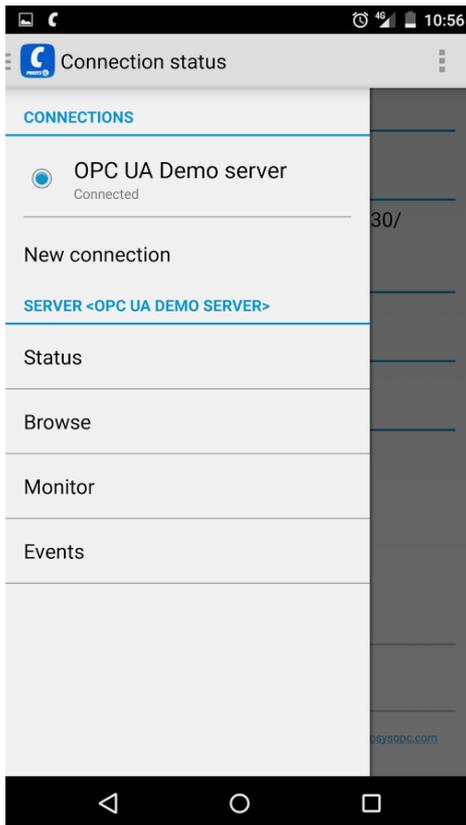
En el dispositivo móvil se instalará la aplicación que funciona como cliente en el sistema OPC UA. Tanto en la iStore, servicio de Apple, como en la Play Store, servicio de Google para Android, existen diferentes aplicaciones móviles para tabletas y móviles.

Cualquiera de las aplicaciones disponibles en ambas plataformas son válidas para la comunicación con el autómata, pero en este proyecto se ha optado por instalar la aplicación PROSYS OPC UA Client. Aún así, también se hará una breve mención a otra App que funciona con resultados muy positivos como es la Tesla Client.

### 2.1.1. Prosys

Uno de los motivos por los que se ha empleado esta aplicación es porque en la versión de prueba del producto tenemos disponibles los comandos suficientes para probar que el proyecto funciona, dado que las limitaciones impuestas por la empresa desarrolladora afectan solo al número de nodos que se pueden crear y al tiempo de ejecución de la aplicación. En caso de querer adquirir la versión definitiva de la App, es necesario contactar con el desarrollador.

La aplicación funciona de forma similar al Sample Client que se ha empleado anteriormente. En este caso particular, el primer paso es crear una nueva conexión. Se requerirá la dirección tcp.ip del servidor. Una vez se complete la instalación, se puede acceder a las variables en el submenú correspondiente.



*Imagen 44 Menú principal App Prosys*

Seleccionando una variable de entrada, se puede modificar su valor. En el caso de las entradas tipo booleano este valor oscilará entre 0 y 1. En el caso de las analógicas se debe introducir un valor que sea apto para el programa que se está ejecutando. En este caso concreto las variables que determinan la intensidad de los proyectores sobre el público se ha establecido que el valor oscile entre 0 y 100.

En caso de seleccionar una variable de salida, se puede comprobar el valor que tiene en el instante en el que se observa. En caso de querer observar valores pasados, la variable de salida debe estar configurada para este fin.

Esta aplicación siempre se mantiene en segundo plano en caso de abrir alguna otra aplicación de forma simultánea. Por tanto, la conexión del Cliente con el Servidor no se cerrará salvo hasta que el usuario lo exprese de forma explícita. Además, cuando el usuario va a cerrar la App se requiere una confirmación por parte del usuario, con lo que un cierre involuntario de la aplicación es difícil que ocurra.

### 2.1.2. Tesla Client

La aplicación Tesla Client proviene de otro desarrollador, pero el funcionamiento es bastante similar a la aplicación de Prosys. En esta además es posible crear visualizaciones dinámicas del sistema, aunque esto lleva más tiempo hacerlo.

Esta aplicación la versión de prueba cuenta con un tiempo limitado de ejecución y de días hábiles para realizar pruebas, por tanto el usuario debe probarla de una forma más exhaustiva para comprobar si realmente quiere emplear esta App de forma definitiva.

