

Proyecto Fin de Máster

Máster en Ingeniería Electrónica, Robótica y
Automática

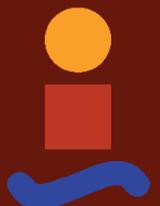
Diseño e implementación de un sistema basado en
equipos de tecnología LonWorks para la docencia
de la Domótica

Autor: David Gualpa Yumi

Tutor: Jesús Iván Maza Alcañiz

Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Proyecto Fin de Máster
Máster en Ingeniería Electrónica, Robótica y Automática

Diseño e implementación de un sistema basado en equipos de tecnología LonWorks para la docencia de la Domótica

Autor:

David Gualpa Yumi

Tutor:

Jesús Iván Maza Alcañiz

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021

Proyecto Fin de Máster: Diseño e implementación de un sistema basado en equipos de tecnología LonWorks
para la docencia de la Domótica

Autor: David Gualpa Yumi

Tutor: Jesús Iván Maza Alcañiz

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

Quiero dedicar un efusivo agradecimiento a mi tutor, Iván Maza, por la oportunidad que me ha dado para trabajar con él en el campo de la domótica. Le agradezco, además, todo lo que me ha enseñado en las asignaturas impartidas en el máster y lo que me ha enseñado a lo largo del desarrollo de este trabajo, sus correcciones y consejos para la correcta elaboración del trabajo de fin de máster.

También quiero agradecer a todo el personal docente que ha impartido su conocimiento a lo largo del master, sus tutorías y seguimientos en proyectos relacionados.

Por último, quiero agradecer a mi familia y amigos por su apoyo constante durante este periodo universitario, su ayuda, amistad y el apoyo que me han brindado en todo momento para confiar en mí y en mis habilidades.

David Gualpa Yumi

Sevilla, 2021

Resumen

En este proyecto se describe el diseño y construcción de un sistema domótico de tecnología LonWorks que será utilizado en el laboratorio del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la ETS de Ingeniería de la US. El sistema se implementó en un tablero de madera que modela una casa convencional de dos pisos: en el primer piso está instalado un controlador de luces y climatización E-Room que controla las luces del pasillo y del comedor y en el segundo piso está instalado un controlador de entradas y salidas ISDE que cuenta con 3 pulsadores (un pulsador para apagado general de las luces, y los otros dos conmutan para el control de una luz del dormitorio). También hay un módulo adicional de entradas digitales Simon que cuenta con tres interruptores adicionales: dos interruptores para el control manual de luces y otro para la activación de una luminaria con programación horaria. En la memoria se describe la implementación del sistema de forma mecánica, eléctrica y de control. Es decir, se detalla el proceso de programación de equipos y creación de escenas de control y se describen las configuraciones que se realizaron a los equipos para su puesta en marcha. El sistema domótico cuenta con varios controladores de diferentes fabricantes que cumplen con el estándar LonWorks, mostrándose las capacidades de interoperabilidad de esta tecnología. El sistema es distribuido y escalable, de modo que se podrían incorporar muchos más dispositivos en el futuro.

Abstract

This project describes the design and construction of a home automation system using LonWorks technology that will be used in the laboratory of the Department of Systems Engineering and Automation of the ETS of Engineering of the US. The system was implemented on a wooden board that models a conventional two-story house: on the second floor is installed an E-Room light and climate controller that controls the hallway and dining room lights and on the second floor is installed an ISDE input/output controller that has 3 push buttons (one push button for general lights off, and the other two switch to control a bedroom light). There is also an additional Simon digital input module that has three additional switches: two switches for manual control of lights and one for activation of a luminaire with time scheduling. The report describes the mechanical, electrical and control implementation of the system. In other words, it details the process of programming equipment and creating control scenes and describes the configurations that were made to the equipment for its commissioning. The domotic system has several controllers from different manufacturers that comply with the LonWorks standard, showing the interoperability capabilities of this technology. The system is distributed and scalable, so that many more devices could be incorporated in the future.

Índice

Agradecimientos	9
Resumen	11
Abstract	13
Índice de Tablas	16
Índice de Figuras	17
1 Introducción. Objetivos y alcance del proyecto	11
1.1 Introducción	11
1.2 Motivación y Objetivos	11
2 Estado del arte	13
2.1 Domótica	13
2.1.1 Tipos de sistemas domóticos	14
2.2 LonWorks	14
2.2.1 Topología de red	15
2.2.2 Canales LonWorks	15
2.2.3 Direccionamiento	16
2.2.4 Variables de red	17
2.2.5 Protocolo LonTalk	17
2.2.6 Archivos de interfaz de dispositivo	18
2.2.7 Bloques funcionales	18
2.2.8 Herramientas LonWorks	19
2.3 Comparativa de las tecnologías LonWorks y KNX	19
3 Propuesta de diseño	21
3.1 Especificaciones de la instalación LonWorks	21
3.2 Descripción de los dispositivos	21
3.2.1 Entrada digital de 8 canales	21
3.2.2 Nodo de control de entradas y salidas INS-460	23
3.2.3 Interfaz de red U60 FT DIN	25
3.2.4 E Room plus 5 teclas (Frío/calor)	26
3.2.5 Fuente Alimentación Weidmuller AC/DC 24v	28
3.3 Diseño del Sistema	29
3.3.1 Esquema eléctrico del sistema	29
4 Implementación del sistema	32
4.1 Protección eléctrica	32
4.2 Dispositivos y materiales utilizados	33
4.2.1 Adaptador de red USB a LON-FT-10	34
4.2.2 Entrada digital de 8 canales	34
4.2.3 Nodo de control de entradas y salidas INS-460	35
4.2.4 Fuente de alimentación Weidmuller AC/DC 24V	36
4.2.5 E Room plus 5 teclas (Frio/calor)	37
4.3 Instalación de aplicaciones software	39
4.4 Creación de la red LonWorks	41
4.5 Comisionado de dispositivos	43

5	Control de red Lonworks	49
5.1	Perfiles y Bloques funcionales LonWorks	49
5.2	Programación del controlador ISDE INS-460	49
5.2.1	Control bloque funcional "Switch"	50
5.2.2	Control perfil funcional "Lamp Actuator"	52
5.2.3	Control perfil "Real Timer Keeper"	53
5.2.4	Control perfil funcional "UFPTScheduler"	55
5.2.5	Control perfil funcional "Virtual Functional Block"	58
5.3	Programación controlador E-room control	60
5.3.1	Control perfil funcional Controlador de ocupación	62
5.4	Programación Módulo de 8 entradas digitales	64
5.5	Esquema final	66
6	Conclusiones	70
6.1	LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS	70
7	Bibliografía	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de canales LonWorks[5]	15
Tabla 2: Límites del protocolo LonTalk	17
Tabla 3.Capas del modelo OSI[7]	18
Tabla 4. Análisis Comparativo Tecnologías[3]	20
Tabla 5. Datos técnicos del módulo de entradas digitales [10]	21
Tabla 6.Descripción de componentes del módulo de entradas [9]	22
Tabla 7. Características del nodo de control de entradas y salidas[12]	23
Tabla 8: Pines de conexión del controlador ISDE [12]	24
Tabla 9.Características de la interfaz de red [13]	25
Tabla 10. Características del controlador E-room [14]	26
Tabla 11. Modos de funcionamiento controlador E-room [15]	27
Tabla 12.Características técnicas de la fuente de alimentación [16]	28
Tabla 13.Cálculo de la corriente	32
Tabla 14.Selección de sección para el cable	33
Tabla 15.Neuron ID de los dispositivos	47
Tabla 16-Perfiles funcionales de equipos	49
Tabla 17.Tabla de la variable “UCPTCompleja”	57
Tabla 18.Posiciones del vector según entrada	59
Tabla 19.Eventos de las entradas del controlador	59
Tabla 20.Firmware del módulo digital	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplos de componentes de un sistema domótico [2]	13
Figura 2. Arquitectura centralizada y distribuida	14
Figura 3. Topología en estrella y anillo	15
Figura 4. Topología en bus	15
Figura 5. Ejemplo de elementos de direccionamiento	16
Figura 6. Conexión de variables de red	17
Figura 7. Variables de red de un bloque funcional[6]	19
Figura 8. Paquete informático Node Builder	19
Figura 9. Componentes principales del módulo de entradas digitales	22
Figura 10. Nodo de control de entradas y salidas [11]	23
Figura 11. Conectores del controlador ISDE [12]	24
Figura 12. Interfaz de red U60 FT DIN	25
Figura 13. Controlador E-room plus[14]	26
Figura 14. Fuente de alimentación	28
Figura 15: Diseño del sistema LonWorks	29
Figura 16. Conexión en red de los dispositivos	30
Figura 17. Esquema eléctrico del sistema	31
Figura 18. Interruptor termomagnético	32
Figura 19. Enchufe alimentación	33
Figura 20. Bornas de conexión	34
Figura 21. Regleta de conexión	34
Figura 22. Adaptador de red USB a LON-FT 10	34
Figura 23. Conexión entrada digital de 8 canales	35
Figura 24. Conexiones del controlador INS-460	36
Figura 25. Fuente de alimentación	37
Figura 26. Diagrama de e-room plus	37
Figura 27. Conexión del controlador e-room	38
Figura 28. Diagrama de activaciones	38
Figura 29. Instalación de aplicaciones software	39
Figura 30. Instalación exitosa	39
Figura 31. Instalación de Lonmaker y Lonpoint	40
Figura 32. Programas instalados con éxito	40

Figura 33.Comprobación del controlador	41
Figura 34.Habilitación del controlador	41
Figura 35.Nueva red LonWorks	42
Figura 36.Nombre de la nueva red	42
Figura 37.Interfaz de red LON1	43
Figura 38.Acceso a escritura del programa	43
Figura 39.Modificación de canal de red	44
Figura 40.Nuevo dispositivo en la red	44
Figura 41.Selección de plantilla	45
Figura 42.Selección de canal de red	45
Figura 43.Comisionado del controlador INS-460	46
Figura 44.Carga de imagen del dispositivo	46
Figura 45.Estado del dispositivo	47
Figura 46.Método de identificación del dispositivo	47
Figura 47.Dispositivos en Red LonWorks	48
Figura 48.Bloque funcional Switch	50
Figura 49.Inserción de bloque funcional	50
Figura 50.Selección de tipo de bloque funcional	51
Figura 51.Nombre del bloque funcional	51
Figura 52.Bloque funcional en Lonmaker	52
Figura 53.Bloque funcional Lamp Actuator	52
Figura 54.Selección del bloque LampActuator	53
Figura 55.Control de bloques funcionales	53
Figura 56.Bloque funcional Real Time Keeper	54
Figura 57.Inserción de variable Real Time Keeper	54
Figura 58.Inserción del activeX Control	54
Figura 59.Proceso para activar activeX control	55
Figura 60.Bloque Real Time en Lonmaker	55
Figura 61.Bloque funcional Scheduler	56
Figura 62.Bloque de tipo Scheduler	56
Figura 63.Acceso a la tabla de la variable “UCPTCompleja”,	57
Figura 64.Control bloque Schedule	58
Figura 65.Bloque funcional Virtual Functional Block	58
Figura 66.Acceso a configuraciones del bloque	58
Figura 67. Acceso a la tabla de la variable “UCPTModoTrabajo”	59
Figura 68.Control del bloque funcional Virtual Functional Block	60
Figura 69.Configuración del controlador e-room	61
Figura 70.Acceso a la tabla de variables del control e-room	61
Figura 71.Modelo del modo de funcionamiento	62
Figura 72.Selección de bloque funcional	62

Figura 73.Bloque funcional Occupancy controller	63
Figura 74.Activación entrada	63
Figura 75.Activación de entradas y salidas	63
Figura 76.Esquema del controlador e-room	64
Figura 77.Variable de red del bloque funcional	65
Figura 78.Bloques funcionales de entrada del módulo digital	65
Figura 79.Selección de bloque funcional “Switch” del módulo digital	65
Figura 80.Control de bloques del módulo digital	66
Figura 81.Tablero final domótico	67
Figura 82. Pestaña Network Explorer	67
Figura 83.Esquema final de red LonWorks en Lonmaker	69
Figura 84.Pasarela de red	70
Figura 85.Router IP-FT	71

1 INTRODUCCIÓN. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

1.1 Introducción

En el siglo XXI el avance tecnológico se ha incrementado en gran medida y un sector que requiere interés es la domótica. En este campo existen muchas tareas a resolver relacionadas con la gestión de la vivienda: control de accesos, sistemas de alarma, control de iluminación y sistemas HVAC entre otros. Debido a que existen gran cantidad de tareas a resolver, en el mercado siguen desarrollándose sistemas que permiten gestionar los sistemas domóticos de una forma eficiente y eficaz y además que puedan cumplir con requerimientos del cliente como son confort, seguridad y ahorro energético.

La automatización de hogares ya sea de residencias o edificios es una inversión un poco costosa pero inteligente, ya que el hogar se puede mantener regulado y controlado en cualquier momento y desde cualquier lugar. Con esto se logra una mejora de la eficiencia energética de la vivienda, la seguridad y el confort del usuario al poder controlar sus dispositivos eléctricos.

1.2 Motivación y Objetivos

Un sistema domótico brinda un sin número de beneficios y ventajas en comparación con una instalación eléctrica tradicional, entre las que están la seguridad, el confort, la comodidad y el ahorro energético, lo que implica una mejora en la calidad de vida.

Entre los sistemas domóticos más destacados en la actualidad, están el sistema KNX y el sistema LonWorks, además de Bacnet y otros clásicos como Modbus, cada uno con sus respectivas ventajas e inconvenientes.

Este proyecto se centrará en uno de ellos, el sistema LonWorks, ya que es el más utilizado en el ámbito de la domótica por ser el más completo: interoperabilidad, facilidad de adaptarse a otras tecnologías, su topología y protocolos de comunicación que han permitido que muchos países adopten estas tecnologías en lugar de otras poco eficientes.

La tecnología LonWorks tiene sus aplicaciones en el sector industrial y en el sector domótico y en cualquiera de los dos, se caracteriza por ser de bajo costo, fácil de usar, abierto, robusto e interoperable. Estas características le abrieron las puertas para seguir expandiéndose en más campos.

El proyecto consistirá en el diseño e implementación de un sistema domótico utilizando dispositivos de diferentes proveedores de la tecnología LonWorks y con esto se pretende dar a conocer todos los componentes necesarios para el funcionamiento de la red y se describirán las características técnicas de cada uno de ellos.

El sistema domótico se diseñará para cumplir las necesidades de una casa convencional de 2 pisos: el primer piso va a constar de un pasillo, un comedor y un dormitorio, y en el segundo piso hay salas de estar y dormitorios.

En el proyecto se describirán las configuraciones que se realizan al equipo y al software de diseño de la red. Se detallará el proceso de instalación del software Lonmaker y el proceso de creación de la red y puesta en marcha de los equipos, y también se describirá la instalación de los equipos en el tablero.

El sistema domótico contará con varias escenas de automatización y el sistema será ampliable a nuevas modificaciones para que el estudiante que desee conocer más sobre esta tecnología tenga la libertad de probar todas las funcionalidades de los equipos

Este panel se quedará en el laboratorio del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la ETS de Ingeniería de la US y servirá para los estudiantes ya que podrán realizar combinaciones de simulaciones de control de hogares utilizando todos los dispositivos a la vez o de forma independiente. El sistema también servirá para el docente a cargo de las asignaturas “Domótica” o “Automatización de edificios inteligentes” ya que podrá impartir las clases de forma más pedagógica y práctica.

Los objetivos de este proyecto son:

- Diseñar un sistema domótico utilizando dispositivos de tecnología LonWorks
- Investigar los componentes necesarios para la creación de un sistema domótico LonWorks
- Analizar las características técnicas de los equipos y del software de programación
- Implementar el sistema domótico mediante la instalación de los equipos LonWorks tanto a nivel mecánico como eléctrico
- Describir las escenas de control programadas de cada uno de los equipos y del sistema en general

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Domótica

Es una integración de diferentes automatismos relacionados con la electricidad, electrónica, robótica, informática y telecomunicaciones con la finalidad de asegurar confort, seguridad, ahorro energético, facilidades de comunicación y entretenimiento.

El objetivo de la domótica busca la integración de todos los aparatos del hogar para que funcionen con la máxima utilidad y con la mínima intervención por parte del usuario. Algunas de las ventajas de incorporar domótica en nuestro hogar y hacerlo un hogar inteligente son:

- Climatización y consumo energético
- Entretenimiento, confort y comunicaciones
- Seguridad
- Servicios comunitarios

Los dispositivos se pueden conectar unos con otros a través de una red interna, llamada red HAN (Home Area Network). Las redes de los edificios ya sean cableadas o inalámbricas, se dividen en 3 tipos de redes, según las aplicaciones y los dispositivos a interconectar:

- La red de control: esta red se emplea para la interconexión de los sensores, actuadores y electrodomésticos inteligentes en una centralita.[1]
- La red de datos: esta red permite compartir datos informáticos, así como tener acceso a internet desde cualquier espacio de la vivienda, se utiliza para la interconexión entre PC, impresoras y escáneres.[1]
- La red multimedia: esta red distribuye datos de audio y video para la interconexión de televisores, radios y reproductores de DVD.[1]

Los ejemplos de los componentes que conforman un sistema domótico, son los que se muestran en la Figura 1.

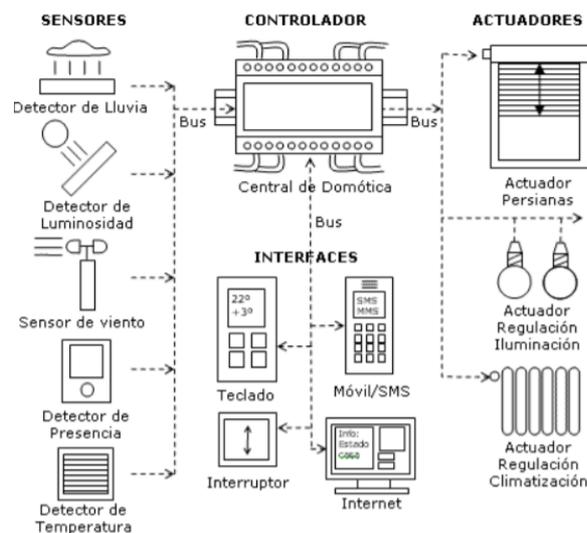


Figura 1. Ejemplos de componentes de un sistema domótico [2]

2.1.1 Tipos de sistemas domóticos

Existen diferentes sistemas domóticos que se caracterizan por su independencia o dependencia de una unidad de control. Existen 3 sistemas domóticos habituales los centralizados, los descentralizados y los distribuidos.

2.1.1.1 Sistemas centralizados

Estos sistemas dependen de una unidad de control central en la cual se conectan los sensores y actuadores procedentes de la instalación, y es la encargada del envío de información entre los sensores y actuadores. Los primeros sistemas centralizados fueron los ordenadores personales que fueron diseñados para el control de viviendas y edificios, más tarde se convirtieron en autómatas programables, y en la actualidad se encuentran los controladores, que disponen de módulos de entrada y salida para el control de viviendas y edificios. Estos sistemas centralizados comúnmente son sistemas propietarios.[3]

2.1.1.2 Sistemas descentralizados

Estos sistemas tienen dispositivos con controladores incorporados internamente, es decir que cada dispositivo es autónomo, no poseen una unidad de control que controle información, sino que la comunicación entre los dispositivos es mediante un protocolo de información para el entendimiento entre todos.[3]

2.1.1.3 Sistemas distribuidos

Los sistemas de control distribuido se componen de varias unidades de control distribuidas a lo largo de la instalación, que procesan y controlan los datos de dispositivos cercanos. En estos sistemas de distribución la comunicación se realiza mediante protocolos de comunicación. [3]

En la Figura 2 muestra un modo de comparación entre las arquitecturas distribuida y centralizada.

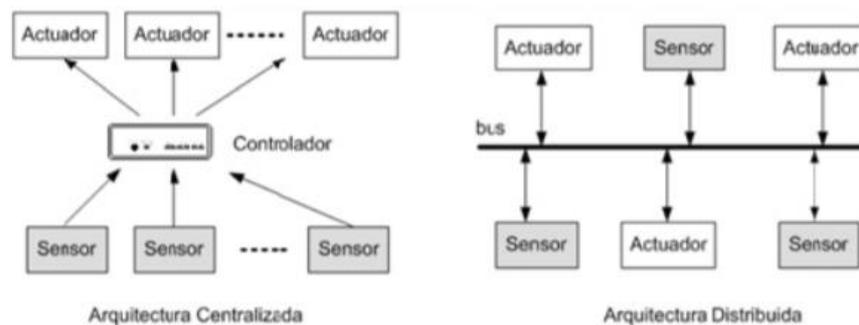


Figura 2. Arquitectura centralizada y distribuida

2.2 LonWorks

La tecnología LonWorks fue presentada por la empresa Echelon como una plataforma de tipo universal para la implementación de sistemas de control. Esta tecnología es dominante en el mercado de EEUU en el ámbito de la domótica y en Europa es el principal competidor de la tecnología KNX.[4]

LonWorks presenta un sistema de control distribuido en red basado en un conjunto de nodos independientes interconectados, que facilita la expansión y escalabilidad de la instalación

Los medios físicos de la red LonWorks son par trenzado, red eléctrica, infrarrojo, radiofrecuencia, cable coaxial y fibra óptica.

2.2.1 Topología de red

Estrella y anillo: En esta topología de la Figura 3 existe gran flexibilidad, se utiliza un terminador para evitar reflexiones de la señal. En esta topología todos los nodos están conectados con un punto en común, y se conectan sucesivamente formando un anillo.[2]

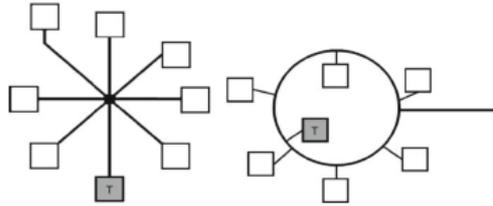


Figura 3. Topología en estrella y anillo

Bus: Esta topología de la Figura 4 es fácilmente ampliable y se utilizan terminadores en los extremos del bus. La distancia máxima entre un terminal y el bus es de 30cm-3m. Es un medio físico del canal de comunicación que incluye un inicio y un final de red. [2]

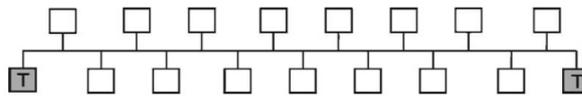


Figura 4. Topología en bus

2.2.2 Canales LonWorks

Un resumen de todos los canales LonWorks, se encuentran detallados en la Tabla 1, donde se muestra el tipo de medio, la tasa de transmisión, el receptor utilizado, la longitud, y el máximo de equipos que se pueden conectar.[5]

Tabla 1: Tipos de canales LonWorks[5]

Tipo de canal	Medio	Tasa de TX	Transceptor	Longitud	Max de equipos
TP/FT-10	Par trenzado, topología libre y en bus	78kbit/s	FTT-10,FTT-10 ^a ,LPT-10	500m(libre) 2700m (bus)	64-128
TP/XF-1250	Par trenzado , bus	1.25 Mbit/s	TPT/XF-1250	130m	64
PL-20(A/C/N)	Línea eléctrica	Según tipo	PLT20,PLT21,PLT22	Dep. instalación	Dep. instalación
IP-852	LonWorks sobre IP	Determinado por la red IP	Determinado por la red IP	Determinado por la red IP	Determinado por la red IP

2.2.3 Direccionamiento

Cada paquete transmitido por la red contiene la dirección del dispositivo que transmite y las direcciones de los dispositivos receptores.[5]

Para el direccionamiento de dispositivos surgen varios conceptos, entre los cuales están:

- **Nodo:** el nodo se refiere a un dispositivo individual dentro de una subred
- **Subred:** la subred es un conjunto de 127 dispositivos
- **Dominio:** se refiere a un conjunto de subredes, 255 en total, y 32385 dispositivos en total puede haber en un dominio
- **Repetidor:** es el que permite amplificar la señal, y conecta dos extremos de medios de comunicación iguales
- **Puente:** conecta 2 medios de transmisión distinto
- **Router:** es el que transmite información entre subredes, controlan el tráfico y permite extender la red sobre múltiples medios.[5]

En la Figura 5 se puede observar un esquema completo de la red LonWorks, donde se muestran todos estos componentes necesarios para la puesta en marcha de la red.

