



TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Control domótico con dispositivos móviles.

José Alfonso Pérez Giménez
Máster Universitario Ingeniería de Telecomunicación

Consultor: Aleix López Antón

Entrega: Junio de 2015

Copyright

© (José Alfonso Pérez Giménez)

Reservados todos los derechos. Está prohibido la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la impresión, la reprografía, el microfilme, el tratamiento informático o cualquier otro sistema, así como la distribución de ejemplares mediante alquiler y préstamo, sin la autorización escrita del autor o de los límites que autorice la Ley de Propiedad Intelectual.

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	Control domótico con dispositivos móviles
Nombre del autor:	José Alfonso Pérez Giménez
Nombre del consultor:	Aleix López Antón
Fecha de entrega:	06/2015
Área del Trabajo Final:	Sistemas de Comunicación
Titulación:	Máster Universitario Ingeniería de Telecomunicación
Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras):	
<p>El proyecto se desarrolla sobre una infraestructura de Hogar Digital (HD) en una vivienda unifamiliar controlada a través de dispositivos “Programmable Logic Controller” (PLCs).</p> <p>Primeramente se sitúa el área de la domótica dentro de un área global de infraestructuras encaminadas a la automatización de nuestro entorno. El Hogar Digital se constituye como una célula básica de la “Smart City” o Ciudad Inteligente.</p> <p>A continuación se especifican en el Estado del Arte las tendencias actuales en la materia. Se nombran las dos tecnologías dominantes del mercado, KNX y LonWorks y una tercera opción, Busing (empresa española).</p> <p>La Memoria de este Trabajo se ha apoyado en la realización práctica de una vivienda domótica sobre un prototipo creado específicamente para este fin.</p> <p>A grandes rasgos el prototipo tendrá una parte de componentes físicos y otra parte dedicada a la parte lógica que se presentan a continuación de forma aproximada y resumida.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Parte Hardware. Compuesta principalmente por:<ol style="list-style-type: none">1.1. Elementos de Control. Dos Autómatas Programables (PLCs) de Siemens, modelo LOGO!1.2. Elementos de entrada. Interruptores, pulsadores y un detector de presencia.1.3. Elementos de salida. Lámparas de bajo consumo y un motor de una persiana.1.4. Miniordenador Raspberry Pi. Para dotar de conexión Wifi a los dispositivos Android (Smartphone o Tablet) y de un Servidor Web.	

- 1.5. Switch de comunicaciones.
2. Parte Software. Se utilizarán los siguientes módulos:
 - 2.1. Software Siemens LOGO!Soft Comfort 8.
 - 2.2. NOOBS y Raspbian para Raspberry Pi.
 - 2.3. Software para control remoto de dispositivos móviles:
 - 2.3.1. LogoControl-NETIO.
 - 2.3.2. Logo!Monitor.
 - 2.3.3. S7Droid.
 - 2.3.4. ISWvis Mobile

Abstract (in English, 250 words or less):

This Master Final Work is developed about a Digital Home Infrastructure via Programmable Logic Controllers (PLCs).

Firstly it focuses automation home in an overall area of infrastructures aimed at automating our environment. Digital Home is established as a basic cell of the Smart Cities technologies.

Secondly it is specified the current trends in this area in State of Art's section. It talks about KNX's and Lonwork's international technologies and a third option, Busing (Spanish Company).

Finally, this project is supported in a prototype specifically built for this Project.

Broadly the prototype will have a hardware part and a software part:

1. Hardware part. Mainly composed of:
 - 1.1. Control's elements. Two PLCs from Siemens Company, model LOGO!
 - 1.2. Input elements. Switches, buttons and a presence detector.
 - 1.3. Output elements. Energy-saving lamps and a shutter's motor.
 - 1.4. Raspberry Pi minicomputer. To provide free Wifi access to Android Tablets and Smartphones devices and as Web Server.
 - 1.5. Communications Switch.
2. Software part. The followings modules are used:
 - 2.1. Siemens LOGO!Soft Comfort V8.0
 - 2.2. NOOBS and Raspbian for Raspberry Pi.
 - 2.3. Software for remote control of mobile devices:
 - 2.3.1. LogoControl. NETIO
 - 2.3.2. LOGO!Monitor.
 - 2.3.3. S7Droid.
 - 2.3.4. ISWvis Mobile

Palabras clave (entre 4 y 8):

Smart City, Domótica, LOGO!, Raspberry Pi, Sensores, Actuadores, HMI.

A mi madre, a mi mujer y a mi queridísima hija. Las tres mujeres de mi vida.

*A la UOC, por permitirme cumplir un sueño que tengo desde adolescente:
SER Ingeniero de Telecomunicación.*

*A mi Consultor del TFM, Aleix López Antón y al Director del Máster de
Ingeniería de Telecomunicación de la UOC, José Antonio Morán Moreno por su
inestimable ayuda.*

*A Sergio Gallardo Vázquez, profesor del IES Francisco de Goya por los
expertos conocimientos transmitidos.*

Índice

1. Introducción.....	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Enfoque y método seguido.....	2
1.4 Planificación del Trabajo	3
1.4.1 Entregables (wbs) a nivel de producto	3
1.5 Sumario de resultados obtenidos.....	4
1.6 Descripción del resto de capítulos de la memoria	5
2. Estado del arte	6
2.1. Introducción y evolución temporal.	6
2.2. Definiciones y contexto del Hogar Digital.	7
2.3. Legislación. Normativa.	8
2.4 Soluciones domóticas comerciales.	11
2.4.1 KNX.....	11
2.4.2 LonWorks.	16
2.4.3 BUSing.	20
3. Desarrollo Hardware del prototipo.....	24
3.1. Elementos de control.....	24
3.1.1 LOGO! 7 (0BA7).....	25
3.1.2 LOGO! 8 (0BA8).....	26
3.2. Elementos de entrada y sensores.	27
3.2.1 Clasificación de sensores.....	28
3.2.2 Ejemplos de sensores.	28
3.3. Elementos de salida. Actuadores.	32
3.3.1. Clasificación de los actuadores.	32
3.4. Diseño del prototipo.....	36
3.4.1. Conexionado.	38
3.4.2. Configuración inicial de los dispositivos de control.....	40
4. Desarrollo Software. Sistema Operativo y Apps.....	42
4.1. Siemens LOGO!Soft Comfort V8.0.....	42
4.1.1. Descripción general de la interfaz de usuario.....	42
4.1.2. Creación de un nuevo programa.	45
4.1.3. Programación en modo Maestro/Esclavo.....	47
4.1.4. Programación completa del prototipo.	48
4.2. Sistema Operativo Raspbian.....	50
4.2.1. Instalación de NOOBs.	51
4.2.2. Instalación general.	51
4.2.3. Configuración de red Ethernet. Actualización sistema operativo.....	53
4.2.4. Configuración y compartición red Wifi.	53
4.3. Aplicaciones Control Remoto desde dispositivos móviles.....	57
4.3.1. LogoControl.....	58
4.3.2. LogoMonitor!	63
4.3.3. S7Droid	67
4.3.4. ISWvis Mobile.....	68
5. Conclusiones.....	72
5.1. Descripción.....	72
5.2. Lecciones aprendidas.....	72
5.3. Objetivos alcanzados.	73

5.4. Líneas de trabajo futuras.....	73
6. Glosario	75
7. Bibliografía	76
8. Anexos	79
8.1. ANEXO I. Estudio económico Parte Hardware.....	79
8.2. ANEXO II. Estudio económico Parte Software.	80
9. Referencias	81

Lista de figuras

Ilustración 1. Entregables (wbs) a nivel de producto.....	4
Ilustración 2. Evolución tecnológica [3]	6
Ilustración 3. Del Hogar Digital a la Smart City [3].....	8
Ilustración 4. Organismos de Normalización	10
Ilustración 5. Tabla puntuación niveles de Hogar Digital.....	10
Ilustración 6. Sistema KNX de KONNEX.....	12
Ilustración 7. Estructura del Sistema KNX.....	13
Ilustración 8. Estructura topológica del protocolo KNX.....	14
Ilustración 9. Software KNX-ETS3 (Cortesía Schneider Electric).....	16
Ilustración 10. Ejemplo topología LonWorks. Cortesía Schneider Electric.	18
Ilustración 11. Modulo IP Simon VIT@. Cortesía Simondomotica.es.....	19
Ilustración 12. Simon VIT@ IP. Cortesía de Simon Domótica.....	20
Ilustración 13. Dispositivos Bus Ingenium.	22
Ilustración 14. Asistente BUSing. Cortesía Ingenium.	23
Ilustración 15. Esquema general sistema domótico.	24
Ilustración 16. Configuración de red típica LOGO! 7	25
Ilustración 17. Configuración de red típica LOGO! 8.	27
Ilustración 18. Detector de humo/fuego Siemens.....	29
Ilustración 19. Detector de gas de BJC	29
Ilustración 20. Detector de presencia Siemens	30
Ilustración 21. Belkin WeMo Door & Window Sensor.....	30
Ilustración 22. Sensor de luminosidad de Loxone	31
Ilustración 23. Motor persiana Ede Motors.	34
Ilustración 24. Diversos tipos de lámparas LFC	35
Ilustración 25. Montaje inicial Prototipo	37
Ilustración 26. Prototipo cableado completo.....	38
Ilustración 27. Entradas/Salidas en LOGO!.....	39
Ilustración 28. Esquema conexión Elementos de Control	40
Ilustración 29. Interfaz de programación LOGO!Soft Comfort.....	43
Ilustración 30. Interfaz del proyecto LOGO!Soft Comfort	44
Ilustración 31. Primer esquema básico con LOGO!Soft Comfort 8	45
Ilustración 32. Transferir programa PC->LOGO!.....	46
Ilustración 33. Segundo esquema básico con LOGO!Soft Comfort 8.....	47
Ilustración 34. Detalle Modo Esclavo LOGO!	47
Ilustración 35. Esquema funciones prototipo.....	48
Ilustración 36. Motor persiana Ede Motor. D351314S.....	49
Ilustración 37. Prototipo y caja Persiana.	49
Ilustración 38. Esquema definitivo del prototipo.	50
Ilustración 39. Instalación Raspbian.....	52
Ilustración 40. Hostname en Raspbian.....	52
Ilustración 41. Apps para Loxone Smart Home	57
Ilustración 42. Detalle Acceso LogoControl.....	60
Ilustración 43. Detalle de Entrada de Red en LOGO!Soft Comfort V8.0	61
Ilustración 44. Programación App con NetIO UI-Designer.	63
Ilustración 45. Logo!Monitor. HTTP Server.	64
Ilustración 46. LOGO!Monitor. Logo Setup.....	65

Ilustración 47. Configurar "button" en SmartPhone Designer.....	66
Ilustración 48. Detalle funcionamiento LOGO!Monitor.	66
Ilustración 49. Descarga desde Google Play de S7Droid Lite V1.2.....	67
Ilustración 50. Configuración App S7Droid Lite en Tablet.....	68
Ilustración 51. Detalle esquema parcial LOGO!Soft Comfort	69
Ilustración 52. Configuración de conexión en ISWvis Mobile Editor.....	70
Ilustración 53. Configuración de Lista de Variables en ISWvis Mobile Editor...	70
Ilustración 54. Diseño de App en ISWvis Mobile Editor.....	70
Ilustración 55. Carga App en dispositivo móvil.....	71

1. Introducción

1.1 Motivación

La domótica ofrece muchas posibilidades de desarrollo profesional en un futuro no muy lejano. A pesar del estallido de la burbuja urbanística unos años atrás que abocó en una gran crisis en el sector y por ende a la economía global del país, la tendencia actual en el mercado inmobiliario en España es de un crecimiento moderado en la construcción de nuevas viviendas.

Para abrir nuevas vías de negocio en este sector, es fundamental el dar valor añadido a las nuevas viviendas. Es necesario dotarlas de nuevas funcionalidades que mejoren su calidad y que mejoren la eficiencia energética. Todo esto combinando con el uso de las nuevas tecnologías.

A nadie escapa la verdadera revolución que se ha creado desde la irrupción de los dispositivos móviles en la sociedad (especialmente SmartPhones y Tablets). Hoy en día, nada se concibe sin la interacción con estos dispositivos y como no podía ser menos, es muy importante el ofrecer a los usuarios formas de interactuar con su entorno más cercano a través de su propio teléfono móvil o Tablet.

La principal motivación para este proyecto es demostrar que se puede iniciar un proyecto de Hogar Digital sin necesidad de recurrir a costosos productos comerciales integrados.

Normalmente, estos productos ofrecen todo lo necesario para realizar la domotización del hogar, desde los propios controladores hasta los HMI, pasando por los sensores y actuadores.

Existen proyectos domóticos en la actualidad realizados sobre prototipos con placas Arduino, Raspberry, etc, con costes realmente bajos, y sus respectivos desarrollos software para interactuar a través de dispositivos móviles.

Sin embargo en este proyecto se trata de ofrecer la seguridad y confianza que pueden dar PLCs como los construidos por Siemens, con sistemas de control remoto a través de Smartphones o Tablets. Esta decisión es debido al todavía alto precio de los dispositivos HMI de marcas propietarias así como por la libertad que proporciona el realizar el control domótico con los propios dispositivos móviles de los usuarios sin tener que disponer de más elementos en el hogar.

1.2 Objetivos

Los objetivos principales son los siguientes:

- Conocer el estado actual de la domótica y las líneas futuras que se prevén.
- Estudiar las funcionalidades que ofrecen los Autómatas Programables (PLCs) actuales, en especial los elegidos para la realización de este proyecto (LOGO! de Siemens)
- Descripción de los diversos tipos de sensores y actuadores que se pueden utilizar en un Hogar Digital.
- Evaluación de distintos tipos de software para la implementación de un HMI en un dispositivo móvil (Smartphone o Tablet) que sirva como control remoto de un sistema domótico.
- Diseño de un prototipo o maqueta para la simulación de un Hogar Digital.

1.3 Enfoque y método seguido

Se parte de que se puede realizar un proyecto de Hogar Digital utilizando productos específicos existentes en el mercado que integran todos los dispositivos necesarios y que muchos de estos productos ya disponen de aplicaciones para dispositivos móviles (Apps).

Por este motivo el enfoque ha sido presentar el Estado del Arte de la tecnología dominante en la actualidad como es la topología en bus presentada por KNX y LonWorks. Dichas tecnologías abarcan una gran parte del mercado de la domótica doméstica y aúnan a la mayoría de fabricantes de elementos de control, entrada o salida para integrarlos en su propia red.

En un principio se valoró la posibilidad de realizar el presente Proyecto diseñando el Hogar Digital mediante el Software ETS-KNX, adaptando diversos elementos de diversos fabricantes a un proyecto de Hogar Digital. Para este fin se adquirieron habilidades de programación en dicho entorno, así como los diferentes dispositivos que se podrían utilizar.

De hecho se encontraron una gran cantidad de trabajos en esta misma línea de trabajo, pues no deja de ser cierto que KNX es la tecnología dominante en Europa y España. Por este motivo se presta especial atención a este sistema y a su competidor más directo, LonWorks, sin dejar de lado otras alternativas existentes en el mercado más minoritarias, pero que no por ello resultan menos interesantes, tal como el sistema Busing de la empresa asturiana Ingenium.

También se valoró la posibilidad de realizar una vivienda domotizada utilizando dispositivos tipo Arduino, Raspberry o similar. En la búsqueda de información se encontraron diversos proyectos realizados utilizando este enfoque.

Sin embargo, finalmente se ha optado por desarrollar en la Memoria del presente Trabajo Fin de Máster un sistema domótico diferente a lo encontrado en la amplia búsqueda de información realizada de forma previa al inicio de este Trabajo.

Para dicho fin se hará una instalación de un Hogar Digital combinando una parte hardware representada principalmente por los elementos de control de una empresa con gran prestigio en la fabricación de este tipo de módulos como es Siemens, con una parte software que apuesta por aplicaciones para Smartphones o Tablets independientes de la propia marca. Se une la gran calidad de los productos PLCs de Siemens con la innovación de nuevas Apps existentes en el mercado que permiten controlar de forma remota los elementos de la vivienda domótica.

El método seguido para lograr dicho fin ha sido realizar el Proyecto de forma eminentemente práctica, construyendo un prototipo que simule de forma real ciertas funciones típicas de domótica en el hogar y que además de poder ser accionado mediante los elementos típicos de una vivienda (interruptores, pulsadores, detectores de presencia, etc) pueda ser accionado a través de un dispositivo móvil de forma remota.

Para esto, una vez construido el prototipo, programado toda la lógica de control de los PLCs de Siemens mediante su propio software y comprobado su correcto funcionamiento, se procede a la búsqueda de aplicaciones o Apps que puedan realizar las mismas funciones que los elementos de entrada clásicos presentes en el hogar.

Se presentan una gran variedad de aplicaciones que pueden cumplir lo establecido para este Proyecto según la especificación requerida para control remoto desde SmartPhone o Tablet, en concreto cuatro. Pero además, se programan o configuran para su uso real sobre el prototipo y se comprueba en todos los casos el correcto funcionamiento.

En definitiva, un arduo trabajo compuesto por amplia búsqueda de información, tanto de la tecnología actual dominante en el mercado, como de otras posibles alternativas; cableado e instalación de todos los componentes utilizados en el prototipo; programación de los dispositivos Siemens utilizados (modelo LOGO!) a través de su propio software LOGO!Soft Comfort V8.0; y la exhaustiva búsqueda de aplicaciones para dispositivos móviles que puedan interactuar con dichos dispositivos de control, además de su configuración para el correcto funcionamiento en el prototipo construido.

1.4 Planificación del Trabajo

1.4.1 Entregables (wbs) a nivel de producto

Los entregables (wbs) a nivel de producto, definidos en una línea se han realizado con la herramienta "Edraw Max":
<http://www.edrawsoft.com/EDrawMax.php>

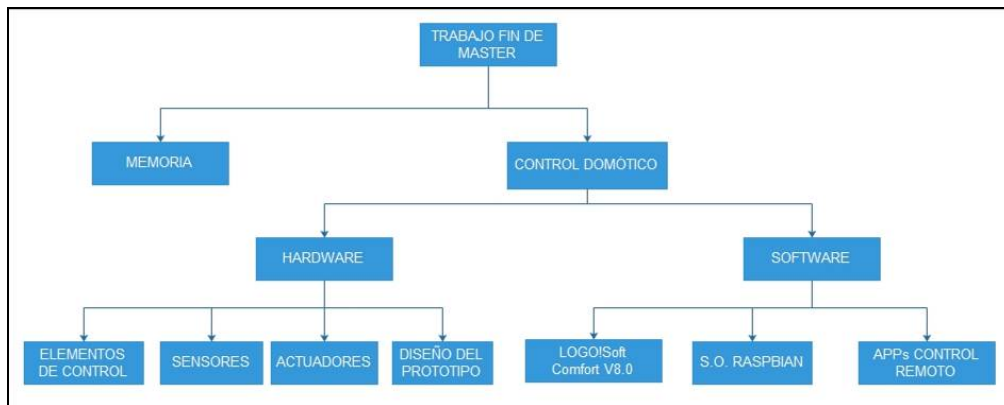


Ilustración 1. Entregables (wbs) a nivel de producto.

1.5 Sumario de resultados obtenidos

En el presente Trabajo Fin de Máster se ha obtenido un completo Estado del Arte de la tecnología domótica en la actualidad.

A partir de este extremo se ha extendido el estudio a otras áreas que también pueden ser representativas de la tecnología en dicha materia. Las áreas de resultados obtenidos son:

- Conocimiento de toda la parte hardware de una instalación domótica, desde los elementos de entrada y elementos de salida a los elementos de control.
- Tecnología de Autómatas Programables de la serie Simatic S7 de Siemens y en especial la serie utilizada en este Proyecto, LOGO!
- Aprendizaje de programación de dichos dispositivos a través del software de Siemens para tal efecto, LOGO!Soft Comfort, en su versión V8.0
- Preparación, instalación y configuración de un sistema operativo Linux sobre un miniordenador Raspberry Pi.
- Configuración de un punto de acceso Wifi hotspot a través de la Raspberry Pi y de un servidor DHCP para proveer direcciones IPs a los dispositivos que se conecten a dicho hotspot.
- Instalación de un Servidor Web en un entorno Linux Debian en Raspberry Pi para proveer a dispositivos móviles de una acceso vía navegador Web al control remoto del prototipo.
- Creación de una App para el control remoto a través de cualquier dispositivo móvil mediante el uso de la herramienta NetIO UI-Designer.
- Creación de aplicación para control remoto con dispositivos móviles a través de Servidor Web instalado sobre sistemas Windows.
- Configuración y uso de control remoto a través de App para SmartPhone o Tablet sin necesidad de instalación de Servidor Web.

En definitiva, un amplio conjunto de productos que además se ha llevado a la práctica ejecutándolo de forma real sobre el prototipo creado al efecto.

1.6 Descripción del resto de capítulos de la memoria

- Capítulo 2. Estado del Arte. Conocimiento general de la tecnología actual.
- Capítulo 3. Desarrollo Hardware del prototipo. Exposición de los elementos físicos utilizados generalmente en instalaciones domóticas, divididos en tres áreas principales:
 - Elementos de entrada y sensores.
 - Elementos de salida o actuadores.
 - Elementos de control.

Además en un cuarto apartado se presenta la construcción del prototipo utilizado para las pruebas del sistema.

- Capítulo 4. Desarrollo Software. Sistema Operativo y Apps. Presentación de todas las aplicaciones utilizadas en el Proyecto:
 - Software de programación de dispositivos Siemens LOGO! (LOGO!Soft Comfort V8.0)
 - Sistema Operativo para miniordenador Raspberry Pi. Instalación inicial y configuración completa para cubrir todos los requisitos establecidos en el Proyecto.
 - Aplicaciones para Control Remoto desde dispositivos móviles. Cuatro aplicaciones capaces de conseguir el objetivo de controlar los diversos elementos del prototipo creado a través de un SmartPhone o una Tablet.

2. Estado del arte

2.1. Introducción y evolución temporal.

En los últimos años se están produciendo importantes cambios en la forma en que las personas interactúan con su lugar de residencia. Han cambiado las formas de comunicarse, de ver la televisión, hacer las tareas cotidianas y en definitiva el disponer de ocio o diversión en el ámbito del hogar.

Los importantes avances en la tecnología de la telecomunicación han cambiado la forma en que nos comunicamos con nuestro hogar. Si en el pasado en el hogar disponíamos de poco más que televisión, radio y teléfono fijo, en la actualidad hemos pasado a tener una amplia variedad de formas de comunicarnos. Dispositivos habituales hoy en día, como Smartphone, Tablet, Smart TV, Internet de alta velocidad, etc, han cambiado nuestra forma de vida en sólo una década [1].



Todos estos cambios en la tecnología han producido cambios significativos en los hogares que han permitido mejorar la calidad de vida de las familias. Se ha creado la forma de interactuar con la vivienda, disponiendo de una televisión con la que poder chatear con los amigos, ver películas en streaming, jugar en red, monitorizar nuestra casa desde cualquier lugar a través de nuestro teléfono móvil y todo esto gracias al acceso a las Redes Ultra Rápidas.

Ilustración 2. Evolución tecnológica [3]

Sin embargo aún queda un paso importante en la revolución tecnológica del Siglo XXI y esto es la implantación paulatina de la domótica en nuestro entorno más cercano. Será la búsqueda de la vivienda perfectamente automatizada, y controlada desde cualquier lugar a través de nuestro dispositivo móvil. En la actualidad cada vez más personas controlan la seguridad de la vivienda a distancia a través de estos dispositivos, e incluso con la instalación de una cámara IP pueden observar desde cualquier lugar del mundo lo que está

sucediendo en el interior. Y todo esto es sólo el principio de lo que se denomina Hogar Digital.

Pero antes de entrar en los detalles de estos conceptos, es necesario hacer una evolución histórica. Esta evolución es relativamente corta, pues no se empieza a hablar comercialmente del concepto de edificios inteligentes hasta los años 80. Para el sector doméstico hay que trasladarse a los años 90 en Japón, EEUU y algunos países del norte de Europa, cuando se comenzó el desarrollo de las pasarelas residenciales. Era la época en la que los sistemas domóticos de los hogares no tenían prácticamente comunicación con el exterior, siendo éste básicamente el envío de mensajes de texto a teléfonos móviles a modo de aviso o alerta [2].

Ya en la década de los 90 fue cuando empezó el verdadero desarrollo de estos sistemas, auspiciados por el auge de los ordenadores personales, y por la instalación de cableado estructurado principalmente en edificios de oficinas. Esto permitió la ansiada comunicación entre diferentes lugares dentro del edificio. Se llamaron edificios inteligentes y dieron lugar a un nuevo concepto llamado inmótica (automatización aplicada a edificios).

Ya en los comienzos del siglo XXI se comienzan a crear las bases necesarias para el despegue del Hogar Digital. El desarrollo de nuevos estándares y sobre todo la introducción paulatina de nuevos medios de transmisión tanto a través de cable como inalámbrica hicieron posible la creación de nuevos servicios y aplicaciones, lo que lógicamente incrementó la complejidad de los sistemas y el consiguiente aumento de los costes.

Con el boom inmobiliario de principios de 2000, el sector empieza a crecer y se augura una fuerte demanda en el futuro. Con la construcción de cada vez más viviendas, se crea la necesidad de dar mayor valor añadido a éstas para incentivar las compras y producir más beneficios. El resto de la historia ya es conocido, cuando a partir de año 2007 estalla la burbuja inmobiliaria y provoca la caída en picado de las ventas de viviendas y por ende del desarrollo creciente de los sistemas domóticos.

2.2. Definiciones y contexto del Hogar Digital.

El Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación refiere en una publicación [2] que se puede decir que el término Hogar Digital apareció en España relativamente no hace mucho tiempo. Fue acuñado por Telefónica en su Libro Blanco del Hogar Digital y las Infraestructuras de Telecomunicaciones (Mayo de 2003) [4], donde se indica que dicha publicación “surge de la necesidad de ordenar y recopilar toda una serie de iniciativas e ideas relacionadas con los conceptos de Hogar Digital, así como dar a conocer los nuevos agentes y las actuaciones legislativas que se han desarrollado en España como consecuencia de la evolución de las tecnologías avanzadas para el hogar”.

Existen diferentes puntos de vista de Hogar Digital según el agente que lo analice. Así por ejemplo, para un operador de telecomunicación les interesa este concepto como un hogar conectado, con conexión permanente a Internet

con banda ancha, a partir de la cual pueden ofrecer múltiples servicios a los usuarios. Para los fabricantes de equipos es más bien una casa domotizada, o vivienda dotada de unos dispositivos para automatizar los procesos habituales en ésta. Y quizás desde el punto de vista del usuario general se puede ver como el hogar informatizado, donde ordenadores, impresoras, televisión, equipos multimedia y otros son los protagonistas.

