



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Diseño e implementación de un sistema domótico para gestión de energía con control descentralizado en una vivienda mediante Componentes Bus Programables bajo protocolo KNX

### TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Mecatrónico(a)

### AUTORES

Castañeda Cusichaqui, Darlett Doany  
ORCID: 0000-0002-9188-8337

Yataco Almeyda, Jean Poul  
ORCID: 0009-0004-3123-320X

### ASESOR

Sotelo Valer, Freedy  
ORCID: 0000-0001-9076-3674

**Lima, Perú**

**2023**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de los autores**

Castañeda Cusichaqui, Darlett Doany

DNI: 70180169

Yataco Almeyda, Jean Poul

DNI: 75356162

### **Datos de asesor**

Sotelo Valer, Freedy

DNI: 25804755

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Lopez Cordova, Jorge Luis

DNI: 09638009

ORCID: 0000-0002-3817-6859

JURADO 2

Tanaka Takashigue, Fernando

DNI: 07206456

ORCID: 0000-0002-1475-9195

JURADO 3

Castro Salguero, Robert Gerardo

DNI: 06756101

ORCID: 0000-0001-9909-3435

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.02

Código del Programa: 712046

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Darlett Doany Castañeda Cusichaqui, con código de estudiante N°201420693, con DNI N°70180169, con domicilio en Calle Rio Sena 175, distrito La Molina, provincia y departamento de Lima, y Jean Poul Yataco Almeyda, con código de estudiante N°201712063, con DNI N°75356162, con domicilio en Av. B 122 Condominio Alameda del Rímac Torre 6 Dpt. 804, distrito Rímac, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Diseño e implementación de un sistema domótico para gestión de energía con control descentralizado en una vivienda mediante Componentes Bus Programables bajo protocolo KNX” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Freedy Sotelo Valer, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 18% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 15 de octubre de 2023



---

Darlett Doany Castañeda Cusichaqui  
DNI N°70180169



---

Jean Poul Yataco Almeyda  
DNI N°75356162

## INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN


# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA GESTIÓN DE ENERGÍA CON CONTROL DESCENTRALIZADO EN UNA VIVIENDA MEDIANTE COMPONENTES BUS PROGRAMABLES BAJO PROTOCOLO KNX

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid Trabajo del estudiante	6%
2	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	3%
3	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	2%
4	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Tecnológica Indoamerica	<1%

  
Mg Ing Eduardo Ale Estrada

## **DEDICATORIA**

Esta tesis es el resultado de un largo y apasionante viaje, y no podría haber llegado hasta aquí sin su inquebrantable apoyo y amor. Gracias por creer en mí y por ser mi ancla en la tormenta. A medida que cierro este capítulo y abro las puertas a nuevos horizontes, llevo conmigo sus valores y lecciones de vida, que son el cimiento de todo lo que he logrado. Dedico esta investigación a Dios, a mis padres, hermanas, tíos y a mi abuelita quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

Darlett Doany Castañeda Cusichaqui

Dedico esta investigación a mis padres, hermanas y familiares. En agradecimiento por sus consejos, apoyo incondicional y orientación formándome en la persona que soy. Lo que he logrado, incluida esta investigación, se lo debo a mi familia.

Jean Poul Yataco Almeyda

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestros sinceros agradecimientos a los docentes de la escuela de ingeniería mecatrónica, por habernos brindado los conocimientos necesarios para desarrollar la presente investigación.

Agradecemos también de manera especial a nuestro asesor por compartir sus conocimientos y guiarnos en el transcurso de la investigación.