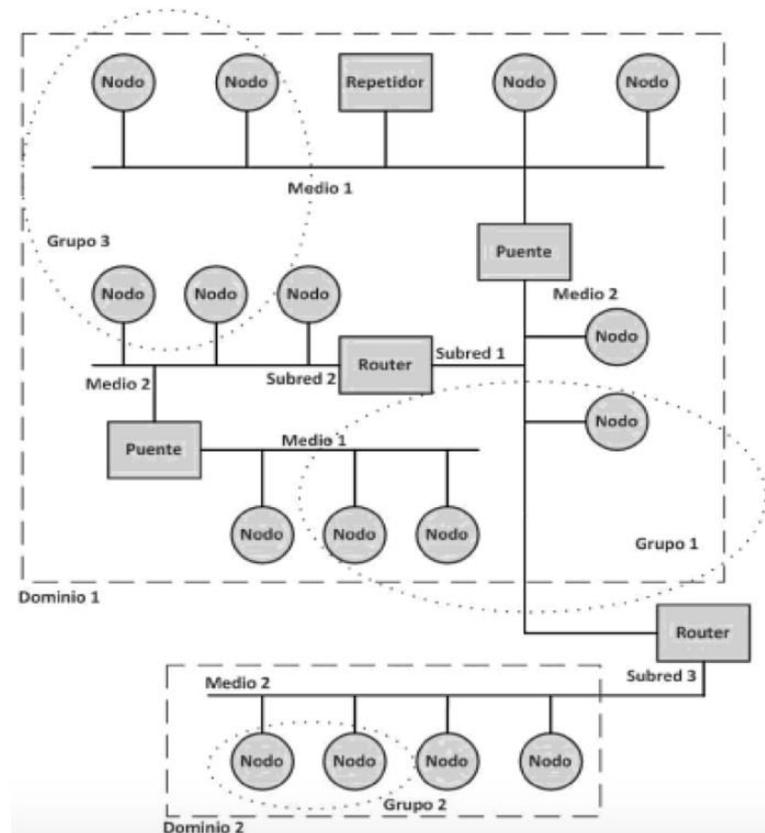


Figura 5. Ejemplo de elementos de direccionamiento

El protocolo LonTalk tiene sus limitaciones pero son menores que los protocolos empleados en otras tecnologías domóticas. Un breve resumen de las limitaciones que tiene este protocolo LonTalk es el que se muestra en la Tabla 2 :

Tabla 2: Límites del protocolo LonTalk

Equipos en una subred	127
Subredes en un dominio	255
Equipos en un dominio	32385
Dominios en una red	2^{48}
Máximo de equipos en el sistema	$32385 \cdot 2^{48}$
Grupos en un dominio	255
Miembros de un grupo (sin asentamiento)	Sin limite
Miembros de un grupo (con asentamiento)	63

2.2.4 Variables de red

El estándar LonWorks permite intercambiar información entre distintos dispositivos utilizando el concepto de variable de red el cual se define como un dato que un dispositivo espera enviar o recibir de otro en la red LonWorks [6]. En la Figura 6, se puede observar el intercambio de información entre dos variables de red una de tipo Switch y otra de tipo Light.

Las variables de red pueden representar un solo valor o una estructura de múltiples valores que contiene de 1 a 31 bytes. Un dispositivo puede tener múltiples variables de red y cada variable de red puede compartirse con una o más variables de red en cualquier dispositivo o grupo de dispositivos dentro de una red.[6]

En el momento de la instalación del dispositivo LonWorks, este se configura de manera que conoce las direcciones de red de los otros dispositivos y cuando un dispositivo cambia el valor de una variable de red de otro dispositivo, este adopta el nuevo valor en su firmware y lo actualiza. Cada variable de red se clasifica según su tipo en el cual se define las unidades, la estructura de datos y la escala y para ser conectadas unas con otros deben ser del mismo tipo. [6]

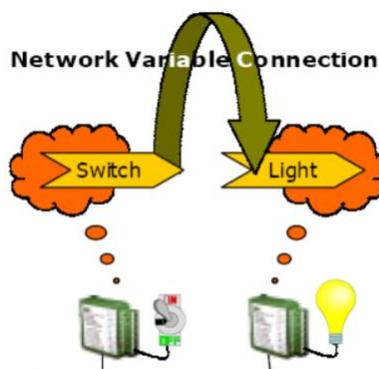


Figura 6. Conexión de variables de red

2.2.5 Protocolo LonTalk

El protocolo LonTalk es el protocolo estándar de comunicación LonWorks que define cómo intercambian información los nodos. Este protocolo ofrece servicios de envío y recepción de datos independientemente de la topología, direcciones o funciones de los otros nodos. El protocolo es abierto para cualquier fabricante y está instalado en el firmware de todos los Neuron Chip.[5]. El

protocolo de control de red está estructurado según lo recomienda el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos de la Organización Internacional de Normalización (ISO OSI).[7]

Las capas OSI aseguran que los servicios requeridos se brinden sin interacciones inesperadas entre los servicios. En la Tabla 3 ,se indican los servicios proporcionados por cada una de las capas:

Tabla 3.Capas del modelo OSI[7]

	Capa OSI	Propósito	Servicios proporcionados
7	Aplicación	Compatibilidad de aplicación	Tipos y objetos estándar, propiedades de configuración, transferencia de ficheros, servicios de red
6	Presentación	Interpretación de datos	Variables de red, mensajes de aplicación
5	Sesión	Control	Servicio de petición/respuesta
4	Transporte	Fiabilidad punto a punto	Mensajes de difusión y punto a punto, tipo de servicio (asentimiento, no asentimiento, etc.), autenticación, ordenado y detección de duplicados
3	Red	Entrega de mensajes	Direccionamiento unicast y multicast, enrutamiento de paquetes
2	Enlace	Acceso al medio	Codificación de datos, chequeo de errores, acceso al medio, detección y anulación de colisiones, prioridades
1	Física	Interconexión eléctrica	Interfaces específicos del medio y esquemas de modulación

2.2.6 Archivos de interfaz de dispositivo

Un archivo de interfaz de dispositivo (archivo de interfaz externa XIF) es un archivo que incluye una lista de todos los bloques funcionales, las variables de red, las propiedades de configuración y los valores por defecto de las propiedades definidos por la aplicación del dispositivo. Lonmaker utiliza archivos de interfaz de dispositivo y esto permite crear diseños de red sin estar conectado a los dispositivos físicos. Un archivo de interfaz de dispositivo de texto con una extensión ".xif" es requerido por las Directrices de Interoperabilidad de la Capa de Aplicación de LONMARK. [6]

2.2.7 Bloques funcionales

Los nodos de control LonWorks cuentan con uno o más bloques funcionales. Un bloque funcional es una parte de la aplicación de un dispositivo que realiza una tarea al recibir entradas

de datos operativos y de configuración, procesar los datos y enviar salidas de datos operativos. Un bloque funcional puede recibir entradas de la red, hardware conectado al dispositivo o de otros bloques funcionales en un dispositivo. Un bloque funcional puede enviar salidas a la red, al hardware conectado al dispositivo o a otros bloques funcionales del dispositivo.[6]. Las entradas y las salidas del bloque funcional se pueden ver en la Figura 7.

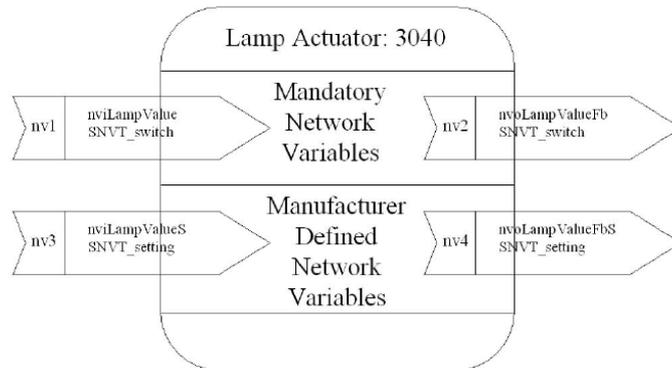


Figura 7.Variables de red de un bloque funcional[6]

2.2.8 Herramientas LonWorks

2.2.8.1 NodeBuilder

Es un paquete informático como lo muestra la Figura 8 que integra un compilador y un depurador del lenguaje Neuron C, y se utiliza para la programación de aplicaciones para el Neuron chip. Contiene un gestor de proyectos para la edición de código fuente, la compilación, construcción y carga en el dispositivo. [8]

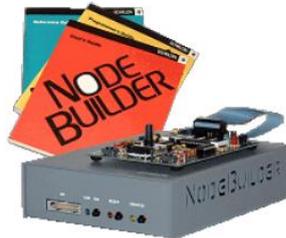


Figura 8.Paquete informático Node Builder

2.2.8.2 LNS (LonWorks Network Services)

LNS es un servidor que maneja la base de datos LNS central con la información de la red. Dicha base de datos se va actualizando a medida que se hacen conexiones. Desde la base de datos se carga la información en los dispositivos. [6]

Este servicio de red LonWorks (LNS), al igual que un sistema operativo estándar que implementa las tareas operativas fundamentales de una computadora, encapsula las operaciones comunes de la red LonWorks, proporcionando los servicios esenciales de directorio, instalación, administración, monitorización y control requeridos por la mayoría de las aplicaciones de red. Además, LNS proporciona una interfaz estándar que permite la interoperabilidad de múltiples aplicaciones de red de múltiples proveedores.[6]

2.3 Comparativa de las tecnologías LonWorks y KNX

Las tecnologías LonWorks y KNX son las más utilizadas en el ámbito de la domótica, y difieren

en algunos aspectos que se detallan en la Tabla 4 : [3]

Tabla 4. Análisis Comparativo Tecnologías[3]

	Sistema KNX	Sistema LonWorks
Empresa	ABB-Electrocomponentes S.A. Foresis S.A Toshiba Bosch	Echelon
Descripción general	Posee una gama variada de sensores, actuadores y electrodomésticos que pueden monitorizarse y programarse	Tiene una facilidad de expansión y escalabilidad y cuenta con sensores y actuadores que poseen inteligencia propia e intercambian información unos con otros.
Topología	Tiene topología de línea o bus, de estrella y árbol. No permite una topología en anillo	La topología de este sistema es de gran flexibilidad , como el estrella , de bus y de anillo, conectados siempre a un terminador
Protocolo	Define los niveles 1,2,3,4 y 7 del modelo OSI Tiene una arquitectura descentralizada	Implementa las 7 capas del modelo OSI
Tipo de vivienda	Esta tecnología es destinada a viviendas o edificios de nueva construcción , aunque también es usa para rehabilitación de viviendas pero en menos uso	Es adecuado para viviendas de nueva construcción y por su costo y potencia es muy utilizada en edificios o en industrias

Un inconveniente del sistema LonWorks es el costo que tienen los equipos, ya que los nodos de comunicación están en torno a los 600 dólares, y por eso no suele emplearse en viviendas individuales y es más utilizado para edificios e industrias

La tecnología LonWorks en comparación con la tecnología KNX es un sistema muy utilizado por su fiabilidad y por la retroalimentación que tienen los dispositivos que permite mostrar su estado .

También ha tenido mucho éxito debido a su arquitectura descentralizada que permite que los dispositivos sean autónomos y no requieran de una unidad de control para comunicarse, sino que la comunicación entre los dispositivos es directa.

3 PROPUESTA DE DISEÑO

3.1 Especificaciones de la instalación LonWorks

En este proyecto, la red LonWorks debe cumplir con las especificaciones de control de una casa de dos pisos. Las habitaciones que se encuentran en el primer piso son un pasillo, un comedor y un dormitorio, y en el segundo piso se encuentran dormitorios de estancia.

Al entrar en el primer piso se utilizará un tarjetero y con la activación de este se podrá tener el control de la luz del comedor, es decir el pulsador de la luz del comedor únicamente funcionará cuando la tarjeta este colocada en su posición respectiva.

El sistema debe contar con un interruptor para el apagado de las luces en general. También contará con una luminaria de tipo escalera que se pueda controlar desde dos lugares distintos.

Una luminaria será controlada manualmente y por programación horaria, para que se active y se desactive en horas determinadas. Y para un manejo eficiente de las luminarias, el encendido y apagado de la luz del pasillo será automático.

3.2 Descripción de los dispositivos

Todos los dispositivos LonWorks se han investigado en profundidad para asegurar que el sistema cumpla con las especificaciones indicadas anteriormente y también que pueda ser expandible para más dispositivos en proyectos futuros. Una pequeña descripción de cada uno de los dispositivos se encuentra en el siguiente apartado, donde se indican los detalles descriptivos y características eléctricas de los equipos.

3.2.1 Entrada digital de 8 canales

Este módulo de entradas digitales permite la conexión de interruptores, termostatos, detectores y pulsadores y se encarga de enviar señales hacia la red LonWorks, para que posteriormente los actuadores realicen una función. Este módulo de entradas es multifuncional ya que permite realizar hasta 8 instrucciones lógicas para cada una de sus entradas, y estas entradas pueden trabajar con señales de tipo pulsación corta, pulsación larga, flanco de subida o flanco de bajada. [9]

3.2.1.1 Datos técnicos

Es muy importante conocer los datos técnicos de este equipo, y esos son los que se indican en la Tabla 5:

Tabla 5. Datos técnicos del módulo de entradas digitales [10]

Referencia	8000200-039
Alimentación	24Vcc +/- 10%
Consumo	20mA -250mA
Red	LonWorks , TP/FT-10, 78 Kbps

Número de entradas	8
Margen de tensión entrada	0V a 24V
Rango Temperatura	0°C a 50°C
Dimensiones	4 TE
Grado de protección	IP20

3.2.1.2 Descripción

Este módulo de entradas digitales cuenta con varias partes externas, como borneras de conexión y leds. En la Figura 9, se puede observar cada una de estas partes. [10]

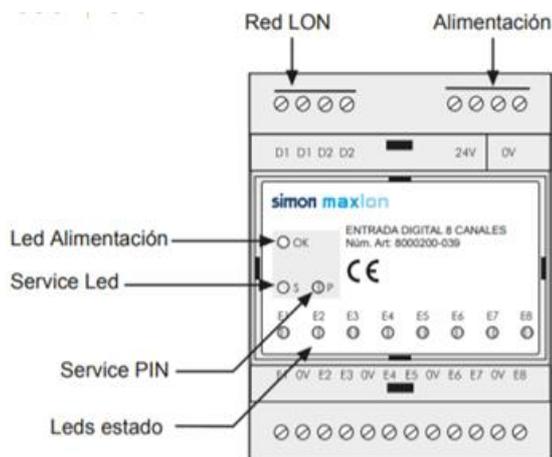


Figura 9. Componentes principales del módulo de entradas digitales

La descripción de todas estas partes del módulo de entradas se detalla en la Tabla 6 donde se destaca la alimentación, la información de los leds y el conector del canal de comunicación. [9]

Tabla 6. Descripción de componentes del módulo de entradas [9]

Led de alimentación	Este LED permanece encendido en caso de recibir alimentación correctamente
Alimentación	El módulo de entradas se alimenta con 24Vcc
Red LON	Este canal se conecta a la red LonWorks, TP/FT-10, 78 kbps
Service PIN	Muestra el estado de comisionado del módulo
Leds de estado	Indica el estado de activación de la entrada
Service Led	Comisionado del módulo en la red
Entradas	Donde se conectan las diversas entradas digitales

3.2.2 Nodo de control de entradas y salidas INS-460

El nodo INS-460 es un nodo controlador LonWorks compatible con los sistemas DOMOLON, HOTELON y redes abiertas, que cuenta con una comunicación abierta de tecnología LonWorks ISO/IEC 14908-2, por lo que puede ser integrado en este tipo de red. Cuenta con un reloj interno en tiempo real con función automática, además posee 6 entradas libres de tensión y 4 salidas de relé de 5 A.

El nodo de control de la Figura 10 tiene doble alimentación, uno eléctrico y otro de bus en caso de algún fallo de suministro de alimentación. El nodo INS-460 cubre el control y supervisión de cuadros eléctricos y contadores [11]



Figura 10. Nodo de control de entradas y salidas [11]

Las características técnicas del controlador y de sus partes externas son las que se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Características del nodo de control de entradas y salidas[12]

Modelo	INS-460-FC
Alimentación	230 VAC +/-10% <2w
Alimentación Bus	12-24 VDC/ 110mA MAX
Salida de alimentación periféricos	12 VDC
Transceptor	FTT-10
Velocidad de comunicaciones	78 Kbps
Salidas de corte de fase por relé Nº Salidas: Tipo: Características de comunicación	4 Electromecánicas mediante relé 5Amp/230VAC 5Amp/30VDC
Entradas: Nº Entradas: Tipo:	6 Contactos libres de potencial

3.2.2.1 Conexionado

El conexionado electrico de este nodo se clasifica en 5 bloques del J1-J5, y este se puede observar en la Figura 11:

J1: Bloque de conexión de alimentacion del dispositivo

J2: Bloque de comunicacion del bus

J3: Bloque de entradas digitales

J4: Bloque de salidas tipo Switch

J5: Bloque de alimentacion de 12 VDC

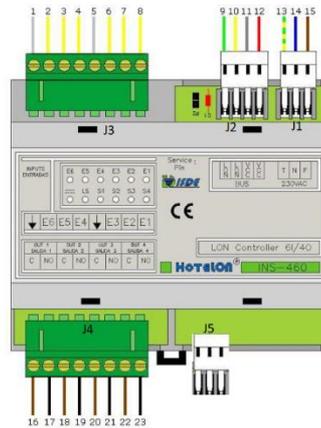


Figura 11. Conectores del controlador ISDE [12]

Cada uno de los pines de conexión de la Figura 11 se detallan en la Tabla 8 y esta información servirá de base para la conexión de los dispositivos externos.

Tabla 8: Pines de conexión del controlador ISDE [12]

1	Común Entrada 6, 5 y 4
2-3-4	Entrada 6 –Entrada 5- Entrada 4
5	Común Entrada 3, 2 y 1
6-7-8	Entrada 3 –Entrada 2- Entrada 1
9-10	Comunicación LON
11-12	Alimentación Vcc
13	Tierra alimentación
14	Neutro Alimentación 230Vac
15	Fase Alimentación 230Vac
16-18-20-22	Neutro Salida 1- Neutro Salida 2- Neutro Salida 3- Neutro Salida 4
17-19-21-23	Retorno Salida 1- Retorno Salida 2- Retorno Salida 3- Retorno Salida 4

3.2.3 Interfaz de red U60 FT DIN

Este módulo de interfaz de red permite a un controlador o computador comunicarse con redes LON a través de USB. El modelo U60 FT es una interfaz para LON/IP-FT y para LON-FT y los dos son compatibles con OPENLDV 5.

Este dispositivo que se observa en la Figura 12 tiene leds de transmisión y recepción y un led de servicio integrado para mostrar el estado del dispositivo.



Figura 12. Interfaz de red U60 FT DIN

3.2.3.1 Características

El módulo de interfaz de red U60 tiene varias características que es importante tener en cuenta para su montaje como su alimentación y tipo de comunicación [13]. Estas características se mencionan en la Tabla 9.

Tabla 9. Características de la interfaz de red [13]

N° modelo	75060R-40
Modelo de procesador	Echelon Neuron 6050
Procesador	Echelon FT 6050 Smart Transceiver
Conector LON	1 clip de 2 vías
USB cable	Incluye cable con micro-B USB a Tipo A USB
Indicadores	LON Tx/Rx LEDs, Status LED, Service LED
Botón conector	Modelo TP-1250
Voltaje de entrada	5VDC USB
Corriente de entrada	110mA fuente máxima USB
Rango de Temperatura	-40°C to +70°C
Humedad	10-90% RH
Montaje	DIN 43880 2TE

3.2.4 E Room plus 5 teclas (Frío/calor)

Es un controlador de climatización e iluminación que está diseñado para permitir el ahorro energético en iluminación de habitaciones o estancias. El equipo se puede adaptar a las necesidades de los usuarios, ya que se puede utilizar para oficinas, hoteles, geriátricos u hospitales. [14]

3.2.4.1 Descripción

Este equipo cuenta con entradas digitales de contacto tarjetero y ventana, así como también de una entrada y salida digital para el control de una luz. El equipo cuenta con una salida de relé para el control on/off de electroválvulas y además cuenta con 3 salidas para la gestión de la velocidad de un fan coil. [14]

El controlador e-room se puede conectar en red con los dispositivos LonWorks, ya que cuenta con un canal de comunicación de tipo T/FT-10 como se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Controlador E-room plus [14]

3.2.4.2 Datos técnicos

Los datos técnicos de este controlador permiten conocer qué tipo de fuente se necesita conectar y qué tipo de dispositivos puede controlar y cómo será su conexión. En la Tabla 10 se muestran todas las características.