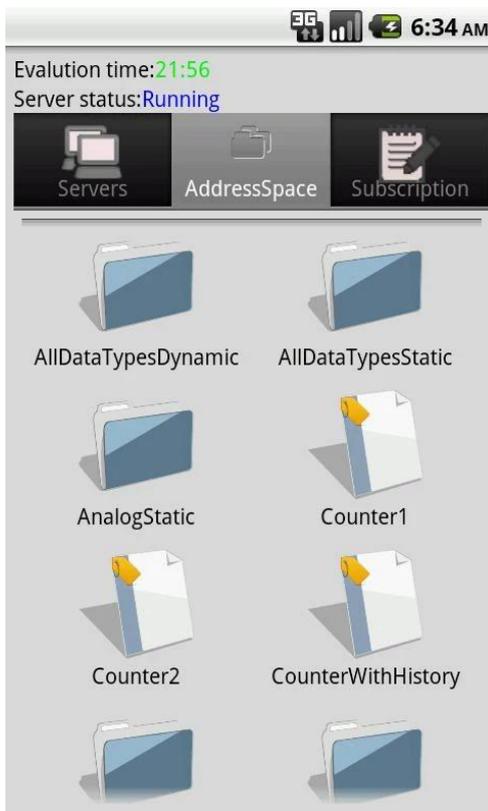


Imagen 45 Menú principal App TeslaSCADA

### 2.1.3. Crear una App

Otra opción de la que dispone el usuario en caso de no contentarse con las disponibles en el mercado es crear una App propia. Esto es más sencillo en Android, puesto que emplea lenguaje Java cuyo código es abierto.

Esta opción se ha descartado en este proyecto dado la complejidad de la tarea, que podría constituirse un proyecto propio y más adecuado para un ingeniero informático que para uno eléctrico. Aun así, con el programa Eclipse se pueden crear App's a medida del usuario.



Esta opción puede ser más complicada en caso de ser usuarios de Apple, pues sus dispositivos trabajan con un código propio y en este caso no es de dominio público, aunque el lenguaje C++ puede ser válido. Otro punto de controversia en caso de querer desarrollar la App para un dispositivo de Apple será la instalación en el dispositivo, pues deberá estar conforme con la normativa de Apple.

# VI. ANEXO III COMPONENTES

## 1. Beckhoff CX-5020

Es el autómatas que empleamos en este proyecto y en este apartado se explicarán cuales con sus características tanto a nivel de hardware como software. También se incluirá una breve explicación sobre cómo realizar una conexión remota al autómatas para realizar algún cambio en su configuración interna mediante el CERHOST.

### 1.1. Especificaciones técnicas

Este autómatas tiene una estructura interna semejante a un ordenador, con un núcleo interno y sus elementos periféricos. El elemento principal de su núcleo es un procesador Intel Atom Z530 de 1.6 GHz acompañado por una memoria RAM de 512 MB. También cuenta con un tarjetero en el que se emplaza una memoria Flash de 128MB así como una batería interna.

El autómatas cumple con los estándares EN 60068-2-6 y EN 60068-2-27 que hacen referencia a la resistencia al impacto así como la resistencia a las vibraciones. También cumple los estándares EN 61000-6-2 y EN 61000-6-4 que hacen referencia a la contaminación electromagnética, de modo que el autómatas ni interfiere ni es interferido por campos electromagnéticos ajenos dentro del rango que exige la norma.

El índice de protección contra humedad y polvo es IP20, por tanto el equipo se deberá ubicar en un lugar donde no haya ningún exceso de humedad y polvo. Para evitar sobrecalentamientos del sistema, el entorno del sistema no debe superar en ningún caso los 55 °C y se instalará sobre los raíles en orientación vertical, tal como se muestra en la imagen X, con tal de facilitar los flujos convectivos que aseguren su correcta refrigeración. En caso de que se sospeche que esta temperatura se pueda superar, se deberán instalar ventiladores

externos que favorezcan la refrigeración.

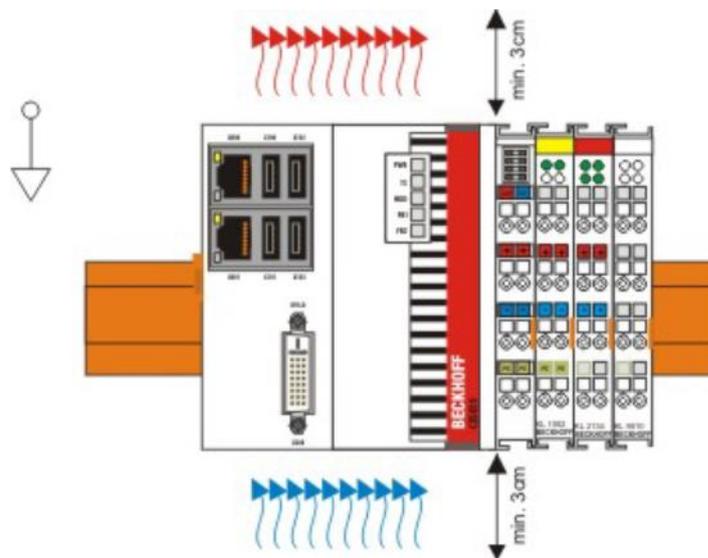


Imagen 46 Requisito de refrigeración del CX-5020

## 1.2. Fuente de alimentación

El autómata debe conectarse a una tensión de 24 V de corriente continua. Esta fuente de alimentación debe ser capaz de poder proporcionar 4 A para garantizar el correcto funcionamiento del módulo principal de la CPU y los terminales. La conexión se realiza siguiendo el esquema de la imagen siguiente.