Ahondando en lo comentado en el párrafo anterior, existe una cuestión importante a plantear: ¿cuál es la diferencia entre Hogar Digital y casa domotizada? Podríamos generalizar que una vivienda domotizada forma parte de un Hogar Digital. En efecto, la domótica se refiere al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de eficiencia energética, bienestar y seguridad. Este concepto proviene de la unión de las palabras “domus” (casa) y “tica” (de automática). Un Hogar Digital incorpora un sentido mucho más amplio que la domótica, pues comprende múltiples tecnologías, servicios, mercados y estrategias; engloba la domotización de la vivienda y el servicio de acceso a la red de banda ancha y todo ello integrado en el hogar.

El siguiente escalafón es el edificio inmótico, que se entiende como el equipamiento en un edificio de uso terciario o industrial (hogares, oficinas, edificios corporativos, hoteleros, empresariales y similares) de sistemas de gestión técnica automatizada de las instalaciones, con el objetivo de reducir el consumo de energía, aumentar el confort y la seguridad de éste.

Todo esto nos conduce a la Smart City o Ciudad Inteligente que se refiere a un tipo de desarrollo urbano basado en la sostenibilidad que es capaz de elevar la calidad de vida de los habitantes e incrementar la competitividad y la capacidad de que la ciudad crezca económicamente [5].



Para finalizar este apartado se refiere la definición que da la Comisión Multisectorial del Hogar Digital de ASIMELEC [6]:

“El Hogar Digital es el lugar donde las necesidades de sus habitantes, en materia de seguridad y control, comunicaciones, ocio y confort, integración medioambiental y accesibilidad, son atendidas mediante la convergencia de servicios, infraestructuras y equipamientos.”

Ilustración 3. Del Hogar Digital a la Smart City [3]

2.3. Legislación. Normativa.

El marco normativo actual no dispone de directivas específicas para el sector de la domótica que se deban aplicar en cualquier instalación. Las disposiciones

legales que pueden tener relación con este sector y que se deberían tener en cuenta son las que se detallan a continuación:

- Reglamentación nacional:
 - o Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006). Sus objetivos son asegurar la calidad de la edificación y promover la sostenibilidad y la innovación. Colabora con el objetivo de conseguir edificios más eficientes desde el punto de vista energético.
 - o Reglamento de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (RD 346/2011). Sustituye al RD 401/2003 y establece un nuevo marco jurídico en la materia que permite dotar a los edificios de instalaciones suficientes para atender los servicios de televisión, telefonía y telecomunicaciones por cable, y posibilita la planificación de dichas infraestructuras de forma que faciliten su adaptación a los servicios de implantación futura. Asimismo en el Artículo 14 se comenta que se incluye un anexo (Anexo V) con una descripción de la clasificación de las viviendas y edificaciones que puedan incorporar funcionalidades de Hogar Digital a los efectos de que tanto promotores, como usuarios o administraciones públicas dispongan de un marco de referencia homogéneo, basado en parámetros objetivos, para clasificar y comparar las viviendas.
 - o Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 843/2002). Se considera en la actualidad como el documento para regir una instalación domótica, considerando ésta como un caso particular de una instalación eléctrica.
- Directivas europeas:
 - o Directiva CE 2006/95/CE de Baja Tensión. Para garantizar la seguridad en el empleo de materiales eléctricos.
 - o Directiva CE 2004/108/CE de Compatibilidad Electromagnética. El objetivo último es garantizar la protección de equipos y personas de las perturbaciones electromagnéticas que provocan los dispositivos eléctricos y electrónicos.

Los organismos de normalización tanto nacional (AENOR) como europeo (CENELEC) están trabajando en la elaboración de normas sobre el Hogar Digital. La Administración, representada por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI) y la ASIMELEC (Asociación Multisectorial de Empresas Españolas de Electrónica y Comunicaciones) están representadas en ambos organismos aportando experiencia (de los ámbitos público y privado).

	General	Eléctrico	Telecom.
Internacional			
Europeo			
Nacional			

Ilustración 4. Organismos de Normalización

De hecho AENOR en su especificación técnica EA0026 incluye una tabla de evaluación del grado de domotización de las instalaciones domóticas que está basada en la experiencia y conocimientos de expertos de automatización de viviendas y edificios¹. Se ha convertido en la tabla de referencia de la norma europea EN20491-6-1 “Sistemas Electrónicos para Viviendas y Edificios” que será adoptada por AENOR como Norma española UNE-50491-6-1.

Se puede obtener la certificación AENOR para instalaciones domóticas para poder incorporar la marca N en las instalaciones de sistemas domóticos en viviendas [7].

TABLA PUNTUACIÓN NIVELES HOGAR DIGITAL							
Servicios	Seguridad	Control del Entorno	Eficiencia Energética	Ocio y Entretenimiento	Comunicaciones	Acceso Interactivo a Contenidos Multimedia	Puntuación Total
Hogar digital alto	50	40	50	25	25	10	200
	45	40	45	15	25	10	180
Hogar digital medio	40	35	40	10	20	5	150
	35	30	30	10	20	5	130
Hogar digital básico	15	25	25	10	20	5	100
	15	15	15	10	20	5	80

Ilustración 5. Tabla puntuación niveles de Hogar Digital

Además existen numerosas iniciativas para ayudar a extender la información necesaria entre todos los agentes implicados para que el sector de la domótica vaya asentándose de forma segura.

También se puede destacar la “Guía Técnica de Aplicación sobre Instalaciones de Sistemas de Automatización, Gestión Técnica de la Energía y Seguridad para Viviendas y Edificios” editada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio². O también la iniciativa de la Comisión Multisectorial del Hogar Digital englobada dentro de ASIMELEC “Sello de Calidad del Hogar Digital”, que pretende proporcionar confianza a los usuarios y profesionales

relacionados con el sector, garantizando que una vivienda reúne las condiciones necesarias para prestar los servicios domóticos que la propia comisión prescriba como necesarios, entre los que destacan: Seguridad, Confort, Ahorro Energético, Comunicaciones y Ocio [6].

2.4 Soluciones domóticas comerciales.

Hoy en día los sistemas de automatización basados en bus se han convertido progresivamente en la solución que mejor se ha adaptado a las demandas del sector. Hace unos años se crearon muchas empresas y tecnologías que centraban sus soluciones en tecnología bus, sin embargo, la creciente necesidad de interoperabilidad entre los distintos sistemas y la exigencia por parte del propio mercado de soluciones abiertas, que fueran independientes de cualquier fabricante, han decantado el mercado de la automatización inmótica/domótica basado en bus en dos soluciones que destacan sobre las demás: KNX y LonWorks.

Ambos son sistemas abiertos muy utilizados en sectores de la automatización residencial, terciaria e industrial. KNX está más extendida en el ámbito europeo y LonWorks en el mercado americano.

Además de estos dos sistemas predominantes del mercado se va a presentar otro sistema de automatización basado en bus, el denominado Busing de la empresa española Ingenium.

2.4.1 KNX.

2.4.1.1 Introducción.

A finales de los años noventa del siglo XX se crea la asociación KONNEX, cuyo objetivo sería el diseño de un bus que aunara los ya existentes en el mercado europeo en un único sistema estándar y compatible con la mayoría de los fabricantes. Este es el sistema KNX. Es un sistema que soporta varios medios de transmisión, es descentralizado y muy escalable. Además es un estándar de origen europeo, pero también estandarizado para EEUU y China; es un estándar abierto, libre de royalties que provee una única herramienta software de diseño y planificación (ETS) que es acoplable a otros sistemas mediante pasarelas como DALI. Una ventaja añadida es que es independiente de los fabricantes y compatible con ellos.

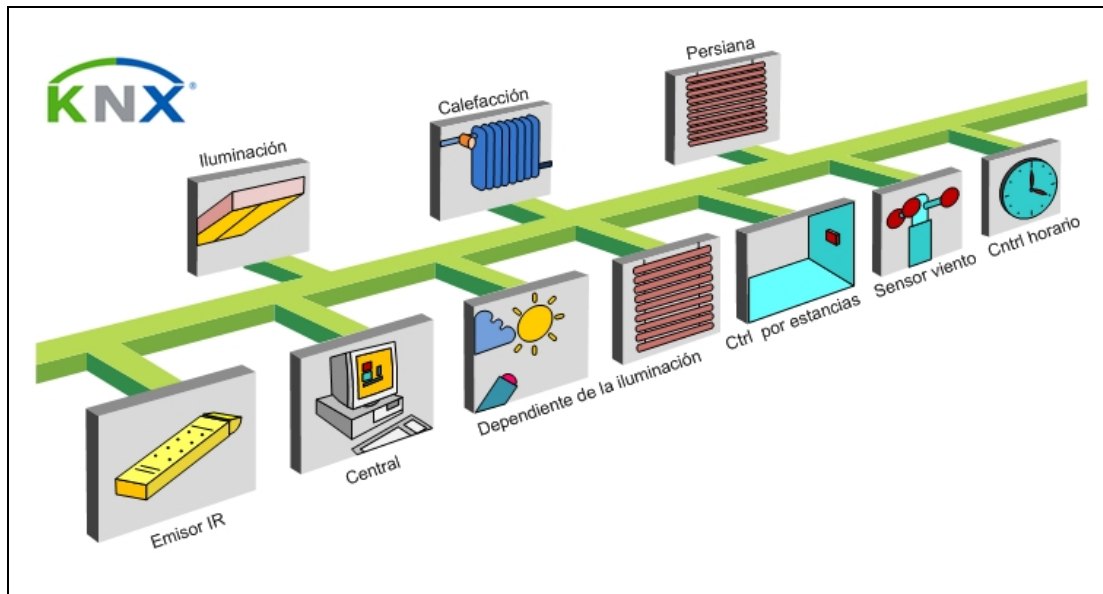


Ilustración 6. Sistema KNX de KONNEX

En la actualidad, la asociación KONNEX está compuesta por más de 200 fabricantes de todo el mundo, con unos 7.000 grupos de productos certificados y mantiene acuerdos con más de 30.000 compañías instaladoras de más de 100 países diferentes, abarcando casi el 90% del mercado europeo de las tecnologías de automatización y control [8].

4.1.1.2 Medio físico y modo de configuración de KNX.

KNX permite el empleo de varios tipos de medios físicos de transmisión:

- Corrientes portadoras (KNX PL).
- Ethernet (KNXnet/IP).
- Inalámbrico (KNX RF).
- Par trenzado (KNX PT).

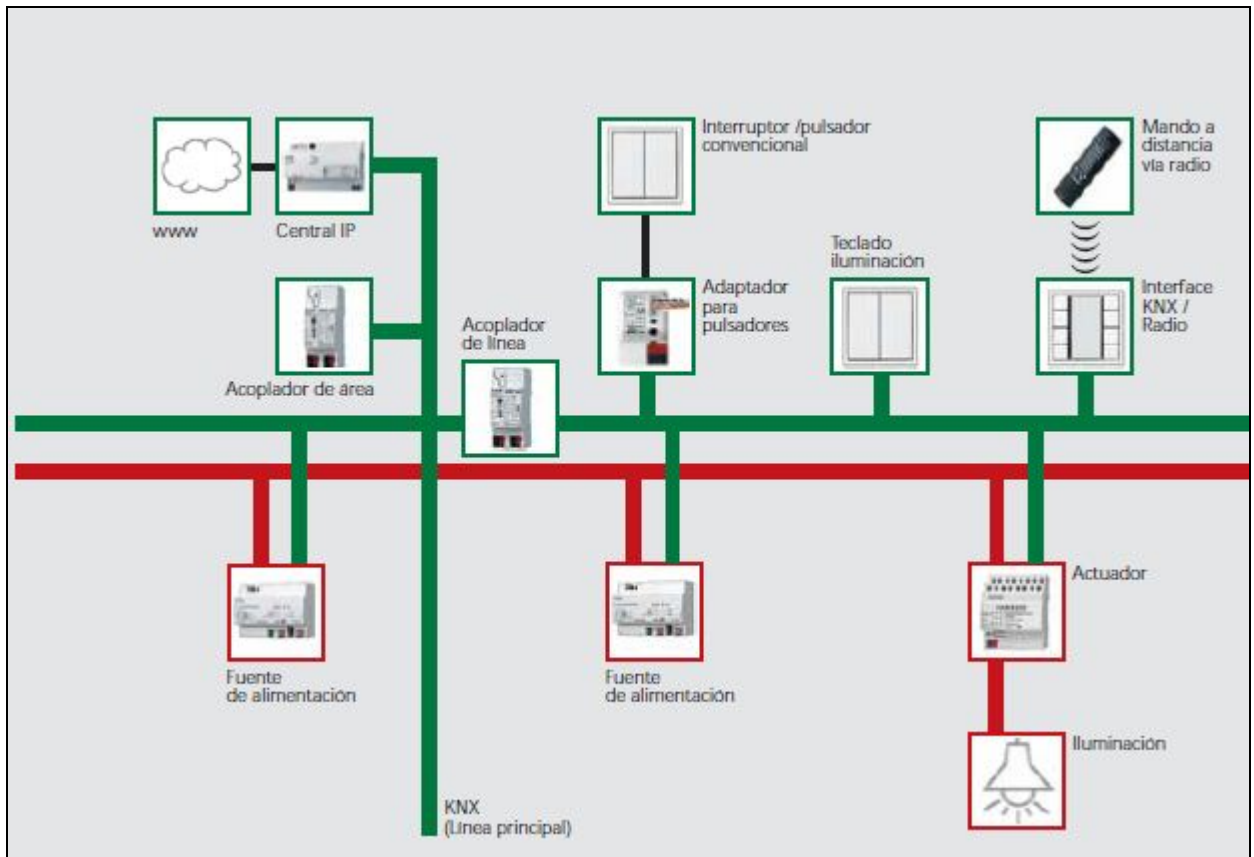


Ilustración 7. Estructura del Sistema KNX

KNX plantea al instalador la posibilidad de diseñar un sistema de automatización basado en su tecnología de dos formas:

- E-Mode (Easy Installation). Está pensado para instaladores sin conocimientos de programación puesto que estos dispositivos ya están preprogramados. La configuración se hace a través del software ETS-Starter que asigna las direcciones automáticamente. Al no disponer de programación sus funciones están limitadas.
- S-Mode (System Installation). Es el denominado modo de sistema y requiere conocimientos de programación y el uso del software ETS-Professional al que hay que añadir las bases de datos de los componentes KNX que los fabricantes ponen a disposición de los instaladores o usuariosⁱⁱⁱ.

4.1.1.3 Topología en KNX.

En KNX los dispositivos siguen una tipología en forma de bus, es decir, está formada por una línea bus que es compartida por todos los componentes del mismo: sensores, actuadores y elementos del sistema.

La tipología del sistema KNX se estructura de forma jerárquica en tres niveles: componente, línea y zona. Los componentes se conectan a una línea concreta, las diversas líneas se unen a una línea principal por medio de acopladores de línea, formando una zona; y por último, las distintas zonas se conectan a una línea troncal o backbone mediante acopladores de zona.

Por ejemplo, se podría pensar en una instalación de un sistema automatizado en un edificio de un hospital. Así, cada planta del edificio serían una zona KNX; los pasillos de cada planta serían las líneas KNX y los elementos de entrada/salida distribuidos por cada pasillo y sus habitaciones serían los componentes KNX.

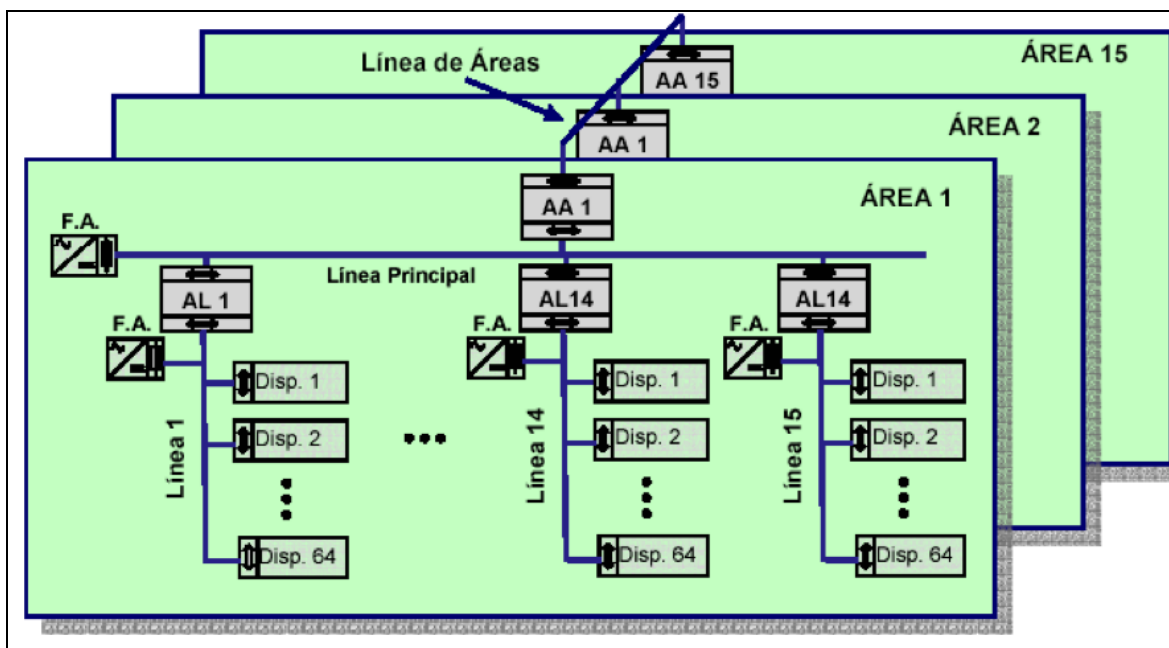


Ilustración 8. Estructura topológica del protocolo KNX.

2.4.1.4 Elementos de una instalación KNX.

Los componentes (o dispositivos) de una instalación KNX pueden ser muy diversos. Se podrían clasificar por su funcionalidad dentro del bus:

- Cableado y conexionado. El cable típico utilizado en las instalaciones KNX es el de tipo FTP (Foiled Twisted Pair) con dos pares de cable de cobre trenzado cubiertos por una malla metálica que lo protege de interferencias. Uno de los pares se utiliza para el transporte de datos del bus en sí, y el otro par para alimentación auxiliar.
- Fuentes de alimentación. Se conectan a la alimentación eléctrica de 230 V de alterna y proporcionan 29 V de continua. En función del amperaje de la fuente, el número de elementos a conectar podrá ser mayor o menor. Se pueden conectar varias fuentes de alimentación a través de la instalación y normalmente estarán distribuidas por cada línea del bus. Hay unas normas de instalación:
 - o La distancia máxima entre una fuente y un componente del bus no debe superar los 350 metros.
 - o La distancia mínima entre fuentes no debe ser inferior a los 200 metros.
 - o Cuando se disponga de un grupo de elementos numerosos, la fuente debe colocarse próxima a este grupo.

- En líneas externas, conviene planificar la colocación de la fuente en el centro de la línea para que esté lo más cerca posible del dispositivo más distante.
- Amplificadores y repetidores. Se utilizan para extender la distancia máxima.
- Acopladores (de línea y de área). Se utilizan para la conexión de las líneas de un área a su línea principal (acoplamiento de línea) o de las líneas principales de las distintas áreas a la línea troncal (acopladores de área).
- Módulos de interfaz de comunicación. O también llamados controladores. Puede haber módulos interfaz USB, RS-232, Ethernet, etc.
- Sensores, detectores, pulsadores. Son los dispositivos de entrada que se utilizan para accionar mecanismos y actuadores. Hay un amplio catálogo de componentes de diversas marcas comerciales.
- Actuadores. También hay una gran variedad de marcas comerciales que ofrecen módulos para realizar varias funciones, tales como módulos de salidas binarias o analógicas, módulos de toldos o persianas, módulos de regulación luminosa, etc.

2.1.4.5 El Software ETS.

Una gran ventaja de KNX es que existe una única herramienta para la programación del sistema de automatización y que es además independiente del fabricante. Es el software ETS (Engineering Tool Software) que ya va por la versión 5.

Es un paquete de software no gratuito que tiene dos versiones: ETS Lite, que es una versión de prueba con un máximo de 20 dispositivos por proyecto y ETS Professional que no tiene ninguna restricción. Se puede descargar desde la web de KNX^{IV} previo registro.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de programación en ETS3 [9]:

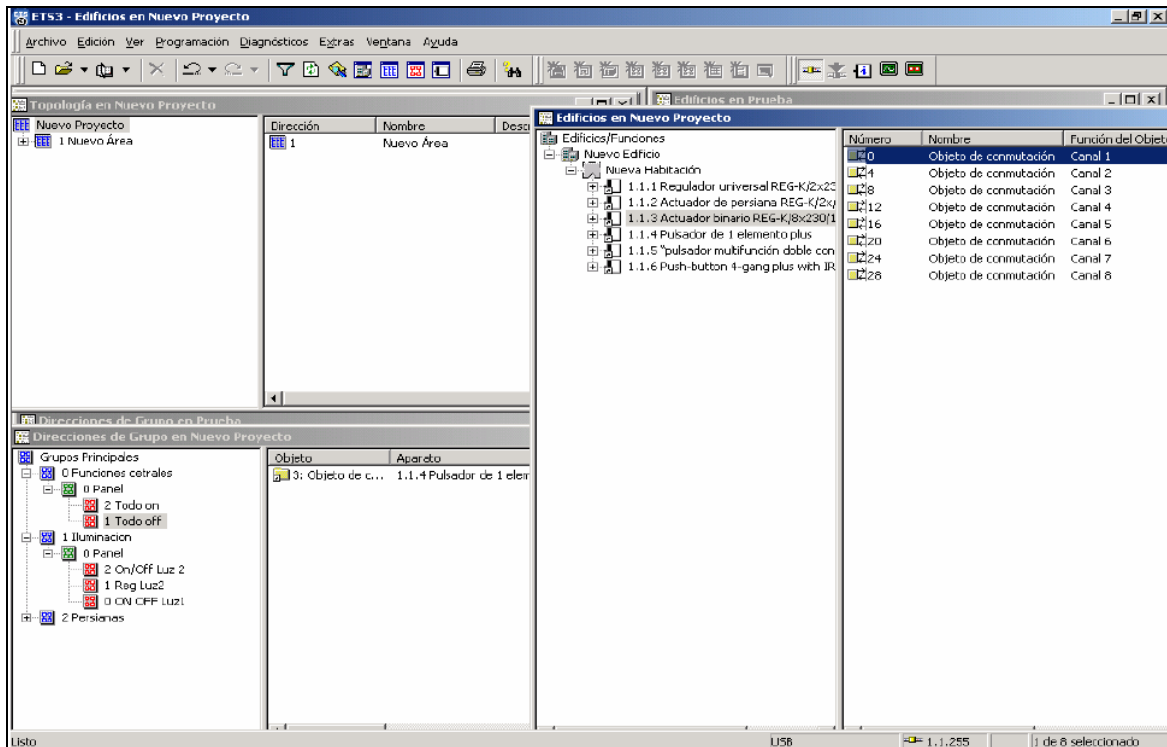


Ilustración 9. Software KNX-ETS3 (Cortesía Schneider Electric)

2.4.2 LonWorks.

2.4.2.1 Introducción.

Este sistema comparte varias características comunes con KNX, como son la arquitectura bus, el funcionamiento de los elementos de forma distribuida y otros. Sin embargo LonWorks dispone de un mercado más amplio incluyendo aplicaciones urbanas, del sector petrolífero o cadenas de supermercados, añadiendo una característica que en la actualidad KNX no dispone como es la posibilidad de cifrado de la información.

Lonworks es una tecnología creada por la empresa Echelon a principio de la década de los 90. Es un sistema abierto a cualquier fabricante que desee utilizar esta tecnología, es fiable y robusto, con una tecnología totalmente descentralizada. Utiliza el protocolo de intercambio de telegramas LonTalk (Norma CEA-709.1) y permite emplear diferentes topologías y medios de comunicación.

En la actualidad, la asociación internacional LonMark es la encargada de gestionar los procesos de certificación y normalización asociados a la tecnología LonWorks. Está formada por un conjunto de fabricantes responsables de fijar los perfiles y parámetros necesarios para garantizar la interoperatividad entre dispositivos.

Las principales diferencias entre KNX y LonWorks son:

- KNX tiene su mercado principal en Europa, mientras LonWorks abarca además del mercado europeo, el americano y el chino.

- KNX se centra principalmente en procesos de automatización en viviendas y edificios y LonWorks además abarca otros campos como industrial, ferroviario, naval, aeroespacial, etc.
- En KNX al superar los 256 nodos se empiezan a observar retrasos, debido a que la velocidad que alcanza es de 7,6 Kbps, sin embargo, LonWorks puede llegar hasta los 1,25 Mbps lo que permite un número mayor de nodos.
- KNX precisa de una fuente de alimentación por línea y LonWork no, pues funciona de forma parecida a Ethernet.
- En KNX no pueden realizarse bucles y en LonWorks si, lo que le permite que en caso de un fallo en la comunicación en un determinado tramo del bus, se pueda encontrar un camino alternativo.
- Con KNX la distancia máxima está limitada a 1.000 metros y en LonWorks a 2.700 metros.
- KNX emplea una herramienta universal para la instalación y depuración del sistema de automatización (ETS). En LonWork existen varios paquetes de software. El software LonMaker de Echelon es válido para todos los paquetes.
- La velocidad de transmisión es de unos 9.600 bps en KNX y de 76.000 bps en LonWorks.

2.4.2.2 Elementos de una red LonWorks.

Este sistema puede ser utilizado de forma centralizada o descentralizada. El elemento clave de esta tecnología es el microcontrolador denominado "Neuron Chip", que fue introducido en los años noventa y cuya fabricación inicial se realizó principalmente por Toshiba y por Motorola.

Consta de los siguientes elementos:

- Neuron Chip.
- Transceptores. Son los encargados de la adaptación al medio necesaria en cada momento. Actúan como interfaz entre el Neuron Chip y el medio físico (par trenzado, corrientes portadoras, RF, etc).
- Otros elementos auxiliares. Routers, repetidores, terminaciones de red, adaptadores, canales, cables, etc.