Tabla 10. Características del controlador E-room [14]

Número de referencia	RP.626601-100
Funcionamiento	Autónomo y remoto
Alimentación	24 Vac/24 Vdc
Tipo de comunicación	Par Trenzado TP/FT-10
Tipo de receptor	Receptor IR para mando a distancia
Componente interno	Sonda de Temperatura ambiente en frontal
Número de teclas	5 teclas
Entradas digitales	Contacto tarjetero /detector de movimiento

	Contacto ventana Pulsador iluminación
Entradas analógicas	Sonda T° Agua frio-calor Sonda T° Externa
Salidas Relé	Fan coil 3 velocidad Control de electroválvula Luz de cortesía

3.2.4.3 Modos de funcionamiento del controlador

El controlador E-room es muy versátil ya que tiene muchas aplicaciones, es decir que los mismos dispositivos instalados pueden cumplir diferentes funciones dependiendo de la configuración de su variable de red nciApplication. En la Tabla 11 se muestran los modos de funcionamiento, la etiqueta incorporada y el valor de la variable nciApplication.[15]

Tabla 11. Modos de funcionamiento controlador E-room [15]

Modos de funcionamiento	Etiqueta	Valor
Configuración para Hotel, Habitación, 2T	APP_HOTEL_HAB_2T 0	0
Configuración para Hotel, Habitación, 4T	APP_HOTEL_HAB_4T 1	1
Configuración Residencia, Detección Ventana abierta, 2T	APP_RESIDENCIA_2T_V 2	2
Configuración Residencia, Detección ocupación Cama, 2T	APP_RESIDENCIA_2T_C 3	3
Configuración Residencia, Detección Ventana abierta, 4T	APP_RESIDENCIA_4T_V 4	4
Configuración Residencia, Detección ocupación Cama, 4T	APP_RESIDENCIA_4T_C 5	5
Configuración para Oficina, Iluminación, 2T	APP_OFICINA_2T_I 6	6
Configuración para Oficina, Persianas, 2T	APP_OFICINA_2T_P 7	7
Configuración para Oficina, Iluminación, 4T	APP_OFICINA_4T_I 8	8
Configuración para Hotel, Habitación, Detección presencia, 2T	APP_HOTEL_HAB_2T_D 9	9
Configuración para Hotel, Habitación, Detección presencia, 4T	APP_HOTEL_HAB_4T_D 10	10

3.2.5 Fuente Alimentación Weidmuller AC/DC 24v

Es una fuente de alimentación de 24V/72w con una salida AC/DC de salida fija y ajustable. Esta fuente de la Figura 14 proporciona funcionalidades básicas como la protección contra la temperatura, el cortocircuito y la resistencia a la sobrecarga que permite su uso de forma universal. [16]



Figura 14. Fuente de alimentación

3.2.5.1 Características técnicas

La fuente de alimentación Weidmuller va a permitir alimentar a los dispositivos LonWorks, pero es importante conocer sus características que se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12. Características técnicas de la fuente de alimentación [16]

Número de referencia	1469470000
Tensión de entrada AC o DC	ac, dc
Tensión de entrada	85 → 264V ac
Tensión de salida	24V dc
Corriente de Salida	3A
Potencia nominal	72W
Número de salidas	1
Fase eléctrica	1
Altura	125mm
Ancho	34mm
MTBF	>500000h
Temperatura máxima	+70°C

Características especiales	Tamaño compacto, fácil de mantener, flexible, alta eficiencia
----------------------------	---

3.3 Diseño del Sistema

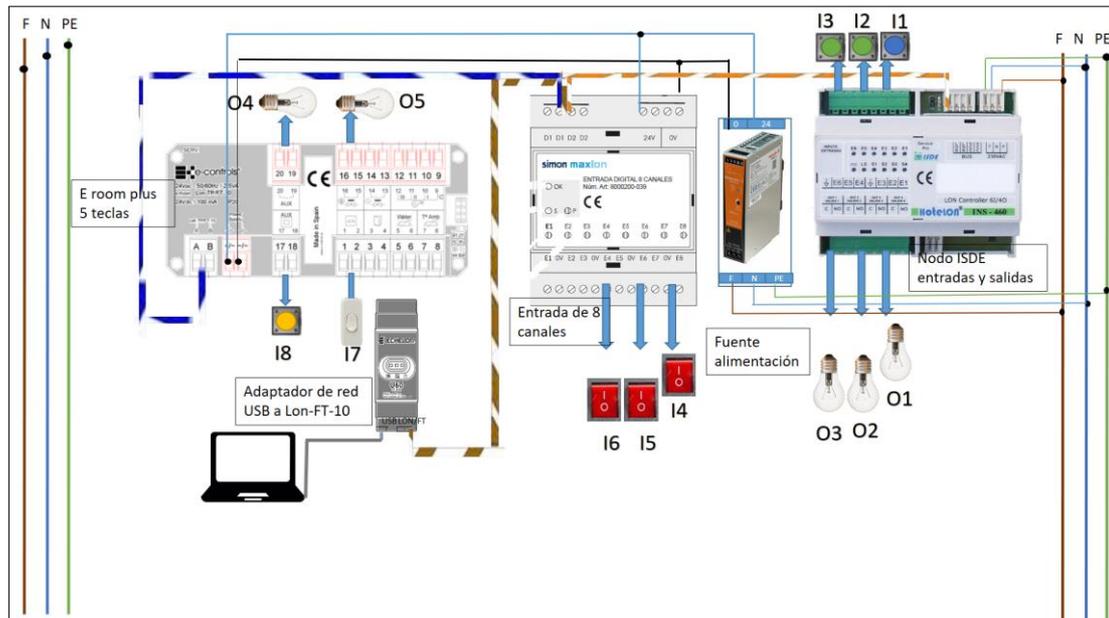


Figura 15: Diseño del sistema LonWorks

Para el diseño del sistema domótico se van a utilizar los dispositivos que se analizaron en el apartado anterior y es el que se muestra en la Figura 15.

El sistema tiene una topología en estrella, ya que todos los dispositivos están conectados a un punto central y desde ese punto se llevan a cabo todas las comunicaciones.

El sistema diseñado es un sistema distribuido ya que se utilizan varios controladores donde cada uno realiza un control centralizado en diferentes lugares de la vivienda. Los controladores trabajan junto a dispositivos externos de entrada como pulsadores o interruptores y de salida como luces.

En la figura inferior se puede observar el modelo del sistema propuesto, donde se detalla la conexión del bus de comunicaciones, el número y ubicación de los sensores y actuadores que van conectados a cada controlador y la conexión de alimentación únicamente de los controladores.

El controlador de entradas y salidas ISDE va a tener instalado 3 pulsadores como dispositivos de entrada y 3 luces como dispositivos de salida. El controlador de 8 canales Simon cuenta con 3 interruptores de entrada. Finalmente, el controlador de climatización E-room tiene 2 dispositivos de entrada, un pulsador y un interruptor, y tiene 2 luces como dispositivos de salida.

3.3.1 Esquema eléctrico del sistema

En base al diseño propuesto anteriormente se realizó el esquema eléctrico del sistema con todos los dispositivos a utilizar. El esquema eléctrico se realizó en 2 partes. En la primera consta la conexión en red de los dispositivos LonWorks, como se puede apreciar en la Figura 16. Para la conexión en red se usó topología en estrella desde un punto de conexión en común y el cable que se utilizó fue par trenzado.

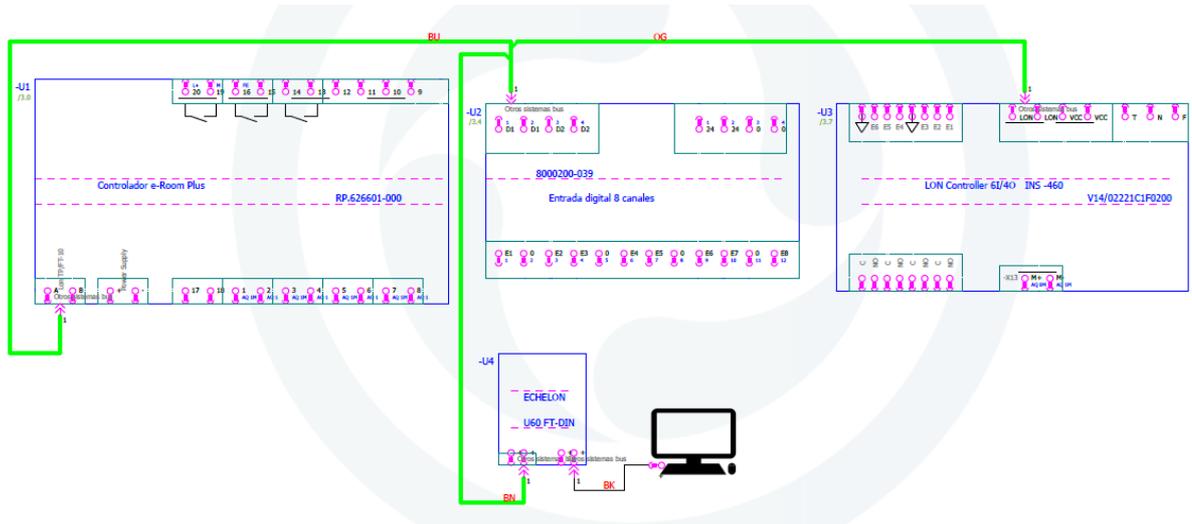


Figura 16. Conexión en red de los dispositivos

El esquema eléctrico es el que se muestra en la Figura 17, donde consta la conexión de los dispositivos de entrada y salida en cada uno de los controladores LonWorks. Además también se detalla el color y la sección del cable que se utilizará para la instalación. En el esquema eléctrico también se detalla la conexión de la fuente de alimentación Weidmuller, que alimenta al controlador de iluminación Simon y al módulo de entradas E-control.

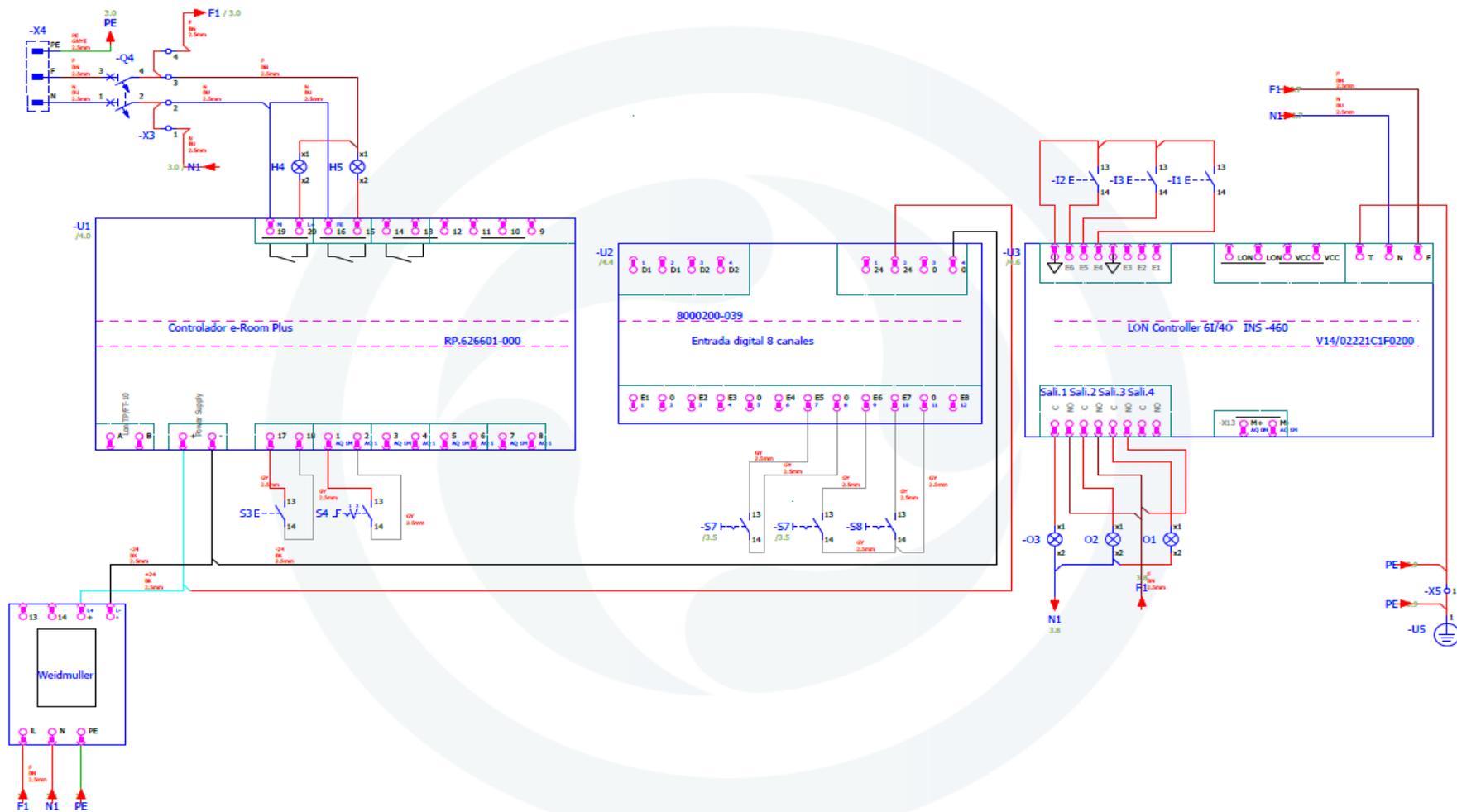


Figura 17. Esquema eléctrico del sistema

4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

4.1 Protección eléctrica

Para proteger los dispositivos de sobrecargas o cortocircuitos, se utilizó un interruptor magneto térmico seleccionado en base a la potencia de los dispositivos utilizados. En la Tabla 13 se puede observar el cálculo de la corriente eléctrica total de los dispositivos.

Tabla 13. Cálculo de la corriente

Dispositivo	Voltaje de alimentación	Potencia consumida	Intensidad
Entrada digital de 8 canales, con n número de entradas.	24V	3W	0.125A
Controlador de entradas y salidas ISDE, con 4 luces de salida y 4 pulsadores.	220V	60W *4 =240W	1.09A
Controlador de climatización e-room plus, con 3 luces de salida, 1 pulsador y 1 interruptor.	24V	60W*3 =180W	7,5A
Intensidad Total			8.715A

Al utilizar todos los dispositivos posibles en el sistema, la intensidad total que consume es de 8.71A. Aunque no se van a utilizar todos los dispositivos para este proyecto, se ha diseñado para que el sistema se pueda ampliar. Por tanto, para que cubra la exigencia de corriente, se escogió un interruptor magneto térmico de 10A, como se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Interruptor termomagnético

Para elegir la sección del cable se parte de la Tabla 14, y en base a la potencia que el sistema puede consumir, se escogió un cable de sección 2.5mm².

Tabla 14. Selección de sección para el cable

Tamaño del cable	Corriente máxima	Potencia generada	
		24V	220V
1 mm ²	10A	240	2200
1.5 mm ²	15A	360	3300
2.5 mm ²	20A	480	4400

Con esta selección del cable, se asegura que el interruptor magneto térmico pueda proteger tanto a los dispositivos como a los cables, ya que el interruptor va a saltar antes de que se sobrepase la corriente máxima del cable y pueda ocurrir un accidente.

4.2 Dispositivos y materiales utilizados

El sistema se implementó en un tablero de madera de dimensiones 60x54 cm y 5 cm de grosor que se puede encontrar fácilmente en cualquier almacén de bricolaje. Para sostener el tablero se utilizaron 2 escuadras reforzadas blancas, de 26x28 cm de ancho en las esquinas inferiores del tablero.

Para fijar los dispositivos al tablero fue necesario utilizar un carril Din metálico de 45 cm de largo. Una parte se ubicó en la parte central del tablero y otro pedazo pequeño de carril en la parte inferior izquierda, para fijar el módulo USB y facilitar así su conexión al ordenador.

Para representar de mejor manera el primer piso, fue necesario colocar una pegatina de una casa, donde se muestra la ubicación del dormitorio, el comedor y el pasillo. En la parte central está ubicado el controlador de climatización junto con sus dispositivos de entrada y salida.

Para la entrada de alimentación se utilizó un enchufe monofásico estándar, como se muestra en la Figura 19, colocado en la parte derecha del tablero para facilitar la conexión con la red eléctrica. Y para ayudar a fijar el cable, se utilizaron unos clips plásticos de color blanco.



Figura 19. Enchufe alimentación

Para las conexiones eléctricas se utilizaron 5 bornes de conexión de color crema de 4mm de sección, estos se visualizan en la Figura 20. Así se distribuyen las salidas de alimentación que provienen del interruptor termo magnético: dos se utilizaron para repartir la fase, dos para el neutro y uno para la tierra.

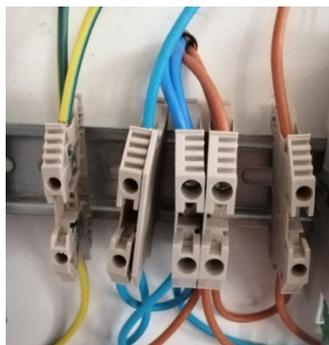


Figura 20. Bornas de conexión

Todas las luminarias comparten un terminal, que es la fase, así que se utilizan unos terminales de conexión de color negro, como se puede apreciar en la Figura 21. Estos terminales van fijados a la tabla por silicona caliente, y están puenteados por un extremo para que sus entradas sirvan como punto común de conexión.



Figura 21. Regleta de conexión

4.2.1 Adaptador de red USB a LON-FT-10

El adaptador de red USB, tiene 2 entradas de conexión, un clip para los cables de comunicación LonWorks y un puerto micro-B USB hembra para conectar el dispositivo al ordenador.

Para la comunicación LonWorks se utilizan dos de los hilos de un cable UTP cat5, de color blanco con marrón para este dispositivo que se muestra en la Figura 22.



Figura 22. Adaptador de red USB a LON-FT 10

4.2.2 Entrada digital de 8 canales

En la Figura 23, se puede ver que del módulo digital salen 3 conexiones, unas son de alimentación,

otras son de comunicación y otras son para las entradas de los interruptores.

Se pueden ver en la gráfica de abajo los diferentes conexionados del equipo:

1. Conexión de alimentación del módulo digital
2. Conexión de comunicación LonWorks
3. Conexión de dispositivos de entrada

La alimentación proviene de dos cables, de color azul y negro (azul para 24V y negro para 0v). Se escogieron estos colores para diferenciar de la otra alimentación AC de 220V.

Debido a que la topología es en estrella, el punto central es este dispositivo, ya que sirve como punto común para las comunicaciones de todos los equipos LonWorks. En la gráfica está representado con el número 2.

Para la conexión de los dispositivos de entrada se utilizaron cables de color gris y se separaron con una brida los pares de cable que van a cada interruptor. En la gráfica esta denotado con el número 3.

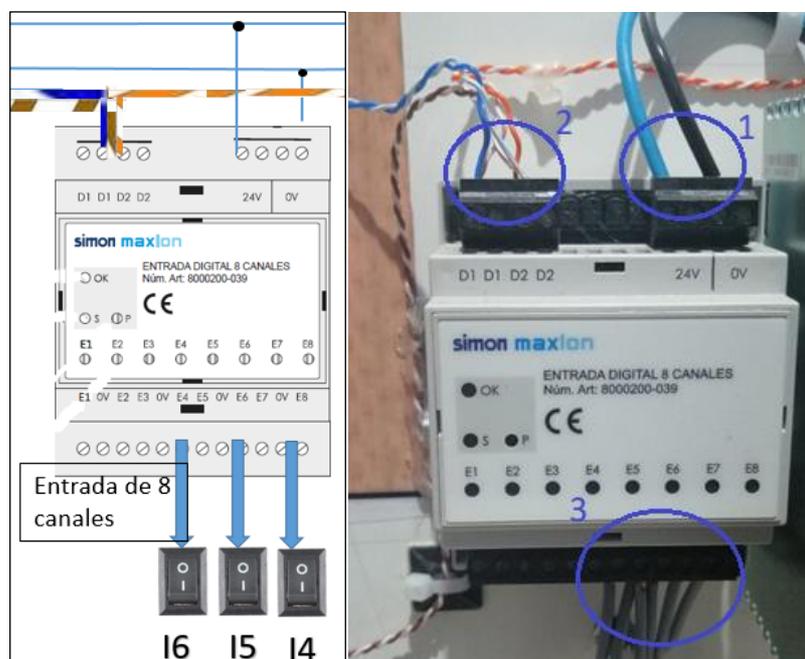


Figura 23. Conexión entrada digital de 8 canales

4.2.3 Nodo de control de entradas y salidas INS-460

Para este controlador de entradas y salidas salen 4 conexiones: una conexión para alimentación de 220V, otra para comunicación con los dispositivos LonWorks, otra conexión para las entradas de los pulsadores y la última para las salidas de las luminarias.

En la Figura 24 se observan las distintas conexiones del equipo:

1. Alimentación del controlador INS-460
2. Conexión de comunicación LonWorks
3. Conexión de dispositivos de entrada
4. Conexión de dispositivos de salida tipo relé

Para la fuente de alimentación de 220V se utilizaron cables de color marrón, azul y verde de sección 2.5mm². En la Figura 24 se muestran estos cables en el círculo de número 1.

Para la comunicación se utilizaron un par de cables de par trenzado UTP de color naranja con

blanco y que van conectados al puerto LON del dispositivo. Esto se muestra en la gráfica inferior señalado con el número 2.

Para las entradas de los dispositivos se utilizó cables de un solo hilo y de 0.75 mm^2 de sección, ya que las entradas no tienen tensión. Se conectan en la parte superior del dispositivo y en la gráfica se muestra en el círculo con el número 3.

El controlador tiene 4 salidas de relé y para la conexión de estas se utilizaron cables de 2.5 mm^2 de sección e identificado de color gris para un terminal de la luminaria y de color azul para el terminal de neutro, considerando que el otro conector de la luminaria va conectado a la fase y este cable es de color marrón.

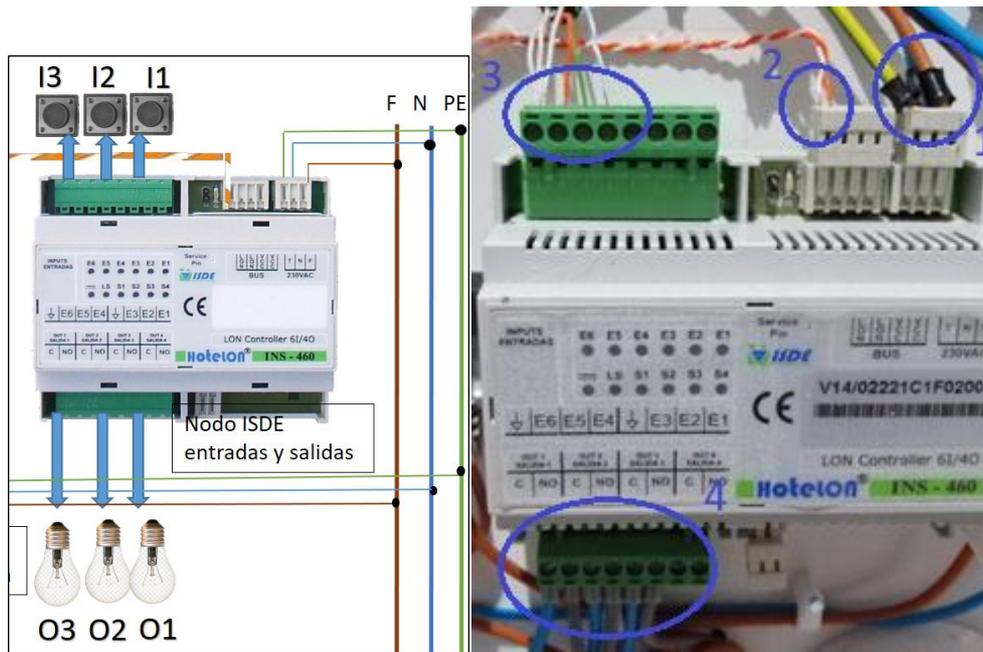


Figura 24. Conexiones del controlador INS-460

4.2.4 Fuente de alimentación Weidmuller AC/DC 24V

La fuente de alimentación tiene 2 conexiones, su fuente de entrada de 220V y su salida de 24V de continua que alimenta al módulo de entradas de 6 canales Simon y al controlador de climatización e-Room.

Para la alimentación de 220V se usan cables de 3 colores, marrón para la fase, azul para el neutro, y verde para la tierra y los pines de conexión están ubicados en la parte inferior del dispositivo, como se muestra en la Figura 25.

La salida de 24Vdc está ubicada en la parte superior del dispositivo y se utilizan cables de 2.5 mm^2 de sección.