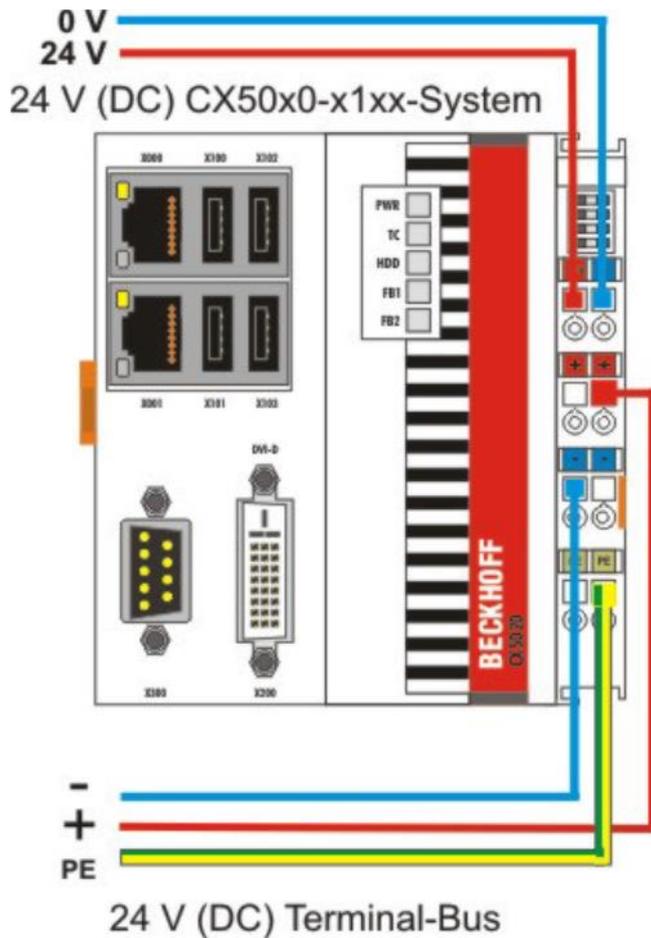


Imagen 47 Detalle de conexionado eléctrico del CX-5020

### 1.3. Software

El autómatas tiene la particularidad de contar con un sistema operativo. Este sistema es el Windows CE 6.0. Este sistema tiene similitudes con el Windows Xp, pero con las funcionalidades específicas para el autómatas. Este sistema operativo trabaja conjuntamente con el TwinCAT instalado en el autómatas para ejecutar correctamente el programa que le instalemos.

### 1.4. Hardware

Tal como vemos en la siguiente ilustración, el autómatas cuenta con una serie de puertos como los que se pueden encontrar en un PC. A continuación, se numeran los puertos con los que cuenta el autómatas, así como su uso, además del significado de los 5 leds que hay en el autómatas:

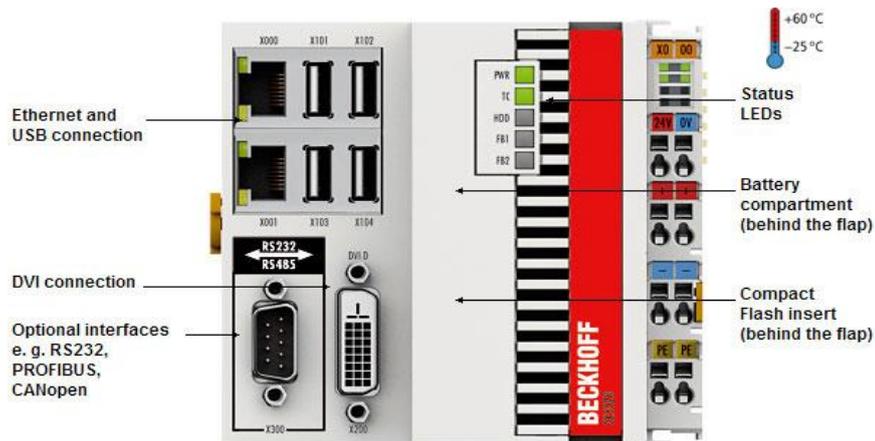


Imagen 48 Conexiones del CX-5020

- 2 puertos LAN- Los puertos X000 y X001 sirven para conectar el autómata a una LAN, Local Area Network (red de ámbito local). Ambos puertos trabajan de forma independiente. El led superior que se encuentra en cada puerto se enciende de color amarillo e indica que el autómata tiene conexión a la red a través de ese puerto. El led inferior parpadea en caso de haber transferencia de datos, de color verde si la velocidad es de 10 o 100 Mbit o de color rojo se la transmisión es a 1000Mbit.
- 4 puertos USB- Los puertos X100, X101, X102 y X103 son puertos tipo USB y sirven para conectar elementos periféricos como ratones, teclados, pantallas táctiles o dispositivos de almacenamiento. Importante tener en cuenta que cualquier dispositivo conectado a uno de estos puertos no exija una corriente superior a 500 mA.
- Conexión DVI-D- El puerto X200 transmite una interfaz de pantalla en formato digital. Los monitores que lean únicamente señales tipo VGA no leerán este tipo de interfaz, aunque se empleen adaptadores de puerto.
- Conexión RS232 y RS485- El puerto X300 se trata de un terminal con 9 pines cuya velocidad máxima de transferencia de datos es 115 kbit.
- Led PWR- Indica que el autómata está encendido.
- Led TC- Indica el estado en el que se encuentra TwinCAT, siendo azul en caso de estar en modo de programación, verde si está en modo de ejecución o rojo

en caso de existir algún error en el programa. En caso de no encenderse, puede existir algún error más grave que imposibilita la ejecución del programa.

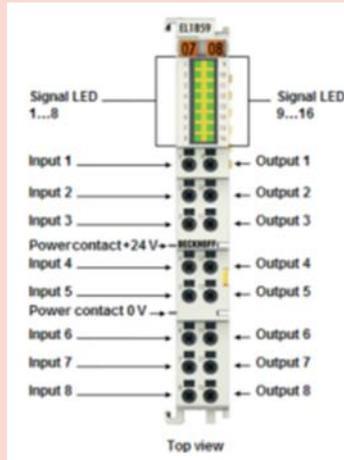
- Led HDD- Cuando se enciende, lo hace de color rojo e indica que hay un acceso o se está modificando algún archivo en la memoria Flash.
- Leds FB1 y FB2- Indican que durante una conexión del tipo Fieldbus se está modificando algún parámetro.

### 1.5. Terminales

El autómatas de por sí solo incluye los descrito anteriormente, por lo que, necesariamente, se deberán incluir los terminales a los que se conectan las diferentes entradas y salidas. El autómatas de que se dispone en el aula cuenta con los siguientes terminales:

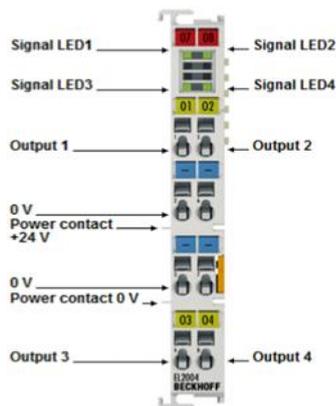
| TERMINAL | IMAGEN | DESCRIPCIÓN  |
|----------|--------|--|
| EL 1002  |        | 2 señales tipo entrada de tipo booleano.   |
| EL 1008  |        | Igual que el terminal EL 1002 pero en lugar de 2 cuenta con 8 entradas digitales |

**EL 1859**



Incluye 8 entradas y 8 salidas digitales

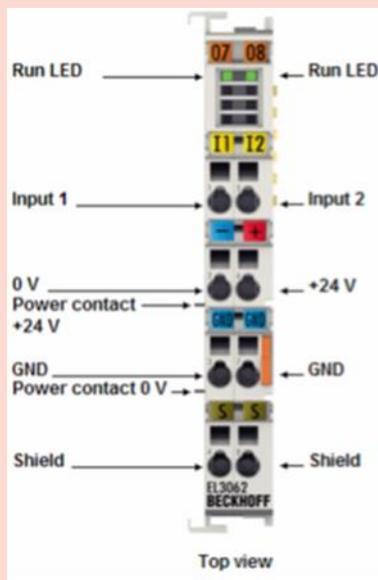
**EL 2004**



Cuenta con 4 salidas digitales

Los terminales empleados EL2002 y EL2008 son como este salvo que cambia el número de salidas