Darlett Doany Castañeda Cusichaqui

Jean Poul Yataco Almeyda

## ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS .....	II
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	III
INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN.....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
ÍNDICE GENERAL .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Formulación y delimitación del Problema.....	3
1.2. Formulación del problema .....	6
1.2.1. Problema general .....	6
1.2.2. Problemas específicos.....	6
1.3. Objetivos .....	7
1.3.1. Objetivo General.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos .....	7
1.4. Variables .....	7
1.4.1. Variable Independiente .....	7
1.4.2. Variable dependiente .....	7
1.5. Limitaciones de la investigación.....	7
1.6. Importancia y justificación del estudio .....	8
1.6.1. Importancia del estudio.....	8
1.6.2. Justificación del estudio.....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. Marco histórico .....	10
2.2. Investigaciones relacionadas al tema .....	11
2.2.1. Antecedentes Internacionales .....	11
2.2.2. Antecedentes Nacionales .....	12
2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el estudio .....	14

2.3.1. Sistema Domótico.....	14
2.3.2. Sistemas de Control .....	23
2.3.3. Vivienda Digital.....	26
2.3.4. Topologías de la red.....	28
2.3.5. Tipos de sistemas domóticos basados en cableado específico bus de campo .....	31
2.3.6. Definición de términos básicos.....	53
<b>CAPÍTULO III. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....</b>	<b>55</b>
3.1. Fases de diseño .....	56
3.2. Requerimientos .....	57
3.2.1. Encendido y apagado de la iluminación .....	57
3.2.2. Iluminación controlada por regulación .....	57
3.2.3. Sistema de control de la temperatura y el ambiente .....	58
3.2.4. Sistema de CO2 recovery .....	58
3.2.5. Alarmas técnicas .....	58
3.2.6. Sistema de cerradura.....	59
3.2.7. Persianas y ventanas .....	59
3.2.8. Contadores de consumo .....	59
3.3. Elección de componentes.....	59
3.3.1. Actuadores .....	59
3.4. Procedimiento de montaje del interfaz y controlador .....	60
3.5. Conexión de los componentes en las instalaciones: .....	62
3.5.1. Circuito de Potencia.....	62
3.5.2. Circuito de Mando .....	62
3.6. Interface .....	64
3.6.1. Interface de pines .....	64
3.7. Requisitos de instalación KNX.....	65
3.7.1. Consideraciones de la instalación domótica .....	65
3.8. Herramienta de Programación .....	68
3.9. Puesta en marcha .....	70
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>72</b>
4.1. Inicio de operaciones .....	72
4.2. Resultados .....	73
4.3. Mejoras .....	74
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>80</b>



RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS.....	83
ANEXOS .....	85
APENDICE.....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Superficie de cada estancia .....	56
Tabla 2 Característica del cable 0 492 92 .....	66
Tabla 3 Tecla/Valor .....	74
Tabla 4 Simbología utilizada en los esquemas de las instalaciones domóticas .....	85
Tabla 5 Presupuesto .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Consejos para el ahorro de energía.....	4
Figura 2 Principales fuentes de generación de energía a nivel nacional .....	5
Figura 3 Evolución del consumo final de energía por sectores .....	5
Figura 4 Potencial de la automatización residencial en una casa tradicional .....	14
Figura 5 Áreas de aplicación .....	15
Figura 6 Elementos del sistema .....	18
Figura 7 Detector de fuga de gas .....	19
Figura 8 Detector de movimiento .....	19
Figura 9 Detector de fuga de agua .....	20
Figura 10 Controladores .....	20
Figura 11 Controladores .....	21
Figura 12 Actuadores.....	21
Figura 13 Sistema de control centralizado.....	24
Figura 14 Sistema de control descentraliza .....	25
Figura 15 Sistema de control distribuido.....	26
Figura 16 Diagrama de la difusión del concepto de vivienda conectada.....	27
Figura 17 Red en estrella .....	28
Figura 18 Red en anillo.....	29
Figura 19 Red en árbol.....	30
Figura 20 Red en malla.....	30
Figura 21 Red bus .....	31
Figura 22 Aplicaciones del sistema KNX.....	33
Figura 23 Conexión en un sistema de bus KNX.....	33
Figura 24 KNX sistema de estándar internacional .....	34
Figura 25 Comparación respecto a otros sistemas.....	37
Figura 26 Sistema de conexión en red .....	38
Figura 27 Componente fundamental en la estructura del bus KNX/EIB TP1 .....	39
Figura 28 Transmisión de información en una única línea.....	40
Figura 29 Transmisión de datos entre dos líneas.....	41
Figura 30 Intercambio de información entre dos áreas.....	42
Figura 31 Componentes de un dispositivo KNX/EIB en el bus TP1.....	42
Figura 32 La organización interna de una unidad de acoplamiento al bus (BCU).....	44