Figura 25.Fuente de alimentación

4.2.5 E Room plus 5 teclas (Frio/calor)

El controlador de climatización e-room se conectó en base a la Figura 26, donde se muestra la conexión de las luminarias, de los sensores e interruptores y de la climatización. El controlador cuenta con 5 entradas sin tensión, 3 salidas de relé y 1 salida específicamente para el control de un aire acondicionado

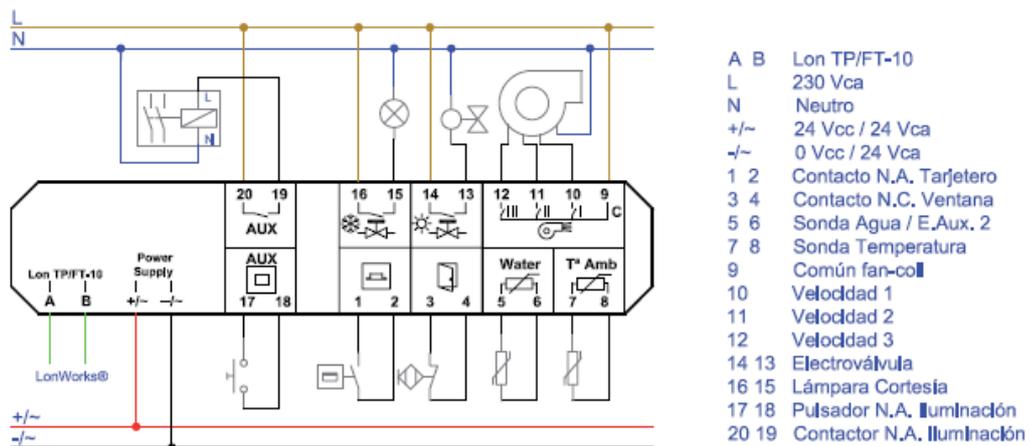


Figura 26.Diagrama de e-room plus

Este dispositivo e-room tiene múltiples funcionalidades, como se pudo analizar en la gráfica de modos de funcionamiento del controlador, así que para el proyecto se utilizó el modo de configuración Hotel Habitación, 2 tubos tarjetero. En base a esta configuración se implementó el modelo de la Figura 27, donde se muestra que se utiliza la salida auxiliar para encender una luminaria, al igual que la salida 15-16. También se utilizó la entrada 1-2 del contacto normalmente abierto del tarjetero para conectar un interruptor que cumpliría las funciones del tarjetero. En la entrada auxiliar 17-18 se conectó un pulsador normalmente abierto para el control de una luminaria.

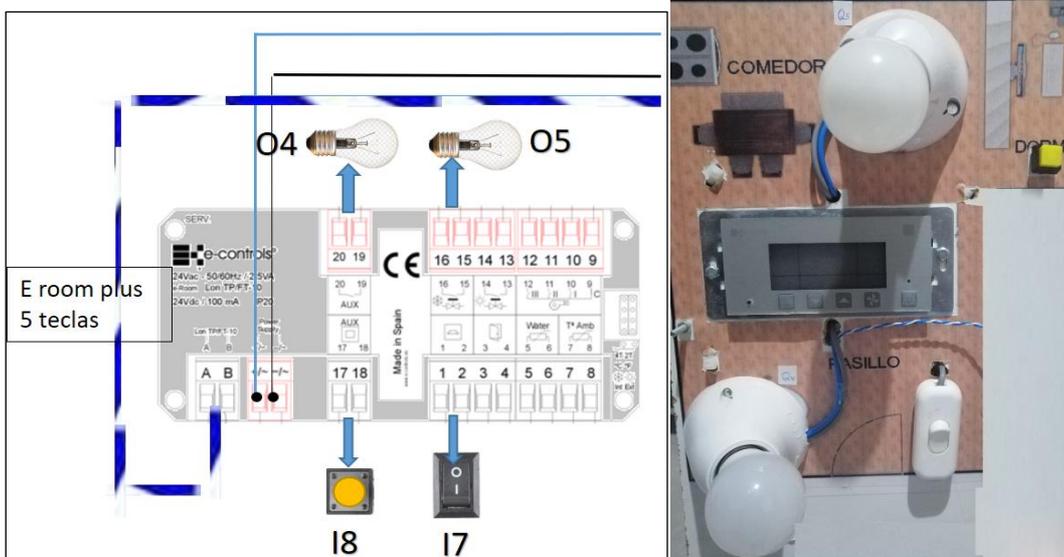


Figura 27. Conexión del controlador e-room

En este modo de configuración, los dispositivos trabajarán de la siguiente manera:

-Al insertar la tarjeta se activa la entrada tarjetero (1-2) y el equipo pasa a modo Ocupado quedando habilitado para controlar la climatización (si se tuviera conectado un fan coil). La activación del tarjetero conecta automáticamente la salida Luz Cortesía (15-16) que permite activar una luz en la entrada de la habitación durante un tiempo definido por la variable 'nciCourtesyTime'. Pasado este tiempo la salida se desactiva automáticamente.

Al insertar el tarjetero se conecta también la salida Auxiliar (20-19) que permite activar la luz del comedor.

- Al retirar la tarjeta el equipo pasa automáticamente a modo Desocupado y la climatización pasa a OFF. La variable 'nciPresenceTime' permite definir un retardo para realizar esta acción y también para desconectar la salida Auxiliar (20-19). La salida Luz Cortesía (15-16) se activa cuando se retira la tarjeta y se desactiva automáticamente pasado un tiempo definido por la variable 'nciCourtesyTime'.

- La entrada Auxiliar (17-18) permite conmutar el estado de la salida Auxiliar (20-19) si el equipo se encuentra en modo Ocupado.

- La apertura de Ventana (3-4) para automáticamente la climatización. Se restablece automáticamente cuando se cierra la Ventana (3-4).

En la Figura 28, se puede ver el orden de activaciones que tienen los dispositivos en esta configuración Hotel Habitación, 2 tubos tarjetero. Señalar que para otras configuraciones el esquema es diferente.

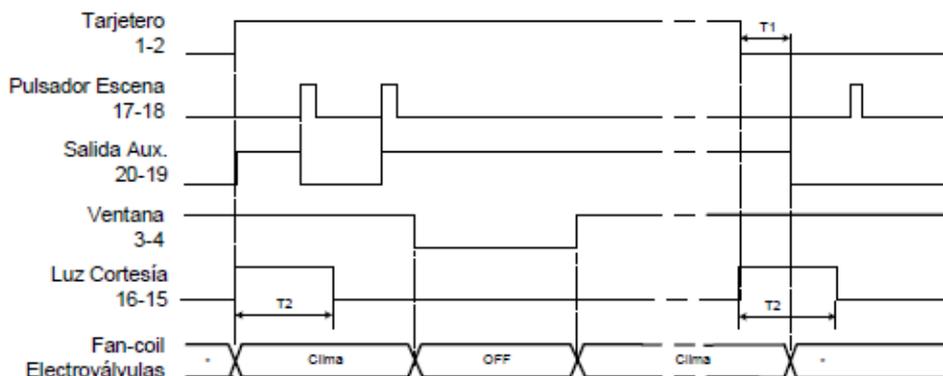


Figura 28. Diagrama de activaciones

4.3 Instalación de aplicaciones software

Para la instalación del software necesario para el diseño de la red, se utilizó un ordenador con una máquina virtual instalada con un sistema operativo Windows XP (aunque también se puede utilizar Windows 2000).

Para instalar el software Lonmaker, fue necesario instalar conjuntamente Microsoft Visio y LonPoint Plug-in que son complementos para el software. En la Figura 29 se observa la instalación de estos programas.

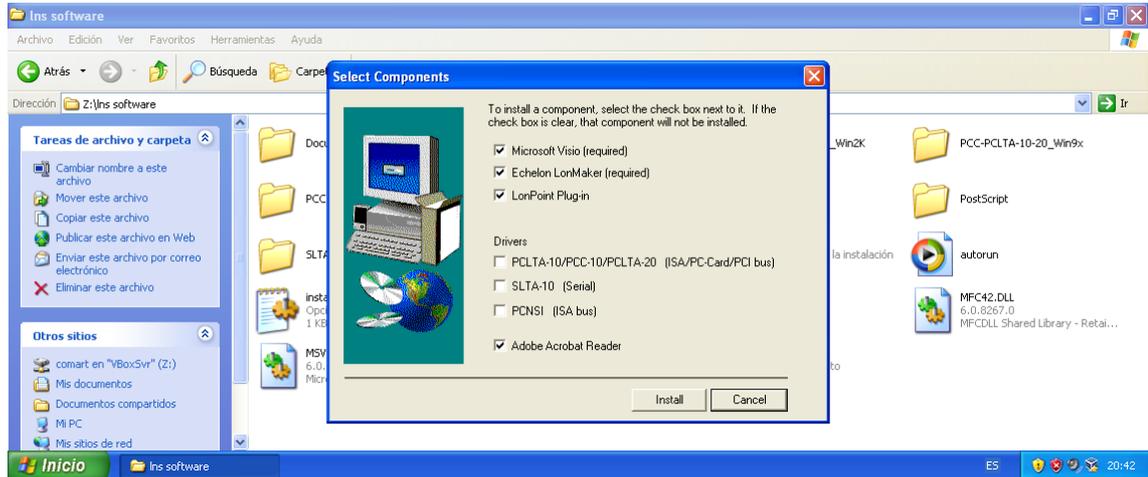


Figura 29. Instalación de aplicaciones software

Lonmaker utiliza una interfaz amigable con el usuario basada en Microsoft Visio. En la Figura 30 se puede ver que la instalación del software fue correcta.

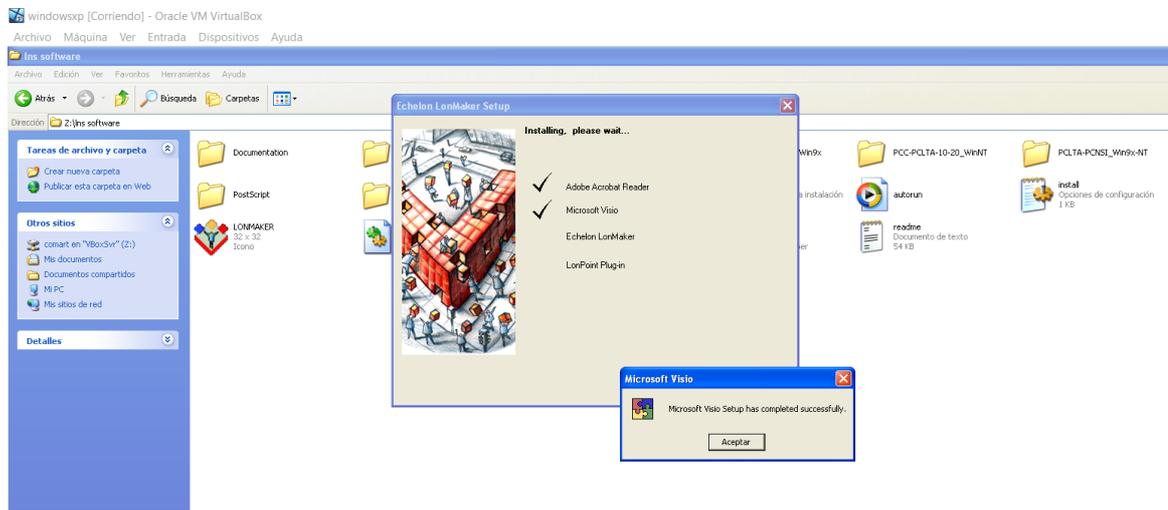


Figura 30. Instalación exitosa

Se instaló el software Lonmaker 3.1, que es el que se utilizará para el diseño y mantenimiento de la red Lonworks. De igual forma se instaló el software LonPoint 3.0 ya que hay algunos dispositivos Echelon LonPoint tienen plantillas de dispositivos asociadas y esas plantillas se pueden asociar a gráficas de Lonmaker. Si la instalación fue exitosa se mostrará unos mensajes como los de la Figura 31.

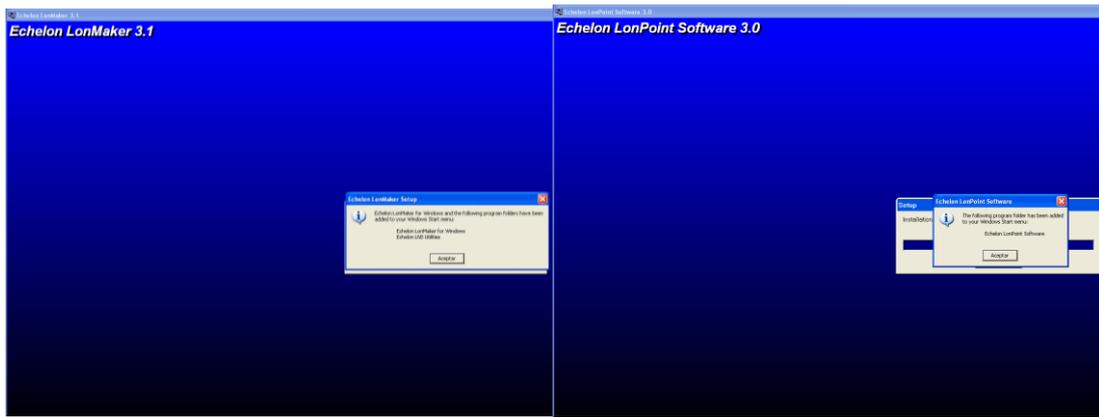


Figura 31.Instalación de Lonmaker y Lonpoint

Al terminar de instalar todos los programas, se muestra una pantalla como la Figura 32, donde consta que la instalación de Lonmaker, Visio, Lonpoint y Adobe se ha realizado correctamente.

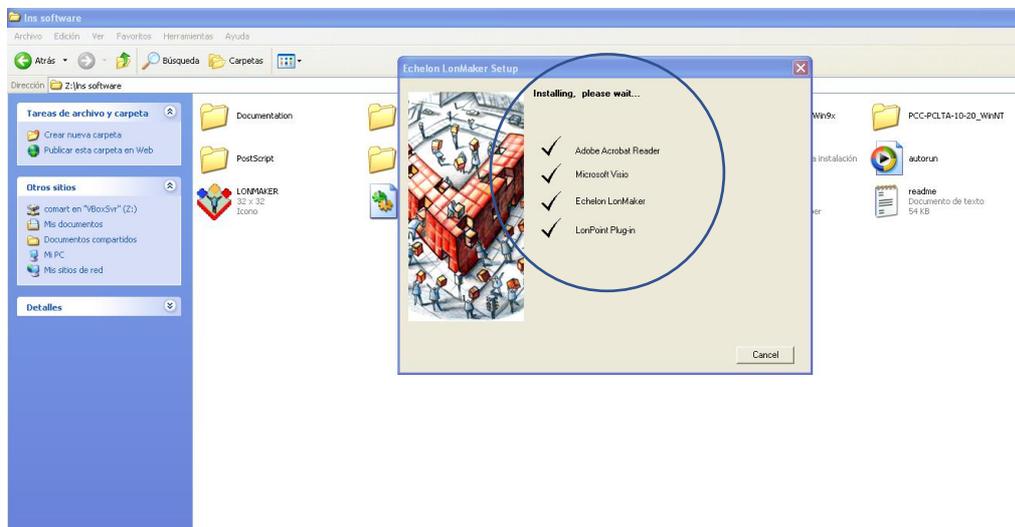


Figura 32.Programas instalados con éxito

Una vez instalados todos los programas, se conecta el módulo USB U60 al ordenador para realizar la comunicación entre el ordenador y los dispositivos LonWorks. Para asegurar que el ordenador reconoce el dispositivo USB, se puede mirar en “Administración de equipos” de Windows. En la Figura 33 se puede ver que el dispositivo es visible pero no se puede utilizar.

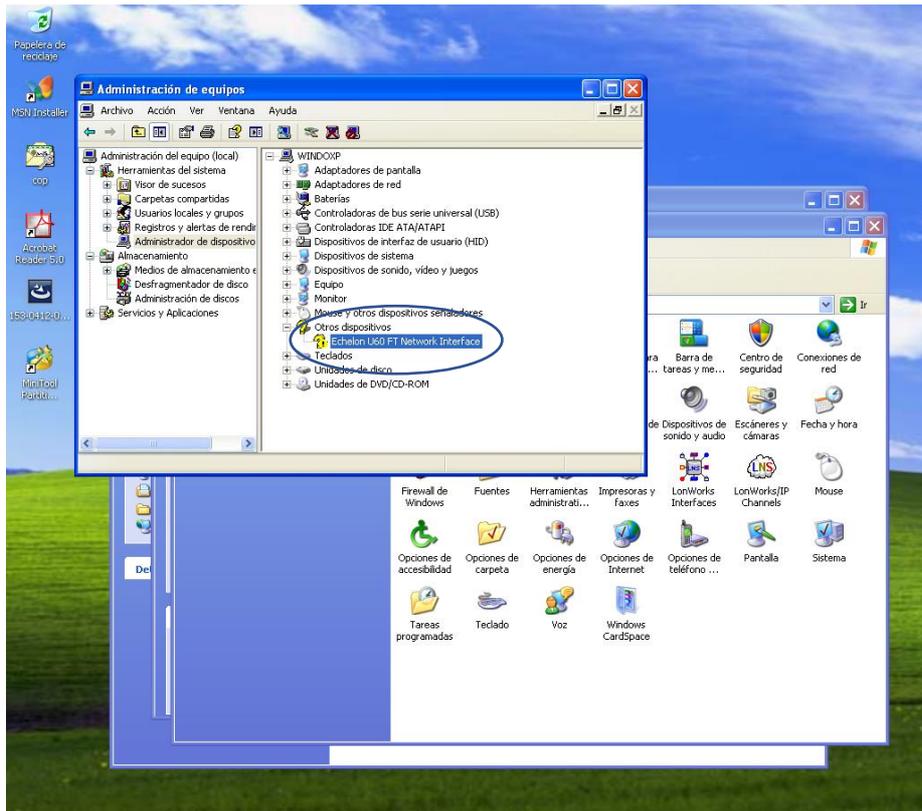


Figura 33. Comprobación del controlador

El software OPEN LDV 5.0 fue necesaria para el reconocimiento de la interfaz de red Echelon USB U60. En la Figura 34 se ve la instalación de este componente. Una vez ejecutado el software, la interfaz de red USB U60 se habilita para proceder con el diseño de la red.

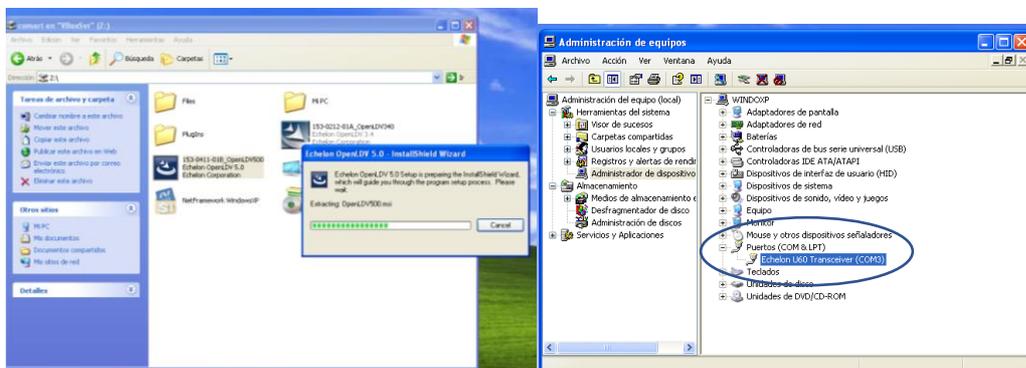


Figura 34. Habilitación del controlador

4.4 Creación de la red LonWorks

Para crear una red utilizando la herramienta LonMaker, hay que añadir al área de dibujo dispositivos, bloques funcionales, conectores, enrutadores i.LON, canales y subsistemas. Estos componentes de LonMaker se añaden arrastrando las formas de una plantilla de LonMaker al área de dibujo.

Para crear y programar la red LonWorks se puede hacer de forma online o de forma offline. De forma online se puede modificar parámetros y poner en marcha los dispositivos inmediatamente. De forma offline no es necesario que los dispositivos estén conectados al ordenador en ese momento, sino que se crea la red se guarda el proyecto y posteriormente se carga el proyecto en los dispositivos LonWorks.

Para crear una nueva red LonWorks, se ejecuta el programa LonMaker para Windows, y se abre un cuadro de diálogo en el que se selecciona “new network”, como lo muestra la Figura 35. Si ya se hubiese creado un proyecto anterior, se escogería la opción “open network”.

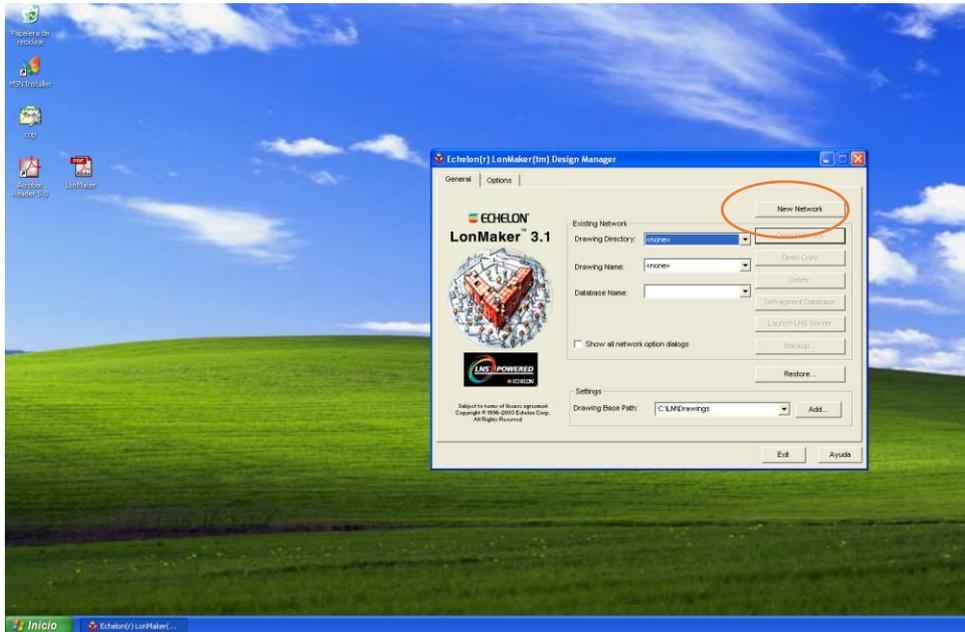


Figura 35. Nueva red LonWorks

Al nuevo proyecto se le asigna un nombre y también se especifica la dirección donde va a estar ubicado el programa y la extensión del tipo de fichero que se creará. También se puede incluir una breve descripción del trabajo. Al terminar de rellenar los datos se presiona en “Next” para pasar a la siguiente ventana, como lo muestra la Figura 36.

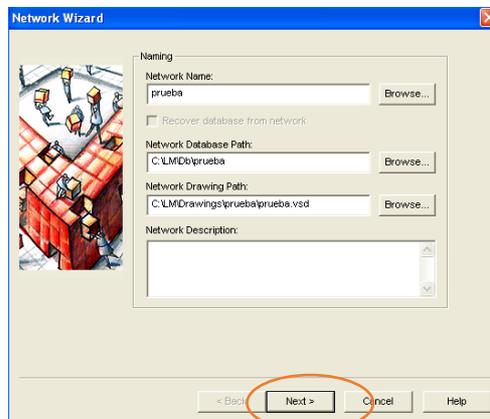


Figura 36. Nombre de la nueva red

Se selecciona el nombre de la interfaz USB U60, que en este caso es LON1 y se escoge si el diseño de la red se va a realizar de forma online si es que el pc está conectado directamente al módulo usb o de forma offline para realizar el programa y posteriormente cargarlo cuando el módulo se conecte al PC. En nuestro caso está conectado y se escoge la opción Onnet, como se observa en la Figura 37.