Otros aspectos también importantes son:

- Protocolo LonTalk. Constituye las reglas de programación del Neuron Chip y la forma de comunicarse con los distintos elementos de la red.
- Plataformas software. Existe más variedad de aplicaciones software que en KNX como LonBuilder y NodeBuilder que se utilizan para programar la funcionalidad del Neuron Chip; y la aplicación LonMaker, que se utiliza para programar la funcionalidad de los dispositivos de la red de automatización.
- Asociación LonMark. Es la encargada entre otros aspectos de certificar que un dispositivo cumple los requisitos de la tecnología, independientemente del fabricante que lo haya desarrollado, así como de dar soporte a los distintos sectores.

En LonWorks es posible emplear distintas topologías de red: bus, estrella, jerárquica, anillo, libre, etc. Se pueden utilizar routers para segmentar la red con distintos tipos de topologías.

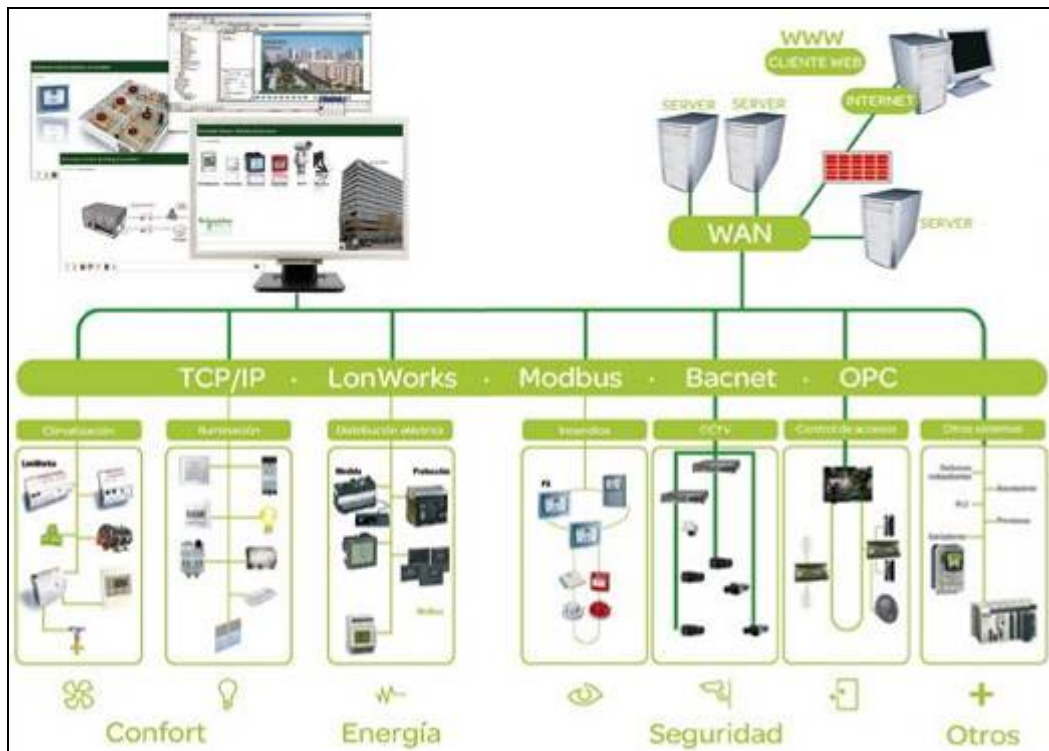


Ilustración 10. Ejemplo topología LonWorks. Cortesía Schneider Electric.

2.4.2.3 El Sistema Simon VIT@

La empresa Simon^V en su división de domótica dispone de un producto basado en tecnología LonWorks. Es el denominado Simon VIT@ y ha sido diseñado para gestión automática de iluminación, climatización, alarmas técnicas, control de persianas... y está orientado a múltiples sectores industriales y residenciales.

Los nodos en este sistema son denominados “módulos” y se pueden montar de forma centralizada en un único cuadro o distribuidos por toda la instalación. Los módulos podrán tener las siguientes funcionalidades:

- Recibir la información desde elementos de entrada tales como interruptores, pulsadores, sensores, detectores, etc.
- Procesar la información que reciben según la programación que se haya realizado al elemento de control.
- Ejecutar las órdenes recibidas desde la red LON, a través de los distintos actuadores, tales como encendido/apagado de luces, accionamiento de motores, persianas, etc.

Entre los módulos disponibles dentro del amplio catálogo que dispone el fabricante podemos destacar:

- Fuente de alimentación. Proporcionan una salida en continua de 24 V., y están disponibles con 100 Watios y con 35 Watios.

- Módulo de entradas de 24 Vcc. Se pueden conectar hasta 8 entradas libres de potencial, normalmente para incorporar elementos de entrada.
- Módulo de salidas. Permite controlar un máximo de 6 salidas. Dichas salidas permiten accionar cargas alimentadas a 230 Vca con un máximo de 10 Amperios de consumo.
- Módulo Dimmer. Se emplea para la regulación de la iluminación.
- Módulo de regulación 0-10 V. Se emplea principalmente para la regulación de reactancias electrónicas de alta frecuencia para el control de lámparas fluorescentes.
- Módulo memoria. Para realizar ciertas operaciones lógicas.
- Módulo visualizador. Contiene un Display LCD de 20 caracteres por línea y 4 líneas.
- Módulo IP. Permite dotar a la red LonWorks de este sistema de conectividad TCP/IP.

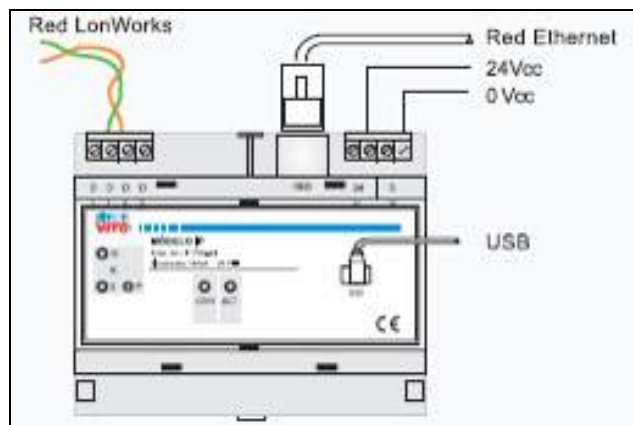


Ilustración 11. Modulo IP Simon VIT@. Cortesía Simondomotica.es

2.4.2.4 Herramienta de gestión de red Simon VIT@.

Simon VIT@ se ha desarrollado para que el instalador no tenga que disponer de conocimientos de programación para realizar un proyecto basado en tecnología LonWorks. Es un entorno totalmente visual, y está organizado de forma que es sencillo seguir la estructura de trabajo y además permite generar la documentación completa de la instalación (manual técnico y manual de usuario).

Simon se apoya lógicamente en su propio catálogo de productos basados en LonWorks, no permitiendo la incorporación de productos de otros fabricantes.

En la siguiente figura se muestra una parte del entorno de software [10].

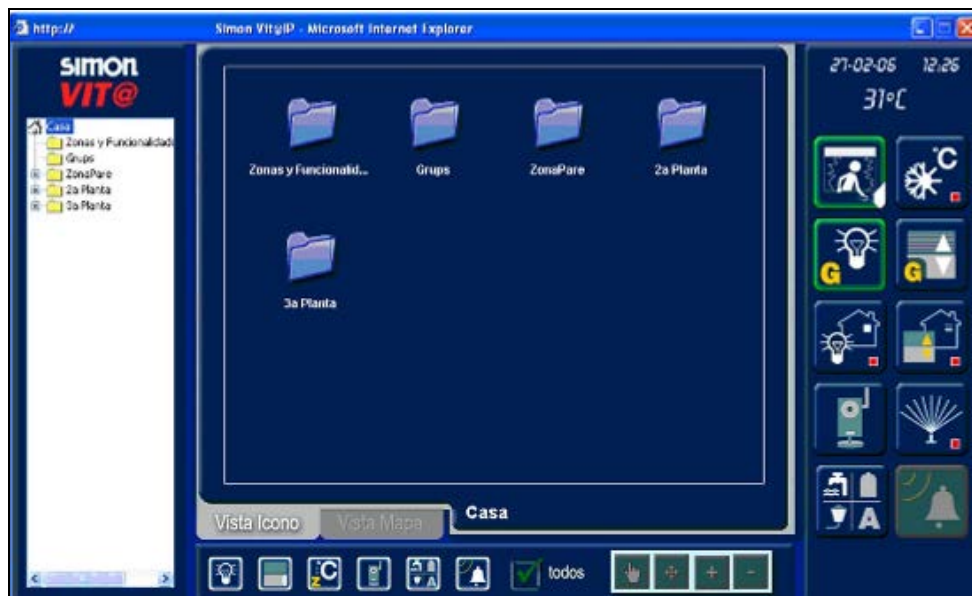


Ilustración 12. Simon VIT@ IP. Cortesía de Simon Domótica.

El acceso al software es a través de un módulo IP configurado con una dirección IP a través de la aplicación JAVA en un navegador Web.

En la pantalla inicial del sistema se permite acceder rápidamente a las funcionalidades principales del sistema.

2.4.3 BUSing.

2.4.3.1 Introducción.

Busing [11] es un protocolo de bus desarrollado por la empresa asturiana Ingenium^{vi}, que se dedica al diseño y desarrollo de tecnología domótica.

Las características principales que se podrían citar sobre este protocolo son:

- Está libre de royalties y es abierto para otros fabricantes.
- Es un sistema de comunicación entre diferentes dispositivos microcontroladores de tipo distribuido. Cada dispositivo dispone de autonomía propia.
- La red utiliza una tipología en bus y la mayoría de sus dispositivos disponen de una versión inalámbrica para facilitar su conexión, ofreciendo mayor versatilidad en la instalación de nuevos dispositivos.
- Permite control sobre iluminación, gestión de toldos y persianas, gestión de alarmas técnicas, control de temperatura o riego, control a través de cámaras IP, iluminación espectacular, sistemas de seguridad o sistemas multimedia...
- Ofrece a los fabricantes un protocolo abierto, el cual permite desarrollar sistemas compatibles con el sistema BUSing. Además ofrece kits de desarrollo para los integradores facilitando la instalación, control y programación de los dispositivos.

- BUSing está abierto a cualquier otro sistema mediante Gateways o Pasarelas.

2.4.3.2 Topología y arquitectura.

La topología se realiza con una estructura jerárquica y utiliza dos líneas: primario y secundario. La unión de las distintas líneas se hace a través de un "Routing" que permite realizar la comunicación entre ambas. El número máximo de "Routing" que se pueden conectar con la línea principal es de 255, el número de líneas secundarias también será de 255, por lo tanto la máxima capacidad de dispositivos conectables en una misma instalación será de 65.535 dispositivos de bus.

En caso de necesitar menos de 255 dispositivos (en una vivienda se necesitarían aproximadamente alrededor de 50 dispositivos) sería innecesario el uso de "Routing". El fabricante recomienda que a partir de 100 dispositivos conectados se use un "Routing".

Existe un software de control (SC-PC) para la visualización y control del sistema BUSing desde un ordenador. Con dicho software se pueden visualizar y manejar todos los sistemas del edificio o vivienda que estén conectados al bus. Cada nodo funciona de forma independiente y puede ser controlado también individualmente sin tener en cuenta el estado del resto de componentes.

Con respecto a la arquitectura, indicar que se trata de un sistema distribuido y por consiguiente, todos los dispositivos del Bus son maestros y esclavos a su vez. Todos ellos disponen de un microcontrolador interno que permite el envío y la recepción de datos. Todos los dispositivos son programables y funcionan de modo independiente, por lo que si uno se avería, el resto seguiría trabajando.

Para su correcto funcionamiento el Bus se tiene que alimentar a 12 Vcc, permitiendo un mínimo de 10 Vcc.

La longitud máxima de un Bus es de 1.000 metros y la distancia máxima entre dos nodos de la red es de 300 metros. Si se necesita una mayor longitud, se utilizarán unos elementos diseñados al efecto denominados "Reping", que se colocarían a la mitad de los dos nodos.

El canal Bus acepta cuatro tipos de medios de transmisión:

- Transmisión sobre 485.
- Transmisión sobre Radio 2,4 GHz.
- Transmisión sobre TCP-IP
- Transmisión sobre bus CAN.

Existen transceptores para cada uno de los distintos medios físicos de transmisión.

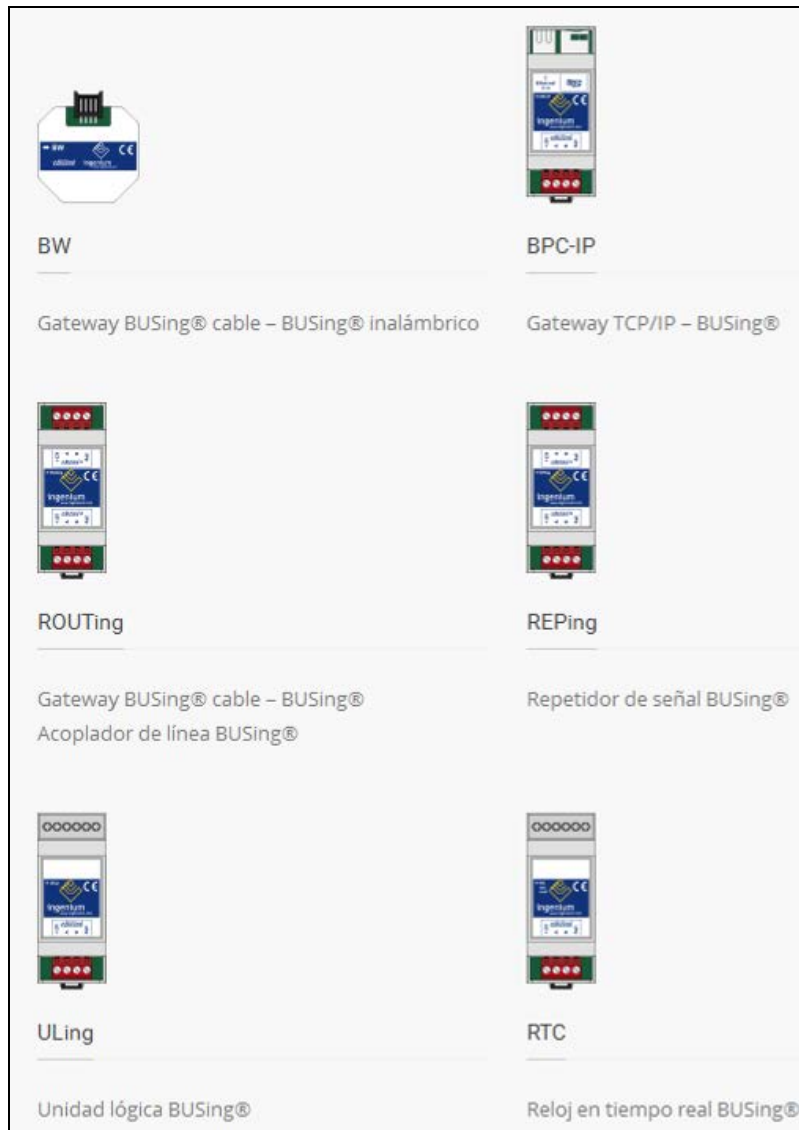


Ilustración 13. Dispositivos Bus Ingenium.

2.4.3.3 Equipos BUSing.

En la actualidad existen 31 equipos diferentes conectables a BUSing y están agrupados en diferentes clases que definen sus modos de funcionamiento lo que permite simplificar el software de control y monitorización de una instalación de este tipo.

En líneas generales existen equipos para las siguientes clases:

- Entradas/Salidas Digitales.
- Salidas Analógicas.
- Ejecución Escenas.
- Regulaciones PID (termostatos).
- Control de alarmas técnicas.
- Consolas de control.
- Detectores de presencia.
- Presentación gráfica.

Existen diferentes formas de configurar el sistema utilizando desde Apps para dispositivos móviles (Android e IOS), como también a través de un ordenador a través de conexión Wifi a una aplicación web con Java, hasta una aplicación controlable desde una Smart TV Samsung. Asimismo, el fabricante dispone de pantallas táctiles capacitivas HMI.

En la siguiente figura se puede ver una de las herramientas que BUSing ofrece para el estudio de la configuración de su sistema. Permite configurar los equipos, hacer pruebas, etc.

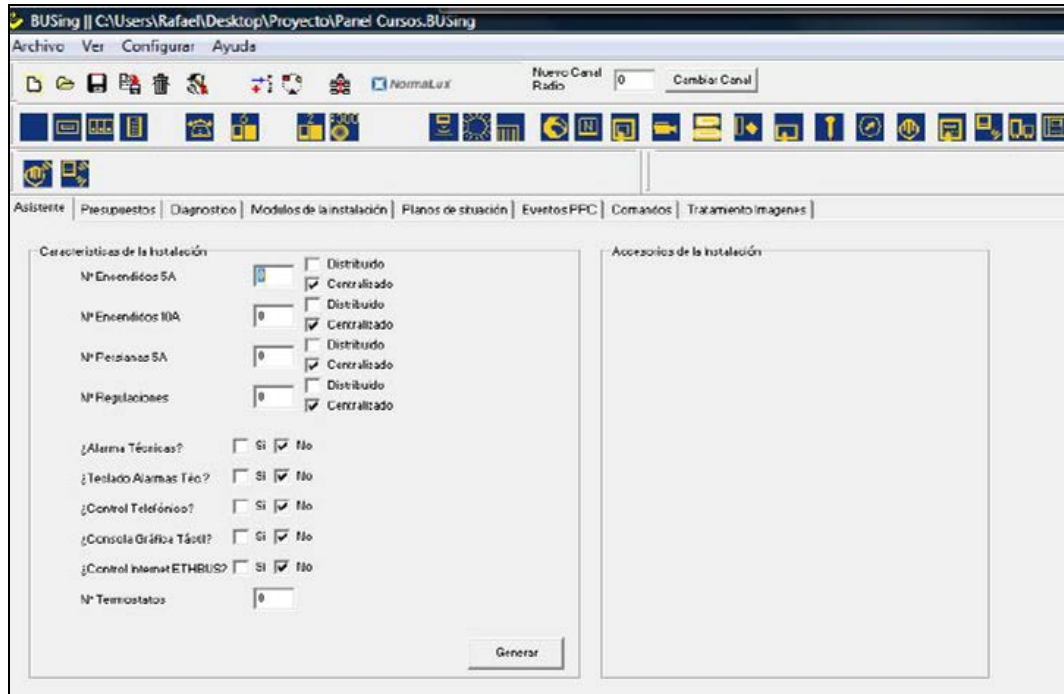


Ilustración 14. Asistente BUSing. Cortesía Ingenium.

3. Desarrollo Hardware del prototipo

Un sistema domótico está compuesto por una serie de elementos que detectan un cambio de estado de una variable y transmiten esta información para que otros elementos puedan actuar en función de unas reglas establecidas por el usuario.

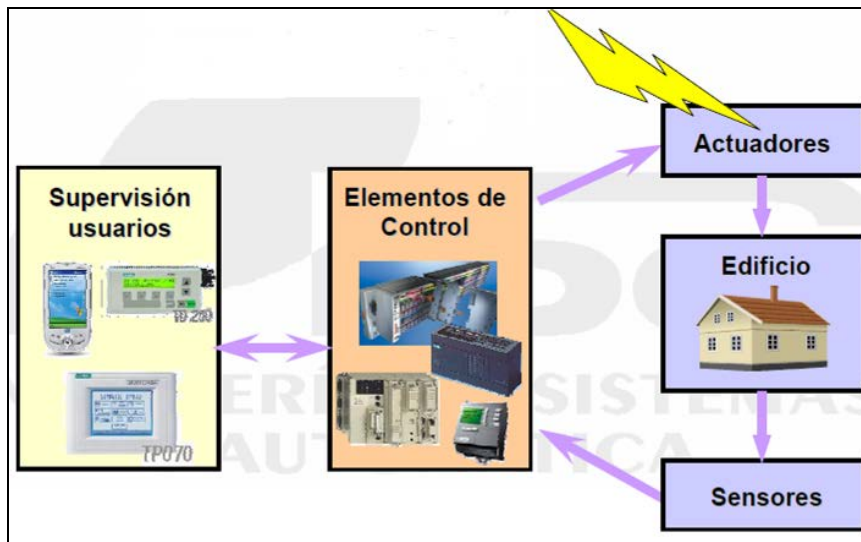


Ilustración 15. Esquema general sistema domótico.

Los componentes que forman cualquier instalación domótica se pueden dividir en tres grupos principales:

- Elementos de Control
- Elementos de Entrada
- Elementos de Salida.

En siguientes subapartados se presentan de forma pormenorizada dichos elementos.

En el último subapartado se detalla todo el proceso de montaje del prototipo y otros detalles importantes.

3.1. Elementos de control

Como se ha comentado anteriormente, se van a utilizar dos PLCs de Siemens de la familia LOGO!.

La tecnología LOGO! es ideal para la aplicación de automatización simple para tareas en la industria y en hogares. Este módulo se caracteriza por la máxima facilidad de uso, funcionalidad, capacidad de memoria y robustez. Se pueden usar módulos de expansión para ampliar el LOGO! con 24 entradas digitales, 16 salidas digitales, 8 entradas analógicas y 2 salidas analógicas.

También dispone de módulos adicionales para la conexión con KNX y con LonWorks. Puede llevar incorporada una fuente de alimentación para conexión a corriente alterna 110 Vca / 230 Vca, un Display, interfaz para módulo de programación (SD Card) y conexión Ethernet.

Tiene además unas cuantas funciones básicas preprogramadas como conexión y desconexión retardada, relés de corriente, temporizador, marcas digitales y analógicas, puertas lógicas (and, or, nand, nor, xor)...

Para este proyecto se va a trabajar con dos modelos de la familia LOGO! de diferentes versiones, la versión 7 (0BA7) y la versión 8 (0BA8). A continuación se presentará información detallada.

3.1.1 LOGO! 7 (0BA7).

Hay dos versiones disponibles, el modelo LOGO! 7 12/24RCE y LOGO! 7 230RCE (este es el modelo que se va a utilizar pues se podrá conectar directamente a 230 Vca) y ambas están equipados con un conector RJ45 para conexión Ethernet y un slot para tarjetas SD [12].

Soporta la comunicación SIMATIC S7 a través de Ethernet TCP/IP de 10/100 Mbits/s. Puede establecer como máximo 8 conexiones S7 con otros dispositivos de la serie SIMATIC de Siemens a través de Ethernet (otros dispositivos LOGO!, PLCs SIMATIC S7, SIMATIC HMI y una conexión con un PC que tenga instalado el Software LOGO!Soft Comfort V7.0 o superior, siempre que todos estos dispositivos dispongan de conexión Ethernet).

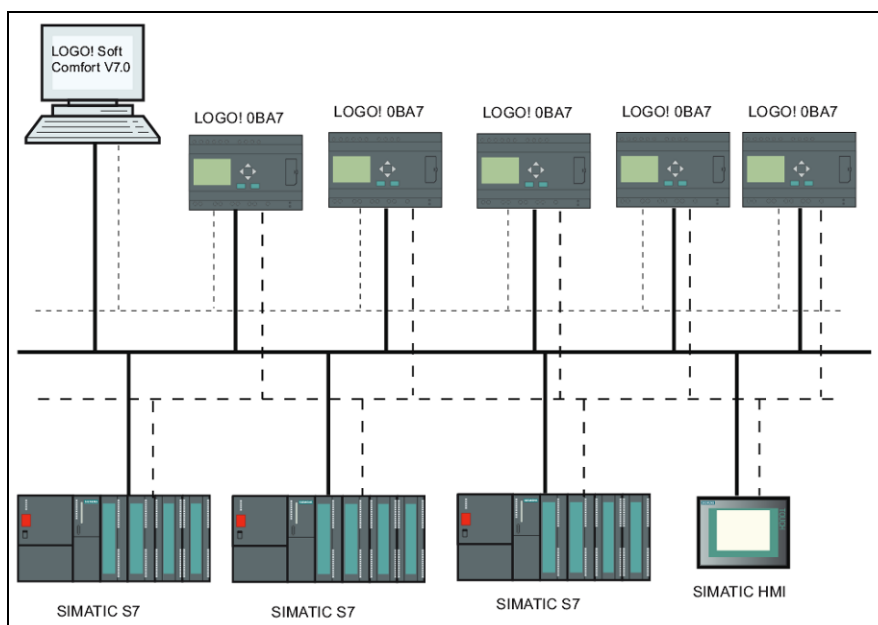


Ilustración 16. Configuración de red típica LOGO! 7

Como se ha comentado anteriormente, soporta tarjetas SD con una capacidad de memoria máxima de 8 GB y una velocidad máxima de transferencia de datos de 48 Mbits/s o 6 MB/s (clase 6).

Dispone de 8 entradas y 4 salidas, y se pueden ampliar con módulos digitales:

- LOGO! DM8. Incorporan 4 entradas y 4 salidas. Disponibles para funcionamiento con 24 Vcc y 230 Vca.
- LOGO! DM16. Incorporan 8 entradas y 8 salidas. Disponibles para funcionamiento con 24 Vcc y 230 Vca.
- Módulos analógicos. Sólo están disponibles para funcionamiento con 24 Vcc (algunos también con 12 Vcc) con dos entradas o dos salidas analógicas.

Los módulos base LOGO! soportan las siguientes conexiones para crear programas, independientemente del número de módulos conectados:

- Entradas digitales: I1 hasta I24.
- Entradas analógicas: AI1 a AI8.
- Salidas digitales: Q1 a Q16.
- Salidas analógicas: AQ1 a AQ2.
- Marcas digitales: M1 a M27.
- Bloques de marcas analógicas: AM1 a AM16.
- Bits de registros de desplazamiento: S1.1 a S4.8.
- 4 teclas de cursor.
- Salidas no conectadas: X1 a X64.

Soporta adicionalmente la visualización de las siguientes entradas y salidas digitales/analógicas de red (se deben preconfigurar con el software LOGO!Soft Comfort).

- 64 entradas digitales de red: NI1 a NI64.
- 32 entradas analógicas de red: NAI1 a NAI32.
- 64 salidas digitales de red: NAQ1 a NAQ16.
- 16 salidas analógicas de red: NAQ1 a NAQ16.

Esta funcionalidad es muy importante pues nos permitirá trabajar con más de un LOGO! en disposición master/slave o comunicar a través de software de control remoto como el que se propondrá en este proyecto.

3.1.2 LOGO! 8 (0BA8).

Es la última generación de estos controladores que trae un nuevo Display y conexión Ethernet. Dispone también de una aplicación Web Server y se le puede conectar un módulo de comunicación GSM para comunicación remota [12].