Figura 33 ETS (Engineering Tool Software).....	45
Figura 34 Combinación de las funciones extra proporcionadas por el fabricante IT gmbh con el software ETS.....	46
Figura 35 Un logo común .....	48
Figura 36 Operación del módulo emisor y receptor .....	51
Figura 37 Transmisión y Emisión de Interferencias Electromagnéticas .....	52
Figura 38 Plano de la vivienda .....	55
Figura 39 Sistema Domótico .....	61
Figura 40 Automatización de Iluminación .....	64
Figura 41 Instalación de Interface .....	64
Figura 42 Cable TP 049292 .....	66
Figura 43 Distancias mínimas entre cables de bus y cables de fuerza. ....	67
Figura 44 Creación de un nuevo proyecto con ETS5 .....	69
Figura 45 Creación de la estructura del edificio con ETS 5 .....	70
Figura 46 Tecla de programación para descargar la dirección física .....	71
Figura 47 Módulo Lógico Dimmer: bloque1 .....	75
Figura 48 Módulo Lógico Dimmer: bloque2.....	76
Figura 49 Módulo Lógico Dimmer: bloque3.....	77
Figura 50 Módulo Lógico Dimmer: bloque4.....	77
Figura 51 Módulo Lógico Dimmer: bloque5.....	78
Figura 52 Módulo Lógico Dimmer: bloque6.....	78
Figura 53 Módulo Lógico Dimmer: bloque7.....	79

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Diseño e implementación de un sistema domótico para gestión de energía con control descentralizado en una vivienda mediante Componentes Bus Programables bajo protocolo KNX”, permitió mediante componentes bus programables bajo protocolo KNX un control descentralizado del sistema domótico debido a la topología. La investigación aborda la relevancia de la gestión energética en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU y se enfoca en tres ODS específicos: Energía asequible y no contaminante, ciudades y comunidades sostenibles, además de producción y consumo responsable. Las limitaciones del estudio incluyen la dependencia de una conexión a Internet, la necesidad de realizar modificaciones en viviendas construidas, la compatibilidad de dispositivos, los costos de implementación, la capacidad de programación regional, la integración de fuentes de energía renovables, el mantenimiento y las preocupaciones éticas sobre la privacidad de datos.

Como resultado de la investigación, se elaboró una interfaz gráfica a través del cual se realizó el control y monitoreo de los parámetros más importantes para gestión de energía. Se concluyó que la implementación de un sistema domótico con topología descentralizada en la vivienda es de suma importancia, para un control efectivo de energía y confort en el funcionamiento de las persianas, temperatura, humedad y calidad de aire, lo cual a su vez conlleva a un incremento de la eficiencia energética

La gestión de la energía mediante el sistema domótico logró una mejora cuantificable en la vivienda. Viéndose reflejado en una reducción de X kilovatios-hora (kWh) al mes facturado, contribuyendo a la sostenibilidad y a la consecución de los ODS de la ONU.

*Palabras clave:* Domótica, gestión de energía, viviendas inteligentes, protocolo KNX, control descentralizado.

## **ABSTRACT**

The present research titled "Design and implementation of a home automation system for energy management with decentralized control in a home using Programmable Bus Components under KNX protocol", allowed decentralized control of the home automation system due to the topology through programmable bus components under KNX protocol. The research addresses the relevance of energy management in the context of the UN Sustainable Development Goals (SDGs) and focuses on three specific SDGs: Affordable and clean energy, sustainable cities and communities, as well as responsible production and consumption. Limitations of the study include dependence on an Internet connection, the need for modifications to built homes, device compatibility, implementation costs, regional programmability, integration of renewable energy sources, maintenance and ethical concerns about data privacy.