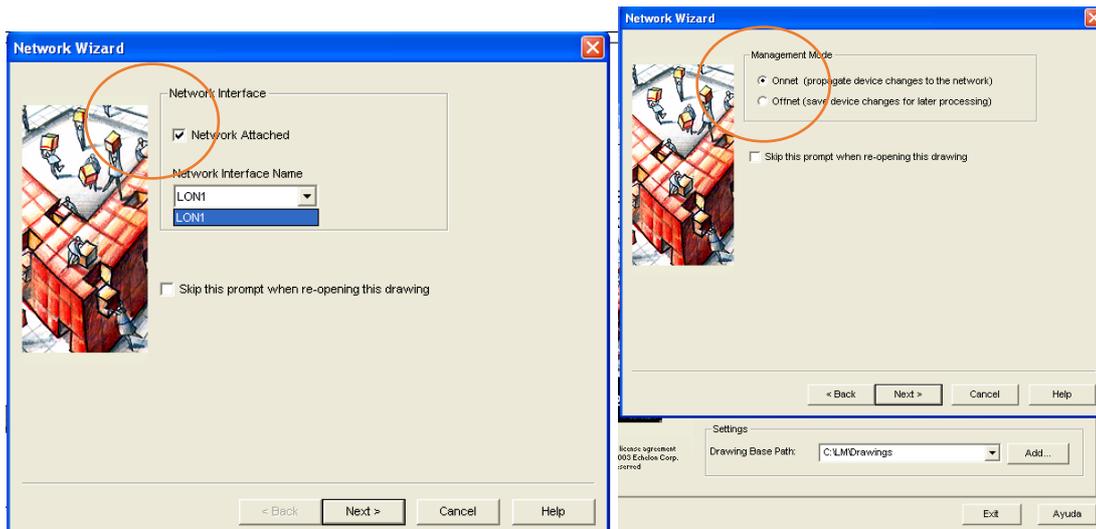


Figura 37. Interfaz de red LON1

Se establece el acceso de escritura a los proyectos y después se agregan los plug-ins a la red. En nuestro caso se agregaron todos, siendo el “Echelon Lonmaker Browser” el más importante ya que accede a la base de datos de los nodos utilizados y permite configurar sus parámetros internos. Posteriormente se da clic en finalizar para terminar el proceso, como lo muestra en la Figura 28.

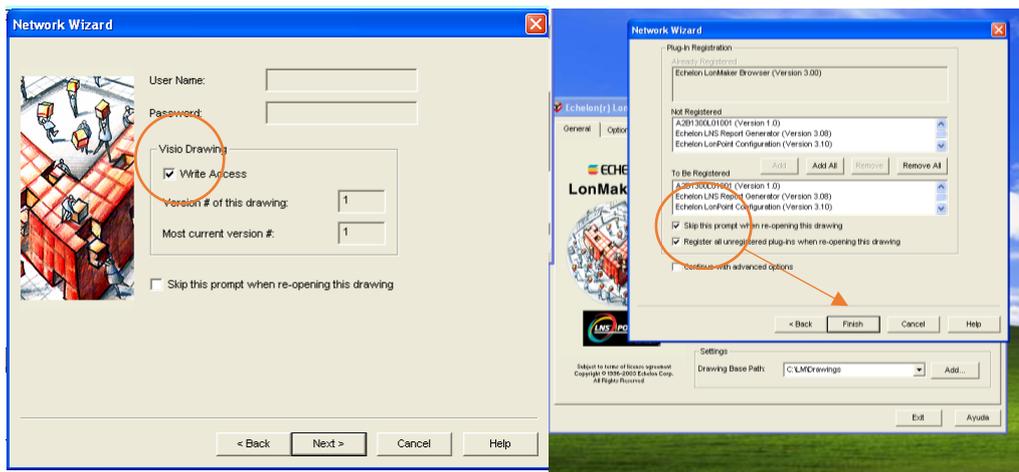


Figura 38. Acceso a escritura del programa

4.5 Comisionado de dispositivos

Al arrancar el software Lonmaker, viene por defecto añadido a la red un canal “Channel 1” sin especificar, esto se muestra en la Figura 39. Este canal se modifica según el proyecto, y en nuestro caso se cambia a TP/FT-10 porque los dispositivos están comunicados mediante este tipo de conexión de par trenzado.

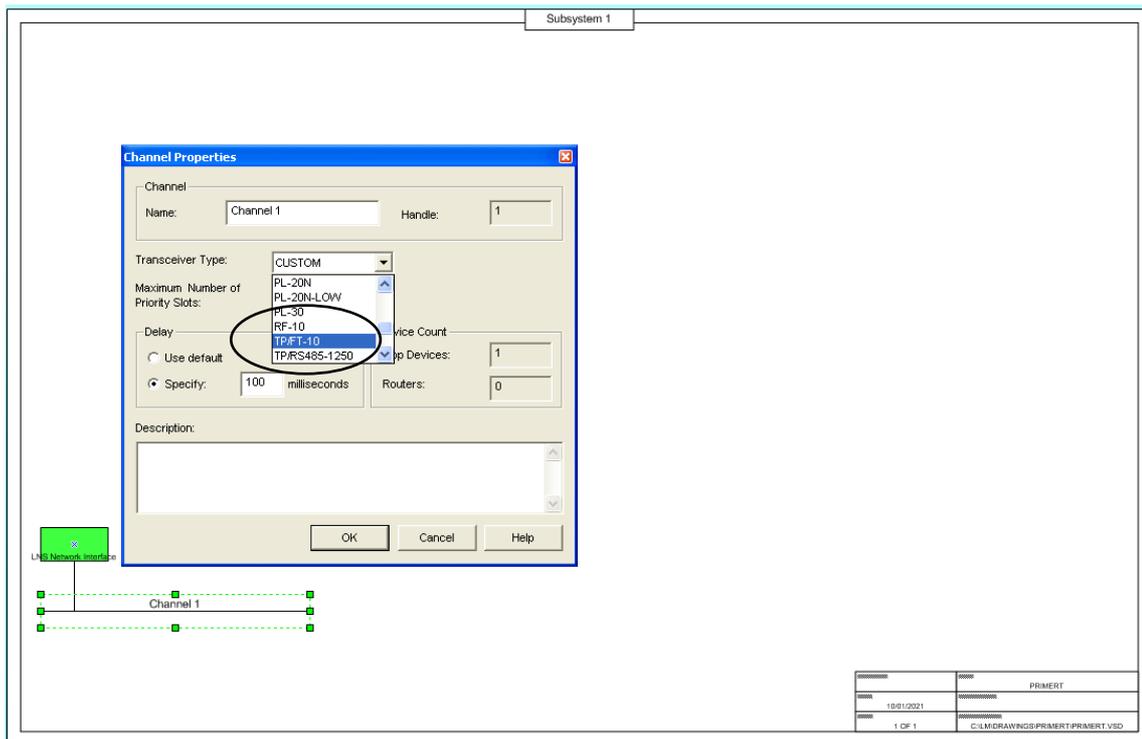


Figura 39.Modificación de canal de red

La herramienta LonMaker incluye la plantilla de formas básicas de Visio. Esta plantilla contiene las formas básicas necesarias para crear una red LonMaker como se muestra en la parte izquierda en la Figura 40.

Para comenzar a crear la red se comienza con un dispositivo, así que se arrastra el dispositivo “Device” desde “Lonmaker Basic Shapes” al dibujo del proyecto y se escribe el nombre que va a tener en la red.

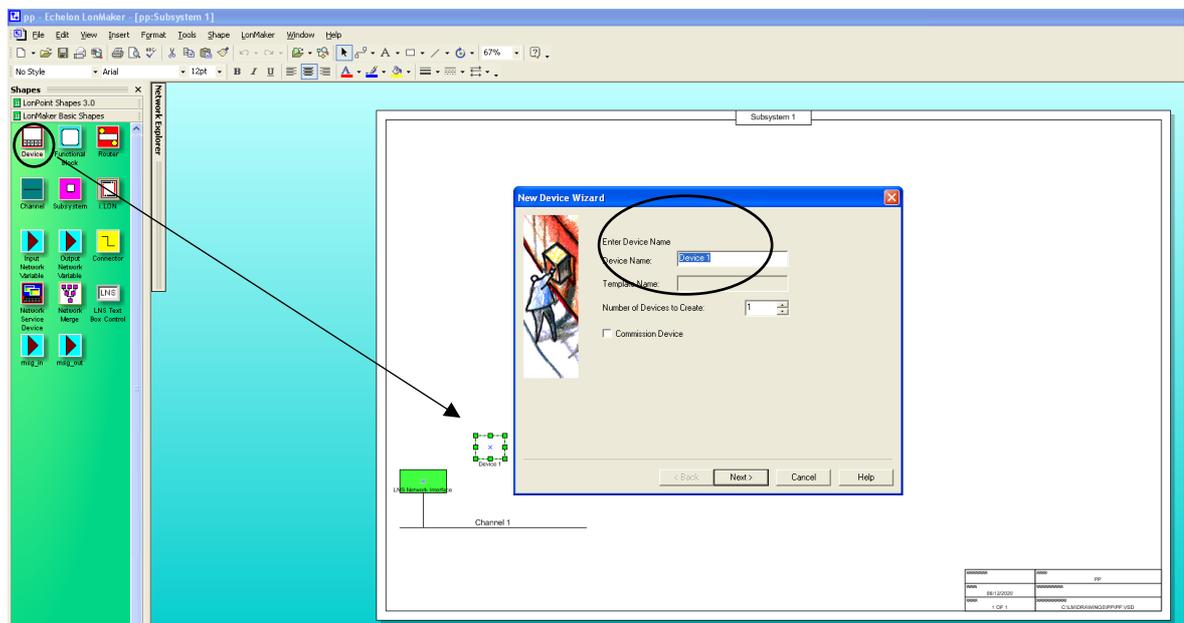


Figura 40.Nuevo dispositivo en la red

Aquí se busca la interfaz de archivo del dispositivo de extensión xif. Este archivo lo dan los proveedores de los equipos y cada equipo cuenta con un archivo xif propio. En este caso, este archivo es el “D8I_04.XIF” y se encuentra ubicado en la ruta “C:\Archivos de programa\LonWorks\Import”, como se puede ver en la Figura 41.

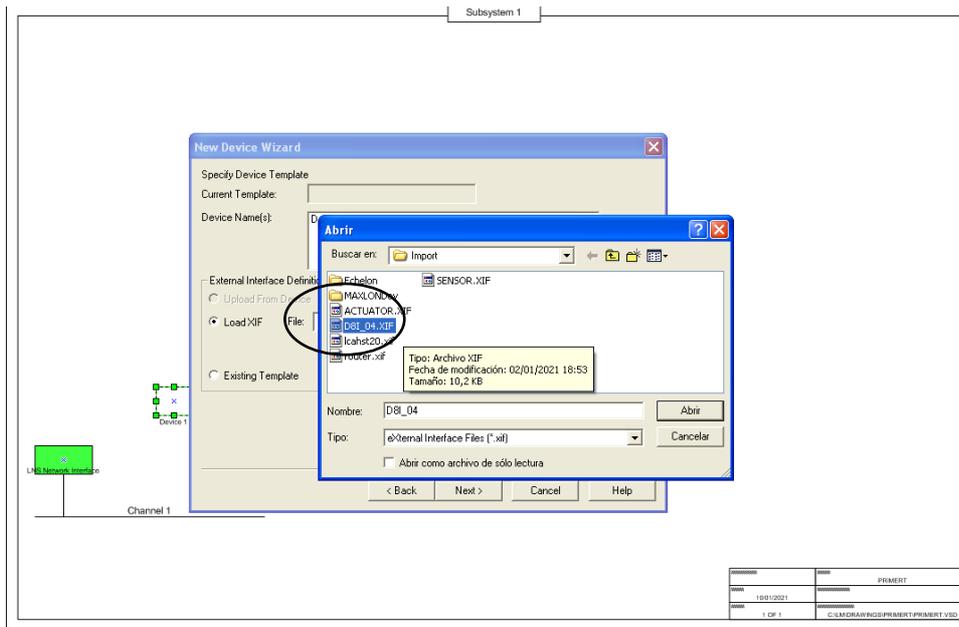


Figura 41. Selección de plantilla

Se especifica a qué canal va a ir conectado el dispositivo, como se mencionó anteriormente es del tipo TP/FT-10 porque estamos utilizando par trenzado para la comunicación entre dispositivos. Esta selección TP/FT-10 se realiza en la opción "Xcvr Type", como lo muestra en la Figura 42.

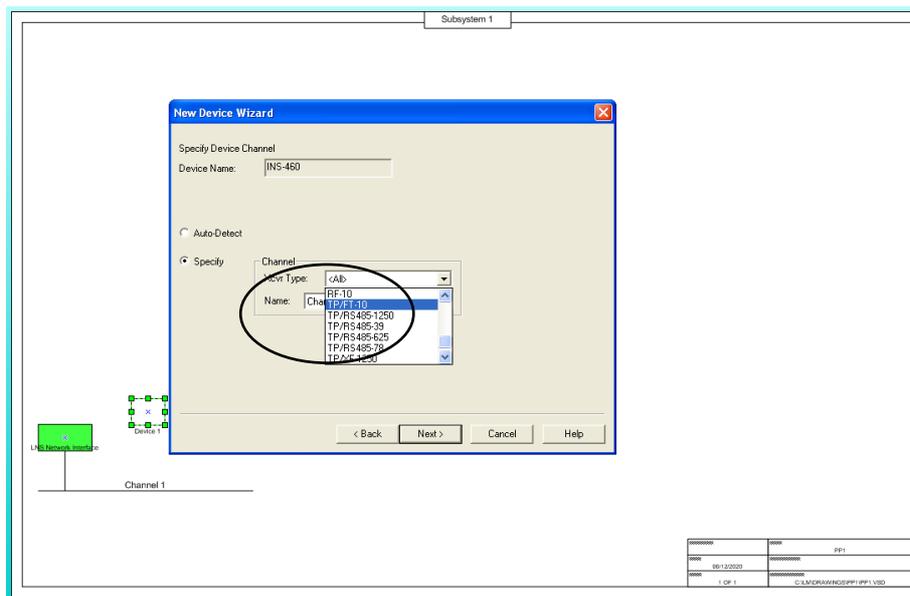


Figura 42. Selección de canal de red

Una vez agregado el dispositivo se realiza el comisionado o puesta en marcha del dispositivo. Para realizar este proceso es necesario que el módulo USB U60 esté conectado al ordenador y que los dispositivos Lonworks estén conectados utilizando el canal especificado, en este caso el TP/FT-10.

Se selecciona el dispositivo, se le da al botón derecho del ratón y se elige la opción "commissioning", como se muestra en la Figura 43:

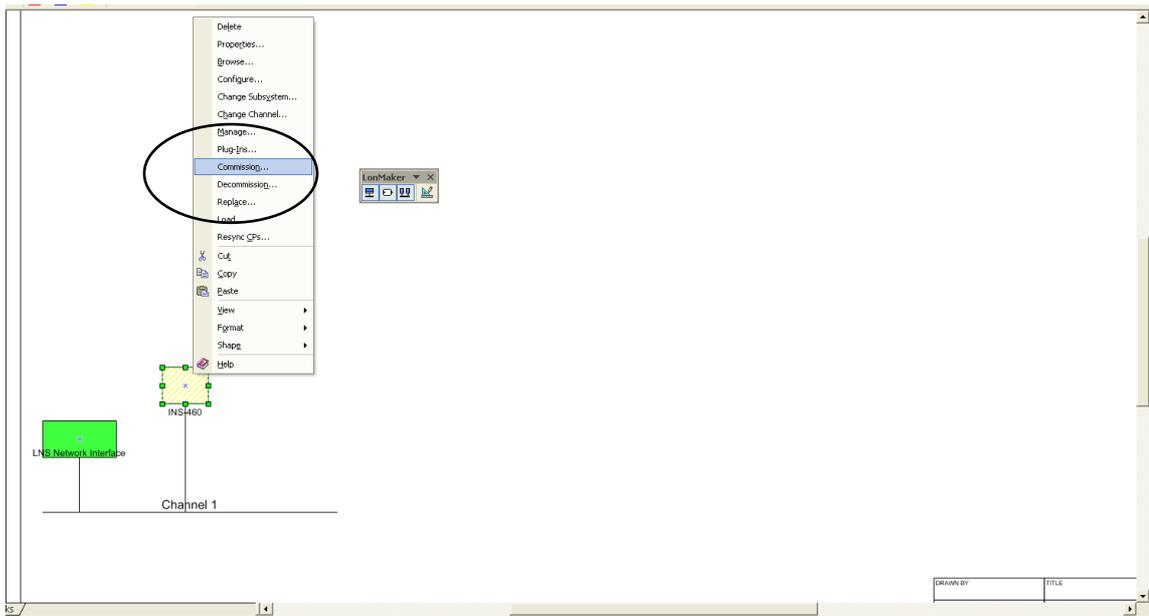


Figura 43. Comisionado del controlador INS-460

Como se mencionó anteriormente, al dispositivo hay que cargarle el archivo de interfaz de dispositivo, como se muestra la Figura 44, para que se establezca el comportamiento que va a tener el dispositivo. La ubicación de este archivo XIF también se establece en el comisionado del dispositivo.

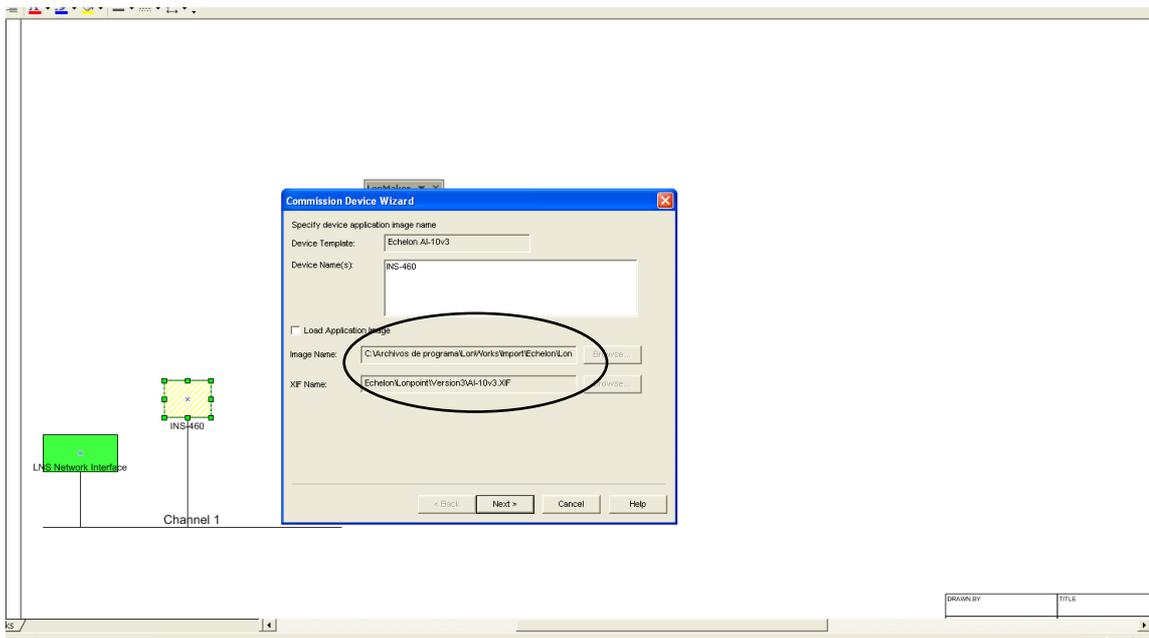


Figura 44. Carga de imagen del dispositivo

En la Figura 45, se establece el estado inicial que va a tener el dispositivo, en este caso está online y también se seleccionan las propiedades de configuración actualmente establecidas para el dispositivo en la base de datos de la red LNS, que es denominada “current values in database”.

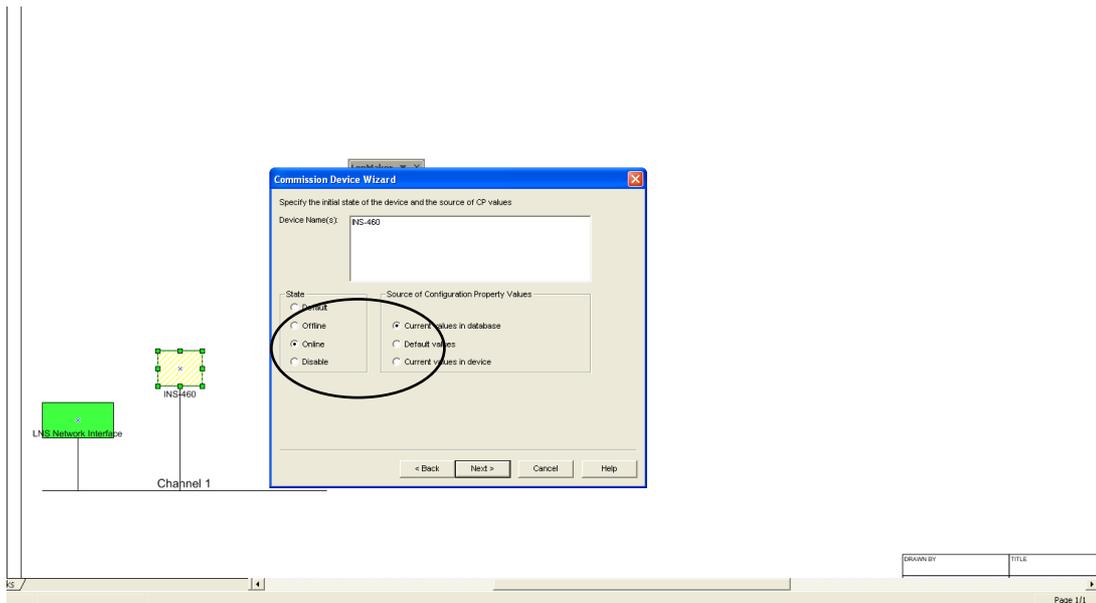


Figura 45.Estado del dispositivo

Como último paso se selecciona el método para identificar el dispositivo LonWorks. El método de identificación puede ser pulsando el botón de servicio del dispositivo o insertando manualmente el Neuron ID del dispositivo, como lo muestra la Figura 46.

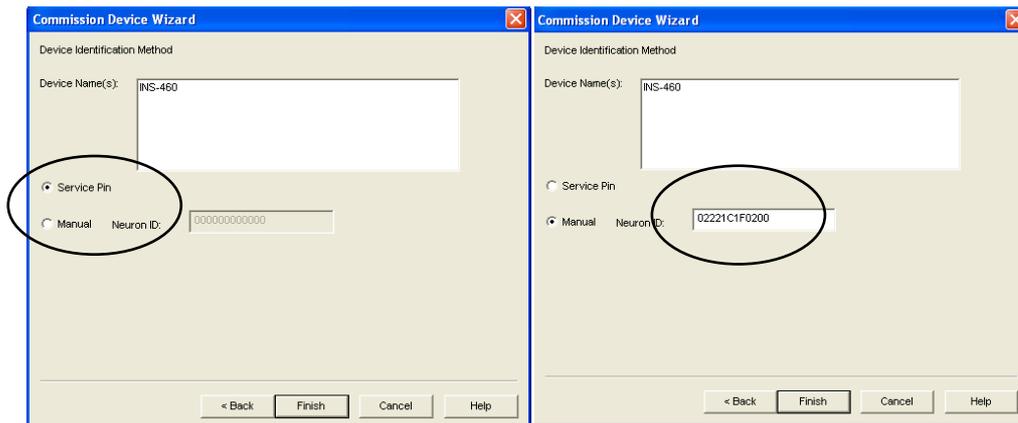


Figura 46.Método de identificación del dispositivo

El Neuron ID es una dirección de 48 bits que se inserta en la fabricación de los dispositivos LonWorks. En el proyecto se utilizó el método de identificación manual y en la Tabla 15 se muestran los diferentes Neuron ID de los dispositivos LonWorks utilizados.