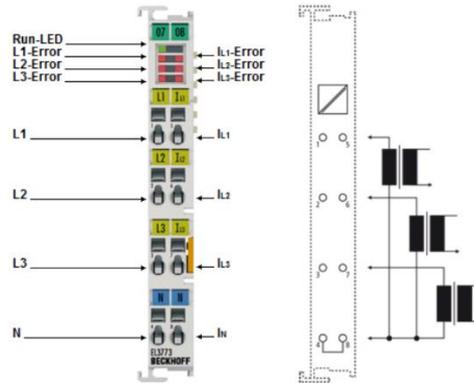
**EL 3062**



Este terminal procesa señales de entrada de tipo analógico

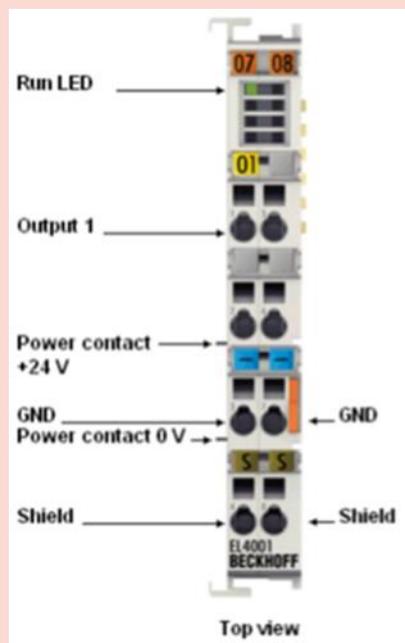
El terminal EL3001 funciona de modo similar, pero solo tiene una entrada

### EL 3773



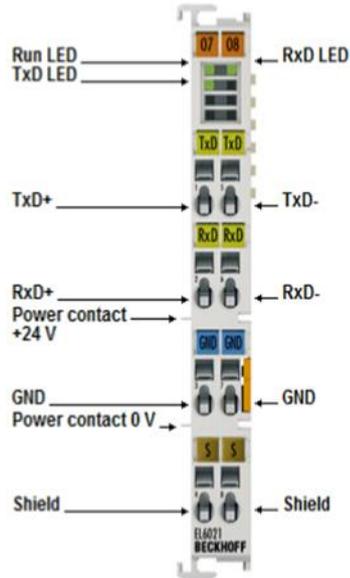
Este terminal lee señales de tensión e intensidad de un sistema trifásico. El valor máximo de tensión será de 400 V en valor eficaz y el de intensidad 1.5 A, también eficaz. En caso de superarse estos valores se intercalarán transformadores entre el sistema y el terminal tal como se muestra en la imagen

### EL 4001



Este terminal cuenta con una señal de salida analógica. El terminal EL4004 tiene 4 salidas

## EL 6021



Conexión de tipo RS485. En caso de necesitar más de un puerto de este tipo (el autómata ya cuenta con uno), se puede añadir este terminal que deberá configurarse a través del TwinCAT System Manager

En el mercado hay más tipos de terminales, pero en este documento solo se comentan los incluidos en la tabla por ser los que se disponen en el autómata del aula. En la página web de Beckhoff ([www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)) se encuentra el listado completo de los terminales disponibles para conectar al autómata.

Estos terminales se conectan de forma adyacente al módulo principal sobre el raíl de sujeción, asegurándonos que las pletinas laterales hacen buen contacto. Pero en el caso de los terminales EL 3773 y EL 6061 hay que tener en cuenta que se trata de terminales pasivos. Este tipo de terminal no permite que haya más de dos conectados de forma consecutiva, por lo tanto, en caso de disponer de más de dos, se debe intercalar algún terminal considerado activo entre los terminales pasivos.