As a result of the research, a graphical interface was developed through which the control and monitoring of the most important parameters for energy management was carried out. It was concluded that the implementation of a home automation system with a decentralized topology in the home is of utmost importance, for effective control of energy and comfort in the operation of the blinds, temperature, humidity and air quality, which in turn leads to an increase in energy efficiency.

*Keywords:* Home automation, energy management, smart homes, KNX protocol and decentralized control.

## INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más consciente de la importancia de la eficiencia energética y sostenibilidad, la gestión inteligente de la energía en entornos residenciales se convirtió en una prioridad. La automatización del hogar, conocida como domótica, ha emergido como una solución prometedora para abordar estos desafíos y brindar a los residentes un mayor control sobre su consumo energético. Este trabajo de tesis, titulado “Diseño e implementación de un Sistema Domótico para Gestión de Energía con Control Descentralizado en una vivienda mediante componentes Bus Programables bajo el protocolo KNX”, se adentra en el fascinante mundo de la domótica con un enfoque en la gestión eficiente de la energía en el entorno residencial.

La domótica ha evolucionado considerablemente en los últimos años, permitiendo la interconexión y control de dispositivos eléctricos y electrónicos en el hogar. Uno de los protocolos más destacados en este campo es el protocolo KNX, ampliamente reconocido por su versatilidad y capacidad para integrar diferentes componentes en una red de control única. En esta tesis, se explora cómo el protocolo KNX y los componentes Bus Programables pueden ser utilizados para diseñar un sistema domótico que empodere a los residentes como herramientas efectivas para administrar su consumo de energía de manera inteligente.

El enfoque se centra en la descentralización del control, lo que significa que los usuarios pueden tomar decisiones informadas sobre la gestión de la energía en sus viviendas sin depender de una unidad centralizada. Este sistema ofrece la flexibilidad de activar y desactivar dispositivos eléctricos de forma remota y programada, lo que resulta en un uso más eficiente de la energía y una mayor comodidad para los habitantes de la vivienda.

Además, esta investigación se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, específicamente el objetivo 7: energía asequible y no contaminante, el objetivo 11: Ciudades y comunicaciones sostenibles y el objetivo 12: Producción y consumo responsable. La gestión inteligente de la energía en las viviendas es esencial para avanzar hacia un futuro más sostenible y consciente del medio ambiente.

En las páginas que siguen, se explican los componentes clave de este sistema domótico, su implementación práctica, las limitaciones asociadas y su potencial para transformar la forma en que interactuamos con la energía en nuestros hogares. Este trabajo representa un paso importante hacia un futuro energético más eficiente y sostenible en nuestras viviendas.

La tesis está estructurada en cuatro capítulos, siendo los siguientes:

El Capítulo I contiene el planteamiento y delimitación del problema de la investigación, abarcando la introducción de la tesis. En este párrafo define el problema que se busca solucionar, incluye los objetivos de la tesis y la justificación que sustenta el desarrollo de la tesis.

El Capítulo II se enfoca en el marco teórico, en donde contiene el marco histórico, los antecedentes relevantes a nivel internacional y nacional que contiene información relacionada, las bases teóricas y las definiciones de términos básicos que sirve como base para el desarrollo de la tesis.

El Capítulo III viene la parte del desarrollo del sistema, en donde se describe detalladamente el diseño electrónico o eléctrico e ingeniería de control. En este apartado contiene los cálculos y diseños para cada componente, también se describe el desarrollo del protocolo KNX y los componentes Bus Programables para facilitar la comunicación entre los dispositivos eléctricos y electrónicos.

El Capítulo IV se dedica a presentar el apartado final de las pruebas realizadas a partir de la implementación del sistema de control de calidad. Finalmente se presentan las conclusiones obtenidas por el estudio y las recomendaciones de la tesis.



## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1. Formulación y delimitación del Problema**

A nivel mundial, el consumo de energía eléctrica se ha incrementado significativamente en los últimos años, principalmente debido al avance tecnológico de la sociedad actual. La superpoblación y la baja eficiencia en la gestión energética hacen que el consumo eléctrico sea un factor preocupante.