Tabla 15.Neuron ID de los dispositivos

Dispositivo	Neuron ID (hexadecimal)
E-room control	0469D9030700
Entrada digital 8 canales	070011269100
INS 460 ISDE	02221C1F0200

Los dispositivos que forman parte de la red LonWorks son los que se observan en la Figura 47 y son los siguientes:

- LNS Network Interface
- Entrada digital
- INS-460 ISDE
- E-room control

Los dispositivos LonWorks están conectados en red mediante el “Channel 1” que es de tipo TP-FT 10. Cuando los nodos de control en la red están de color verde es que los dispositivos están listos para usarse. En cada uno de los nodos de control se insertó una imagen para identificar de mejor forma cada uno de los controladores. Después de tener los nodos listos se pueden utilizar sus bloques funcionales.

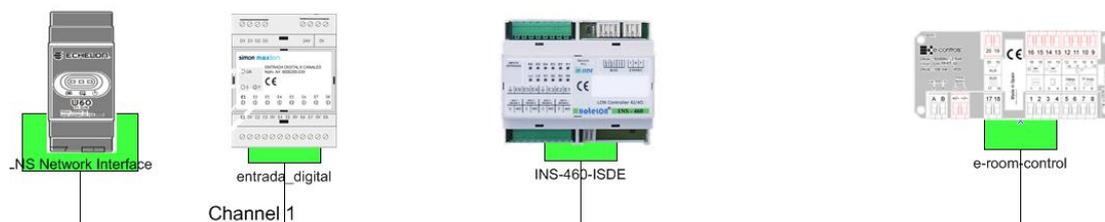


Figura 47. Dispositivos en Red LonWorks

5 CONTROL DE RED LONWORKS

5.1 Perfiles y Bloques funcionales LonWorks

Para la programación de las escenas, se utilizaron los perfiles funcionales de los equipos LonWorks que se encuentran en cada uno de sus manuales. En la Tabla 16 se muestran los diferentes perfiles funcionales de los equipos:

Tabla 16-Perfiles funcionales de equipos

Perfiles Funcionales		
E-room control	Dispositivo entradas Simon	Controlador E/S ISDE
Nodo Object	FBSwitch	Node Object
Occupancy Sensor	FBSwitchB	Real Time Keeper
Lamp Actuator SR6	FBProgrammable	Lamp Actuator
Occupancy Controller	FBGeneralNodeO	UFPTScheduler
Switch	NodeObject	Switch
Switch Auxiliar 2		Virtual Functional Block
Switch Dimmer		
Switch Sunblind		
Sunblind Actuator		
Sunblind Controller		
Fan Coil Unit		
Room Medic Alarm		

Los perfiles funcionales se dividen en bloques y estos sirven para la programación de los equipos. Agrupan variables de red de entrada, de salida, propiedades de fabricante y de configuración. Toda esta información es necesaria para la puesta en marcha del equipo. A continuación, se van a describir las variables de red que se utilizaron en la programación de los equipos.

5.2 Programación del controlador ISDE INS-460

El controlador ISDE cuenta con 6 bloques funcionales, de los que se utilizaron 5 que se describen a continuación.

5.2.1 Control bloque funcional “Switch”

Este perfil funcional cuenta con tres variables de red, una de entrada “nviSwitchFb” y dos de salida “nvoSwitch” y “nvoSetting”, como se indica en la Figura 48.

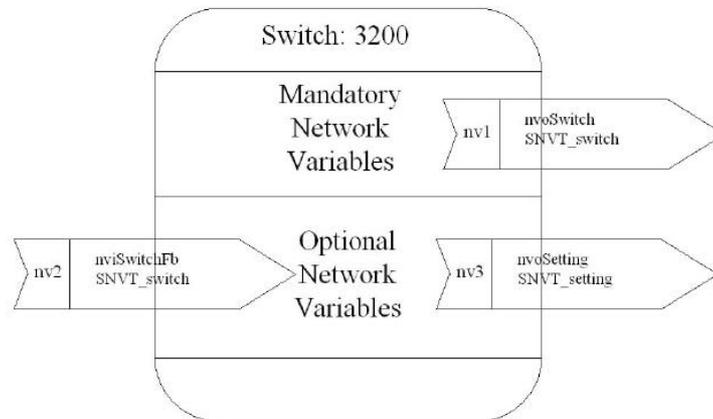


Figura 48. Bloque funcional Switch

Para utilizar cualquier bloque funcional de los equipos, el proceso fue siempre el mismo: se arrastró el icono “Functional Block” desde el panel “Lonmaker Basic Shapes” al dibujo del proyecto como muestra la Figura 49.

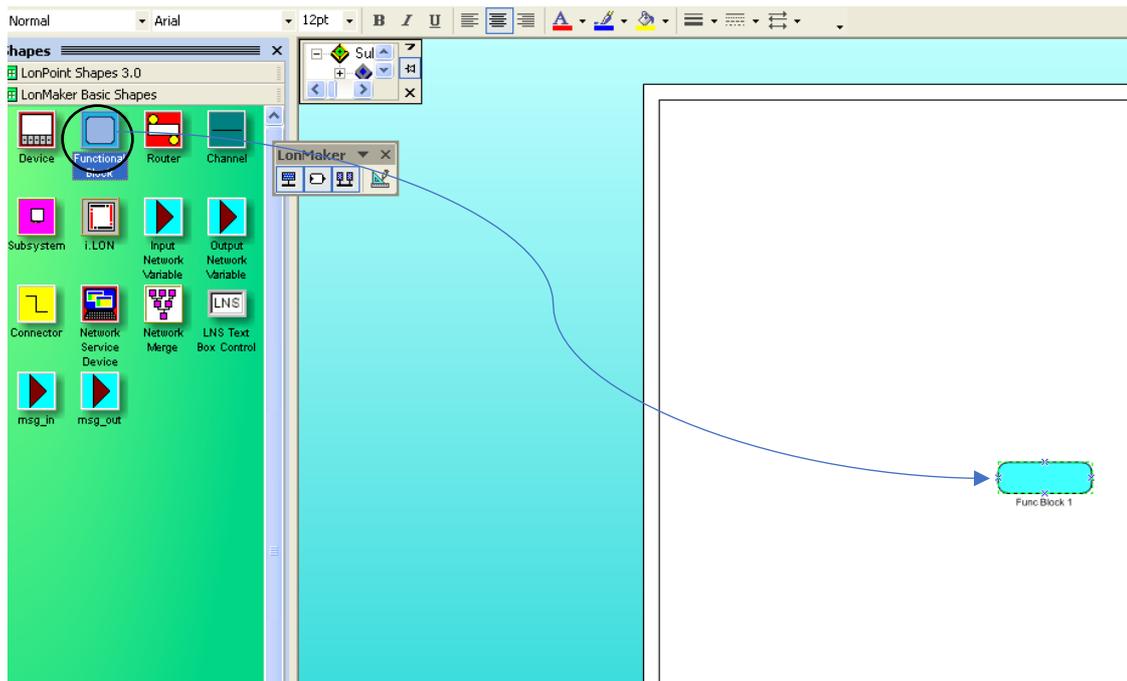


Figura 49. Inserción de bloque funcional

Una vez arrastrado el bloque funcional, se abre una ventana donde se configura dos parámetros:

1. Se escoge a qué dispositivo corresponde el bloque funcional
2. Se escoge el nombre del bloque funcional que se va a utilizar, como se indica en la Figura 50.

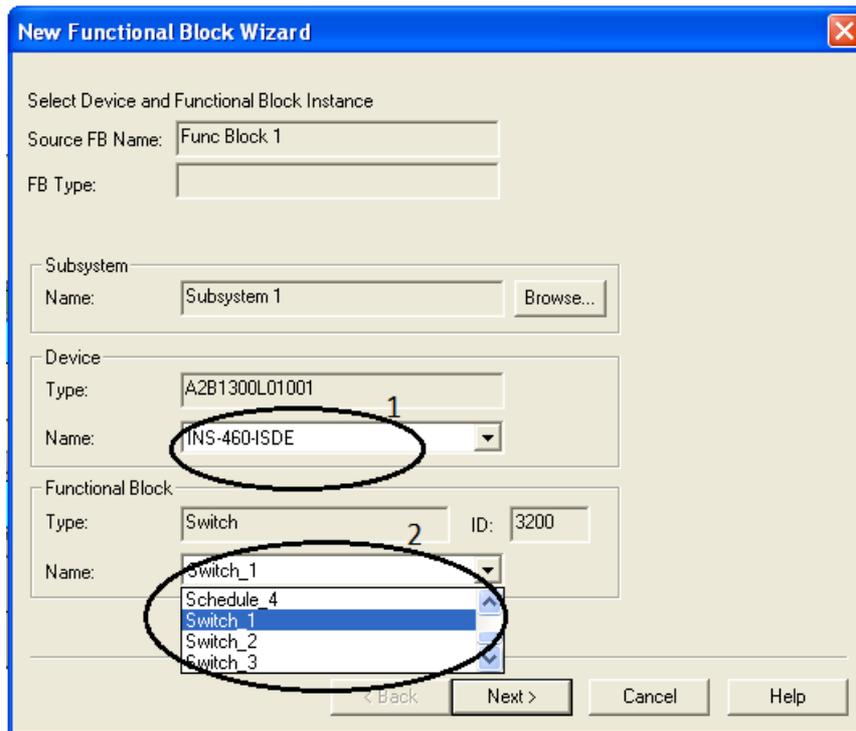


Figura 50. Selección de tipo de bloque funcional

La siguiente ventana que se muestra en la Figura 51, se deben configurar 3 aspectos:

1. Se escribe el nombre que se le va a asignar al bloque funcional en el esquema gráfico
2. Se coloca el número de bloques funcionales que se van a agregar
3. Y como último se da click en “create shapes” para que todas las variables del bloque funcional se hagan visibles.

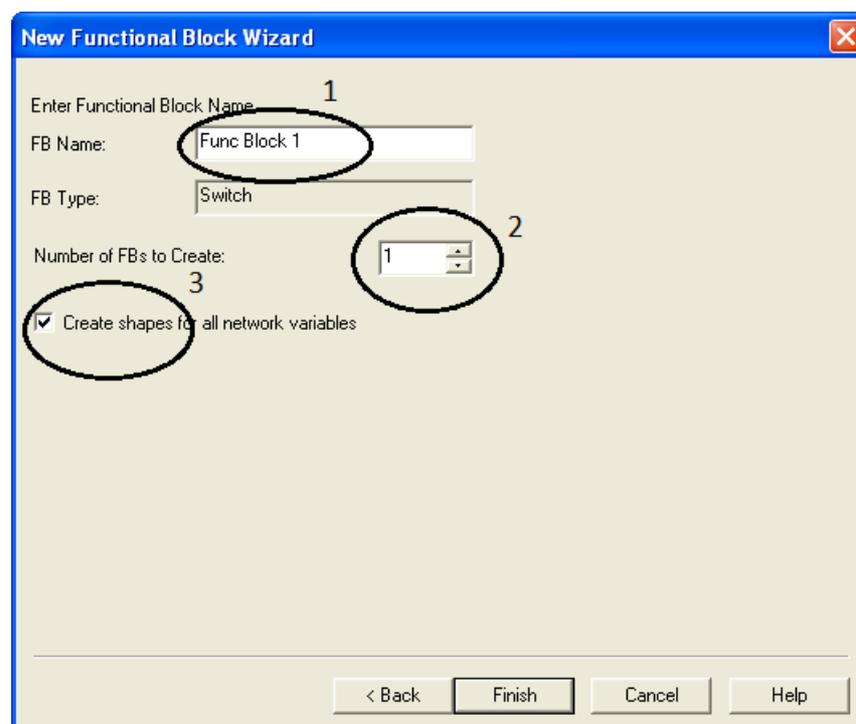


Figura 51. Nombre del bloque funcional

Esta configuración es la misma para todos los bloques funcionales dependiendo de sus características antes mencionadas. Una vez finalizada la configuración, se visualiza un bloque celeste como el de la Figura 52, donde se muestra sus 3 variables de red.

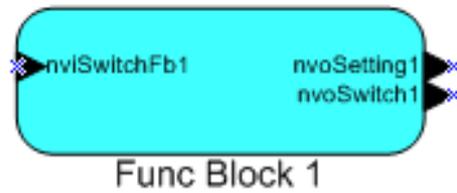


Figura 52. Bloque funcional en Lonmaker

La variable de salida “nvoSetting” se utiliza si se estuviera usando un controlador, pero en este caso no es necesario ya que el control es directo. La variable de salida “nvoSwitch” suministra una salida de tipo switch para un control directo a la luminaria que está conectada al bloque de salidas del dispositivo ISDE y se corresponde con el bloque funcional “Lamp Actuator”

La variable de entrada “nviSwitchFb1” proporciona una realimentación desde otro dispositivo. En nuestro caso se conecta a la salida del bloque funcional “Lamp Actuator”.

5.2.2 Control perfil funcional “Lamp Actuator”

El perfil funcional “Lamp actuator” es el que se observa en la Figura 53, cuenta con 2 variables de entrada denominadas “nviLampValue” y “nviLampValueS” y dos de salida “nvoLampValueFb” y “nvoLampValueFbS”.

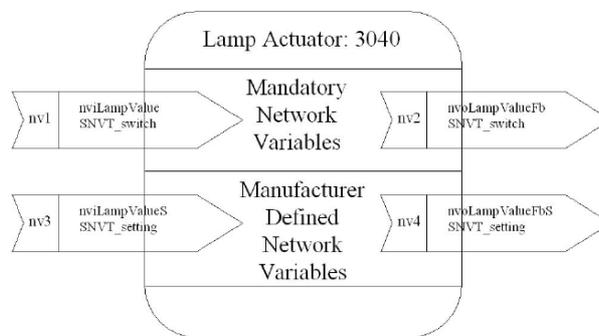


Figura 53. Bloque funcional Lamp Actuator

Para agregar el bloque funcional se sigue el mismo procedimiento antes descrito, pero en este caso el bloque funcional tiene nombre “LampActuator” y el bloque resultante es el que se muestra en la parte derecha de la Figura 54.

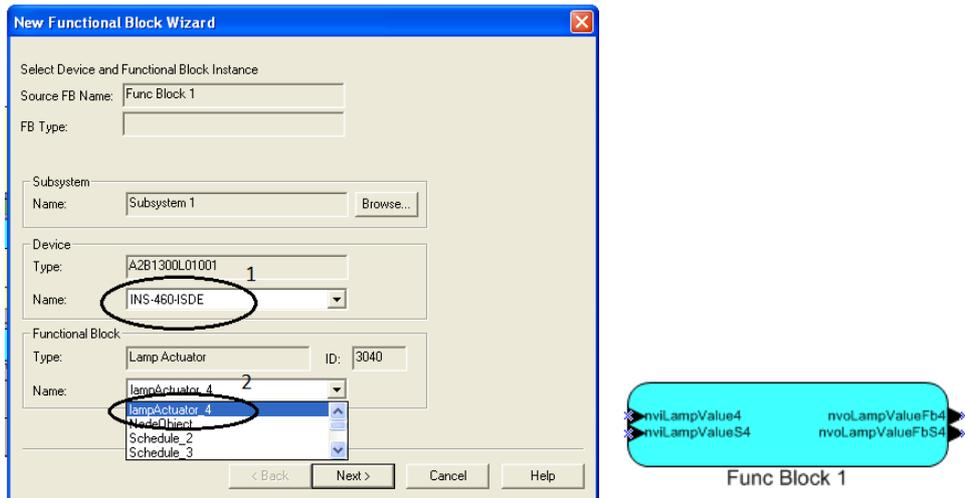


Figura 54. Selección del bloque LampActuator

Una parte del esquema que se realizó para el proyecto usando estos bloques funcionales es el que se muestra en la Figura 55, donde dos pulsadores se conectaron a las entradas del controlador ISDE, que tenían bloques funcionales de tipo “switch” y estos controlaban una luminaria conectada al bloque de salidas del mismo controlador ISDE (cuyo bloque funcional es el denominado “Lamp Actuator”).

La variable de red de entrada “nviLampValue” recibe la orden de la variable de red de salida “nvoSwitch6” que se corresponde con el pulsador I2 y de la variable “nvoSwitch5” cuyo pulsador es el I3 para encender o apagar el equipo de forma paralela.

La variable de salida “nvoLampValueFb” brinda información sobre el estado de salida del dispositivo para una realimentación hacia los “switch” de los pulsadores.

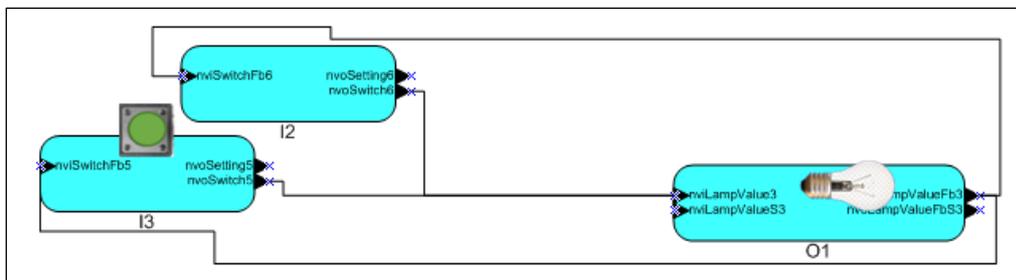


Figura 55. Control de bloques funcionales

5.2.3 Control perfil “Real Timer Keeper”

Ese perfil funcional se utilizó para proporcionar una fecha y hora al sistema y con esto poder brindar la información suficiente al controlador horario UFPTScheduler. Este bloque funcional cuenta con 3 variables de red: una variable de entrada llamada “nviFecha” y dos de salida “nvoTimeDate” y “nvoDiaSemana”. En la Figura 56, se puede ver la representación del perfil funcional con sus variables.

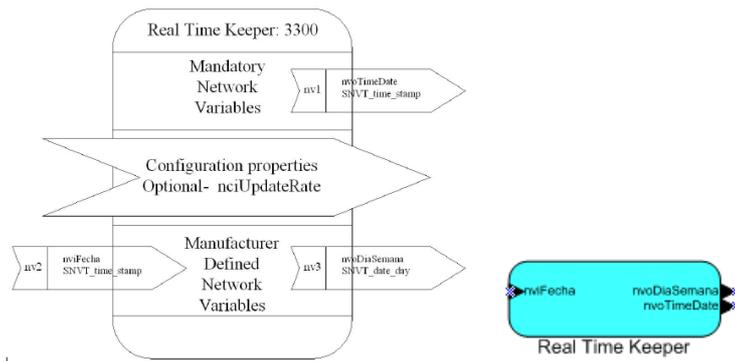


Figura 56. Bloque funcional Real Time Keeper

Para agregar el bloque funcional al esquema se debe arrastrar el icono “Functional block”, seguir el proceso anteriormente descrito y en la ventana se debe seleccionar el nombre del perfil funcional a utilizar que en este caso es “realTimeKeeper”, este proceso se detalla en la Figura 57.

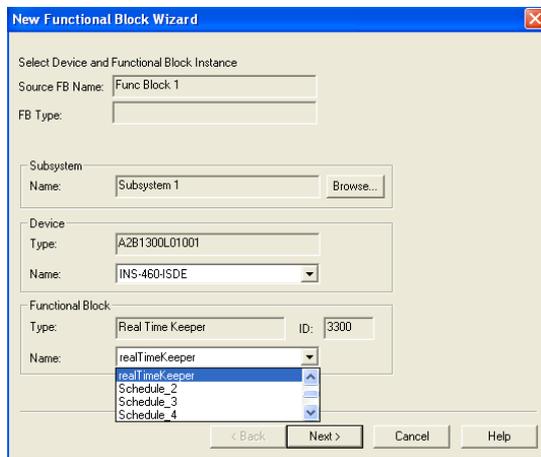


Figura 57. Inserción de variable Real Time Keeper

Para poder observar en la gráfica los datos de salida de esta variable se inserta un cuadro de texto LNS. El objeto se inserta desde la barra de formas de Lonmaker y se llama “LNS Text Box Control”. Como se muestra en la Figura 58, al insertarlo en el dibujo se abrirá una ventana donde indica que el Drawing pasa a modo Diseño.

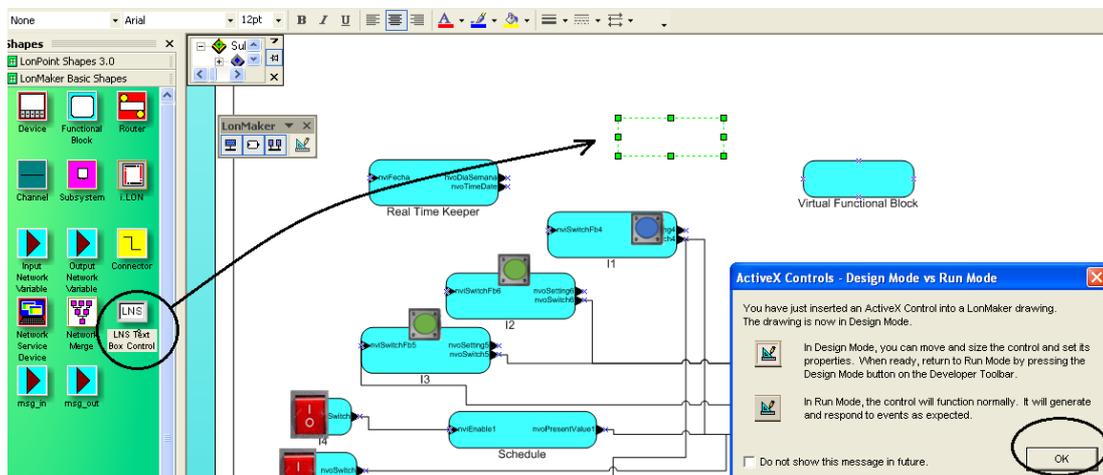


Figura 58. Inserción del activeX Control

Al hacer click en “ok” se abrirán dos ventanas: en la primera se configuran los parámetros del estilo de la fuente, tales como los colores y el tamaño, y en la segunda ventana se selecciona la variable a monitorizar. En la Figura 59, se explica de forma detallada el proceso de selección en base a los siguientes pasos:

1. En la primera ventana se selecciona el botón “Browse” para buscar la variable de red que se va a visualizar
2. Se escoge el perfil funcional “Real Time Keeper” del dispositivo “INS ISDE”
3. Dentro del perfil funcional se selecciona la variable de red de salida “nvoTimeDate”
4. Para que la variable se muestre en formato de fecha, se da click en el cuadro de “monitor”
5. Una vez escogida la variable se da click en ok para confirmar
6. Se cierra automáticamente la segunda ventana y en la primera se da click en ok y el cuadro se mostrara en el esquema

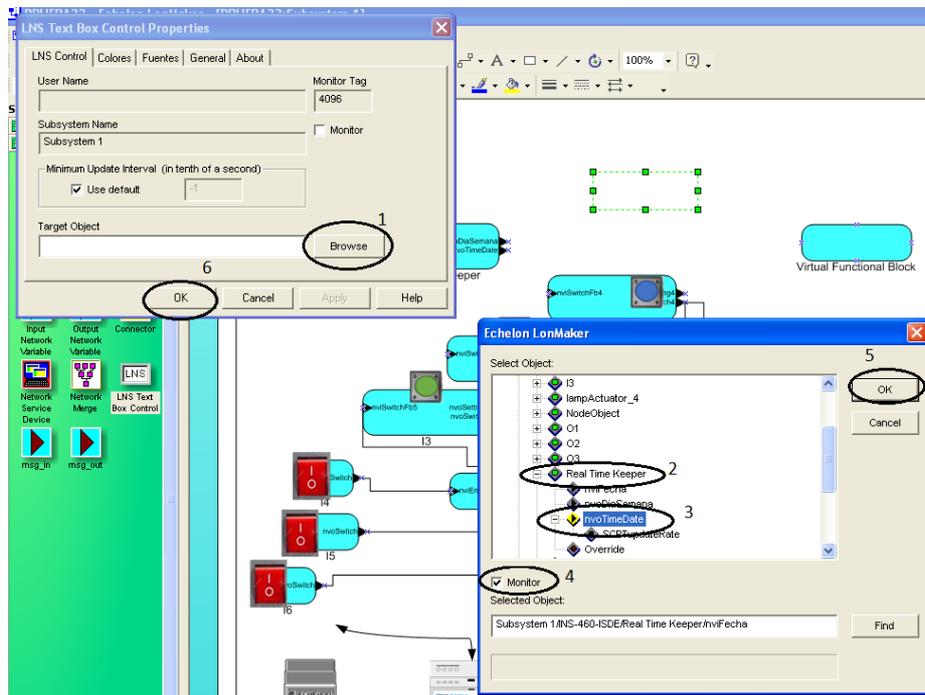


Figura 59. Proceso para activar activeX control

En la Figura 60, se puede ver el cuadro de texto creado con la fecha que tiene el sistema, y en la parte izquierda se visualiza el perfil funcional que es el que suministra esta fecha al sistema.