Incluye varias nuevas funcionalidades:

- En todos los modelos 0BA8 se incluye conexión Ethernet de serie.
- El tamaño es más reducido que en las versiones anteriores.
- Nuevo visualizador (display) integrado con 6 líneas y retroiluminación de tres colores.

- Aumento de las conexiones E/S máximas. Soporta como máximo 24 entradas digitales, 20 salidas digitales, 8 entradas analógicas y 8 salidas analógicas.
- Servidor Web integrado.

Como el LOGO! 7, este nuevo modelo está disponible para dos clases de tensión, 24 Vcc y 230 Vca.

Los módulos de expansión disponibles son los siguientes:

- DM8. Con 4 entradas y 4 salidas.
- DM16. Con 8 entradas y 8 salidas.
- Módulos analógicos con dos entradas analógicas o dos salidas analógicas.

Este nuevo modelo permite un máximo de 16 enlaces de comunicación SIMATIC S7 (el doble que el anterior modelo) con otros dispositivos LOGO! 8, PLCs SIMATIC S7 con funcionalidad Ethernet, un máximo de un SIMATIC HMI que soporte comunicación Ethernet. Sólo se permite una conexión simultánea Ethernet TCP/IP entre un módulo base y un PC que tenga instalado LOGO!Soft Comfort V8.0.

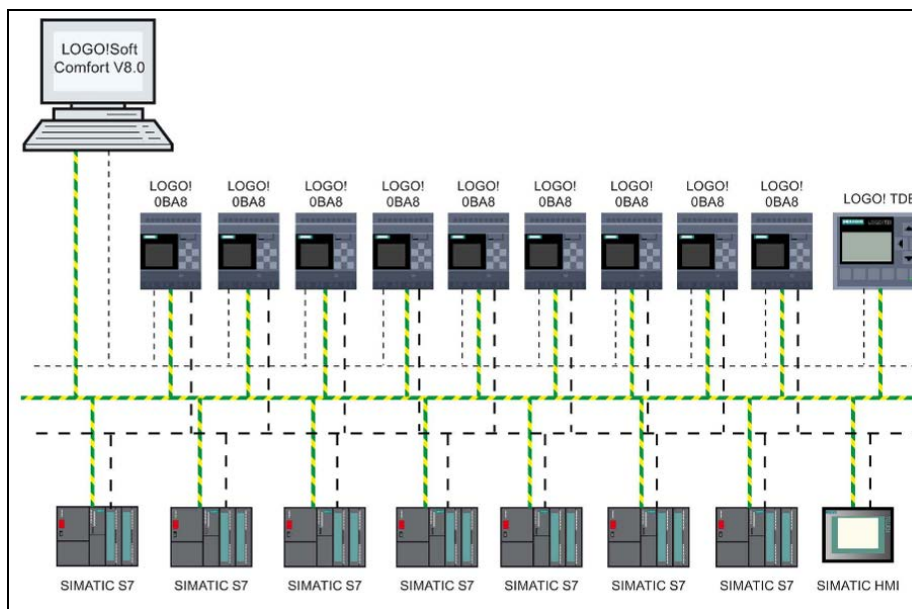


Ilustración 17. Configuración de red típica LOGO! 8.

3.2. Elementos de entrada y sensores.

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas (llamadas variables de instrumentación) y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, etc.

Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (por ejemplo una RTD), una capacidad eléctrica (por ejemplo un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como un termopar), una corriente eléctrica (por ejemplo un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede afirmarse que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades para adaptar la señal que se mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

Hay una gran variedad de sensores o detectores utilizados para la automatización, siendo los más comunes: termostato ambiente, detector de gas, detector de humo, sonda humedad, sensor de presencia o movimiento [13].

3.2.1 Clasificación de sensores.

- Según el tipo de señal de salida:
 - o Sensor todo/nada. Por ejemplo termostato, detector magnético.
 - o Sensor digital. Por ejemplo sensor de presencia.
 - o Sensor analógico. Como por ejemplo sonda PT-100
- Según la magnitud medida:
 - o Fuego
 - o Humo
 - o Gas
 - o Presencia
 - o Temperatura
 - o Humedad
 - o Luminosidad
 - o Rotura...

3.2.2 Ejemplos de sensores.

En los siguientes subapartados se presentan varios tipos de sensores que pueden ser utilizados en instalaciones domóticas.

3.2.2.1 Sensores de humo/fuego.

Avisan con precisión de cualquier concentración de humo y/o de calor originada por fuego. Hay de dos tipos:

- Ópticos o fotoeléctricos. Están compuestos por un emisor y un receptor y son capaces de detectar el humo gracias a los efectos que éste suele provocar sobre la luz. Si detectan el humo por oscurecimiento será gracias a un rayo infrarrojo, mientras que si lo detectan por la dispersión del aire en un espacio los conoceremos como puntuales.

- Por ionización. Son capaces de detectar partículas que son tan pequeñas que son capaces de influir en la luz. Funcionan por sensibilidad a la humedad, las partículas suspendidas en el aire y la presión atmosférica. Si hay humo, reaccionan al instante son más económicos que los del tipo fotoeléctrico.
- Térmicos. Actúan cuando la temperatura que los rodea alcanza un nivel predeterminado. Hay de dos tipos:
 - o Termovelocimétricos. La alarma salta cuando la temperatura aumenta más de 8° C por minuto.
 - o Termoestáticos. La alarma salta cuando la temperatura de un elemento del detector alcanza un valor predeterminado.



Como ejemplo se cita un modelo de Siemens compatible con KNX:

- EIB COMBI-FIRE
DETECTOR. Referencia
5WG1256-3ab01^{vii}

Ilustración 18. Detector de humo/fuego Siemens

3.2.2.2 Detectores de gas natural, metano, propano, butano,...

Los detectores de gas se utilizan para la detección de posibles fugas de gas, permitiendo así evitar la intoxicación de personas en la vivienda o edificio y reducir el riesgo de explosión.



Por ejemplo se puede citar un detector de gas de BJC, Modelo DAC-230^{viii}. Este dispositivo se ha diseñado para detectar la presencia de gases tóxicos y explosivos; tiene como valor añadido que también detecta la presencia de humos procedentes de un incendio. Una vez detectados éstos, se enviaría una señal al sistema domótico para que actúe por ejemplo sobre una electroválvula y accionando el dispositivo de alarma.

Ilustración 19. Detector de gas de BJC

3.2.2.3 Detectores de presencia.

Se suelen utilizar para detectar presencia de personas con el fin de cubrir funciones de seguridad patrimonial y/o para automatizar otras funciones como la iluminación. Posibles funcionalidades podrían ser.

- Iluminación de acceso a vivienda, portales y locales públicos.
- Alumbrado de escaleras, pasillos y recibidores.
- Conexión y desconexión temporal de luces en garajes, almacenes, etc.
- Seguridad activa en detección de intrusión, aviso y actuación.

Los tipos principales de estos dispositivos son:

- Volumétricos. Son para colocación en interiores (pared, techo, empotrado, etc) y suelen tener un ángulo de cobertura de 300° con tres sectores selectivos de 100° cada uno (regulados independientemente).
- Perimétricos. Suelen ser para montaje en el exterior y suelen colocarse en esquinas para vigilancia de dos fachadas; en el techo con un ángulo de cobertura de 360° y también en pared, normalmente con un ángulo de apertura de 180°.



Como ejemplo se podría nombrar un detector de presencia de Siemens, concretamente el modelo Opticontrol Office Up 258E21^{ix}, que entre otras características dispone de conexión para bus KNX. Es un dispositivo de interior, para techo y con una cobertura de 360°.

Ilustración 20. Detector de presencia Siemens

3.2.2.4 Detectores magnéticos para puertas y ventanas.



Suelen ser de una construcción muy simple y se colocan en ventanas o puertas para registrar su estado de apertura o cierre. En general constan de dos partes, una es un imán permanente y la otra incluye la electrónica y un relé que se acciona cuando ambas partes no están alineadas. Estos sensores se pueden emplear para el control de la calefacción y para activar alarma por intrusión.

Como ejemplo se podría citar el Detector de apertura de puertas o ventanas Wemo de la casa Belkin^x

Ilustración 21. Belkin WeMo Door & Window Sensor

3.2.2.5 Sensores de luminosidad.

Se suelen usar para automatización de encendido, o por ejemplo como sensor crepuscular. Se suele utilizar un fotodiodo de precisión, con especificaciones industriales. Para el tratamiento de la señal de medición se utilizan modernas tecnologías de sensores para obtener una alta sensibilidad en un amplio rango de luminancia, incluso en situaciones con mucha luz.



Se puede citar el Sensor de Luminosidad con salida 0-10 V de Loxone (Nº de artículo 200032)^{xi} que tiene un rango de medición amplio de 0 a 100.000 lux que se suele utilizar en automatización de edificios (cambio día/noche), radiación solar, sensor de luminosidad para estaciones ambientales, etc.

Ilustración 22. Sensor de luminosidad de Loxone

3.2.2.6 Sensores de temperatura.

Para la medida de la temperatura se recurre a termostatos (detectores del tipo todo/nada que abren o cierran un contacto cuando el margen de temperatura ha sido superado) o bien a sensores o sondas de temperatura cuya señal eléctrica de salida (analógica o digital) es proporcional al valor de la temperatura real.

3.2.2.7 Otros sensores.

Podríamos destacar otros tipos de sensores como:

- Sensores de viento (anemómetros)
- Sensores de lluvia
- Sensores de rotura de cristal de ventana.
- Sensores de inundación.

3.2.2.8 Elementos de entrada.

Para una instalación domótica también son necesarios elementos como pulsadores, interruptores, pulsadores de dos elementos para persianas y otros.

Hay una gran variedad en el mercado de dispositivos de este tipo. Por ejemplo, la empresa Schneider Electric^{xii} dispone de un amplio catálogo de material para uso en domótica. También dispone de bastantes elementos conectables a través de bus KNX.

3.3. Elementos de salida. Actuadores.

Los actuadores tienen como misión general el accionamiento de los elementos del autómata según las órdenes dadas por la unidad de control. Los actuadores utilizados en domótica pueden emplear energía neumática, hidráulica o eléctrica.

Se pueden considerar estas características entre otras:

- Potencia.
- Controlabilidad.
- Peso y volumen.
- Precisión.
- Velocidad.
- Mantenimiento.
- Coste.

Los actuadores aplicados a la domótica son los dispositivos utilizados por el sistema de control centralizado para modificar el estado de ciertos equipos o instalaciones (control de la temperatura, corte de entrada de agua o gas, envío de una alarma, etc.) [14].

Estos dispositivos suelen estar distribuidos por toda la casa y según el modelo, pueden admitir baterías. En algunos casos el sensor y el actuador están integrados en el mismo dispositivo.

3.3.1. Clasificación de los actuadores.

- Según el tipo de señal de entrada.
 - o Actuador TODO/NADA. Por ejemplo encendido o apagado de un grupo calefactor para el control de temperatura mediante el uso de un contactor intermedio.
 - o Actuador DIGITAL. Como una centralita de alarmas cuando envía una trama digital a través de la red eléctrica con el protocolo X10 para que se cierre una electroválvula de suministro de agua.
 - o Actuador ANALÓGICO. A modo de ejemplo, en una sala de conferencias, un equipo electrónico de fluorescencia recibe una señal de 5.5 Vcc que genera una salida al 50% sobre las luminarias que tiene conectadas.
- Según la magnitud controlada.
 - o Motores, persianas, toldos luminarias, calefactores, climatizadores, electroválvulas, cerraduras, sirenas, electrodomésticos, etc.

En los siguientes subapartados se presentan algunos de estos actuadores.

3.3.1.1. Relés.

Un relé es un interruptor eléctrico o electrónico basado en un circuito de acoplamiento que permite la utilización de potencias importantes a la salida (carga) a través de pequeñas señales de control en la entrada, a la vez que sirve como interfaces de protección por aislamiento ante posibles problemas eléctricos.

Los relés más utilizados son los de tipo electromecánico o de armadura. Otros tipos de relé son los de núcleo móvil, que permiten manejar mayores corrientes; los relés “reed”, de muy reducido tamaño; y los relés polarizados cuyo sentido de alimentación de la bobina permite cambiar los contactos de salida que se abren o cierran.

Además existen los llamados relés de estado sólido SSR (Solid State Relay) que están formados por un circuito electrónico que contiene en su interior un circuito disparado por nivel, acoplado a un interruptor semiconductor (un transistor o un tiristor). Su ventaja principal es que no producen ruido debido a que el circuito de acoplamiento está basado en componentes no mecánicos.

Existen relés de reducido tamaño que son los que se suelen utilizar instalaciones domóticas. Están preparados para su colocación sobre carril DIN en cuadros eléctricos.

Por último citar los contactores, que también trabajan como interruptor automático, pero con tensiones y corrientes más elevadas que los relés.

Los contactores suelen ser destinados a las maniobras del circuito de potencia de los montajes tales como alimentación de motores eléctricos, calefactores, electrodomésticos, etc. Tienen las mismas partes que un relé, circuito electromagnético, bobina y espira, pero como se ha comentado anteriormente, la diferencia estriba principalmente en el tamaño.

Tanto los relés como los contactores, son elementos clave para la realización de circuitos de mando y de fuerza, tanto para automatismos eléctricos como para tecnologías programables.

3.3.1.2. Motores eléctricos.

Se podría decir que es uno de los actuadores eléctricos más utilizado. Hay una amplia gama de tipo de motores, que se eligen en función de la aplicación y de la red eléctrica que se dispongan en el lugar de utilización.

Para el ámbito que incumbe a este proyecto, los motores utilizados en domótica forman parte como accionamiento lineal o rotatorio de algún tipo de equipo con el que gobernar las múltiples instalaciones, cubriendo determinadas funcionalidades, como por ejemplo, climatización, bombeo, apertura y cierre de puertas, persianas, cortinas y toldos, sistemas de elevación, ventilación, etc. También forman parte de electrodomésticos y equipos electrónicos en el hogar, como lavadoras, lavavajillas, frigoríficos, etc.

Entre los más utilizados se pueden nombrar los motores de corriente continua y los de corriente alterna (monofásicos o trifásicos), los motores paso a paso y los motores “brushless” (motores eléctricos sin escobillas).

Un caso particular de motor es el empleado para el accionamiento automático de subida y bajada de persianas o toldos que se especifica de forma más detallada en el siguiente subapartado.

3.3.1.3. Motores de persianas y toldos.

El motor se instala en el interior del eje, haciéndolo girar y de esta forma permitiendo la extensión o recogida del elemento en cuestión. Es dispositivo de control que lo acciona manejará dos señales para permitir el giro en dos sentidos.



Ilustración 23. Motor persiana Ede Motors.

En la figura anterior se ha mostrado el modelo de motor de persiana que se utilizará en este Proyecto^{xiii}.

La instalación eléctrica se suele diseñar para que permita mediante dos pulsadores y un elemento de control el movimiento del motor en las dos direcciones (arriba y abajo).

Hoy en día existen varios modelos en el mercado que ya incorporan el control con un receptor de radiofrecuencia y un mando a distancia. Sin embargo, en este proyecto se ha optado por realizarlo mediante el PLC LOGO! y un doble pulsador de persianas.

Para el correcto funcionamiento es necesario ajustar manualmente en el propio motor los valores límites de giro, tanto de subida como de bajada.

3.3.1.4. Lámparas.

La iluminación es una de las principales fuentes de confort y consumo de energía en las viviendas.

Hay diversos tipos de lámparas, incandescentes, halógenas, fluorescentes, bajo consumo, LED, etc.

Para este Trabajo Fin de Máster se han utilizado las denominadas lámparas de bajo consumo.

La lámpara fluorescente compacta (LFC) es un tipo de lámpara que aprovecha la tecnología de los tradicionales tubos fluorescentes para hacer lámparas de menor tamaño que puedan sustituir a las lámparas incandescentes, con pocos cambios en la armadura de instalación y con mucho menor consumo.

La luminosidad emitida por un fluorescente depende de la superficie emisora, por lo que este tipo de lámparas aumentan su superficie doblando o enrollando el tubo de diferentes maneras. Otras mejoras en esta tecnología han permitido aumentar el rendimiento luminoso desde los 40-50 lm/W hasta los 80 lm/W.

En comparación con las lámparas incandescentes, las LFC tienen una vida útil más larga y consumen menos energía eléctrica para producir la misma cantidad de luz. Su principal desventaja es que la mayoría no alcanza su máximo de brillo de forma inmediata y además contienen residuos tóxicos, por lo que se deben llevar a lugares específicos para su reciclaje^{xiv}.



Ilustración 24. Diversos tipos de lámparas LFC

3.4. Diseño del prototipo.

Para la realización de este proyecto en la temática de domótica se ha considerado que con la sola exposición de las ideas y la argumentación de los diferentes modelos de instalación, no era suficiente para abordar el pleno conocimiento de la tecnología.

En un apartado anterior se ha expuesto el estado del arte de la tecnología actual en la materia, presentando los modelos más representativos a nivel europeo y mundial, así como la propuesta de una empresa española. Los dos principales modelos presentados, KNX y LonWorks, representan más del 80% del mercado domótico en la actualidad. Lo sencillo sería utilizar uno de estos modelos y representar una instalación desarrollada con su propio software.

Sin embargo, el autor considera que la verdadera importancia de este trabajo radica en hacerlo de la forma más práctica posible, “bajando” incluso al terreno del cableado de los diferentes componentes que componen cualquier instalación.

Por los motivos anteriormente expuestos, la parte principal del presente Trabajo Fin de Máster la constituye la creación de una maqueta o prototipo a modo de simulación de parte de las funciones a realizar en una vivienda automatizada.

Se ha considerado que se va a simular una vivienda compuesta por dos plantas diferentes y controladas cada una por un Autómata Programable (PLC) diferente.

Para la construcción del prototipo se ha partido de un maletín de herramientas usado, utilizado para la ocasión. Se ha dividido en tres partes, una central donde se colocan los elementos de control y elementos de entrada, una parte derecha que simulará la planta baja (entrada principal) y una parte izquierda que representará la primera planta. Cada planta dispondrá de tres dependencias, compuestas tanto por elementos de entrada (interruptores, pulsadores, detectores de presencia) como por elementos de salida (lámparas de bajo consumo y un motor de persiana).

Se ha realizado todo el cableado eléctrico entre los diferentes elementos y se ha utilizado canaleta para guía de cables. Asimismo se ha proveído de conexión de red entre los diferentes elementos a través de un Switch de comunicaciones Ethernet y además se ha configurado un miniordenador Raspberry Pi para realizar funciones de punto de acceso Wifi compartido y Servidor Web.

Dadas las características físicas del maletín utilizado, ha sido posible dividir en tres partes el área representada, organizadas como se detalla a continuación.

Los elementos de control se han situado en la parte central, ocupando aproximadamente la mitad del maletín. Además, en este mismo espacio se han

colocado la mayoría de elementos de entrada (excepto el detector de presencia).

Los dos autómatas programables utilizados se han colocado sobre carril DIN en diferentes niveles y cuidando de dejar espacio junto a cada uno para en su caso poder conectar módulos de expansión de entradas/salidas del mismo fabricante.

Así pues, en la parte de abajo se ha colocado el LOGO! 8 que actuará como dispositivo Maestro y además controlará directamente la parte derecha del maletín. Esta parte representaría en la vivienda la Planta Baja, o entrada a la vivienda.

En la parte de arriba de dicha zona central se ha puesto el LOGO! 7 que será el Esclavo y controlará directamente la parte izquierda del maletín (Primera Planta de la vivienda).

Debido a que la mayor parte del cableado eléctrico se hará en esta zona central, se ha añadido canaleta guía cables en lugares estratégicos para lograr un aspecto más homogéneo y limpio.

En las partes izquierda y derecha del maletín se han colocado los elementos de salida (lámparas de bajo consumo) simulando las dos plantas de la vivienda.

A continuación se muestran dos fases del montaje del prototipo:

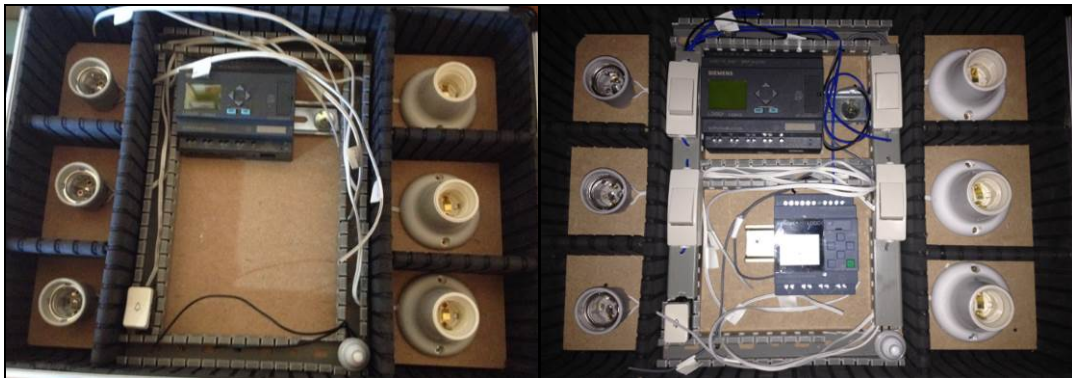


Ilustración 25. Montaje inicial Prototipo

Se observa que al maletín se le añadió un panel de madera en el fondo, para poder atornillar el resto de elementos (portalámparas, canaleta, etc).

Finalmente, el prototipo queda tal y como se muestra en la siguiente figura:



Ilustración 26. Prototipo cableado completo.

3.4.1. Conexionado.

En esta sección se van a especificar todas las conexiones realizadas entre los distintos elementos que componen el proyecto.

Primeramente se muestra un esquema general de conexiones de un PLC LOGO! (es el mismo tanto para el modelo 7 como para el 8).

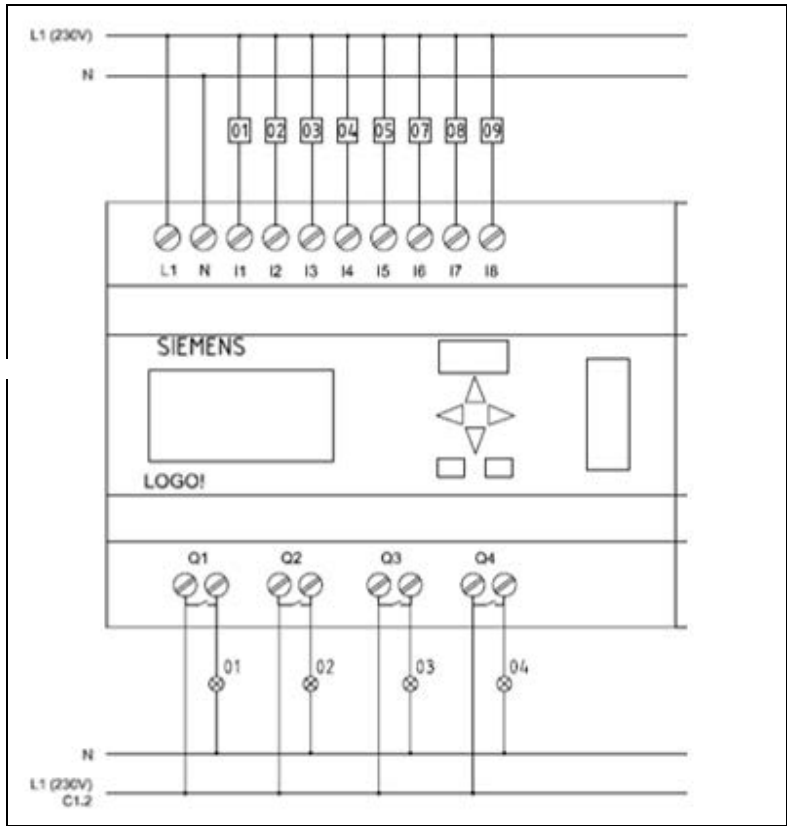


Ilustración 27. Entradas/Salidas en LOGO!

A continuación en la siguiente tabla se muestran todas las conexiones realizadas. En todas las referencias se nombra el LOGO! 8 (Maestro)→1 y el LOGO! 7 (Esclavo)→2

<u>LOGO!</u> -Entrada	Dispositivo Entrada	<u>LOGO!</u> -Salida	Dispositivo Salida
<u>1</u> -I1	Interruptor <u>1</u> -01	<u>1</u> -Q2	Lámpara <u>1</u> -Q2
<u>1</u> -I2	Interruptor <u>1</u> -02	<u>1</u> -Q2	Lámpara <u>1</u> -Q2
<u>1</u> -I3	Pulsador <u>1</u> -03	<u>1</u> -Q3	Lámpara <u>1</u> -Q3
<u>1</u> -I4	Detector Presencia <u>1</u> -01	<u>1</u> -Q1	Lámpara <u>1</u> -Q1
<u>2</u> -I1	Interruptor <u>2</u> -01	<u>2</u> -Q1	Lámpara <u>2</u> -Q2
<u>2</u> -I2	Interruptor <u>2</u> -02	<u>2</u> -Q2	Lámpara <u>2</u> -Q2
<u>2</u> -I3	Pulsador <u>2</u> -03	<u>1</u> -Q4	Lámpara <u>1</u> -Q4
<u>2</u> -I4	Pulsador <u>2</u> -04	<u>1</u> -Q3	Lámpara <u>1</u> -Q3
<u>2</u> -I5	Pulsador Arriba <u>2</u> -05	<u>2</u> -Q3	Motor Persiana Arriba <u>2</u> -Q3
<u>2</u> -I6	Pulsador Abajo <u>2</u> -06	<u>2</u> -Q4	Motor Persiana Abajo <u>2</u> -Q4

En la siguiente figura se muestra una aproximación del esquema eléctrico:

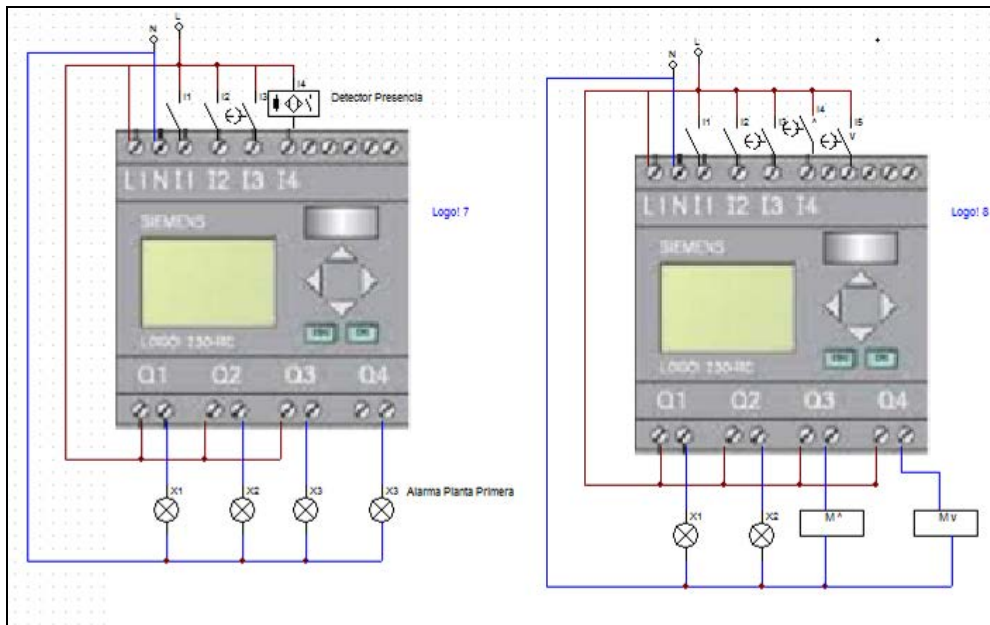


Ilustración 28. Esquema conexión Elementos de Control

3.4.2. Configuración inicial de los dispositivos de control.

Previamente a poder programar los dispositivos LOGO! con el Software de Siemens LOGO!Soft Comfort V8.0, es necesario dotarlos con una configuración de red para el protocolo TCP/IP.