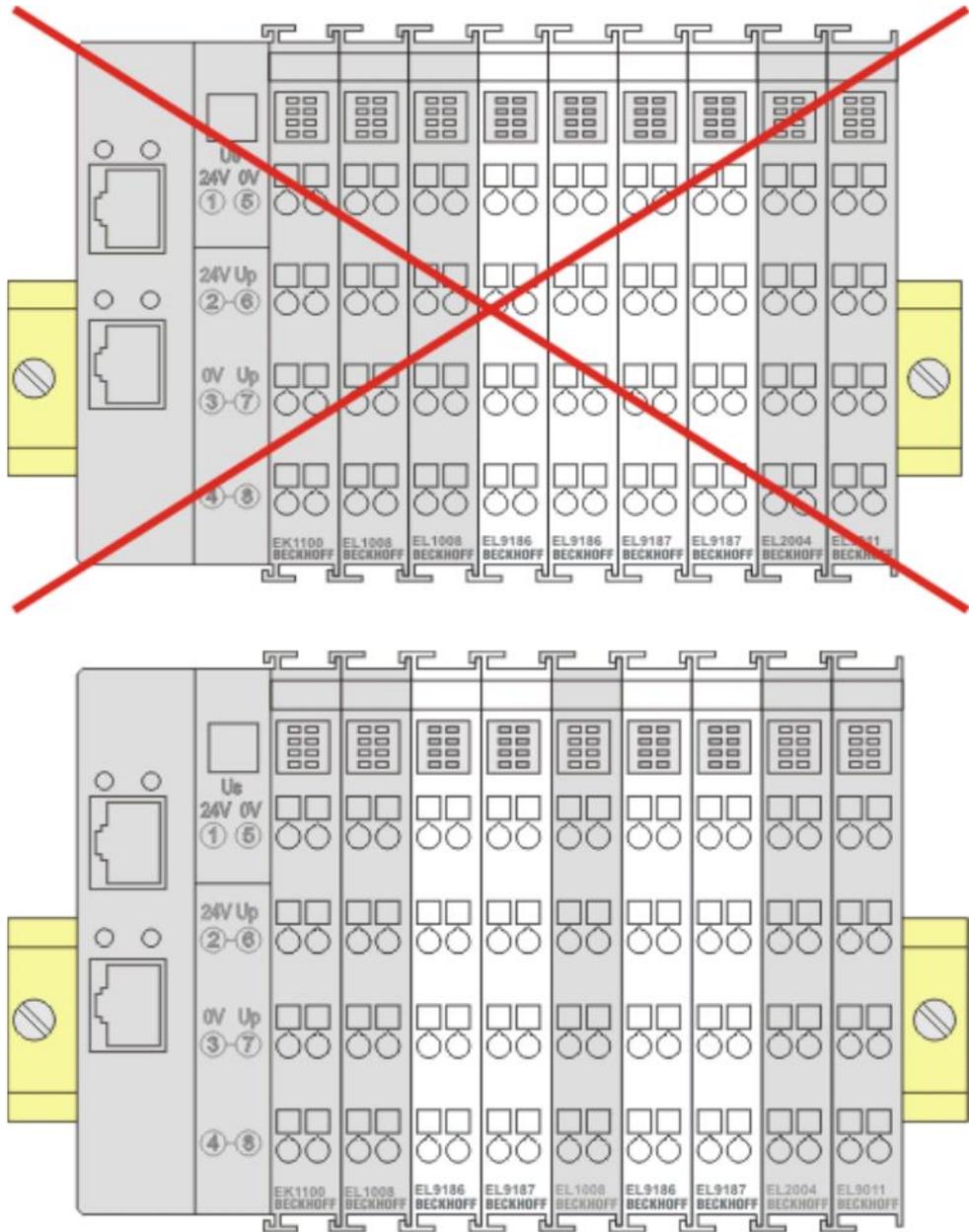


Imagen 49 Gráfico de conexionado adecuado de terminales "pasivos"