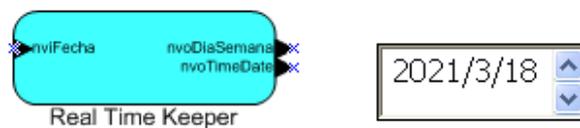


Figura 60. Bloque Real Time en Lonmaker

5.2.4 Control perfil funcional “UFPTScheduler”

Este perfil funcional de la Figura 61, se usa para controlar una luz conectada al controlador ISDE y activarla a una hora determinada, es decir con una programación horaria asignada. Este perfil funcional cuenta con 2 variables de red, una variable de entrada llamada “nviEnable” y otra de salida llamada “nvoPresentValue”.

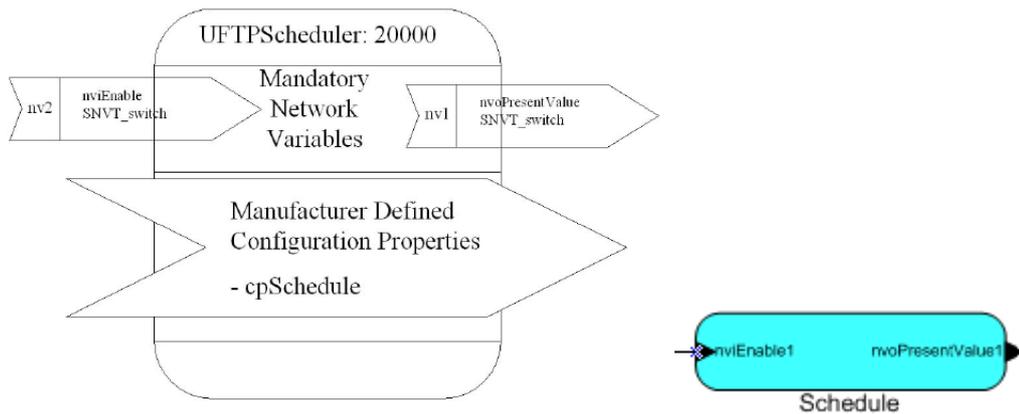


Figura 61. Bloque funcional Scheduler

Para agregar el bloque funcional al esquema se debe arrastrar el icono “Functional block”, seguir el proceso anteriormente descrito y en la ventana se debe seleccionar el nombre del perfil funcional a utilizar, que en este caso es “schedule”, como se observa en la Figura 62.

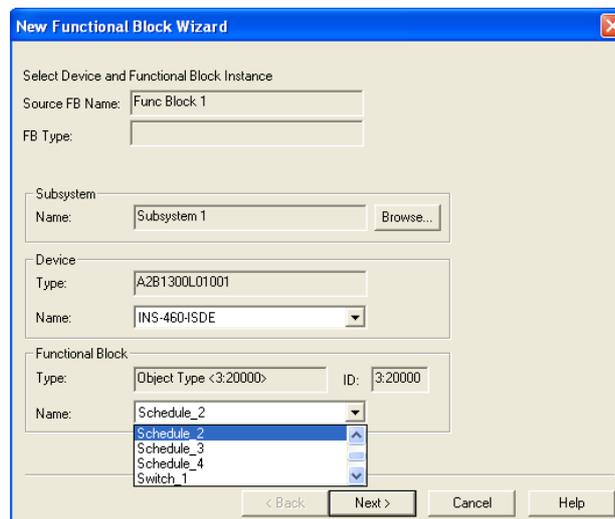


Figura 62. Bloque de tipo Scheduler

Una vez añadido el bloque funcional, se configuran sus variables para establecer el día y la hora en la cual el bloque va a permitir la activación del dispositivo de salida.

En la Figura 63, se muestra la ventana en donde se configura la programación y se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se selecciona la variable “UCPTCompleja”, que es la variable de entrada de configuración
2. Se da click en el botón “table” de la barra superior para visualizar la tabla de configuración
3. Se escoge la fila que se desee configurar dependiendo del día de la semana en el que el dispositivo se activará tal como muestra la tabla 17.
4. Se completan la hora, los minutos y la acción a realizarse. En este proyecto se configuró el encendido a las 00:35 y el apagado a las 00:40.
5. Se da click en “ok” para que los cambios se guarden

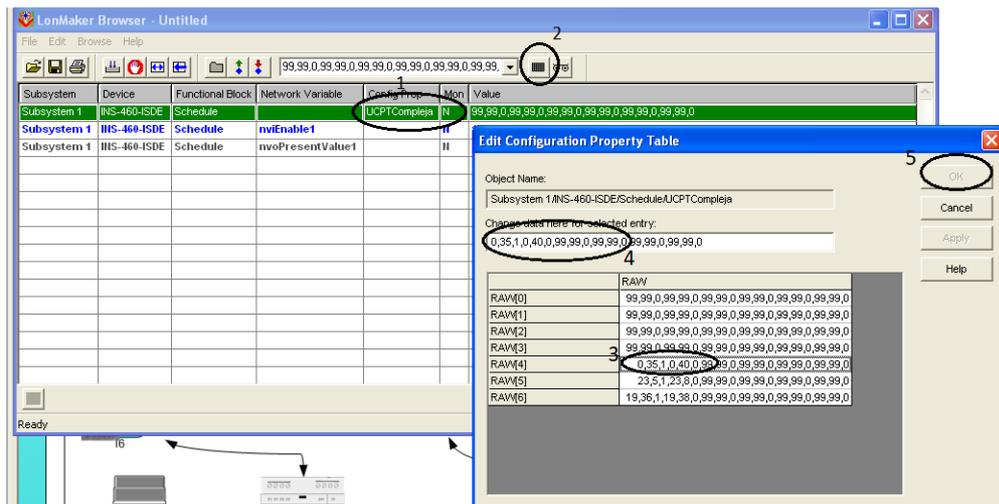


Figura 63. Acceso a la tabla de la variable “UCPTCompleja”,

En la Tabla 17 se indica que la programación del dispositivo es por días y en cada uno de los días se pueden realizar 6 programaciones horarias diferentes. En la primera columna se muestra el nombre del vector, en la segunda se indica la hora de la primera programación horaria, en la tercera los minutos y en la cuarta columna se indica la acción a realizarse, 0 para desactivar y 1 para activar la salida.

Tabla 17. Tabla de la variable “UCPTCompleja”

Posición del array	Hora_1	Minute_1	Acción_1	...Hora_6	...Minute_6	...Acción_6	Día de la semana
RAW [0]	99	99	0	99	99	0	Lunes
RAW [1]	99	99	0	99	99	0	Martes
RAW [2]	99	99	0	99	99	0	Miércoles
RAW [3]	99	99	0	99	99	0	Jueves
RAW[4]	0	35	1	0	40	0	Viernes
RAW [5]	99	99	0	99	99	0	Sábado
RAW [6]	99	99	0	99	99	0	Domingo

Utilizando este bloque funcional se realiza la programación que se muestra en Figura 64. El bloque “Schedule” necesita de una señal de habilitación para activar la programación horaria y esta señal la recibe desde el interruptor “I4” que está conectada a la entrada del módulo digital Simon. La salida del bloque “Schedule” está conectada al dispositivo de salida O2 , que se corresponde con la luminaria conectada al controlador ISDE. De forma paralela esta luminaria también va a ser controlada con el interruptor I5, para también tener un control manual de la misma.

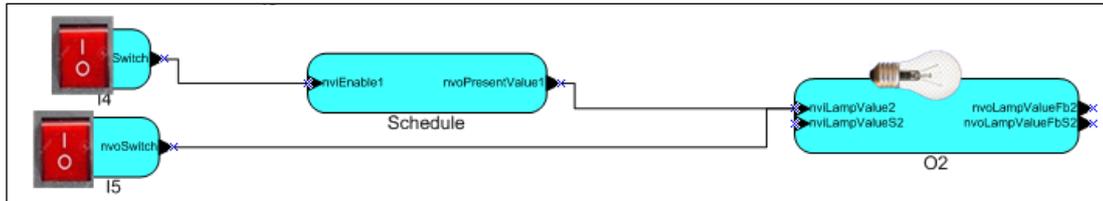


Figura 64. Control bloque Schedule

5.2.5 Control perfil funcional “Virtual Functional Block”

Este perfil funcional es de configuración del equipo y es utilizado para configurar los eventos de las variables de salida cuando se produce una actuación en la entrada del controlador ISDE. El bloque de este perfil funcional es el que se observa en la Figura 65.

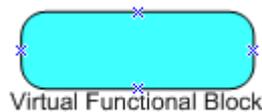


Figura 65. Bloque funcional Virtual Functional Block

Para acceder a las configuraciones del perfil funcional, se da click derecho al perfil y se selecciona “configure” para acceder a la ventana “Lonmaker Browser”, esto se observa en la Figura 66.

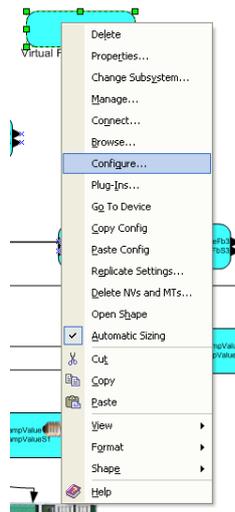


Figura 66. Acceso a configuraciones del bloque

En la ventana de configuraciones “Lonmaker browser”, de la Figura 67, se realiza el siguiente procedimiento para controlar los eventos de las entradas:

1. Se selecciona la variable de configuración “UCPTModoTrabajo”
2. Se da click en el botón “table” para acceder a las propiedades de la tabla
3. Se escoge una fila de la tabla dependiendo del número de la entrada que se desea configurar tal y como se muestra en la tabla 17. En este proyecto se escogió la entrada 4, que corresponde a la luminaria II.
4. Se completa el número según el evento a configurar. En la tabla 17 se explica detalladamente la correspondencia entre los eventos y los valores.
5. Se da click en “ok” para que se guarden los cambios

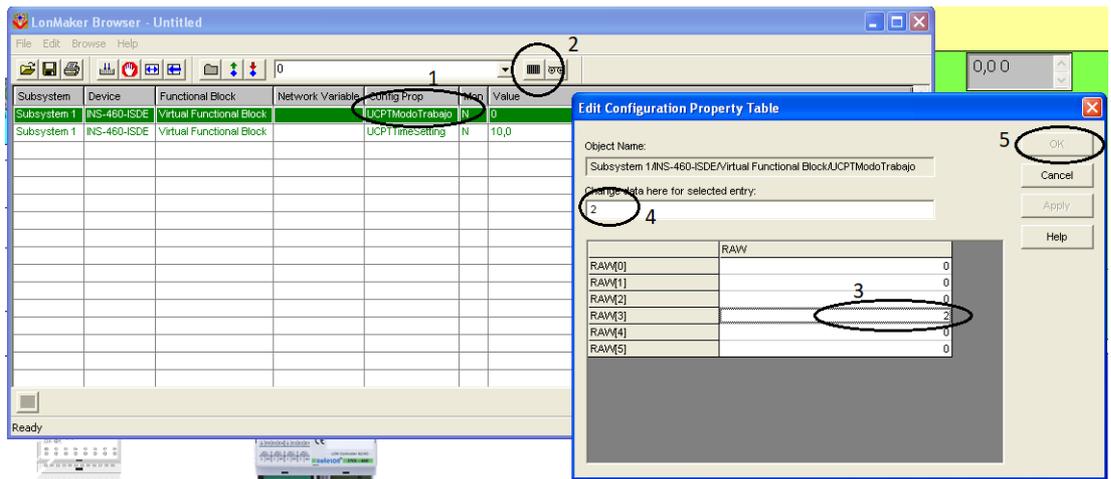


Figura 67. Acceso a la tabla de la variable “UCPTModoTrabajo”

En la Tabla 18 se muestra la correspondencia que existe entre los vectores de la tabla de configuración que va del Raw[0] al Raw [5] y las entradas del controlador ISDE que van desde el E1 hasta el E6. En este proyecto se trabajó en el RAW[3] que corresponde a la entrada E4 del controlador ISDE que tiene conectada el pulsador I1.

Tabla 18. Posiciones del vector según entrada

Posición del array	Bloque Switch	Entrada
RAW [0]	Switch_1	E1
RAW [1]	Switch_2	E2
RAW [2]	Switch_3	E3
RAW [3]	Switch_4	E4
RAW[4]	Switch_5	E5
RAW [5]	Switch_6	E6

En la Tabla 19 se muestran los valores que puede tomar esta variable “UCPTModoTrabajo”. En este proyecto se utilizó el valor “2” que según la tabla indica que al hacer corto en la entrada, es decir al pulsar o activar la entrada 4 , la variable “nvoSwitch” va a tomar el valor de 0,0 0.

Tabla 19. Eventos de las entradas del controlador

Valor	Evento al cerrar la entrada (corto a la entrada)	Evento al abrir la entrada (circuito abierto)	Variable	Realimentación
0	100,0 1 0, 0 0		nvoSwitch	

1	100,0 1		nvoSwitch	
2	0,0 0		nvoSwitch	
3	100,0 1 0,0 0		nvoSwitch	nviSwitchFb1
4		100,0 1	nvoSwitch	
5		0,0 0	nvoSwitch	
6	100,0 1	0,0 0	nvoSwitch	
7	0,0 0	100,0 1	nvoSwitch	
8	SET_ON SET_OFF SET_UP SET_DOWN	SET_STOP	nvoSetting	
9	SET_ON SET_OFF SET_UP SET_DOWN	SET_STOP	nvoSetting	nviSwitchFb1

Esta configuración se utilizó para tener un pulsador que al activarlo permita apagar todas las luces conectadas a la entrada configurada I1, como se indica en la Figura 68.

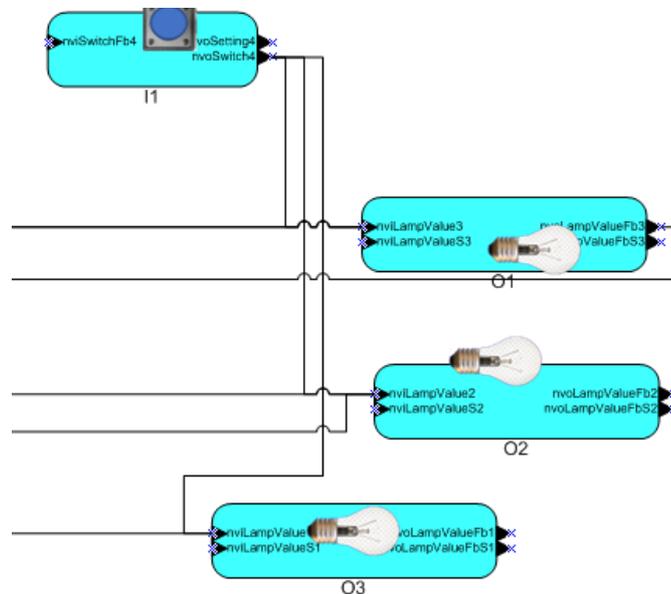


Figura 68. Control del bloque funcional Virtual Functional Block

5.3 Programación controlador E-room control

El controlador de climatización E-control tiene múltiples modos de funcionamiento, pero el que se escogió fue la configuración “ Hotel, Habitación, 2T”. Para que este dispositivo opere según ese modo de funcionamiento se conectaron físicamente todas las entradas y salidas en el dispositivo controlador E-room según lo detalla la Figura 26. Aparte de eso también se configuró su variable de red “nciApplication” al valor de “0”, para que cumpla con su modo de funcionamiento, tal como indica la tabla 11.

Para configurar la variable “nciapplicattion”, se selecciona el dispositivo “e-room control” y se da click en “configurate”, como se muestra en la Figura 69.

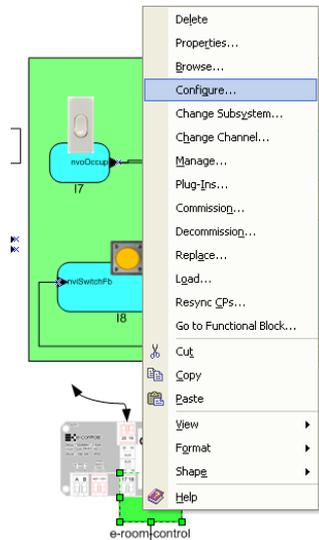


Figura 69. Configuración del controlador e-room

Al acceder a las configuraciones del dispositivo, se visualiza la tabla de variables de red, y se selecciona la variable “nciApplication” para comprobar que el valor asignado es “0” como se muestra en Figura 70.

Subsystem	Device	Functional Block	Network Variable	Config Prop	Mon	Value
Subsystem 1	e-room-control	SunblindControl	nvoSblindSetting	SCPTmaxSendTime	N	0,0
Subsystem 1	e-room-control	SwitchAux2	nvoAux2Switch		II	0,0 0
Subsystem 1	e-room-control	SwitchDimmer	nviDimSwitchFb		II	0,0 0
Subsystem 1	e-room-control	SwitchDimmer	nvoDimSetting		II	SET_STOP 127,5 655,34
Subsystem 1	e-room-control	SwitchDimmer	nvoDimSwitch		II	0,0 0
Subsystem 1	e-room-control	SwitchSunblind	nviSbSwitchFb		II	0,0 0
Subsystem 1	e-room-control	SwitchSunblind	nvoSbSetting		II	SET_STOP 127,5 655,34
Subsystem 1	e-room-control	SwitchSunblind	nvoSbSwitch		II	0,0 0
Subsystem 1	e-room-control	Virtual Functional Block	nciApplication		II	0
Subsystem 1	e-room-control	Virtual Functional Block	nciConfig		II	0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0
Subsystem 1	e-room-control	Virtual Functional Block	nciCourtesyTime		II	20,0
Subsystem 1	e-room-control	Virtual Functional Block	nciDeadBand		II	1,50
Subsystem 1	e-room-control	Virtual Functional Block	nciHoldTime		II	0,0
Subsystem 1	e-room-control	Virtual Functional Block	nciMaxSendTimeSA		II	0,0

Figura 70. Acceso a la tabla de variables del control e-room

Para que cumpla con las condiciones de este modo de funcionamiento Hotel Habitación 2T, el esquema de integración que tiene que implementarse en este equipo es el que se muestra en la Figura 71:

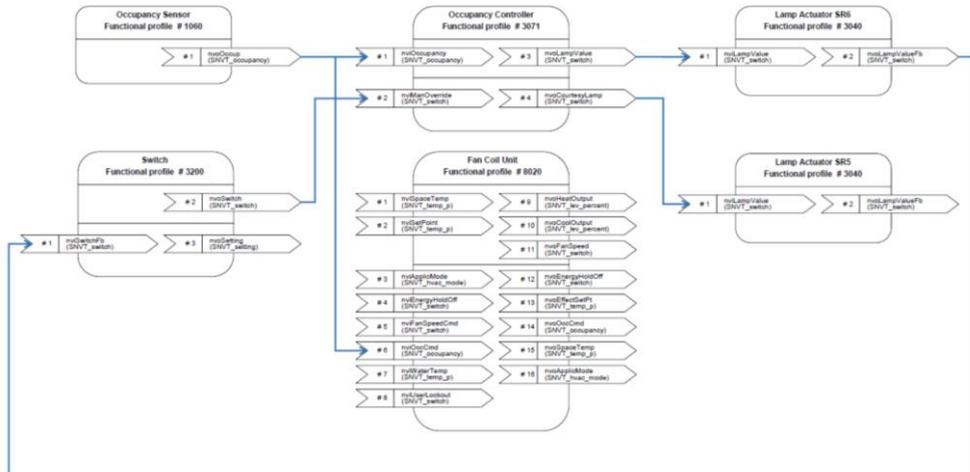


Figura 71. Modelo del modo de funcionamiento

Para implementar este esquema de control, fue necesario utilizar 6 bloques funcionales: Occupancy Sensor, Switch, Occupancy Controller, Fan coil Unit, Lamp Actuator SR6 y Lamp Actuator SR5.

5.3.1 Control perfil funcional Controlador de ocupación

El perfil funcional Controlador de ocupación permite controlar un actuador, en este caso una luminaria en función del estado de ocupación de la estancia. Cuando la estancia está ocupada se activa la salida, y en caso contrario se desactiva.

Este controlador también tiene una entrada para el control manual de una salida cuando la estancia está ocupada. De igual forma este controlador dispone de una salida para la activación de una luz de cortesía, cuyo estado varía en función de las entradas cuando las configuraciones de funcionamiento están en modo Hotel.

Para agregar este bloque funcional al proyecto, se realizó el proceso descrito anteriormente para los otros bloques, pero la diferencia ahora es que el dispositivo a utilizar es el “e-room control” y el nombre del bloque es “OccupancyControl”, como lo muestra en la Figura 72.

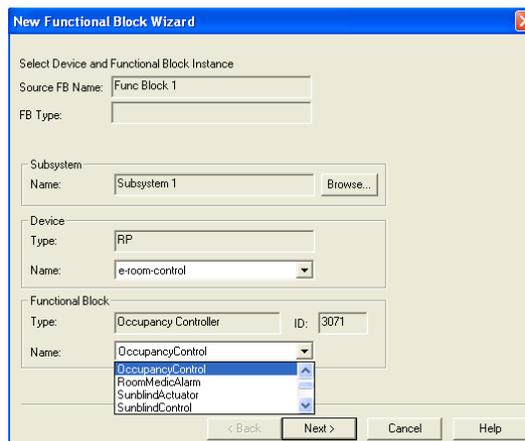


Figura 72. Selección de bloque funcional

Una vez insertado el bloque se pueden observar sus variables de red: 2 variables de red de entrada llamadas “nviManOverride” y “nviOccupancy” y 2 de salida “nvoCourtesyLamp” y “nvoLampValue”, como lo muestra el gráfico esquemático del perfil funcional de la Figura 73.

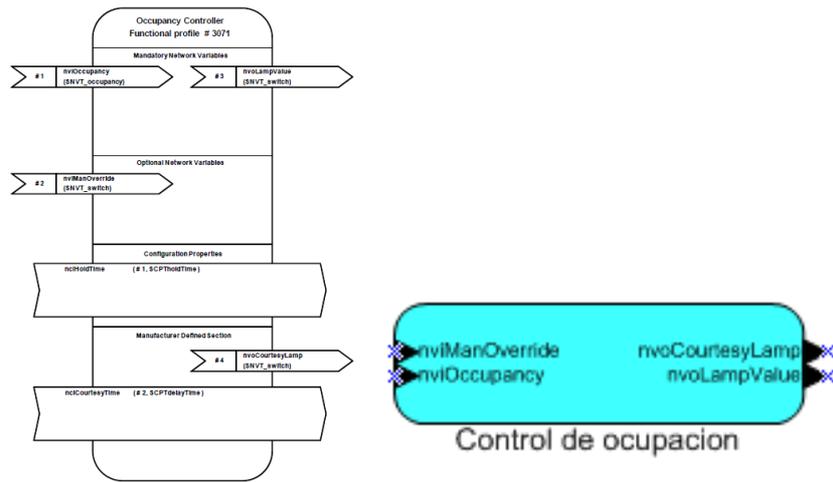


Figura 73. Bloque funcional Occupancy controller

En la entrada “nviOccupancy” se conecta un sensor de ocupación, como un tarjetero, y para este proyecto se utilizó el interruptor “I7” para indicar la ocupación o desocupación de la estancia.