Esta tarea se realizará a través de los propios menús de configuración que disponen estos PLCs, y al Display que trae integrado.

La siguiente tabla indica la configuración de red a utilizar en el presente proyecto.

	Dirección IP	Máscara Subred	Puerta de Enlace
1-LOGO! 8 (Maestro)	10.181.158.251	255.255.255.0	10.181.158.1
2-LOGO! 7 (Esclavo)	10.181.158.253		
Raspberry Pi	10.181.158.252		

Como se puede observar, se ha añadido la dirección IP del miniordenador Raspberry Pi que como se ha comentado anteriormente se utilizará como Punto de Acceso Wifi para la conexión de los dispositivos móviles (Smartphone y/o Tablet) y como Servidor Web para el desarrollo de una App de control remoto. Estos extremos serán desarrollados ampliamente en el apartado 4 de este Trabajo.

A través del comando de menú se configuran los ajustes de red.

1. Se conmuta LOGO! a modo de programación.
2. A través de las teclas de dirección se desplaza el cursor hasta el ítem "Red"
3. Se pulsa OK para confirmar.

4. Se desplaza el cursor hasta "Dirección IP"
5. Se pulsa OK para confirmar.
6. En el Display se muestra la configuración inicial. Para cambiarla y adaptarla a nuestra propia configuración, pulsaremos "OK" y cuando el cursor aparece con forma de cuadrado intermitente, y se irán modificando los datos.
7. Una vez configurados los parámetros de Dirección IP, Máscara de Subred y Pasarela, se pulsará OK para validar los cambios.
8. Para volver al menú principal, pulsaremos repetidamente la tecla ESC.

Este procedimiento se hará por igual en los dos LOGO! utilizados.

También es posible la configuración del Modo Maestro o Modo Esclavo de este mismo modo. También se va a proceder a configurar en modo Maestro el LOGO! 8 y en modo Esclavo el LOGO! 7, tal como se ha indicado en apartados anteriores.

Esta tarea se hace de modo similar a lo expuesto anteriormente:

1. Se conmuta LOGO! a modo de programación.
2. A través de las teclas de dirección se desplaza el cursor hasta el ítem "Red"
3. Se pulsa OK para confirmar.
4. Se desplaza el cursor hasta "Ajust. modo M/E"
5. Se pulsa OK para confirmar.
6. Para el LOGO! 8 se selecciona el modo "Maestro"
7. Se confirma con OK.
8. Para el LOGO! 7 se selecciona el modo "Esclavo" y se selecciona la Dirección IP que será su "Maestro" (en este caso el Maestro será el LOGO!, y por tanto introduciremos la IP: 10.181.158.251)
9. Se pulsa OK para confirmar.

Una vez un LOGO! se encuentra como Esclavo, se comporta como un módulo de ampliación del LOGO! Maestro. Así pues, el LOGO! Maestro puede leer uno o más valores de entrada/salida analógicos/digitales del LOGO en modo Esclavo, y escribir sus propios valores de salida analógicos/digitales en dicho esclavo.

4. Desarrollo Software. Sistema Operativo y Apps.

En los siguientes apartados se procede a detallar todos los módulos software que se utilizarán en el presente Trabajo Fin de Máster.

Se comienza detallando el software utilizado para la programación de los PLCs de Siemens (LOGO!Soft Comfort V8.0). A continuación se presenta NOOBS y Raspbian (configurador inicial y Sistema Operativo Linux Debian para el miniordenador Raspberry Pi). Y por último se detallan cuatro aplicaciones para control remoto a través de dispositivo móvil (LogoControl, LOGO!Monitor, S7Droid e ISWvis Mobile)

4.1. Siemens LOGO!Soft Comfort V8.0

A pesar de que un PLC LOGO! se puede programar directamente a través de sus propios menús de configuración y del Display que incorpora, la programación a través de un paquete de software específico resulta mucho más cómoda y productiva.

Las ventajas del software LOGOSoft Comfort son:

- Se pueden crear programas en el PC.
- Se puede simular el programa en el PC y verificar sus funciones antes de implementarlo realmente en el sistema.
- Se pueden insertar comentarios en el programa y realizar copias impresas.
- Se puede guardar una copia del programa en el PC y modificarlo desde éste mismo.
- Con muy poco trabajo se puede transferir el programa al PLC.

Los sistemas operativos compatibles con este software son:

- Windows 7, Windows 8 ó Windows XP (de 32 o 64 bits)
- Suse Linux 11.3 SP3 de 32/64 bits, kernel 3.0.76
- Mac OS x 10.6 Snow Leopard, Mac OS x Lion, Mac OS MOUNTAIN LION y Mac OS x Mavericks.

4.1.1. Descripción general de la interfaz de usuario.

Una vez configurados los parámetros de red tal como se indicó en el apartado 3.4.2, se ejecutará el software desde un PC con un Sistema Operativo Windows 7, que estará en la misma Subred que los dos PLCs. Una vez se haya comprobado la conectividad con los PLCs, se procederá a abrir el programa LOGO!Soft Comfort V8.0 [15].

Hay dos modos de interfaz:

- a) Interfaz de programación.

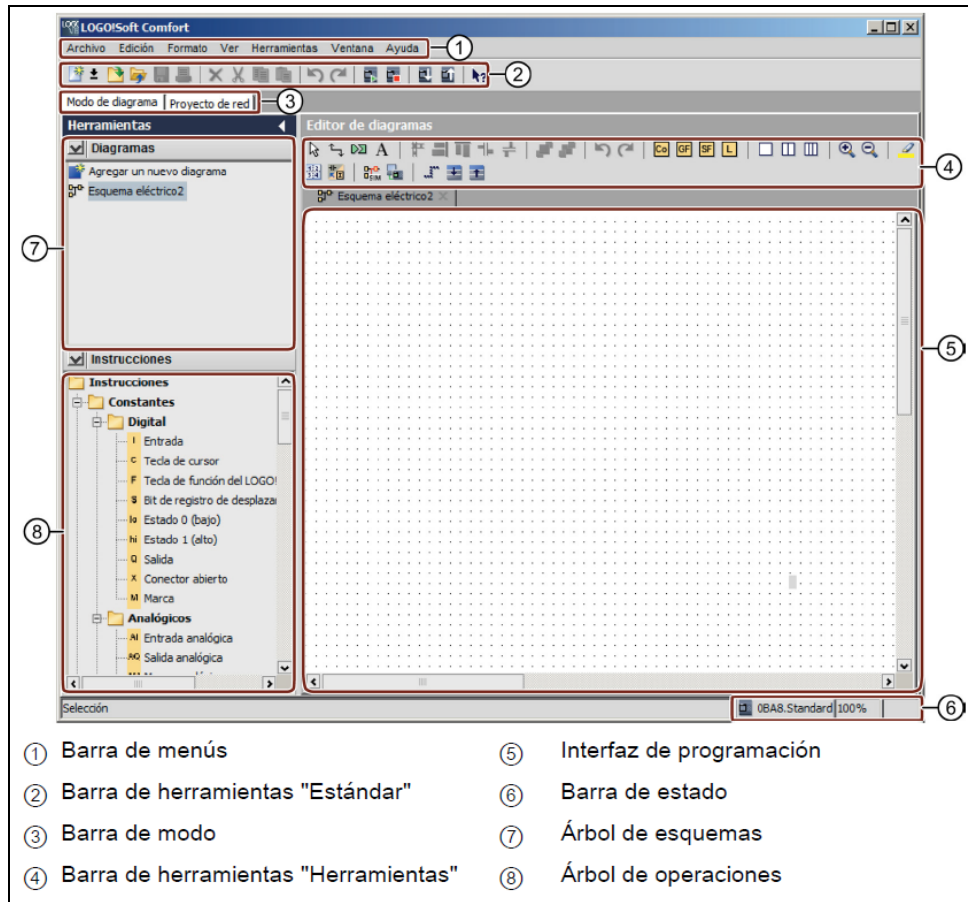


Ilustración 29. Interfaz de programación LOGO!Soft Comfort

Como se observa en la figura anterior, lo primero que aparece cuando se abre el programa es un esquema de conexiones vacío. La mayor parte de la pantalla la ocupa el área dedicada a la creación de programas. Esta área se denomina interfaz de programación y en ella se disponen los botones y las combinaciones lógicas del programa.

b) Interfaz del proyecto.

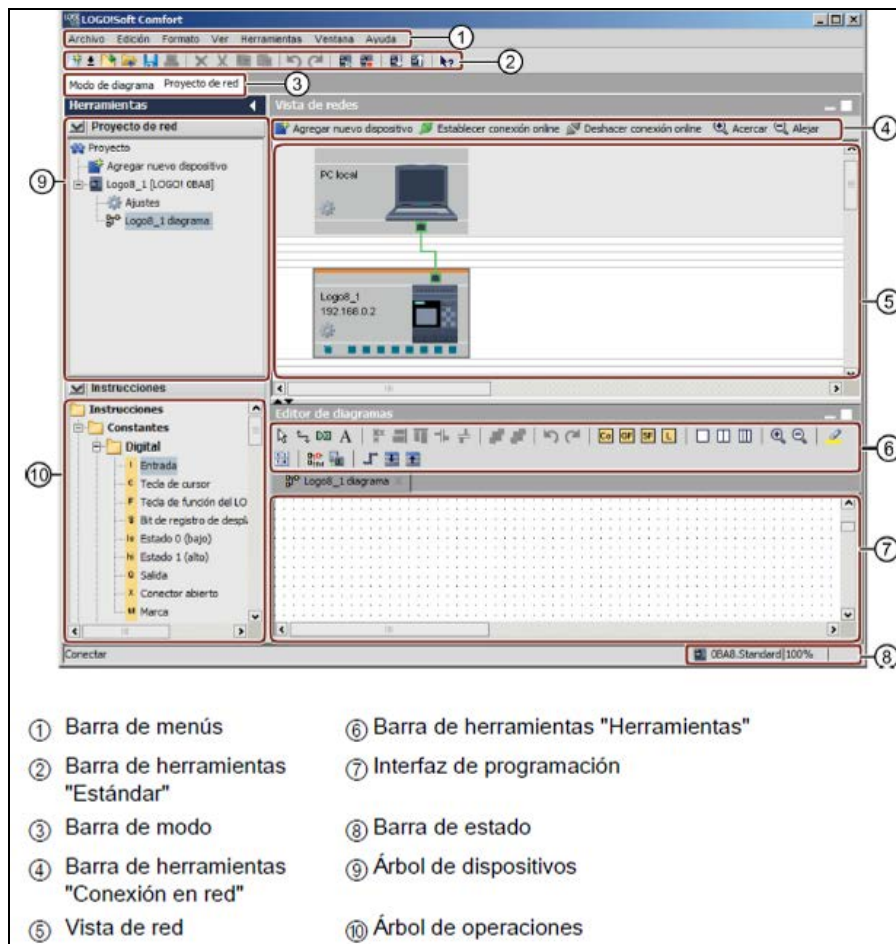


Ilustración 30. Interfaz del proyecto LOGO!Soft Comfort

Cuando se abre el modo de proyecto aparece la interfaz de usuario vacía. Una vez se selecciona y agrega un nuevo dispositivo en el proyecto, se activa el editor de esquemas. Se muestra una vista de red en la interfaz del proyecto en la que aparecen los dispositivos y las conexiones de red. El editor de esquemas muestra los bloques de programa y las combinaciones lógicas del programa.

Como características principales en la interfaz general, se puede destacar que además de la barra de menús en la parte superior de la ventana del software hay dos barras de herramientas que ayudarán en el trabajo. Una de ellas es la barra “Estándar” y se encuentra situada encima de la interfaz de programación. Los botones de esta barra permiten crear programas, descargar o guardar un programa, cortar, copiar y pegar objetos, y lo que es más importante, transferir datos desde y hacia el dispositivo LOGO!.

La otra barra que aparece en la parte superior de la interfaz de programación es la barra de herramientas “Herramientas”. Los botones de esta barra permiten cambiar a diferentes modos de edición para crear o procesar programas de forma rápida. Además hay botones que permiten simular y probar online el esquema, así como expandir y contraer el cuadro de diálogo de parámetros.

En el borde inferior de la ventana del programa se encuentra la barra de estado, donde se muestra información acerca de la herramienta activa, el estado del programa, el factor de zoom ajustado, el número de página del programa y el dispositivo LOGO! seleccionado.

4.1.2. Creación de un nuevo programa.

Una vez se conoce la interfaz del programa, se procederá a continuación a diseñar un primer programa para comprobar que la conexión con los dispositivos LOGO! funciona, que se les puede transferir la información y que los dispositivos responden según lo programado.

Para esta misión, se va a crear primeramente un nuevo Esquema Eléctrico desde el Editor de Diagramas para interactuar con el LOGO! 8.

Una vez abierto el programa se crea un nuevo archivo del tipo LOGO!Soft Comfort (extensión “.slc”) de nombre “primeraPrueba.slc”.

Lo primero que hay que configurar es el tipo de dispositivo LOGO! que se va a programar (en este caso es el modelo 8). Desde el menú “Herramientas” se elige la opción “Selección de dispositivos...” y dentro de todos los modelos que se pueden elegir, se escoge el Tipo:

- OBA8.Standar

Y se pulsa aceptar.

Posteriormente, en el Editor de Diagramas de la Interfaz de Programación se van añadiendo los primeros componentes. Para esta primera prueba se utilizará un dispositivo de entrada tipo interruptor (I1) y un dispositivo de salida, una lámpara (Q1).

En la siguiente figura se muestra este circuito simple. Se observa que se ha conectado directamente la entrada con la salida (I1→Q1), lo que significa que el interruptor 1 conectado al LOGO! 8 encenderá la lámpara 1 conectada al mismo PLC.

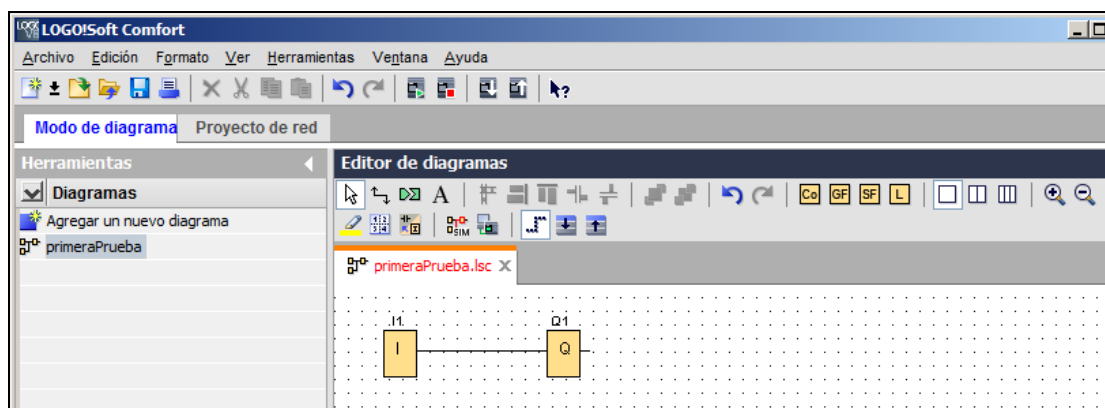


Ilustración 31. Primer esquema básico con LOGO!Soft Comfort 8

Como se indicó en el apartado 3.4.2, previamente se han configurado a través del propio menú de configuración y Display las configuraciones de red TCP/IP de ambos LOGO!. En la siguiente tabla se recuerda dicha configuración:

	Dirección IP	Máscara Subred	Puerta de Enlace
1-LOGO! 8 (Maestro)	10.181.158.251	255.255.255.0	10.181.158.1
2-LOGO! 7 (Esclavo)	10.181.158.253		

Antes de transferir el programa al PLC, se va a comprobar que la configuración de red es la correcta. Desde el Menú “Herramientas” se elige la opción “Conexiones Ethernet...” y ahí se puede ver si la configuración de red del módulo es la correcta.

A continuación se realizan los pasos necesarios para traspasar el programa del PC al LOGO!. Desde el Menú “Herramientas”, opción ”Transferir”, opción PC->LOGO!. Se abre la siguiente pantalla:

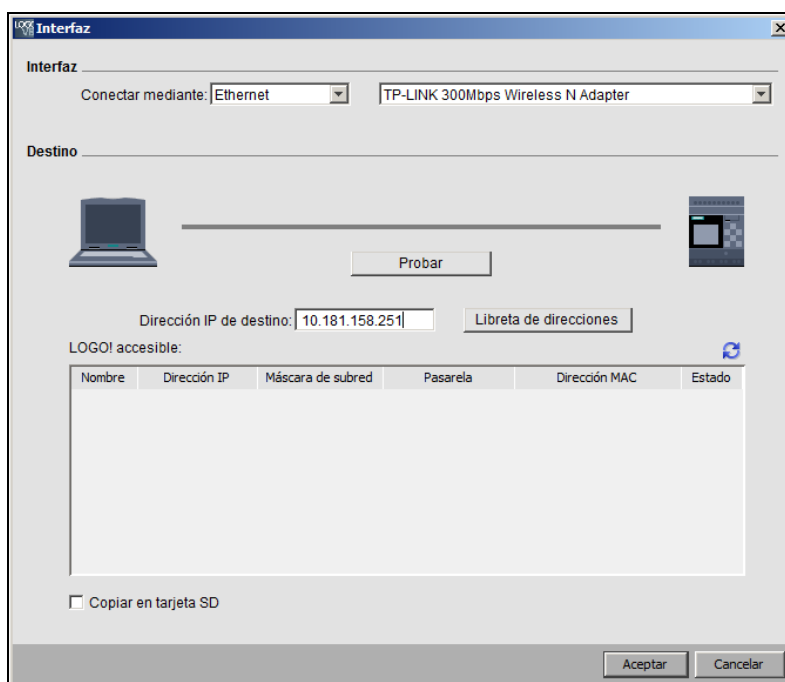


Ilustración 32. Transferir programa PC->LOGO!

Donde se podrá observar que la IP de destino es la correcta y además se podrá probar la conexión de forma previa a traspasar el programa al PLC. Es importante que se use esta opción para asegurarse que es correcto.

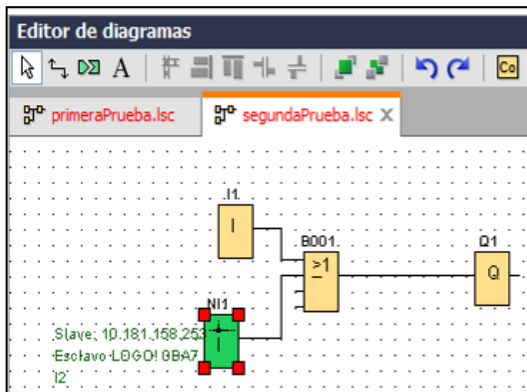
Un tema importante a tener en cuenta, es que si el dispositivo está en modo “RUN” es decir, en funcionamiento, es necesario pararlo (modo “STOP”) para poder programarlo. El propio software avisa de este extremo y muestra una pantalla que se debe aceptar para proceder. De la misma forma, cuando se finaliza la programación se indica si se desea pasar el módulo al estado “RUN”

de nuevo, a lo que se deberá contestar que sí, para que el autómata quede completamente operativo.

Ya solo quedaría el comprobar en el prototipo, que el interruptor 1 de la parte derecha del maletín (Planta Baja) enciende la lámpara 1 de la misma parte derecha^{xv}.

4.1.3. Programación en modo Maestro/Esclavo.

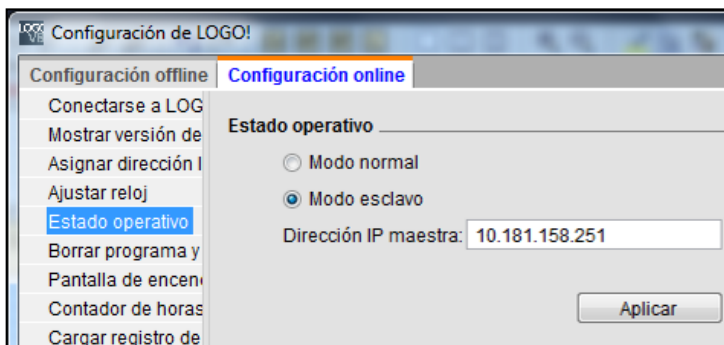
La siguiente prueba que se va a realizar, previo a la programación de todas las funciones previstas para el prototipo es el utilizar como módulo Esclavo el LOGO! 7. Como se vio en el apartado 3.4.2, el utilizar como Esclavo un módulo es como si se le añadiera un módulo adicional de Entradas/Salidas al dispositivo Maestro LOGO!8.



Se crea un nuevo diagrama “segundaPrueba.lsc”, en el que al diagrama anterior se le añade una entrada de red “NI1” que corresponde al LOGO! 7 esclavo entrada I2. De esta forma añadiendo una función “OR” se podrá accionar la salida Q1 (LOGO! 8 Maestro) accionando la entrada “I1” del mismo dispositivo o la entrada de red “NI1”(esclavo).

Ilustración 33. Segundo esquema básico con LOGO!Soft Comfort 8

Para esto, lo primero que hay que comprobar es que la configuración Maestro/Esclavo es correcta. Para la comprobación en el dispositivo Esclavo (LOGO!7→10.181.158.253) se podrá hacer desde el Menú “Herramientas”, opción “Configurar modo esclavo/maestro”. Si no estuviera configurado, se haría como se muestra en la siguiente figura:



Una vez se transfiere el programa al LOGO! 8 Maestro e iniciados ambos PLCs se comprueba que funcionan según lo programado.

Ilustración 34. Detalle Modo Esclavo LOGO!

4.1.4. Programación completa del prototipo.

Una vez realizadas las pruebas básicas con el Software LOGOSoft Comfort V8.0, se procede a la programación de todas las funciones diseñadas para el prototipo según se muestra en la siguiente figura:

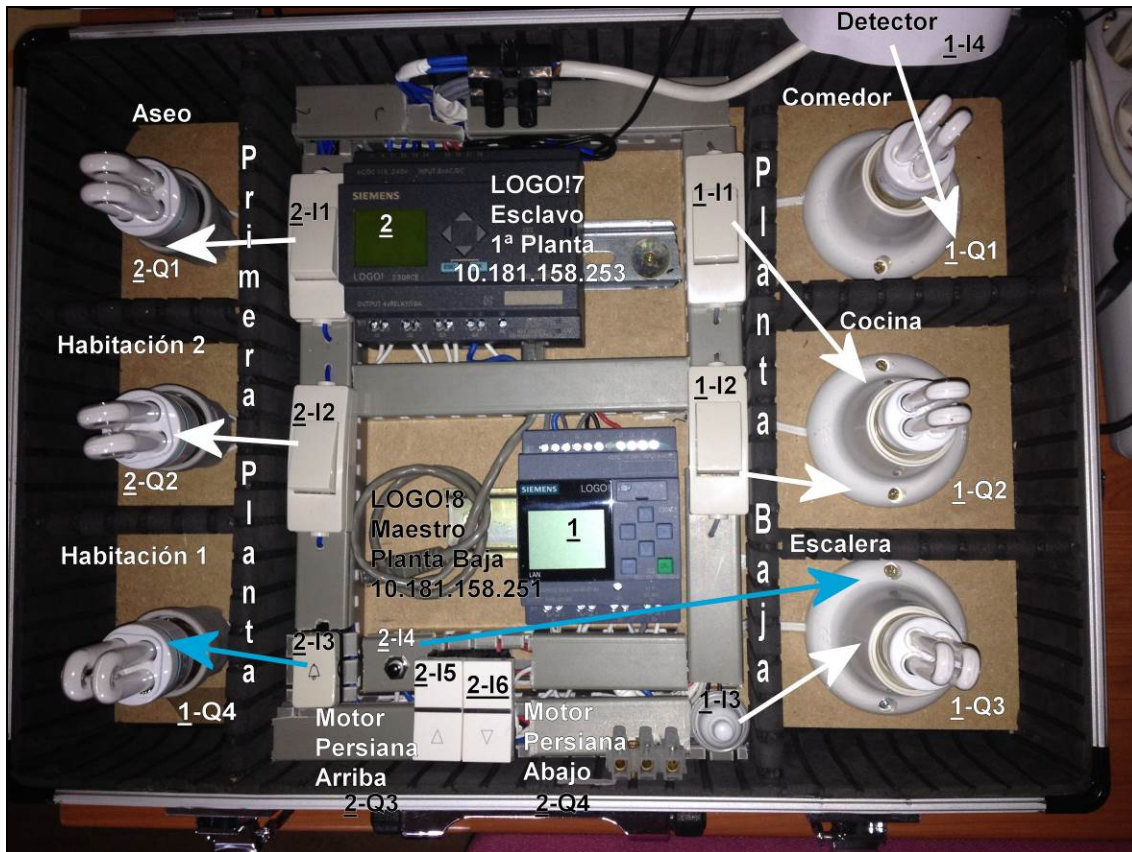


Ilustración 35. Esquema funciones prototipo

Para esto se crea un nuevo archivo “terceraPrueba.slc” con el cableado realizado en el esquema de conexiones mostrado en la figura anterior.