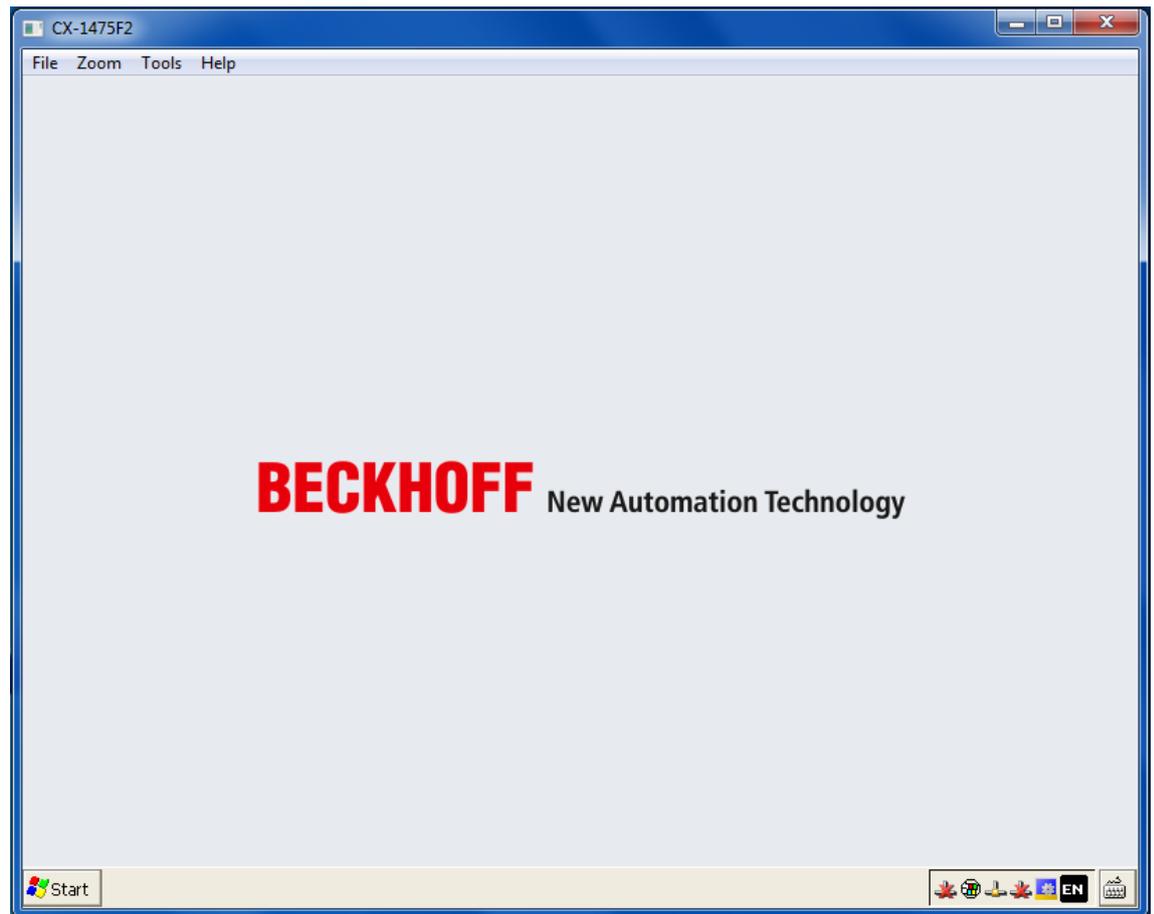
En las dos imágenes anteriores se muestra cómo deben conectarse los terminales pasivos, siendo estos los coloreados en blanco y en gris los terminales activos. La primera imagen es la que nos indica que más de dos seguidos es la forma incorrecta de conexión, mientras que en la segunda imagen ya hay un terminal activo conectado entre ambos pares de terminales pasivos.

## 1.6. CERHOST

CERHOST es un programa que proporciona Beckhoff a los usuarios para poder establecer una conexión remota al "escritorio" del autómatas desde un ordenador. Esto resulta

especialmente útil para poder instalar complementos que el autómatas no lleva incluidos de por sí como es el caso de la extensión para poder realizar conexiones del tipo OPC UA.

Esta conexión remota es del tipo TCP/IP y realizar la conexión es tan sencillo como ejecutar la aplicación e introducir en el parámetro de conexión la dirección IP del autómatas. Una vez conectados, podemos ver el escritorio del autómatas y acceder al panel de control a través del menú Start.



*Imagen 50 Vista del escritorio del CX-5020*

En el panel de control se pueden fijar tanto las direcciones IP de ambos puertos de red del autómatas así como el nombre del equipo y habilitar ciertos tipos de transferencia como el FTP, que resulta útil para transferir los archivos con los controladores necesarios a instalar para el OPC UA.

## 2. Controlador electrónico

El regulador electrónico empleado para las luminarias que requieren regulación de intensidad es el DINUY RE EL5 LE1.



*Imagen 51 Regulador de Intensidad Dinuy RE EL5 LE1*

Este regulador se considera el idóneo para este proyecto por sus características técnicas, así como sus opciones para la regulación. Admite una carga máxima de 1.200 W por lo que, estando instalados los proyectores LED indicados anteriormente en el apartado del equipamiento del teatro, solo requerimos de un regulador por circuito. En caso de superarse esta potencia la solución es colocar reguladores adicionales en modo esclavo del principal.

Entre los modos de regulación de intensidad, se debe escoger el modo por señal 0-10 Vcc. De modo que, conectando las salidas analógicas correspondientes a los bornes indicados en la siguiente imagen, conseguimos realizar el control de la intensidad mediante el autómata.