En la siguiente entrada “nviManOverride” se conectó un pulsador “I8” para controlar la luz de la segunda estancia, la del comedor.

En la variable de salida “nvoCourtesylamp” se conectó una luminaria “O4” la cual se va a activar al pulsar el interruptor “I7” que representa que la estancia está ocupada.

En la Figura 74, se puede ver que al activar el interruptor I7, la salida O4 de la luminaria se activa inmediatamente y está activa durante un tiempo, que depende de la variable “nciCourtesylamp”, y posteriormente se apaga. Al poner el interruptor “I7” en off, el dispositivo de salida se activa nuevamente durante el mismo tiempo anterior.



Figura 74. Activación entrada

En la variable de salida “nvoLampValue” se conectó la luminaria “O5” del comedor y se activará al activar el pulsador “I8”.

En la Figura 75, se puede ver la secuencia de activaciones: la luminaria “O5” se activará cuando el interruptor “I7” que representa el estado de ocupación de la estancia se active, y esta luminaria estará encendida por un tiempo que depende de la variable “nciHoldTime” y se apagará o volverá a encender cuando el pulsador “I8” se presione.

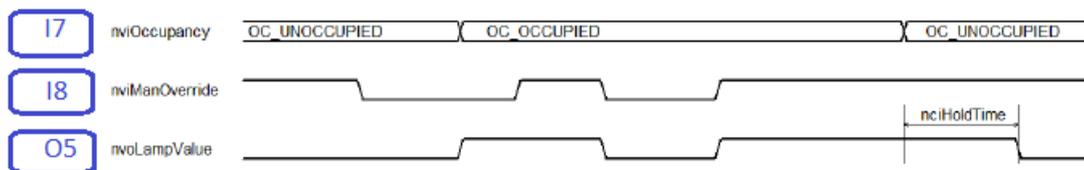


Figura 75. Activación de entradas y salidas

En la Figura 76 se visualiza el esquema final del controlador e-room implementado en el Drawing de Lonmaker; este esquema realiza las funciones descritas anteriormente y gráficamente es muy similar al de la Figura 71, aunque también incluye unos “box control” para visualizar el estado de las salidas “out 4” y “out 5”.

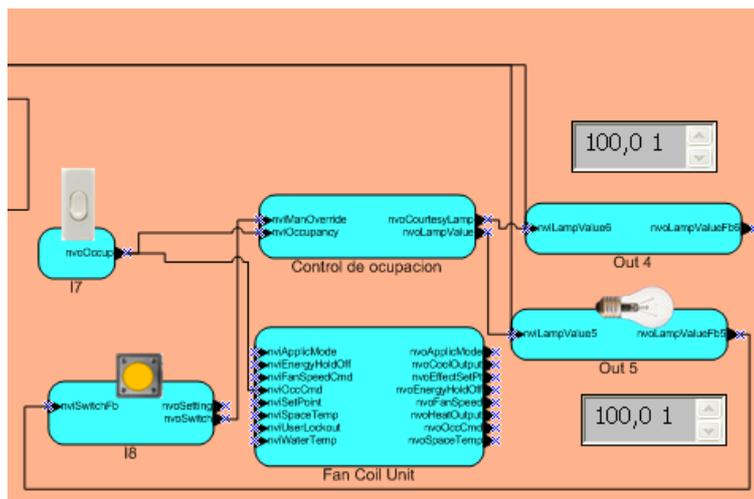


Figura 76. Esquema del controlador e-room

5.4 Programación Módulo de 8 entradas digitales

El módulo de entradas digitales es un dispositivo especial ya que es el único que cuenta con varios Firmwares y se escoge el que más se adapte a las necesidades. En el proyecto para ser más versátil se utilizó el “D8I_04”, ya que es el que cuenta con más bloques funcionales, como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Firmware del módulo digital

Device D8I (Ref. 8000200-039)					
FW Name	D8I_01	D8I_02	D8I_03	D8I_04	D8I_05
FBSwitch	8	-	6	4	2
FBSwitchB	-	8	2	4	6
FBProgrammable	-	8	2	4	6
FBGeneralNo deIO	1	1	1	1	1
NodeObject	1	1	1	1	1

La tabla indica que este firmware “D8I_04” se diferencia de los otros en que tiene 4 bloques funcionales “FBSwitch”, 4 “FBSwitchB”, 4 “FBProgrammable”, lo que le hace más equitativo y versátil. Sin embargo, para este proyecto solo se utilizó el bloque funcional “FBSwitchB” porque con este bloque era suficiente para utilizar los interruptores.

El bloque “SwitchB” cuenta únicamente con una variable de red de salida llamada “nvoSwitch” y esta es la que controla directamente a los dispositivos de salida como las luminarias. En la Figura 77, se puede ver la representación del bloque funcional y el gráfico del bloque en el programa Lonmaker.

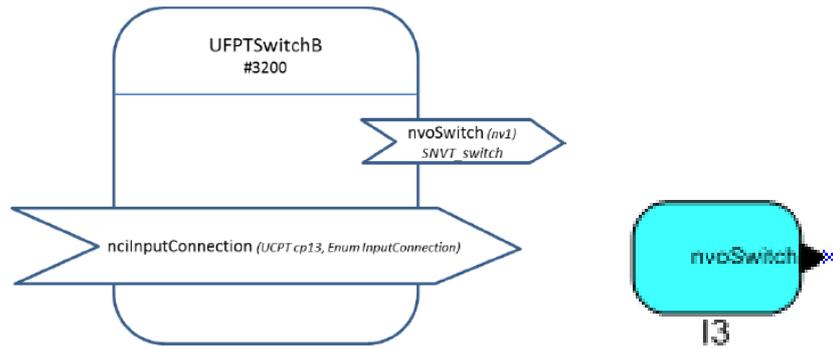


Figura 77. Variable de red del bloque funcional

El dispositivo tiene 4 bloques funcionales de este tipo "SwitchB", y estos dependen de a qué entrada se conectaron los interruptores. En la Figura 78, se puede observar que desde la entrada E5-E8, corresponden al bloque funcional SwitchB.



Figura 78. Bloques funcionales de entrada del módulo digital

Para utilizar este perfil funcional, se escogió el dispositivo "entrada digital" y se seleccionó el perfil "SwitchB, como se muestra en la Figura 79.

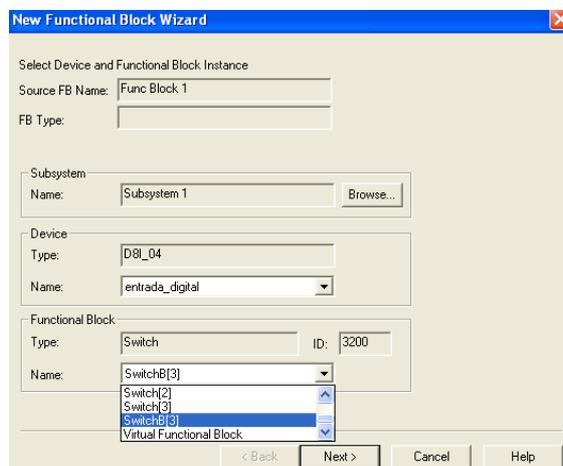


Figura 79. Selección de bloque funcional "Switch" del módulo digital

Una vez escogido el bloque funcional SwitchB, se asoció el bloque a los bloques funcionales del dispositivo ISDE INS-460.

El interruptor I4 se encarga de habilitar el programador para que la luminaria O2 conectada a la salida del dispositivo ISDE, se active a la hora configurada. El interruptor I5 también permite controlar esta luminaria O2 pero manualmente mediante su activación.

El interruptor I6 controla el encendido y apagado de la luminaria O3 conectada a la salida 1 del dispositivo ISDE.

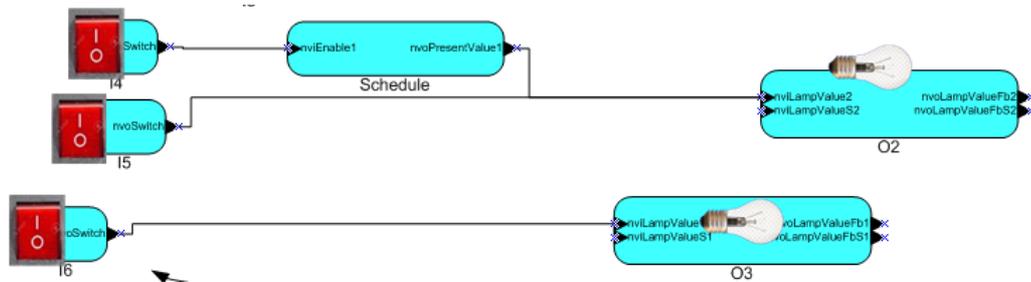


Figura 80. Control de bloques del módulo digital

5.5 Esquema final

Cada una de las partes de la maqueta final se detallaron en el capítulo 4 y es muy similar al drawing final de Lonmaker (la distribución de los equipos es un poco diferente pero la estructura es la misma y esto se observa en la Figura 81).

En la parte de la izquierda se encuentra el controlador e-room junto con sus luminarias ubicadas en el pasillo y el comedor, y al lado de estas se encuentra el interruptor tarjetero "I7" y el pulsador "I8" para el control de la luz del comedor.

En la parte central está ubicado el modulo digital de 8 canales junto a su módulo de alimentación y sus interruptores "I4", "I5" e "I6".

En la parte derecha se encuentra el controlador ISDE INS-460 junto al interruptor magneto térmico principal. En la parte de arriba se encuentran los pulsadores "I1" "I2" "I3" y en la parte de abajo se encuentran las luminarias "O1" "O2" "O3" del segundo piso de la casa.

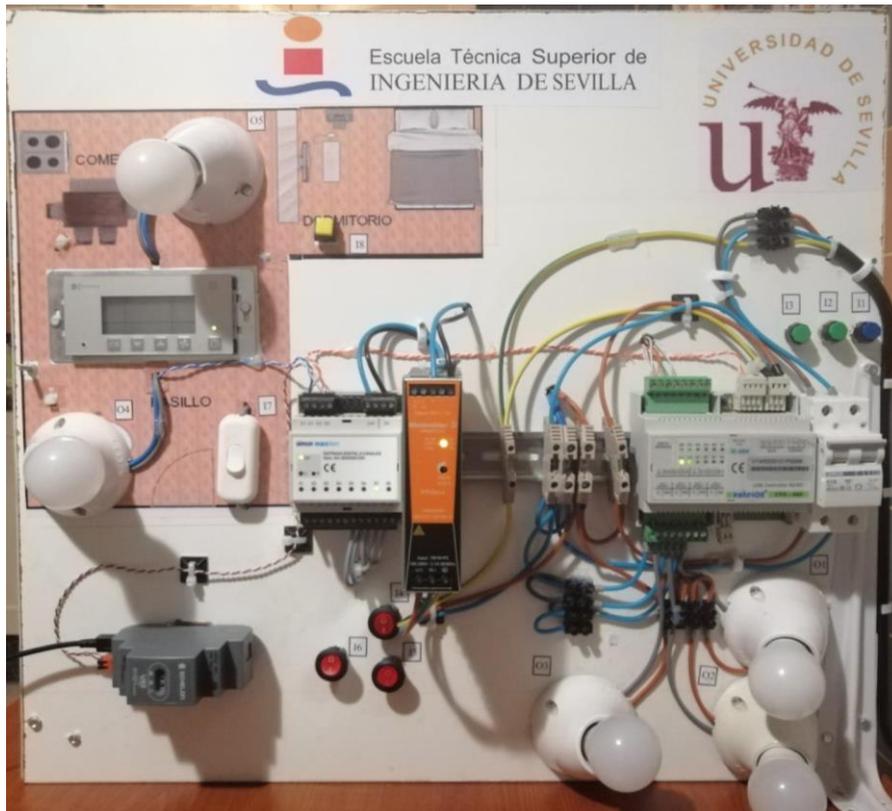


Figura 81. Tablero final domótico

La red Lonworks cuenta con un canal de comunicación que es el TP-FT 10 y este canal permite comunicar al dispositivo ISDE INS-460, al controlador de entradas digitales Simon, y al controlador e-room con el modulo interfaz USB a LON-FT, el cual cuenta con un conector USB para comunicarse con el computador y poder realizar la programación en Lonmaker

La red Lonworks se divide en tres escenas o etapas, ya que el proyecto cuenta con tres nodos de control LonWorks, donde cada uno utiliza un grupo de bloques funcionales y estos cuentan con variables de red de entrada, de salida y de configuración. Todos los nodos de control y los bloques funcionales se pueden ver en la pestaña “Network Explorer”, como muestra la Figura 82.

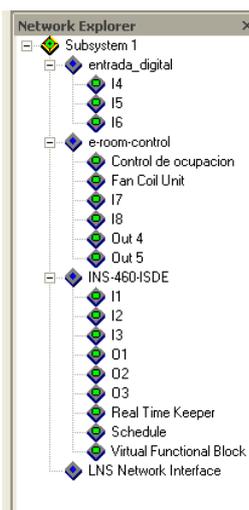


Figura 82. Pestaña Network Explorer

Cada etapa de la red Lonworks se ha diferenciado de la otra insertando un color en cada una: el

color azul corresponde al nodo de control de entradas digitales, el color verde corresponde al nodo de control ISDE INS-460 y el color marrón claro corresponde al nodo e-room control (ver Figura 83).

El sistema comienza a funcionar con la etapa de color marrón, con la activación del interruptor tarjetero "I7" que activa las luces del pasillo "O4" y del comedor "O5".

En la etapa que corresponde al módulo digital intervienen 3 interruptores de los cuales 2 controlan el encendido o apagado de las luces "O2" y "O3" y el otro interruptor habilita la luz "O2" para que se encienda de forma programada.

En la etapa del controlador ISDE, intervienen varios elementos:

- Un pulsador "I1" que permite el apagado general de todas las luces de la red
- Un bloque funcional "Real time Keeper" junto con un cuadro de texto en el cual se visualiza la fecha del sistema
- Dos interruptores "I2" e "I3" que controlan la luminaria "O1" de forma paralela. Para tener el control una después de la otra necesitan del segundo flanco de subida

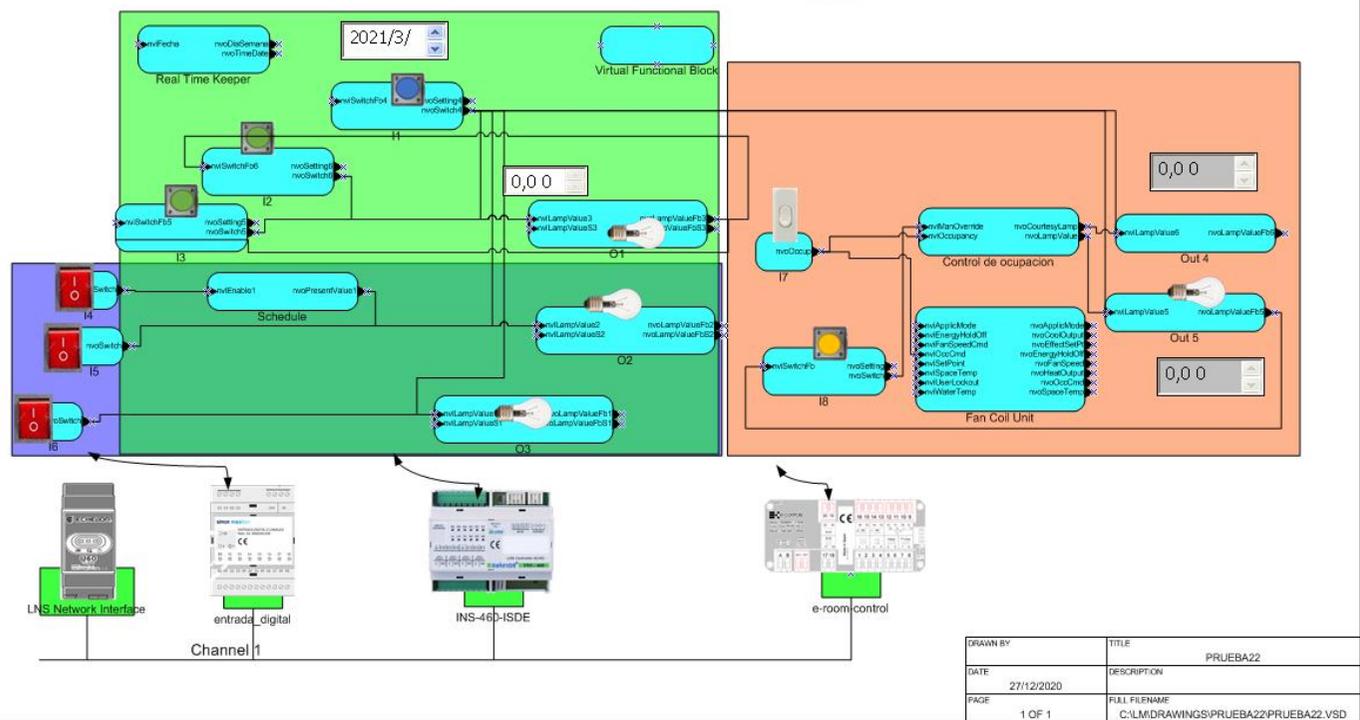


Figura 83. Esquema final de red LonWorks en Lonmaker

6 CONCLUSIONES

En el presente proyecto se ha presentado la tecnología LonWorks, analizando su topología, direccionamiento, canales de comunicación, perfiles funcionales y herramientas de programación.

También se evaluaron los componentes necesarios para que el sistema domótico cumpla con las necesidades dentro de la casa, tratando de utilizar componentes de diferentes fabricantes en una solución distribuida y expandible a proyectos futuros.

En el proyecto se detalla el proceso de implementación del sistema domótico desde el punto de vista mecánico y eléctrico. Se ha explicado la protección eléctrica que deben tener los equipos, la forma de conexión y el proceso de instalación del software utilizado para la programación de la red.

Por último, se hizo una descripción de todas las escenas de control de cada uno de los dispositivos detallando la funcionalidad de cada variable de red y bloque funcional y como se relacionan unos con otros.

El sistema LonWorks trabaja con el software LonMaker que permite realizar la creación, programación y comisionado de la red LonWorks y esto hace que el sistema sea intuitivo y fácil de programar para cualquier programador o instalador.

Por lo investigado y lo realizado en este proyecto puedo concluir que la tecnología LonWorks es la tecnología con más potencial de crecimiento en el sector de la domótica.

6.1 LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

A partir de este proyecto se abren múltiples posibilidades para aumentar las capacidades y funciones a la red LonWorks, entre las que destacan:

- Agregar una pasarela para que la red LonWorks pueda comunicarse con dispositivos domóticos de otras tecnologías como KNX, como se puede ver en la Figura 84. Usando estos nuevos sistemas, podemos añadir capacidades y servicios a nuestra instalación.

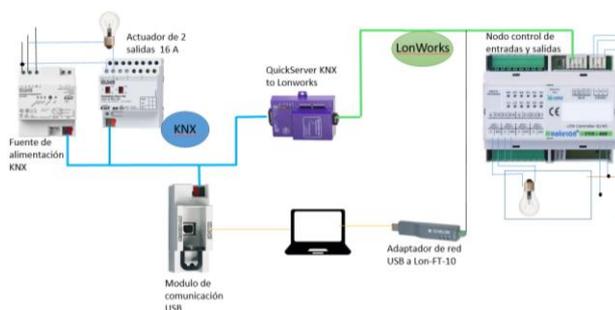


Figura 84. Pasarela de red

- En este sistema domótico se podrían utilizar sistemas enfocados al ahorro energético, como contadores, reguladores y sistemas generadores de energía
- En el sistema se pueden incorporar sistemas de climatización tipo fan coil, motores para el control de persianas, tarjeteros reales, sensores de puertas y ventanas y con estos se podrían realizar más escenas de control.
- Se podría reemplazar en el sistema el módulo U60 USB, con un router IP-FT, con el cual

se pueda tener acceso a los datos de los equipos en una página web o subir los datos a la nube, como lo muestra Figura 85. Un router que se puede utilizar es el CEA-709/IP-852 Router L-IP

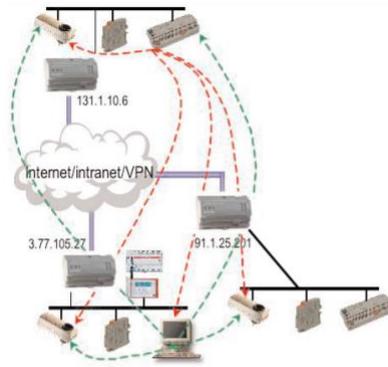


Figura 85.Router IP-FT

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. . Huidobro, “Manual de Domótica,” 2010, pp. 10–20.
- [2] J. A. Guerrero, “Diseño de instalacion domótica con tecnología LonWorks,” Universidad Politécnica de Cartagena, 2010.
- [3] A. Nuñez, “Domótica e inmotica:Guia práctica para el instalador,” Barcelona, 2011, pp. 15–26.
- [4] A. Martinez, “Instalación domótica sobre un proyeccto ICT para un edificio de viviendas residenciales,” Universidad Politécnica de Cataluña, 2007.
- [5] J. D. Ladrón de Guevara, “Diseño e implementación de un sistema para la interoperabilidad de dispositivos LonWorks,BacNet y Modbus,” Universidad de Sevilla, 2018.
- [6] Echelon, *Introduction to the LonWorks platform*. 2009.
- [7] Anónimo, “Gsitic,” 2018. .
- [8] C. Calafat, “Sistema Abierto Lonworks,” 2017. [http://www.lonmark.es/www/pdf/presentaciones/05_24_11 - El Sistema abierto LonWorks - Cristhian Calafat_LUE__17.pdf](http://www.lonmark.es/www/pdf/presentaciones/05_24_11_-_El_Sistema_abierto_LonWorks_-_Cristhian_Calafat_LUE__17.pdf).
- [9] SIMON MAXLON, “Entrada digital 8 canales,” Barcelona, 2018.
- [10] SIMON MAXLON, “Sistema de regulación y control.” https://www.simonelectric.com/sites/default/files/2017-12/Simon-Maxlon-catalogo_0.pdf.
- [11] ISDE, “Productos ISDE Monitorización,” 2018. https://4c2f2e39-be30-4d13-aa1c-9bf2bfec0118.filesusr.com/ugd/10b767_1940bfff5649497fbae5361cb9373adf.pdf.
- [12] ISDE, “INS - 460X/V 3,” pp. 643–644.
- [13] Echelon Corporation, “75060R-40.” <https://www.digikey.com/en/products/detail/echelon-corporation/75060R-40/6127986?s=N4IgjCBcoLQBxVAYygMwIYBsDOBTANCAPZQDa4ALAJxUgC6AvG4QExkgDsArAAwBsPAEowKPegya>.
- [14] E-controls, “e-Room Plus,” 2018. <https://www.e-controls.es/es/climatizacion/e-room-plus#instalacion>.
- [15] E. I. Controls, “e-Room Plus®,” 2010.
- [16] Weidmuller, “Fuente de alimentación PRO Eco.”