Se muestran con flechas azules los enlaces que se realizan entre diferentes módulos LOGO!. Se puede observar que el pulsador 2-I3 enciende la lámpara 1-Q4 y el pulsador 2-I4 enciende la lámpara 1-Q3.

También se muestran las salidas correspondientes al motor de persianas utilizado en este proyecto:

- Motor Persiana Arriba (2-Q3)
- Motor Persiana Abajo (2-Q4)



Ilustración 36. Motor persiana Ede Motor. D351314S

Indicar que gracias a la colaboración de la empresa local “Alucristal” al ceder un conjunto de persiana manual, se ha podido realizar la simulación real (se le ha añadido el motor de persiana mostrado en la figura anterior). Ha sido un trabajo bastante arduo pues este tipo de persiana no era el indicado para alojar el motor para accionamiento, sin embargo al final se ha conseguido y el resultado se puede observar tanto en la siguiente figura como en el vídeo creado para este Trabajo Fin de Máster.



Ilustración 37. Prototipo y caja Persiana.

En el diagrama realizado con LOGO!Soft Comfort (ver figura siguiente) se puede observar que se ha utilizado una función “Automático de Escalera” (B003 2-Esc) que acciona la lámpara 1-Q3 a través de los pulsadores 1-I3 y 2-I4 durante 15 segundos.

También se han añadido otras funciones tales como una “Puerta OR” (B001) que posibilita que tanto el interruptor 1-I1 como el 1-I2 enciendan la lámpara 1-Q2 o un “Relé de Impulsos” que acciona la lámpara 1-Q4 del LOGO! 8 (Maestro) desde el pulsador I3 del LOGO! 7 (Esclavo):

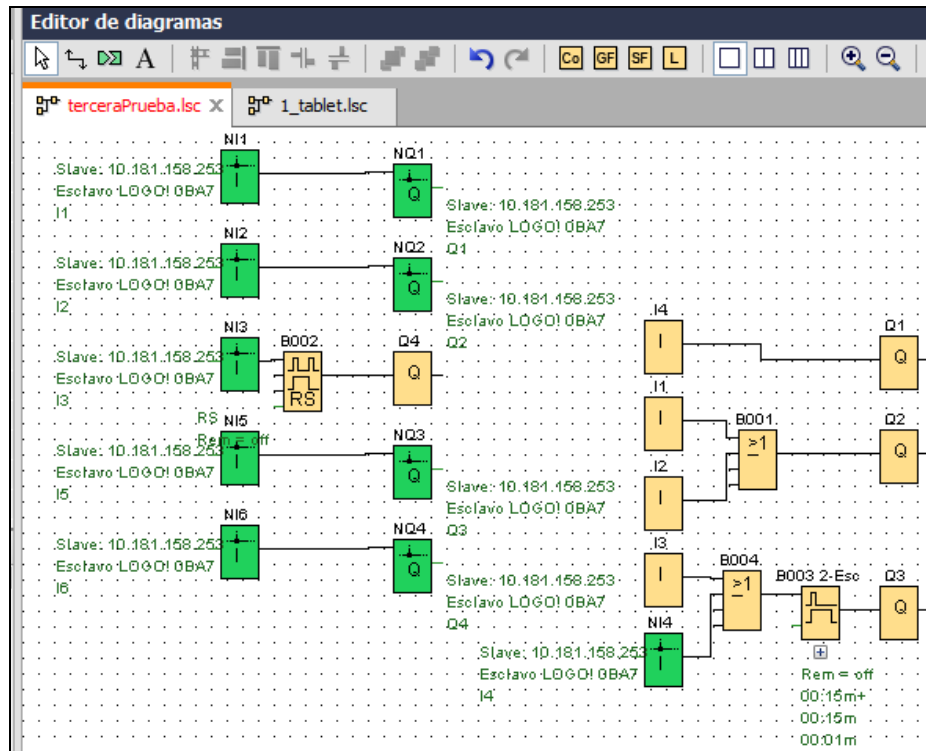


Ilustración 38. Esquema definitivo del prototipo.

Como se ha comentado anteriormente el funcionamiento de todas las pruebas realizadas se ha grabado en vídeo para incorporarlo al presente Proyecto y dar fe de su correcto funcionamiento.

4.2. Sistema Operativo Raspbian.

Como se comentó en la introducción de este Trabajo Fin de Máster, se ha añadido una placa Raspberry Pi Modelo B+ al diseño del prototipo. Entre sus características principales se pueden destacar, CPU ARM1176JZF-S a 700 MHz, 512 MB de RAM, 4 puertos USB 2.0, interfaz de red Ethernet 10/100, 1 puerto Micro USB (alimentación eléctrica), salida audio/vídeo HDMI, etc. Todo ello a un precio aproximado de 35 €^{xvi}.

Para la instalación de un sistema operativo se utiliza una tarjeta de memoria microSD. La placa Raspberry dispone de un slot microSD y para este proyecto se ha usado una tarjeta MicroSDHC Clase 4 de 8 GB de capacidad^{xvii}.

En los siguientes subapartados se va detallar todo el proceso de instalación y configuración del Sistema Operativo en la Raspberry Pi B+ [16].

4.2.1. Instalación de NOOBs.

La propia fundación Raspberry Pi distribuye una herramienta de software conocida como NOOBS (New Out Of Box Software) para hacer lo más fácil posible la instalación de un sistema operativo en el dispositivo. En este Trabajo Fin de Máster se utilizará:

- NOOBS Offline and network install. Version 1.4.0 (Fecha version: 12/09/2014)

Lo primero que hay que hacer es descargar la última versión del software de la Web oficial^{xviii}. El archivo descargado es del tipo “zip”, por lo que procederemos a descomprimirlo directamente a la tarjeta microSD (lógicamente es necesario que el PC donde se realice esta operación disponga de lector de este tipo de tarjetas).

Una vez transferido el contenido a la tarjeta, se podrá expulsar dicha tarjeta del PC e introducirla en la placa Raspberry Pi B+ (RasPi).

4.2.2. Instalación general.

Una vez tenemos la tarjeta con NOOBS cargado introducida en el slot correspondiente de la RasPi, es necesario proveer de alimentación eléctrica para iniciar la mini computadora. Para esto utilizamos una Fuente de Alimentación de 2 Amperios que se conectará a través de la conexión microUSB que dispone la placa^{xix}.

También será necesario conectar la RasPi al Switch de comunicaciones provisto para este proyecto que conectará además, los dos PLCs LOGO!. Además, este mismo Switch se podrá utilizar para conectar el PC portátil utilizado para la configuración y programación de todos estos dispositivos.

Por último, deberemos conectar un teclado y un ratón a través de sendos puertos USB a la placa y un Monitor o Display a través del conector miniHDMI que dispone la placa.

Iniciamos la RasPi conectando el alimentador eléctrico al conector microUSB. La primera pantalla que aparecerá será la que nos da a elegir el Sistema Operativo a instalar. Se seleccionará el que indica por defecto:

- Raspbian [RECOMMENDED] [INSTALLED]

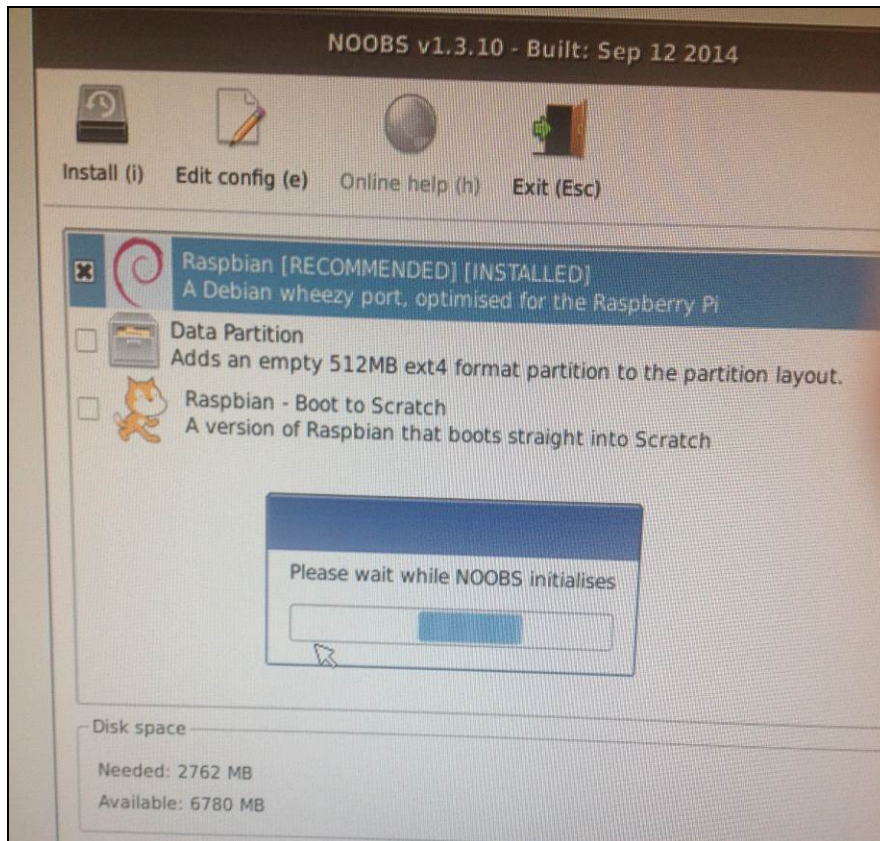


Ilustración 39. Instalación Raspbian.

Y se pulsará “Install” para iniciar el proceso de instalación.

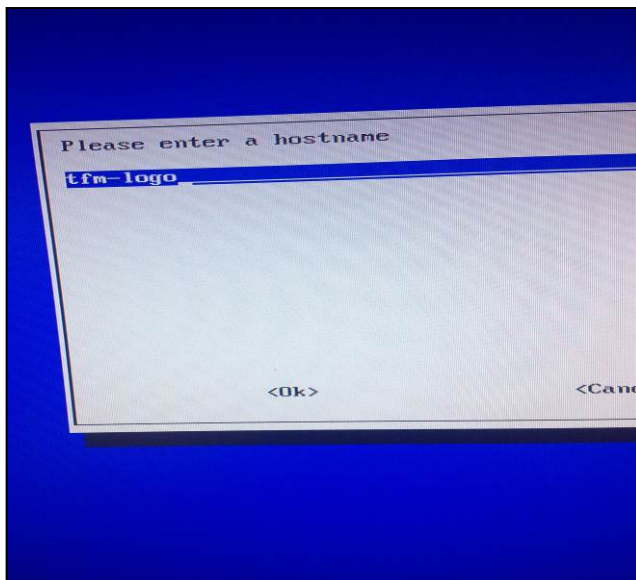


Ilustración 40. Hostname en Raspbian.

Más adelante se solicita que se elija el lenguaje a utilizar, se escogerá:

- “es_EC.UTF-8”

También será necesario darle un nombre de equipo, en este proyecto:

- “tfm-logo”

Una vez finalizada la instalación, se accederá al sistema operativo con las siguientes credenciales:

- Username: *pi* Password: *raspberry*

Es conveniente cambiar dicha contraseña inicial.

Por defecto no se carga la GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) y el sistema presenta una consola Linux (el sistema operativo Raspbian está basado en una distribución Linux Debian).

Para la configuración del Sistema Operativo no se necesitará acceder a la GUI, pues todo el proceso se hará a través de comandos en la consola de Linux. Sin embargo, si fuera necesario este acceso se ejecutaría el comando “startx” para iniciar la interfaz gráfica de Raspbian:

```
pi@tfm-logo:~$ sudo startx
```

4.2.3. Configuración de red Ethernet. Actualización sistema operativo.

La RasPi estará conectada a la red local a través del Switch de comunicaciones para proveer acceso a Internet y de esta forma poder actualizar el propio sistema operativo y además instalar diversos componentes software (packages) que se necesitarán.

A continuación se especifican los pasos seguidos para configurar la interfaz de red “eth0” de la RasPi.

```
pi@tfm-logo:~$ cd /etc/network
pi@tfm-logo:~/network$ sudo nano /interfaces
(en la línea del archivo “...iface eth0 inet dhcp” se cambia por lo siguiente:
iface eth0 inet static
address 10.181.158.252
netmask 255.255.255.0
gateway 10.181.158.1
(se guarda el archivo y salir a la consola linux)
```

```
pi@tfm-logo:~$ sudo nano /etc/resolv.conf
(se añade en este archivo la línea)
nameserver 147.84.209.1
(Se añade la dirección IP del DNS para tener acceso a Internet)
(Se guarda el archivo y se sale a la consola linux)
```

Una vez hay conectividad de red, es necesario actualizar el sistema operativo para aplicar los últimos “patches” y actualizaciones.

```
pi@tfm-logo:~$ sudo apt-get update
```

Con este comando propio de cualquier distribución Debian se actualizan todos los paquetes software a su última versión.

4.2.4. Configuración y compartición red Wifi.

La placa Raspberry Pi no dispone de dispositivo Wireless, por lo que es necesario conectarle un dispositivo a través de USB. Para esto, se consulta en la Web del proyecto dispositivos válidos para esta distribución.

Se elige este dispositivo que es compatible^{xx}:

- TP-LINK TL-WN725 N.

Se instalan los drivers de esta interfaz Wireless en la RasPi.

Se comprueba si aparece la interfaz Wireless ejecutando en consola el comando:

```
pi@tfm-logo:~$ifconfig
```

(Debería salir entre otras la interfaz "wlan0", lo que indicaría que está correctamente instalada)

Esta interfaz Wireless es la que se va a compartir como "hostpot", es decir se ofrecerá a los dispositivos inalámbricos (Smartphones, Tablets y Ordenadores Portátiles) conexión Wifi y por tanto acceso a inalámbrico a los módulos LOGO! para su control remoto.

Pero previamente hay que instalar un software en la RasPi que permita esta funcionalidad. Se trata del paquete "hostapd", que es un "daemon" para crear puntos de acceso y servidores de autenticación que aplica IEEE 802.11 para gestión de punto de acceso; autenticación IEEE 802.1x/ WPA /WPA2 /EAP y posibilidad de servidor de autenticación Radius.

El proceso de instalación en el Sistema Operativo Raspbian es el que se comenta a continuación.

En primer lugar se descarga el paquete de instalación.

```
pi@tfm-logo:~$sudo apt-get install hostapd
```

A continuación se crea el archivo "hostapd.conf":

```
pi@tfm-logo:~$sudo nano /etc/hostapd/hostapd.conf
```

(con el siguiente contenido)

```
interface=wlan0
driver=rtl871xdrv
ssid=pi_ap
hw_mode=g
channel=6
macaddr_acl=0
auth_alg=1
ignore_broadcast_ssid=0
wpa=2
wpa_passphrase=xxxxxxx
wpa_key_mgmt=WPA-PSK
wpa_pairwise=TKIP
rsn_pairwise=CCMP
```


Después hay que modificar el archivo “/etc/default/hostapd” de la siguiente forma:

```
pi@tfm-logo:~$ sudo nano /etc/default/hostapd
(se desmarca el comentario “#” en la línea donde comienza con “DAEMON_CONF...”
y se añade:)
DAEMON_CONF="/etc/hostapd/hostapd.conf"
```

Para iniciar/parar el servicio se ejecutaría:

```
pi@tfm-logo:~$ sudo service hostapd start
pi@tfm-logo:~$ sudo service hostapd stop
```

Si se desea que este servicio arranque al inicio del sistema:

```
pi@tfm-logo:~$ sudo update-rc.d hostapd enable
```

Además hay que configurar varios parámetros de “routing” e “iptables” para el correcto funcionamiento.

```
pi@tfm-logo:~$ sudo nano /etc/sysctl.conf
(se descomenta la línea que empieza por “net.ipv4.ip_forward=1”)
net.ipv4.ip_forward=1
```

Se activa el “forwarding” con el comando:

```
pi@tfm-logo:~$ sudo sh -c “echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward”
```

Con los siguientes comandos se conseguirá que la RasPi funcione como un router entre las redes Ethernet (eth0) y Wireless (wlan0).

```
pi@tfm-logo:~$ sudo sh -c "iptables-save > /etc/iptables.ipv4.nat"
pi@tfm-logo:~$ sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
pi@tfm-logo:~$ sudo iptables -A FORWARD -i eth0 -o wlan0 -m state --state
RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT
pi@tfm-logo:~$ sudo iptables -A FORWARD -i wlan0 -o eth0 -j ACCEPT
```

Se guardan las tablas de enrutamiento en el archivo “/etc/iptables/ipv4.nat”:

```
pi@tfm-logo:~$ sudo sh -c "iptables-save > /etc/iptables.ipv4.nat"
```

Y por último se añade la siguiente línea al final del archivo “/etc/network/interfaces”

```
pi@tfm-logo:~$ sudo nano /etc/network/interfaces
(se añade esta línea)
pre-up iptables-restore < /etc/iptables.ipv4.nat
```

Después de estas modificaciones, es conveniente reiniciar la RasPi. Tal como se comentó anteriormente, si no hemos añadido el comando “hostapd” al inicio, tendremos que iniciarlo manualmente como se ha indicado.

Aún quedaría configurar los parámetros de red de la Wifi de la siguiente forma:

```

pi@tfm-logo:$sudo nano /etc/network/interfaces
(se añaden las siguientes líneas)
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet static
address 192.168.1.1
netmask 255.255.255.0
gateway 192.168.1.1
(se comentan estas líneas con "#")
#iface wlan0 inet manual
#wpa-roam /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
#iface default inet dhcp

```

Y para finalizar se descarga, instala y configura un Servidor DHCP para servir direcciones IPs dinámicas a los clientes que se conecten al punto de acceso inalámbrico.

```

pi@tfm-logo:$sudo apt-get install isc-dhcp-server
pi@tfm-logo:$sudo nano /etc/dhcp/dhcp.conf
(se comentan las siguientes líneas)
#option domain-name "example.org";
#option domain-server "us1.example.org";
(se quita el comentario en:)
authoritative
(se añade al final del archivo:)
subnet 192.168.1.0 netmask 255.255.255.0 {
range 192.168.1.1 192.168.1.9;
option routers 192.168.1.1;
default-lease-time 600;
max-lease-time 7200;
option domain-name "local";
option domain-name-servers 147.84.209.1;
}

```

Se activa el adaptador Wireless como DHCP por defecto:

```

pi@tfm-logo:$sudo nano /etc/default/isc-dhcp-server
(se cambia la siguiente línea:)
INTERFACES="wlan0"

```

Y por último se reinicia el servidor DHCP para aplicar los cambios:

```

pi@tfm-logo:$sudo service isc-dhcp-server restart

```

El siguiente paso es probar la conexión al punto de acceso con un dispositivo móvil con Wifi. Para esto, hay que encontrar la red hotspot Wifi denominada "pi_ap" e introducir la contraseña que se le ha configurado. Se efectúa una prueba de conexión tanto con un Tablet como con un Ordenador Portátil con resultado satisfactorio.

4.3. Aplicaciones Control Remoto desde dispositivos móviles.

Como se comentó en el Estado del Arte de este proyecto, existen muchas marcas comerciales que tienen líneas de mercado abiertas para Hogar Digital. Hasta hace muy poco tiempo, la domótica en la vivienda era controlada exclusivamente a través de dispositivos HMI, que normalmente eran de la misma marca que los elementos de control utilizados.

Gracias a la tecnología en bus como KNX o LonWorks, en la actualidad es posible combinar elementos de control y elementos HMI de distintas marcas, siempre y cuando sean compatibles con dichas tecnologías.

Sin embargo, con la irrupción de los Smartphones y Tablets en la sociedad, cada vez más firmas comerciales de domótica ponen a disposición de los clientes, Apps (aplicaciones móviles Android o IOS) para controlar sus dispositivos domóticos.

Por ejemplo, la empresa LOXONE^{xxi} tiene una amplia gama de productos de solución domótica. Uno de sus puntos fuertes es la posibilidad de control toda la vivienda a través de un Smartphone a través de una App gratuita tanto para Android como para IOS de Apple.

Ilustración 41. Apps para Loxone Smart Home

Para este Trabajo Fin de Máster se ha optado por trabajar con elementos de control Siemens modelo LOGO!, sin embargo, Siemens no dispone de Apps específicas para el control remoto a través de un dispositivo móvil. Lo más que se ha podido encontrar es una aplicación que permite la monitorización de las entradas y salidas, que da información sobre el firmware e información de diagnóstico^{xxii}.

Sin embargo no permite el control remoto propiamente dicho del PLC para poder interactuar con una instalación domótica.

Para poder conseguir el hito de controlar los dispositivos LOGO! a efectos domóticos con un Smartphone o un Tablet, ha sido necesaria la búsqueda de Apps independientes que lo permitan.

Se han encontrado diversas Apps en la red (Google Play) que anuncian conexión con el PLC LOGO! de Siemens, el autor ha elegido las cuatro Apps que se presentarán en los siguientes subapartados.

4.3.1. LogoControl

Esta aplicación para su funcionamiento requiere un Servidor Web que puede ser instalado tanto en sistemas Windows, como en Linux u otros. Aprovechando que en este proyecto se ha hecho uso de un miniordenador Raspberry Pi para ofrecer un Punto de Acceso Wifi compartido, es en el propio Sistema Operativo instalado (Debian) donde se configurará el Servidor Web y otros componentes que requiere esta aplicación.

Esta App realiza el control remoto de dispositivos Siemens LOGO! accediendo directamente desde el dispositivo móvil con un navegador Web a un Servidor Web que se instala y configura en la RasPi.

Indicar que el proyecto LogoControl^{xxiii} [17] se detalla en una página Web alemana, sin traducción al inglés, lo que ha dificultado el desarrollo de las pruebas debido a la deficiente traducción conseguida al tratarse de terminología tan técnica y al uso de traductores online genéricos.

4.3.1.1. Instalación

Se procede a detallar el proceso seguido para la configuración del sistema que permita el control remoto. En la propia web de este proyecto, se detalla el procedimiento a seguir para la instalación en una Raspberry Pi, y es en líneas generales el que se ha seguido.

1. Lo primero es la descarga e instalación de “Mono”, que es una implementación OpenSource independiente del Framework .NET de Microsoft. Su ventaja es que puede instalarse en entornos Linux. La instalación es muy sencilla:

```
pi@tfm-logo:~$apt-get install mono-complete
```

```
pi@tfm-logo:~$mono --version
```

(indica la versión de “mono” que se ha instalado).

2. Se descarga de la web en cuestión el archivo “logocontrol-pi-0.3.0.tgz”. Desde el directorio donde se ha descargado, se procede a descomprimirlo y a instalarlo a través de su propio script de instalación:

```
pi@tfm-logo:~$sudo tar -zxvf logocontrol-pi-0.30.tgz
```

```
pi@tfm-logo:~$cd logocontrol
```

```
pi@tfm-logo:~$sudo sh init.sh
```

(además se pone el programa de ejecución “start.sh” para que arranque en el inicio):

```
pi@tfm-logo:~$sudo nano /etc/rc.local
```

(se añade la siguiente línea):

```
su -c “/home/pi/start.sh” pi
```

(se guarda el archivo)

3. También es necesario la instalación de la librería “LIBNODEAVE”^{xxiv} que se utiliza entre otras funciones para intercambiar datos con los PLCs de Siemens (los modelos de la serie S7 están incluidos y por tanto el modelo LOGO!). A modo de resumen se puede afirmar que esta librería conecta al PLC Siemens como si de un HMI se tratase, a través del puerto 102 del LOGO!.

Después de descargar el archivo y de descomprimirlo, desde el directorio donde se ha descomprimido se ejecuta:

```
pi@tfm-logo:~$sudo make
```

```
pi@tfm-logo:~$make install
```

4.3.3.2. Configuración

Una vez instalado todo el software necesario, lo primero que se hará es abrir con el navegador web la URL en la que se ha instalado la aplicación LogoControl. Dicha prueba inicial se realiza desde un Tablet con Android versión 4.4.4 utilizado en este proyecto conectado vía Wifi al prototipo a través del Punto de Acceso Wifi compartido creado en la Raspberry Pi. En este caso la dirección de acceso será:

<http://10.181.158.252:8088/>

En la siguiente figura se puede observar la página Web que se muestra. En la parte izquierda se muestra la propia interfaz de usuario y en la parte derecha el archivo XML de configuración.

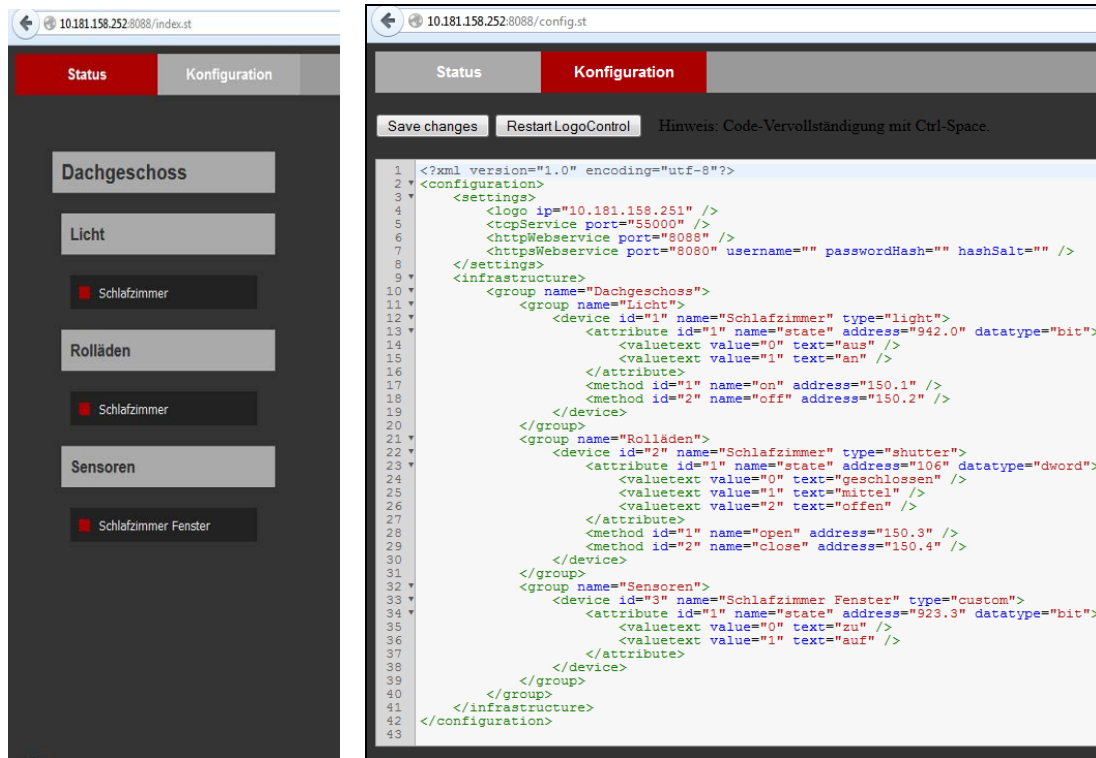


Ilustración 42. Detalle Acceso LogoControl.