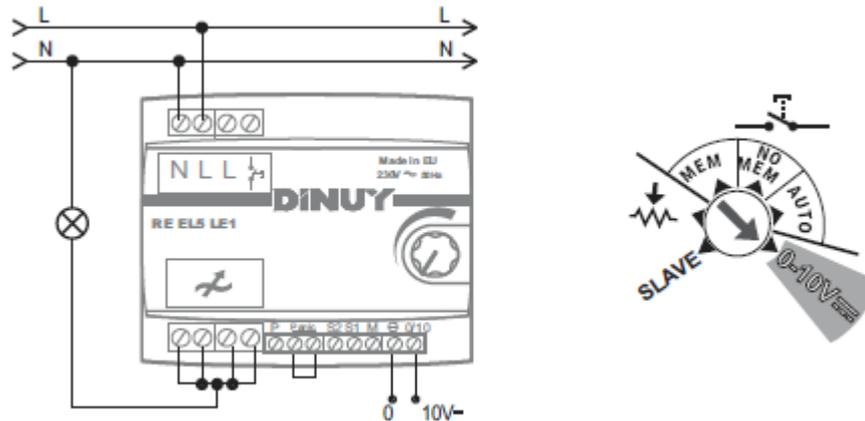


Imagen 52 Detalle de conexionado del regulador de intensidad

En caso de fallo en el control automatizado, se debe ajustar este variador y poner el selector en el modo que se regula la intensidad con el potenciómetro incorporado. Se aconseja o bien colocar el regulador al principio del raíl o bien dejar un espacio en el que sea posible girar la ruleta del lateral pues es la del selector de modo.

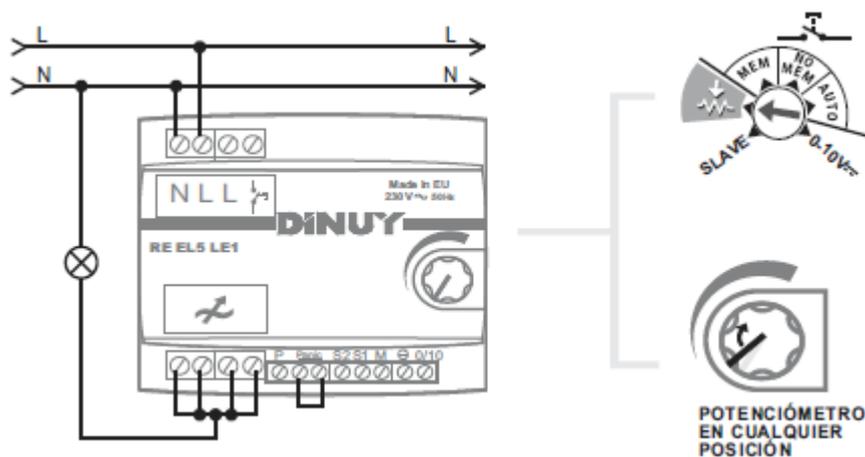


Imagen 53 Detalle de posición de selección del modo en caso de fallar la automatización

### 3. Ordenador

El ordenador que albergará el panel de control desde el ordenador deberá ser capaz de ejecutar correctamente el programa TwinCAT 3. Para ello, deberá contar con una serie de especificaciones mínimas en cuanto a memoria RAM y espacio de memoria de almacenamiento libre en disco duro. También el procesador deberá tener poder ejecutar

simulaciones virtuales, dado que en TwinCAT cuando se ejecuta el programa se crea un archivo virtual en segundo plano.

En la siguiente tabla se recogen estos requisitos mínimos que aseguran el funcionamiento correcto del programa además de incluir un valor recomendado que garantiza que, los procesos del programa, se ejecutarán con mayor una agilidad:

| CARACTERÍSTICA         | VALOR MÍNIMO  | VALOR RECOMENDADO |
|------------------------|---------------|-------------------|
| Memoria RAM            | 2GHz          | 4GHz o superior   |
| Almacenamiento interno | 2,5 GB libres | 3 GB libres       |

## 4. *Dispositivo móvil*

El dispositivo móvil que se emplea en este proyecto debe cumplir una serie de condiciones que vienen impuestas por la aplicación móvil empleada.

En líneas generales, en caso de ser usuarios de Apple no existe problema pues la empresa actualiza con cierta frecuencia los dispositivos de los usuarios y las aplicaciones que hay disponibles en la iStore son compatibles con todos los dispositivos.

En caso de ser usuario de Android, es imperativo tener un dispositivo cuya versión de Android sea 4.0.3 o superior en el caso de descargar la App de Prosys o la versión 2.3 en caso de descargar la App de Tesla. De todos modos, cuanto más moderna sea la versión de Android, menos problemas debería haber.

En cuanto al espacio de memoria libre que necesita el teléfono, con un mínimo de 30 MB libres debería descargarse e instalarse, así como poder guardar los servidores que se añadan.



# VII. ANEXO IV PLANOS