Para poder programar las funciones a realizar desde el propio navegador web, se hace uso de los Servicios Web REST/JSON. Desde el propio archivo “XML” que se abre en la página web de acceso (segunda pestaña) se puede modificar las acciones que se permitirán en el autómata Siemens.

Se puede comprobar que el contenido que se muestra en la parte izquierda de la figura anterior está en alemán, para modificarlo, simplemente se editará el archivo XML desde el mismo navegador Web. Posteriormente será necesario guardar los cambios (Save Changes) y reiniciar LogoControl (Restart LogoControl).

En dicho archivo XML es donde se configura:

- La dirección IP del LOGO! al que se va a acceder y el puerto utilizado. En este caso:
 logo ip=10.181.158.252
 httpWebService port=8088
- Los nombres de grupo. Por ejemplo “Primera Planta”. Se pueden añadir nombres de grupo anidados como por ejemplo “Comedor”
- Los dispositivos. Se identificarían las entradas o salidas a mostrar, por ejemplo “Interruptor 1” (2-11)
- Atributos de dispositivos. Son las direcciones de memoria asignadas a los dispositivos. Por ejemplo la dirección de la salida Q1 es nombrada “942.0”.
- Métodos. Se utilizan para indicar la acción a realizar. Podría ser el encendido de una lámpara utilizando las direcciones virtuales creadas al efecto en el LOGO! a través del software LOGOSoft

Comfort V8.0 para que actúen como elemento de entrada al igual que cualquier otra entrada física del PLC Maestro o Entrada de Red del PLC Esclavo:

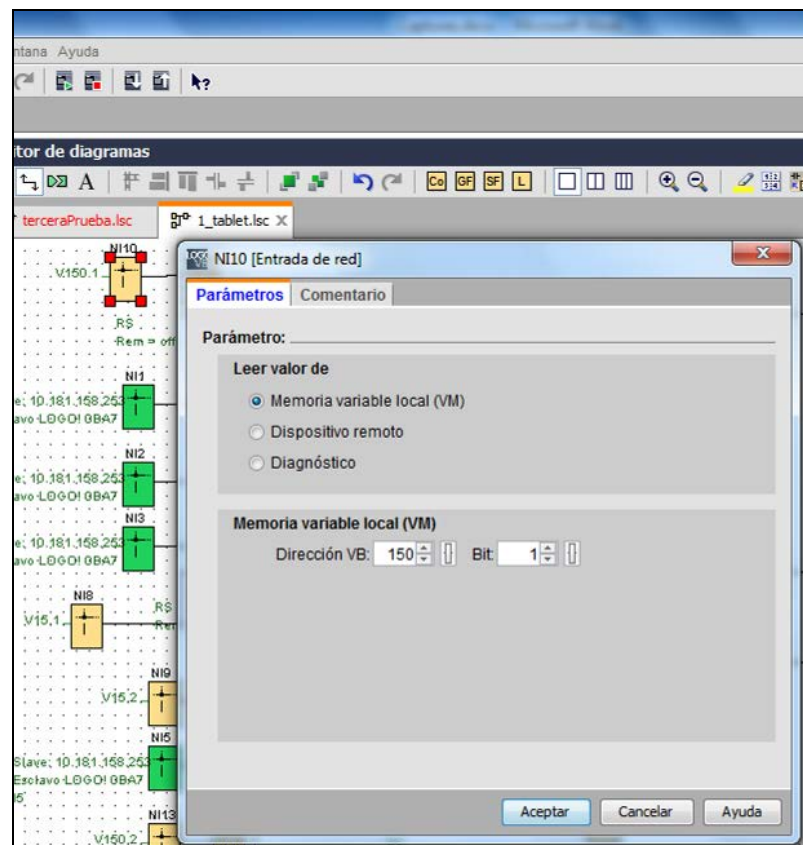


Ilustración 43. Detalle de Entrada de Red en LOGO!Soft Comfort V8.0

- Valores de texto. Donde se puede insertar un campo con textos para los Atributos.

Se han añadido con el software LOGO!Soft Comfort V8.0 las entradas de red necesarias para hacer una prueba de control remoto sobre el encendido/apagado de una lámpara del prototipo (Aseo) y sobre el motor de persiana (subida y bajada):

- NI1 → V150.1 (encendido lámpara 2-Q1)
- NI2 → V150.2 (Subida/Stop Subida Motor Persiana 2-Q3)
- NI3 → V150.3 (Bajada/Stop Bajada Motor Persiana 2-Q4)

Además se ha modificado el archivo de configuración XML de LogoControl para mostrar las tres funciones realizadas en el navegador Web de la Tablet:

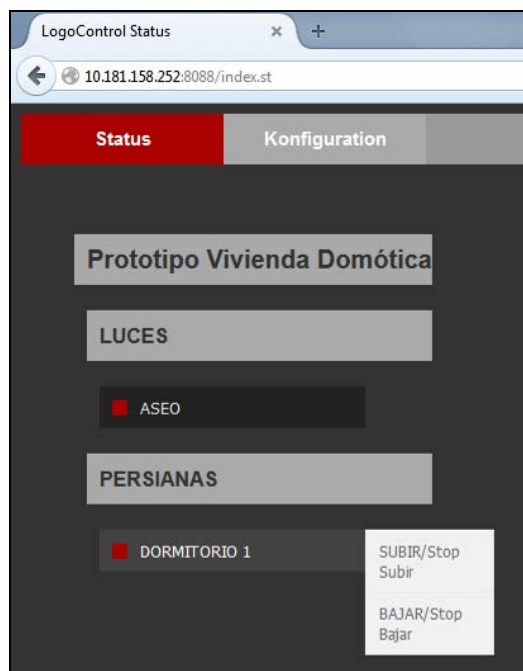


Ilustración 44. Detalle Acceso Web LogoControl

4.3.3.3. Creación App para dispositivo móvil.

También se puede programar una App específica para dispositivo móvil (Android e IOS) a través de la aplicación NETIO^{xxv} que permite diseñar un interfaz para poder controlar dispositivos conectados en la red local.

Esta aplicación simplemente envía y lee datos al PLC a través de un socket de red creado al efecto. Se suele utilizar para el control de microcontroladores varios, entre ellos los de la serie Simatic S7 de Siemens, a la que pertenecen los PLCs LOGO!. Además se pueden añadir botones de acción, interruptores y otros elementos de visualización

Para ejecutar esta aplicación no es necesaria la instalación de software en un PC, pues en la propia Web existe una aplicación específica de diseño. Se realizará una App sencilla que encenderá/apagará la luz del Aseo (2-Q1).

El primer paso es realizar el registro de usuario en dicha página Web (registro gratuito). Los mismos datos de registro de usuario obtenidos se utilizarán para la descarga de la App creada desde el dispositivo móvil como se indicará más adelante (en este caso una Tablet con sistema operativo Android). Posteriormente se diseña la App desde el denominado "NetIO UI Designer" como se muestra en la siguiente figura:

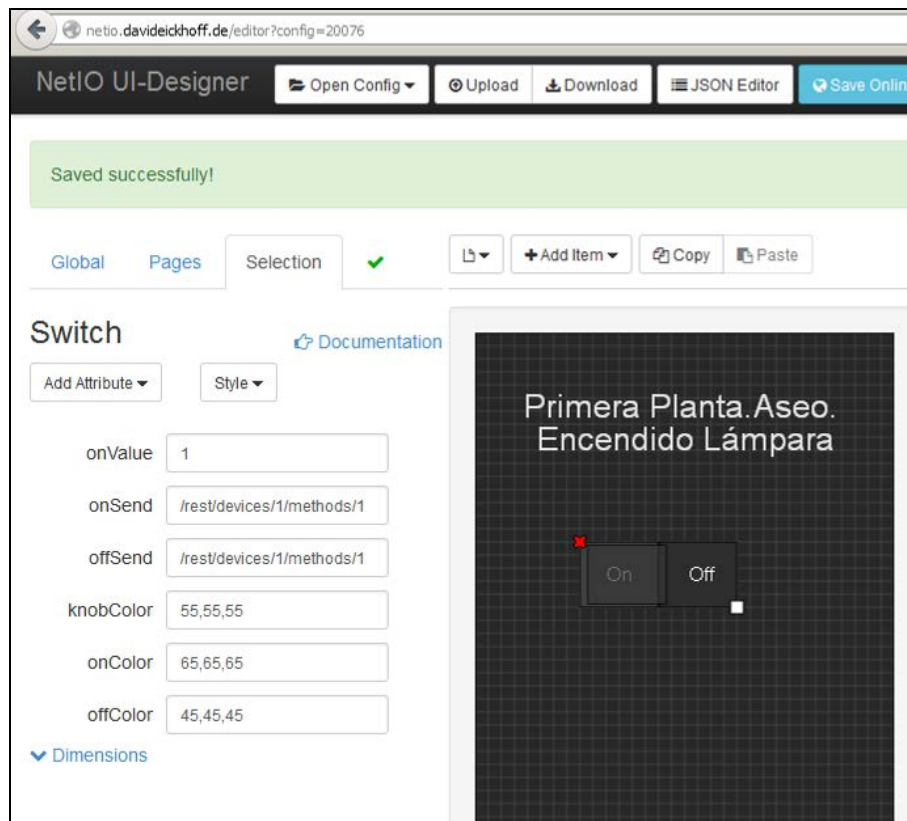


Ilustración 45. Programación App con NetIO UI-Designer.

Se ha creado un simple control de encendido/apagado de una lámpara (**1-Q1**), que actuará sobre el PLC LOGO!.

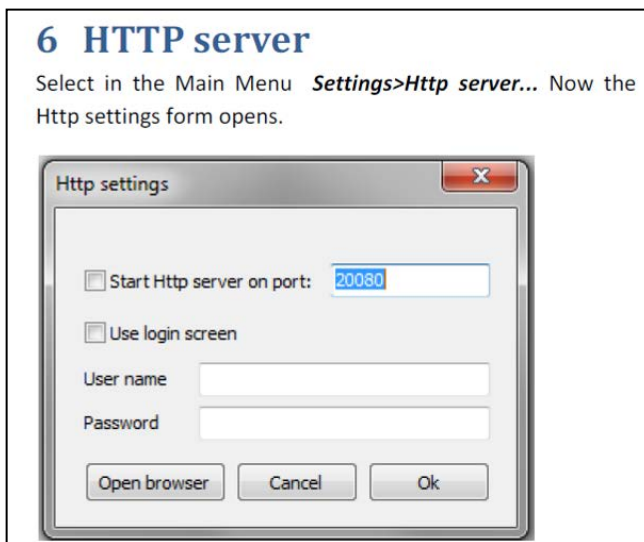
Para poder descargarse la App realizada con el NetIO UI-Designer, es necesario tener instalada la App “CONTROLLER” de NETIO en el dispositivo móvil^{xxvi}. Esta App es de pago y no existe versión de prueba.

Una vez instalada en la Tablet, al ejecutarla por primera vez se solicita introducir los datos de “usuario/contraseña” con los que se hizo el registro en la Web. Una vez logueados, la App procede automáticamente a la descarga de la App creada desde el NetIO UI-Designer. Una vez descargada ya se puede utilizar para el control remoto del prototipo.

4.3.2. LogoMonitor!

Este software es propiedad de la empresa holandesa Quirex Software Solutions^{xxvii}. Tal como se anuncia en su página Web, es capaz de monitorizar hasta 10 LOGO! simultáneamente. Se trata de una aplicación de pago^{xxviii}, pero que dispone una versión “trial” que permite probar su funcionalidad, pero sólo se dispone de 10 minutos para leer datos desde el LOGO! cada vez que es iniciado el programa.

Se descarga el archivo “Logo!Monitor Multi.exe” que es un instalable para Sistemas Operativos Windows (Windows 7, Windows 8, Vista, XP) y se procede a su instalación.



Una vez configurados los datos de conexión al LOGO![18], permite arrancar un Servidor Web desde la propia aplicación tal como se comentará más adelante y de esta forma se podrá acceder y controlar desde un Smartphone o Tablet, simplemente abriendo un navegador Web con la dirección/puerto que se le haya configurado.

Ilustración 46. Logo!Monitor. HTTP Server.

La ventaja es que al tratarse de un acceso a un Servidor Web, se podrá ejecutar desde dispositivos con Android, IOS, Windows y resulta muy sencillo el arranque del “HTTP Server”.

La desventaja es que sólo está disponible para la instalación en Sistemas Operativos de Microsoft tal como se ha comentado anteriormente. Por este motivo, este software se ha tenido que instalar en el ordenador portátil con sistema operativo Windows 7 utilizado en este proyecto para la instalación y ejecución del software de Siemens, LOGO!Soft Comfort V8.0, que por tanto ha servido como Servidor Web para el acceso de los dispositivos móviles.

Para poder controlar el LOGO! ha sido necesario configurar dos nuevas variables de memoria (VM) a través del software LOGO!Soft Comfort que serán utilizadas como entradas de red:

- NI4 → V150.4
- NI14 → V150.5

Ambas entradas de red se accionarán desde un navegador web con un dispositivo móvil. En el ejemplo creado en el prototipo, ambas entradas accionarán la salida “1-Q2” del LOGO! 8.

Para el diseño de la aplicación web con la que se controlarán remotamente los componentes del prototipo se ha utilizado la versión de prueba del software LOGO!Monitor V 2.1.682.

Lo primero que se ha hecho tras abrir este programa es configurar los parámetros de conexión al LOGO! desde el Menú “Settings”, opción “Logo Setup”. Aquí se especifican las características de red del LOGO! al que se va a conectar. En este caso, la conexión se hace al LOGO! 8 Maestro.

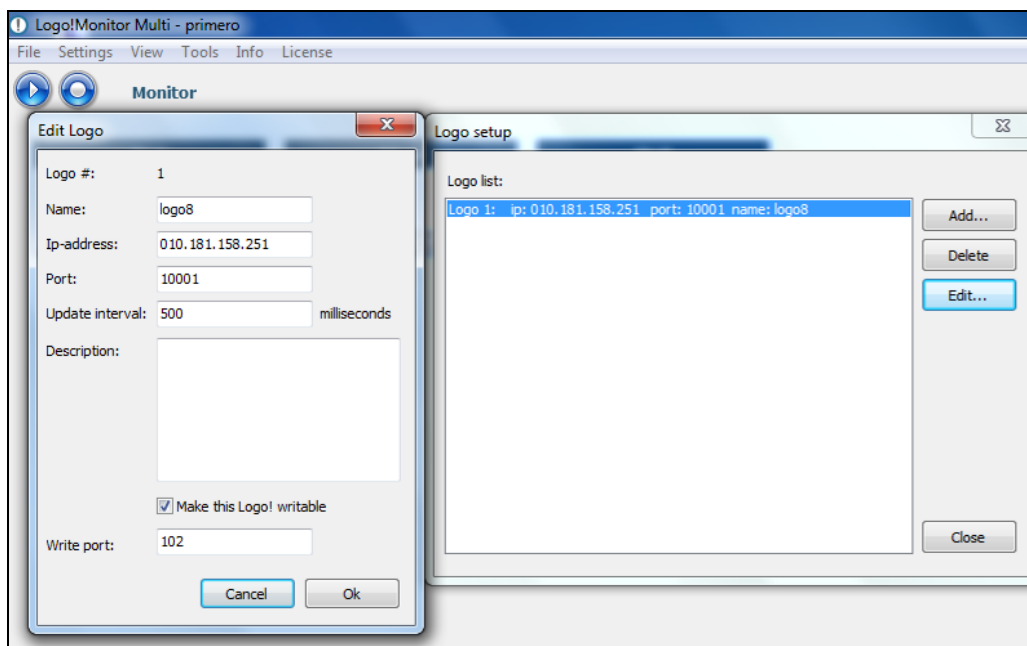


Ilustración 47. LOGO!Monitor. Logo Setup.

Tras valorar todas las funcionalidades que ofrece la aplicación, desde la posibilidad de ofrecer una pantalla de monitor para monitorizar todas las entradas y salidas del PLC; una pantalla de gráficos con información variada sobre distintas variables; una pantalla de Mensajes de Log, donde obtener información variada; hasta una pantalla de visualización donde poder diseñar una aplicación desde donde poder controlar el LOGO! desde el propio programa.

Sin embargo, la mejor opción observada en el programa para poder llevarlo a la práctica en este proyecto sobre el prototipo es la que se encuentra en el Menú “Tools”, opción “Smart Phone Designer”, que como su propio nombre indica permite diseñar una aplicación que se podrá a utilizar en un dispositivo móvil, una vez se haya arrancado el Servidor Web que incorpora el software.

De forma relativamente sencilla se pueden crear controles para la interacción con el PLC. Se insertarán “botones” para, después de su configuración, ejecutar las funciones requeridas. Se puede observar en la siguiente figura la forma de configurar un “botón” (button) para el encendido (on) de una lámpara a través de la variable de memoria (VM) 150.4.

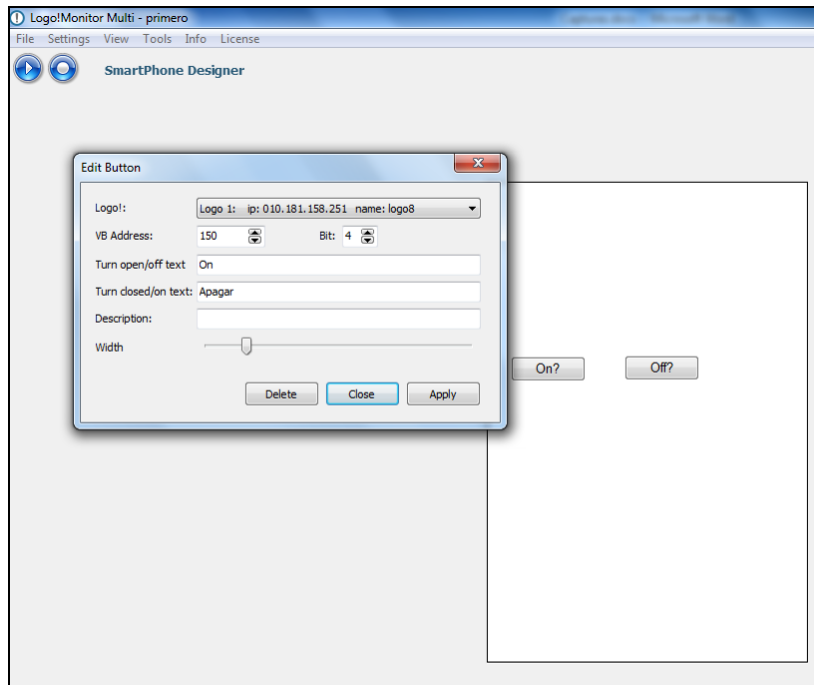


Ilustración 48. Configurar "button" en SmartPhone Designer.

Para finalizar, para aportar la máxima claridad a lo efectuado, se presenta una imagen en la que se muestran las tres partes más importantes de la interacción de este programa para el control remoto:

- El acceso desde navegador web a las funciones de control creadas (izquierda).
- El diseño realizado en el programa (centro).
- El esquema de LOGO!Soft Comfort creado para la ocasión (derecha).

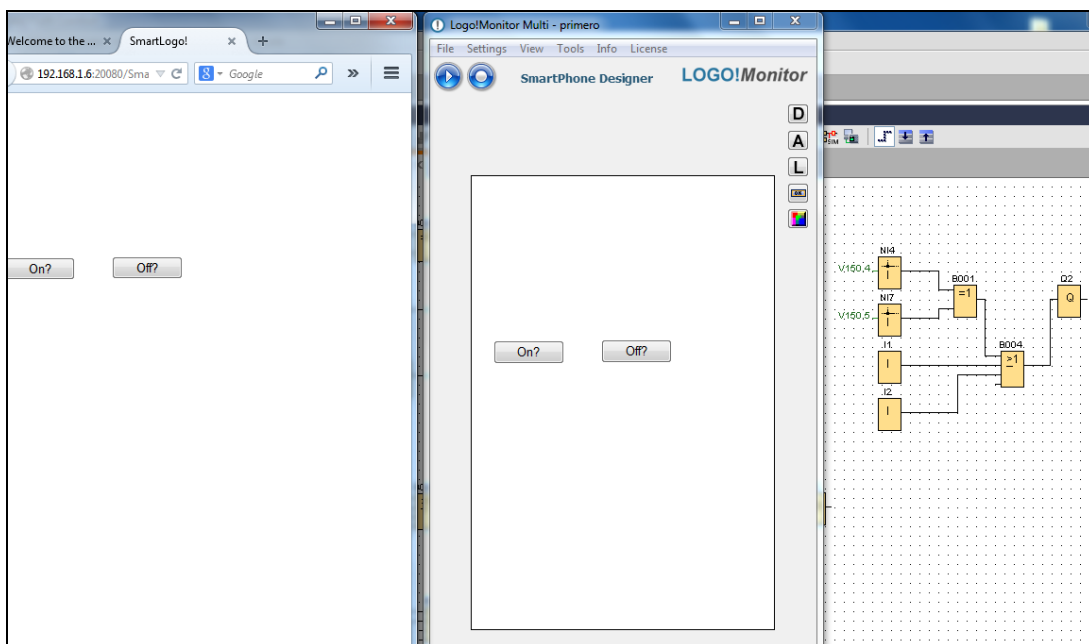
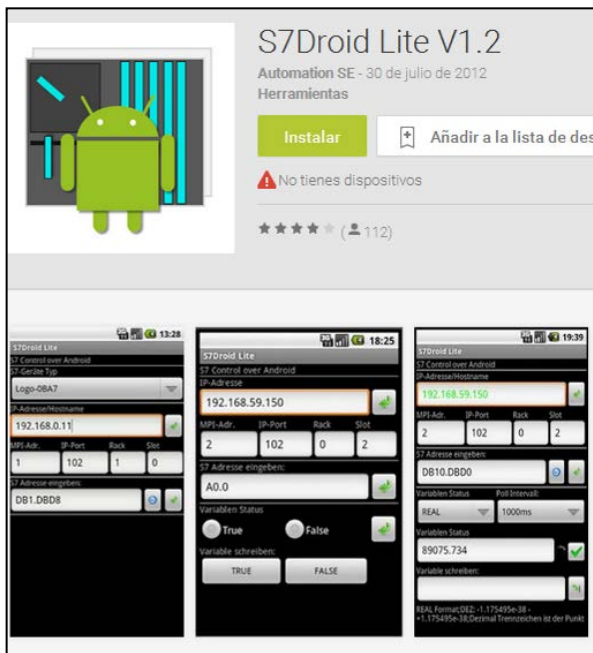


Ilustración 49. Detalle funcionamiento LOGO!Monitor.

4.3.3. S7Droid

Esta App está disponible solo para dispositivos con Sistema Operativo Android, descargable a través de Google Play en dos versiones:

- S7Droid Lite V1.2 (Versión Trial gratuita)^{xxix}
- S7Droid Full (Versión Completa. Precio 16,99€)^{xxx}



La diferencia entre ambas versiones es que en la versión de pago se pueden definir diferentes PLCs Siemens S7 con diferentes "Datapoints" cada uno. En la versión de prueba sólo se puede definir un Siemens S7.

Utiliza la librería "libnodave"^{xxxi} para implementar la comunicación con los PLCs S7 de Siemens.

Ilustración 50. Descarga desde Google Play de S7Droid Lite V1.2

La ventaja de esta aplicación es que no necesita Servidor Web en una máquina diferente para ejecutarse. A diferencia de las otras dos aplicaciones de control remoto presentadas, se instala directamente en el SmartPhone o Tablet Android y no necesita ninguna otra aplicación tipo Servidor Web sobre sistema operativo Linux o Windows para funcionar.

La desventaja es que hay muy poca documentación sobre dicha App y sólo se ha podido conseguir información a través de foros específicos de PLCs Siemens o escuetos vídeos solo de funcionamiento en Youtube. Además, la última versión disponible data de 22 de Enero de 2013, por lo que es de suponer que en la actualidad no se realiza seguimiento por parte del autor.

Se ha intentado acceder a la página Web que se indicaba en Google Play pero no está disponible. También se ha intentado contactar vía e-mail con el desarrollador para solicitar más información de la aplicación pero no se ha recibido respuesta.

Se procede a descargar la versión gratuita (sólo permite programar un PLC y un dispositivo) para su instalación en una Tablet con Android. Una vez instalada, se comprueba que no hay ninguna información de configuración.

Para probar el funcionamiento, primeramente se modifica el esquema realizado con el software LOGO!Soft Comfort V8.0, para añadir una nueva entrada de

red que encienda la lámpara 1-Q1 (que también es activada por el detector de presencia (entrada 1-I4):

- NI5 → V150.6

A continuación se abre la App S7Droid Lite en la Tablet y se configura el tipo de dispositivo al que se va a conectar. Se elige Logo-0BA7 (a pesar de que el modelo al que se va a conectar es un LOGO!8, se comprobará que funciona igualmente. Por defecto se configuran los parámetros por defecto de “MPI-Addr.:1”, “IP-Port:102”, “Rack:0”, “Slot:0”. Además se deberán configurar los parámetros:

- IP Address: 10.181.158.251
- Put in S7 Address: DB0.DBX150.6; este es el valor de bloque (Datablock) configurado como entrada de red en el LOGO! con el valor 150.6, tal como se ha comentado anteriormente.

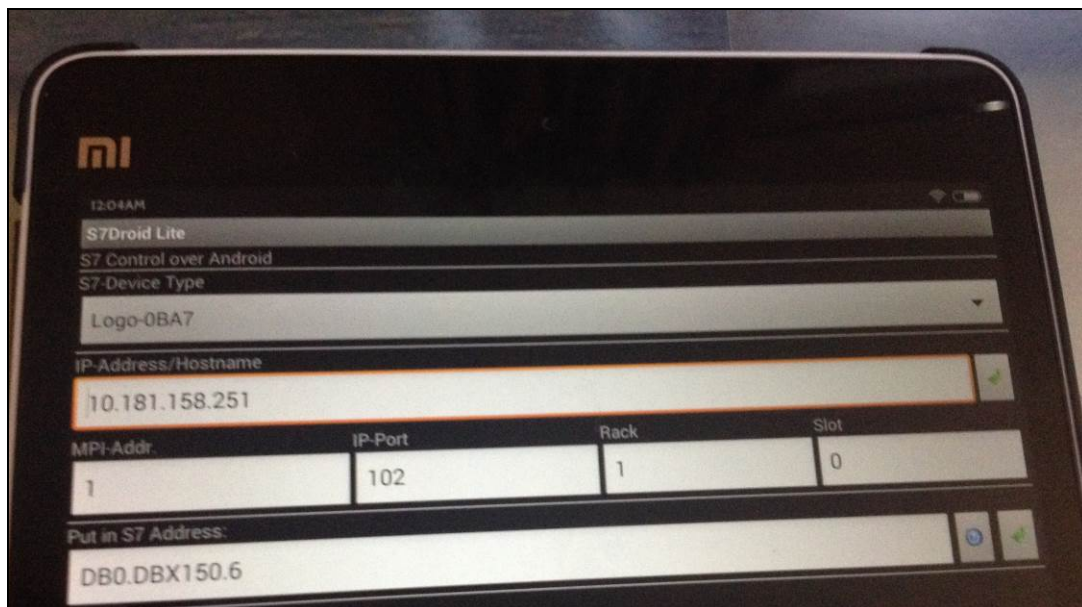


Ilustración 51. Configuración App S7Droid Lite en Tablet

Finalmente se comprueba la conexión con el LOGO! y la dirección de memoria del bloque indicado.

En la parte de abajo de la pantalla hay dos botones de acción con los nombres “TRUE” y “FALSE”.

Si todo ha sido correcto, al pulsar estos botones se encenderá/apagará la lámpara 1-Q1^{xxxii}.

4.3.4. ISWvis Mobile

Por último se procede a la prueba de esta aplicación para control remoto de un PLC LOGO! a través de una App desde un dispositivo móvil.

Lo primero que hay que hacer es descargarse tanto el software de diseño de Apps para Windows (Windows XP, Vista ó 7) y proceder a su instalación, así

como la “Free demo Version” de la App para dispositivos con sistema operativo Android^{xxxiii} e instalarla.

Comentar que el software a instalar en el PC con Windows es gratuito y completo sin ninguna restricción. Sin embargo, la versión gratuita para instalar en SmartPhone o Tablet tiene como limitación un máximo de 10 controles, que para la prueba a realizar en este proyecto es más que suficiente.

La secuencia a seguir para la creación de una nueva App para un dispositivo móvil será la siguiente [19]:

1. Se parte de la última versión del esquema realizado en el software de Siemens LOGO!Soft Comfort V8.0 (la última modificación se realizó en el subapartado anterior (4.3.3):

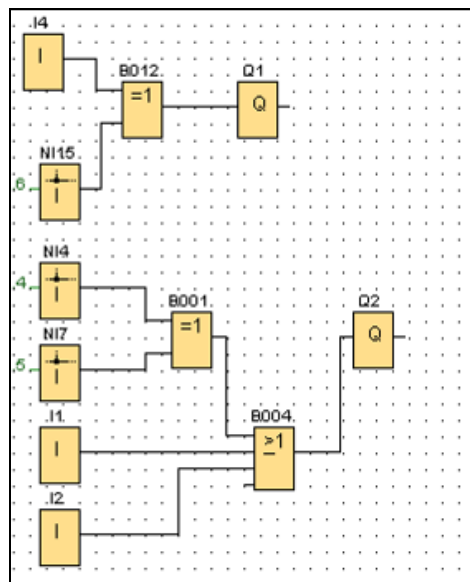


Ilustración 52. Detalle esquema parcial LOGO!Soft Comfort

2. Se abre el programa “ISWvisMobile PC Editor V1.6.3 en el ordenador portátil con sistema operativo Windows 7 utilizado en este proyecto. Se configuran los datos de Conexión al LOGO! Maestro (desde “Menú”, opción “Connection”). Se insertan los siguientes datos:
 - IP: 10.181.158.251
 - IPPort: 102
 - Name: Connection 1
 - Rack: 1
 - Slot: 0
 - StandardEinstellungen_von: Logo

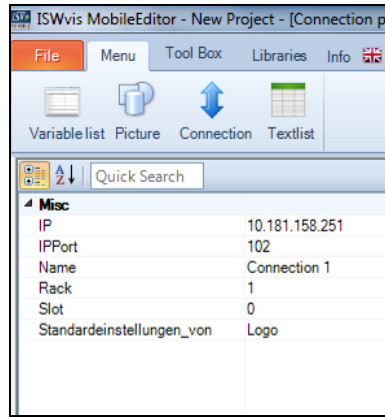


Ilustración 53. Configuración de conexión en ISWvis Mobile Editor

3. Dentro del mismo Editor, se define la lista de variables a utilizar. Para realizar la prueba se utilizarán:
 - InN1→DB 0 DBX 150.4 (encenderá la lámpara 1-Q2)
 - InN2→DB 0 DBX 150.6 (encenderá la lámpara 1-Q1)

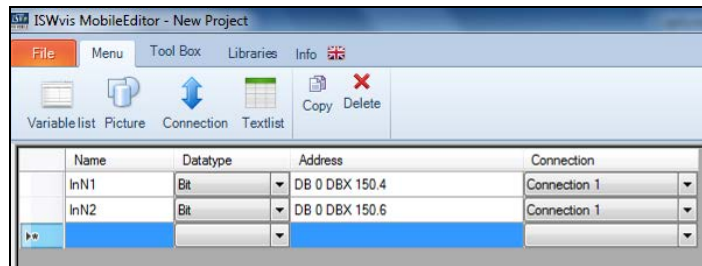


Ilustración 54. Configuración de Lista de Variables en ISWvis Mobile Editor

4. Y se realiza el diseño de la App a través de “Menu”, opción “Picture”. Se añadirán dos botones de acción “Toggle” para simular las entradas de red InN1 (texto: “1-Q2”) e InN2 (texto: “1-Q1”) y dos figuras que representarán en rojo cuando las lámparas estén apagadas y en verde cuando estén encendidas.

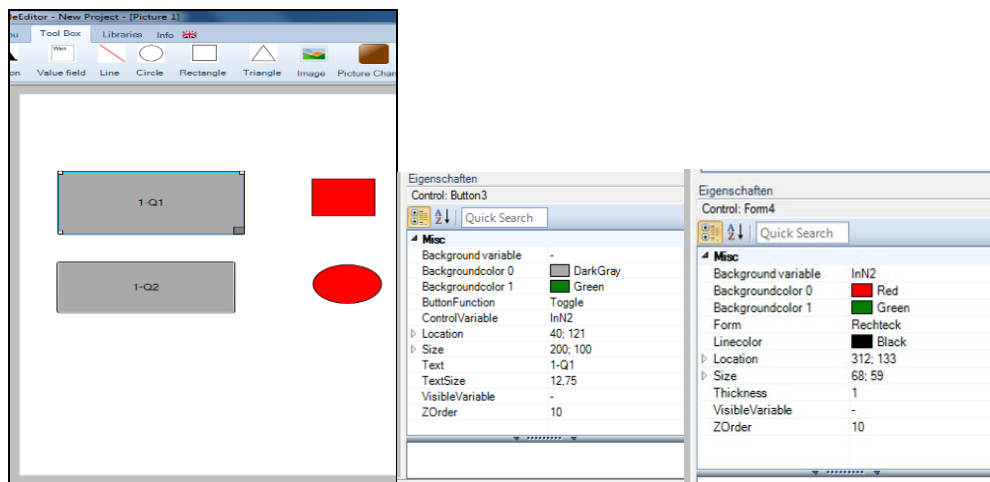


Ilustración 55. Diseño de App en ISWvis Mobile Editor

5. Ahora desde la Tablet utilizada para este proyecto, se abre la App ISWvis Mobile App V1.6.3.
6. Desde el PC portátil, en el Editor, se ejecuta la opción “(WLAN) Load on Mobile Device” desde el menú “File”. Si todo funciona correctamente, se debe detectar la Tablet que tiene la App abierta, tal como se ha realizado en el punto 5. Se pincha en el botón “Load on Device” para traspasar la App a la Tablet (también se podría cargar en un SmartPhone con Android). Una vez finalizada la carga, la App se cierra en la Tablet y es necesario volver a abrirla. Se puede comprobar que sale en la pantalla de la Tablet (o en su caso de un Smartphone) el diseño que se ha realizado desde el Editor en el PC portátil.

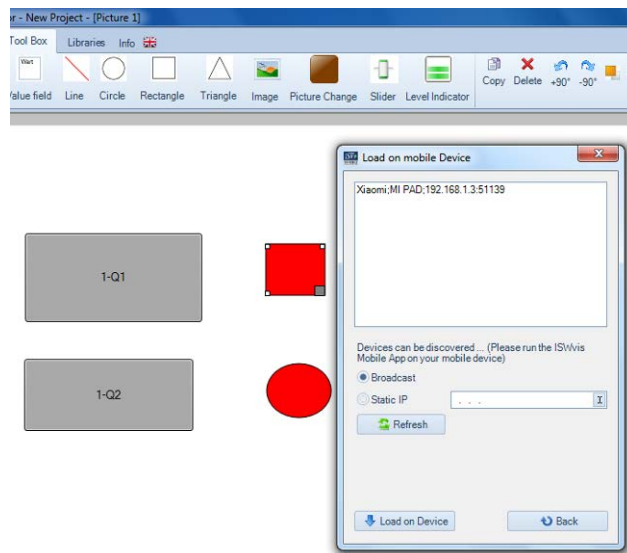


Ilustración 56. Carga App en dispositivo móvil.

7. Se comprueba que los botones disponibles encienden las lámparas del prototipo tal como se ha programado y también las figuras cambian a color verde^{xxxiv}

5. Conclusiones

5.1. Descripción.

Se puede concluir que con la realización de este Trabajo Fin de Máster se ha conseguido realizar un proyecto de vivienda domótica de forma diferente a lo que se está realizando en el mercado actual del sector.

Se ha demostrado que Autómatas Programables de una marca reconocida, pero no usados habitualmente para proyectos de Hogar Digital fuera de las tecnologías de bus predominantes en el mercado (KNX y LonWorks) se puedan reutilizar para dicho fin, aportando fiabilidad, garantía de funcionamiento e incluso prestigio a una instalación de este tipo

Además se ha conseguido realizar el control remoto a través de SmartPhones o Tablets utilizando aplicaciones o Apps independientes del fabricante de los PLCs. De hecho, Siemens, fabricante de los dispositivos utilizados en este Proyecto, no dispone de un software específico y propietario para este fin. Es de considerar la importancia que debe tener para fabricantes como Siemens el proveer en un futuro no muy lejano Apps para control remoto.

Todo ello, realizando la instalación real sobre un prototipo, creado desde cero que simula muchas de las funciones a realizar en una vivienda domótica y comprobando todas y cada una de las implementaciones realizadas tanto desde los elementos de control del propio prototipo como desde los dispositivos móviles de forma remota.

Por último, es de destacar que no existe mucha información sobre control remoto para domótica con dispositivos Siemens y tampoco instalaciones reales donde poder apoyarse para la realización de un proyecto de este tipo. Además, las aplicaciones o Apps encontradas, en su gran mayoría no disponen de información oficial sobre su funcionamiento. Sin embargo, las cuatro aplicaciones evaluadas y probadas sobre el terreno han cumplido su misión y se ha de destacar su correcto funcionamiento en las situaciones planteadas.

5.2. Lecciones aprendidas.

Para poder hacer un trabajo de este tipo se ha considerado que sin una realización práctica que corrobore el correcto funcionamiento del sistema diseñado no se hubieran alcanzado los objetivos planteados.

Además, es un reto para cualquier Ingeniero el demostrar que lo planteado en un proyecto de este tipo es completamente realizable en la práctica, y produce una gran satisfacción el demostrar que tras largas horas de arduo trabajo, finalmente el sistema diseñado cumple las especificaciones previstas al inicio del proyecto.

Por los motivos expuestos, se ha aprendido que si un proyecto está correctamente planteado, bien diseñado y establecidos unos objetivos creíbles y realizables, es más sencillo obtener el éxito en el Proyecto. Pero dicho éxito sólo se consigue si además todo funciona de forma real tal como se ha previsto, y lógicamente se puede demostrar.

También se ha conseguido encontrar una amplia variedad de soluciones que consiguen que se pueda elegir una de ellas según la necesidad existente en cada situación.

Por último, con la construcción de un prototipo de funcionamiento autónomo del sistema (sólo necesita una toma de corriente eléctrica para su funcionamiento) se puede utilizar para presentar este Proyecto en diversos foros, cursos o conferencias el trabajo realizado y así promover el conocimiento y aprendizaje sobre un sistema real a las personas interesadas en este sector.

5.3. Objetivos alcanzados.

El mayor objetivo alcanzado en este proyecto, es que todo lo diseñado en el prototipo funcione en la práctica según lo previsto en la teoría.

Además, un segundo objetivo principal sería el encontrar aplicaciones para SmartPhones o Tablets que pudieran interactuar inalámbricamente con el sistema diseñado. Un punto importante era el encontrar la suficiente variedad de aplicaciones o Apps que funcionaran correctamente y que así permitieran elegir la solución más conveniente según las propias necesidades de cada situación.

También es un objetivo importante el poder demostrar que todo funciona e incluso poder explicar in situ el correcto funcionamiento, dada la movilidad que se aporta con el prototipo construido. Al tratarse de un maletín con todos los elementos integrados, es sencillo su transporte para su exposición en público.

5.4. Líneas de trabajo futuras.

Por la parte hardware se puede seguir trabajando en añadir nuevos elementos de entrada al prototipo, tales como sensores de humo, de gas, detectores magnéticos de puertas y ventanas, etc; así como de nuevos elementos de salida como apertura automática de puertas, alarmas, etc.

También se considera que se puede seguir ahondando en el diseño de las aplicaciones o Apps para control remoto para conseguir el control completo del prototipo, es decir, implementando todas las funciones que se pueden realizar en dicho prototipo.

En las cuatro aplicaciones utilizadas se han realizado pruebas de control sobre uno o dos elementos de salida, principalmente el encendido de una lámpara o el accionamiento de un motor de persiana. La continuación lógica sería el desarrollo de una aplicación completa que controle de forma remota todas las funciones disponibles.

Parte importante de este futuro trabajo de diseño sería el crear una aplicación que fuera amigable para el potencial usuario y sencilla de usar. Para este fin, se parte de amplia variedad de aplicaciones o Apps presentadas en este Trabajo Fin de Máster y así permitir el poder evaluar las que mejor cumplan los objetivos perseguidos.

También una línea futura sería el trabajar sobre nuevos dispositivos móviles que en un futuro próximo serán de uso cotidiano, tales como los SmartWatch (Relojes Inteligentes).

6. Glosario

Domótica: Conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación; y que puedan estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas y cuyo control goza de cierta ubicuidad desde dentro y fuera del hogar. (Fuente: Wikipedia)

Smart City: Ciudad inteligente. Desarrollo urbano basado en la sostenibilidad, gobernanza participativa y gestión prudente y reflexiva de los recursos naturales y el buen aprovechamiento del tiempo de los ciudadanos. (Fuente: Wikipedia).

LOGO!: Marca registrada por Siemens correspondiente a un controlador lógico programable (PLC) de baja gama de la familia Simatic S7. Se utiliza principalmente para tareas sencillas de automatización industrial y de edificios. (Fuente Siemens).

Raspberry Pi: Es un ordenador de placa reducida (SBC) de bajo coste con unas dimensiones de 85 x 54 milímetros al que se le puede alojar un Sistema Operativo en una tarjeta de memoria SD. Se le pueden conectar dispositivos periféricos a través de conexión USB y que permite conexión cableada de red a través del estándar Ethernet.

Sensores: Dispositivos que están continuamente monitorizando el entorno con objeto de generar un evento que será enviado para su procesamiento a un controlador.

Actuadores: Dispositivos de salida que reciben una orden del controlador y realizan una acción.

HMI: (Human Machine Interface) o interfaz hombre-máquina, es la manera en la que los hombres interactúan con las máquinas.

7. Bibliografía

1. *Título:* Diseño y Simulación de un sistema Domótico para una Vivienda Unifamiliar
Autor: Eufemio Pacheco Rocamora.
Fecha publicación: Septiembre 2008
Fuente de información:
<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/handle/10317/750>
Consultado: Enero 2015.
2. *Título:* Presente y futuro del Hogar Digital. Una visión desde Andalucía.
Autor: Rafael Varo Navarro. Miguel Ángel Arrollo Gabiña. M^a Dolores Sanz González. COIT
Fecha publicación: 208
Fuente de información:
http://www.coitaoc.org/files/divulgacion/Presente_y_Futuro_Hogar_Digital.pdf
Consultado: Enero 2015.
3. *Título:* Presente y futuro de la vivienda del siglo XXI
Autor: Il Congreso Hogar Digital. AMETIC.
Fecha publicación: Junio 2011
Fuente de información:
<https://www.casadomo.com/biblioteca/libro-del-ii-congreso-de-hogar-digital-de-ametic>
Consultado: Enero 2015.
4. *Título:* Libro blanco del Hogar Digital y de las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones.
Autor: Telefónica de España
Fecha publicación: 2003
Fuente de información:
<http://es.slideshare.net/artorius1968/libro-blancohogardigital-telefonica>
Consultado: Enero 2015.
5. *Título:* Smart Cities.
Autor: Foro TIC para la Sostenibilidad. AMETIC
Fecha publicación: 2012
Fuente de información:
http://www.ametic.es/download/documents/Informe_Smart_Cities.pdf
Consultado: Enero 2015.
6. *Título:* Guía del Usuario del Hogar Digital
Autor: ASIMELEC
Fecha publicación: 2009
Fuente de información:
www.ametic.es/DescargarDocumento.aspx?idd=5212
Consultado: Enero 2015.
7. *Título:* Reglamento Particular de la Marca AENOR para Instalaciones de Sistemas Domóticos en Viviendas. RP 30.24
Autor: AENOR
Fecha publicación: Diciembre 2007

- Fuente de información:* <http://www.cedom.es/sobre-domotica/normativa-domotica-e-inmotica/procedimiento-para-la-certificacion-de-instalaciones-domoticas>
Consultado: Enero 2015.
8. *Título:* Soluciones KNX
Autor: KNX España
Fecha publicación:
Fuente de información:
www.knx.org/new_lib/index.php/Media?id=306911
Consultado: Febrero 2015.
9. *Título:* Introducción a KNX
Autor: Schneider Electric
Fecha publicación: 2009
Fuente de información:
<http://eventos.schneiderelectric.es/descargar/939?eventId=297&fwdUrl=/...>
Consultado: Febrero 2015.
10. *Título:* Simon VIT@IP
Autor: SIMON
Fecha publicación:
Fuente de información:
www.simondomotica.es/pdf/ManualVIT@_IP_usuario.pdf
Consultado: Febrero 2015.
11. *Título:* Integración de sistema domótico Ingenium bajo el estándar UPnP
Autor: Victor Manuel Infantes Gázquez. Universidad de Sevilla
Fecha publicación: Junio 2012
Fuente de información:
http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11977/fichero/Memoria%252F5_Capitulo03.pdf
Consultado: Febrero 2015.
12. *Título:* LOGO! Manual de producto
Autor: SIEMENS
Fecha publicación: Junio 2014
Fuente de información:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/780/100761780/att_86243/v1/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf
Consultado: Marzo 2015.
13. *Título:* Sensores para Domótica e Inmótica
Autor: E.P.S. Ingeniería Gijón
Fecha publicación:
Fuente de información:
<http://isa.uniovi.es/docencia/AutomEdificios/transparencias/sensores.pdf>
Consultado: Marzo 2015.
14. *Título:* Actuadores para Domótica e Inmótica
Autor: E.P.S. Ingeniería Gijón
Fecha publicación:
Fuente de información:
<http://isa.uniovi.es/docencia/AutomEdificios/transparencias/actuadores.pdf>
Consultado: Marzo 2015.

15. *Título:* Ayuda en pantalla de LOGO!Soft Comfort
Autor: Siemens
Fecha publicación: Junio 2014
Fuente de información:
<https://support.industry.siemens.com/cs/#document/100782807?lc=es-WW>
Consultado: Marzo 2015.
16. *Título:* Raspberry Pi. Guía del Usuario
Autor: Eben Upton. Gareth Halfacree.
Editorial: Anaya Multimedia.
Fecha publicación: Octubre 2013
Fuente de información:
<http://www.amazon.es/Raspberry-T%C3%ADtulos-Especiales-Eben-Upton/dp/8441534381>
Consultado: Marzo 2015.
17. *Título:* LogoControl (en alemán)
Autor: Pacmanll. Frickelzeugs
Año: 2014
Fuente de información:
<http://www.frickelzeugs.de/logocontrol/>
18. *Título:* Manual Logo!Monitor Multi. User Manual versión 1.3
Autor: Quirex software solutions
Fecha publicación:
Fuente de información:
<http://logomonitor.quirex.nl/ManualLogo!MonitorMulti.pdf>
Consultado: Marzo 2015.
19. *Título:* Práctica 003. Control mediante un SCADA basado en Android
Autor: Xendika
Fecha publicación:
Fuente de información:
<https://xendika.wordpress.com/2014/04/16/un-par-de-practicas-sobre-domotica/>
Consultado: Marzo 2015.

8. Anexos

8.1. ANEXO I. Estudio económico Parte Hardware.

Descripción	Cantidad	Precio	Total
Siemens LOGO! 7 230V RCE	1	184.69€	184.69€
Siemens LOGO! 8	1	114.24€	114.24€
Placa Raspberry Pi	1	34.95€	34.95€
Alimentador eléctrico microUSB 2 A.	1	9.95€	9.95€
Tarjeta Memoria SD 8 GB	1	4.99€	4.99€
Wireless USB TP Link TL-WN725N	1	7.40€	7.40€
Switch 5 Puertos 10/100 Mbits/s	1	11.90€	11.90€
Detector de Presencia	1	8.95€	8.95€
Interruptor	4	1.00€	4.00€
Pulsador	3	1.00€	3.00€
Pulsador doble de persiana	1	6.56€	6.56€
Motor de persiana "ede Motors"- D351314S	1	44.75€	44.75€
Lámpara	6	1.80€	10.80€
Maletín Herramientas	1	49.00€	49.00€
Carril DIN	20 cm	2.00€	2.00€
Canaleta	1 m	2.50€	2.50€
Cable eléctrico	10 m	0.29€	2.90€
Latiguillo Cable red UTP Cat5e	3	1.00€	3.00€
			426.28€

8.2. ANEXO II. Estudio económico Parte Software.

Descripción	Cantidad	Precio	Total
Siemens Logo!Soft Comfort V8.0 (for Windows)	1	60.70€	60.70€
NetIO (for Android)	1	4.99€	4.99€
Logo!Monitor Single User License (for Windows)	1	49.45€	49.45€
S7Droid Full (for Android)	1	16.99€	16.99€
ISWvis Mobile (for Android)	1	19.90€	19.90€
			152.03€

9. Referencias

- ⁱ Tabla Ejemplo de Niveles de Domotización: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/evaluacion-de-instalaciones-domoticas>
- ⁱⁱ http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/guias/guia_bt_51_feb07R1.pdf
- ⁱⁱⁱ http://www.schneider-electric.com/download/es/es/details/28459189-KNX-1006-Base-datos-ETS3/?reference=KNX-1006_base_datos_ETS3
- ^{iv} <http://onlineshop.knx.org/>
- ^v <http://simondomotica.es/area/index.html>
- ^{vi} <http://ingeniumsl.com/website/>
- ^{vii} <https://support.industry.siemens.com/cs/#pd/285322?pdti=1&lc=en-WW>
- ^{viii} http://webfacil.tinet.org/usuarios/davage/BJC_DIALOGO_20121022133403.pdf
- ^{ix} <http://www.archiexpo.es/prod/siemens-building-technologies/detectores-presencia-techo-pasivos-protocolo-knx-728-1110809.html>
- ^x <http://www.belkin.com/us/F7C038/p/P-F7C038/>
- ^{xi} http://www.loxone.com/tl_files/loxone/downloads/datasheets/ES/pdf_webshop/200032-Sensor-de-luminosidad-update1.pdf
- ^{xii} http://www.schneiderelectric.es/documents/local/soporte/tarifas/2011/julio/pdf/ESMKT02017G11_TARIFA_PME.pdf
- ^{xiii} <http://www.edemotors.com/motores-persianas-accionamiento-manual/motor-35-estandar>
- ^{xiv} http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_fluorescente_compacta
- ^{xv} En el vídeo del Trabajo Fin de Máster se muestran todas las pruebas.
- ^{xvi} http://www.pccomponentes.com/raspberry_pi_modelo_b_.html?gclid=Cj0KEQiAvKunBRCfsum9z6fu_5IBeiQAu4lg4lf6UBQXobxq-eqQxl797DacaHZO2J5W3XC8KIN-XDcaAhnJ8P8HAQ
- ^{xvii} http://www.pccomponentes.com/toshiba_microsdhc_8gb_clase_4.html
- ^{xviii} <http://www.raspberrypi.org/downloads/>
- ^{xix} http://www.pccomponentes.com/cargador_raspberry_pi_model_b__usb_2a.html?gclid=Cj0KEQiA37CnBRChp7e-pM2Mzp0BEiQAISxQCF0QX2XpqtOAuMpGwkcgJAzq8o4Fx0qKNyX5q_RYbJkaAtlv8P8HAQ
- ^{xx} http://elinux.org/RPi_USB_Wi-Fi_Adapters
- ^{xxi} <http://www.loxone.com>
- ^{xxii} <https://itunes.apple.com/us/App/logo!-App/id581906197?mt=8>
- ^{xxiii} <http://www.frickelzeugs.de/>
- ^{xxiv} <http://libnodave.sourceforge.net/>
- ^{xxv} <https://play.google.com/store/Apps/details?id=com.luvago.netio&hl=es>
- ^{xxvi} <https://play.google.com/store/Apps/details?id=com.luvago.netio>
- ^{xxvii} <http://logomonitor.quirex.nl/home.php>
- ^{xxviii} <http://logomonitor.quirex.nl/download.php>
- ^{xxix} <https://play.google.com/store/Apps/details?id=de.ase.s7droidlite&hl=es>
- ^{xxx} <https://play.google.com/store/Apps/details?id=de.ase.s7droidfull&hl=es>
- ^{xxxi} <http://libnodave.sourceforge.net/>
- ^{xxxii} Se ha creado un vídeo con la comprobación del funcionamiento de todas las pruebas realizadas.
- ^{xxxiii} <http://www.iswvis-mobile.at/en>
- ^{xxxiv} Se ha creado un vídeo con la comprobación del funcionamiento de todas las pruebas realizadas.