Según las Naciones Unidas (ONU), a pesar de los avances tecnológicos que han promovido a aumentar la eficiencia energética, se espera que el uso de energía en los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) se previó que seguiría creciendo en un 35% en el 2020. El consumo de energía doméstico y comercial es el segundo sector de uso de energía de más rápido crecimiento, después del transporte. Los hogares consumen el 29% de la energía mundial, en consecuencia, contribuyen al 21% de las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes.

Según el Banco Mundial (2022), en la primera mitad del año 2022 se produjo uno de los mercados energéticos globales más grandes que el mundo haya presenciado en décadas. La pandemia del COVID-19 y la guerra en Ucrania ha causado un incremento de precios en el combustible, exacerbando la escasez de energía y las precauciones sobre la seguridad energética, desacelerando aún más los avances hacia el acceso universal a una energía asequible, confiable, sostenible y moderno para el 2030, como lo establecido el séptimo Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS).

Ante la crisis energética mundial actual, que genera incremento de precios y escasez, la cual perjudica a los consumidores, las empresas y la economía en general, nunca había sido tan importante usar la energía de manera más inteligente. (International Energy Agency) (IEA), 2023; traducido al español como "Agencia Internacional de Energía".

## Figura 1

### Consejos para el ahorro de energía



Nota. Obtenido de 7 formas de ahorrar energía, por International Energy Agency, 2019

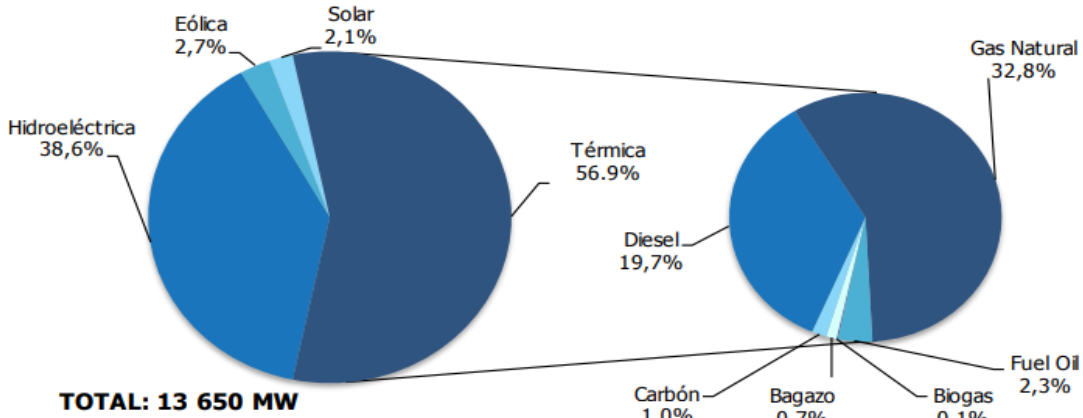
La crisis de los precios de energía afectó a la mayoría de los países, pero los países en desarrollo han sido más afectados. En particular, los países importadores de energía tienen opciones limitadas para controlar el aumento de los precios de energía; lo que lleva a un mayor racionamiento de energía y pobreza en algunos países.

Alrededor de 90 millones de personas en África y Asia accedieron al servicio de electricidad, pero no pudieron continuar pagando. El incremento en los precios de energía afectó la cadena de suministro de producción y distribución de alimentos, elevando los precios de estos productos y afectando de manera devastadora a los más pobres y vulnerables.

En el Perú, según el último Balance Nacional de Energía (BNE) de 2019, el 90.3% del parque de generación de energía lo conforman centrales del mercado eléctrico, siendo el porcentaje restante (9.7%) para autoconsumo. En la generación de electricidad las tecnologías más utilizadas son las centrales termoeléctricas e hidroeléctricas. La energía eólica y solar se encuentran entre las plantas de energía renovable más destacadas.

**Figura 2**

*Principales fuentes de generación de energía a nivel nacional*

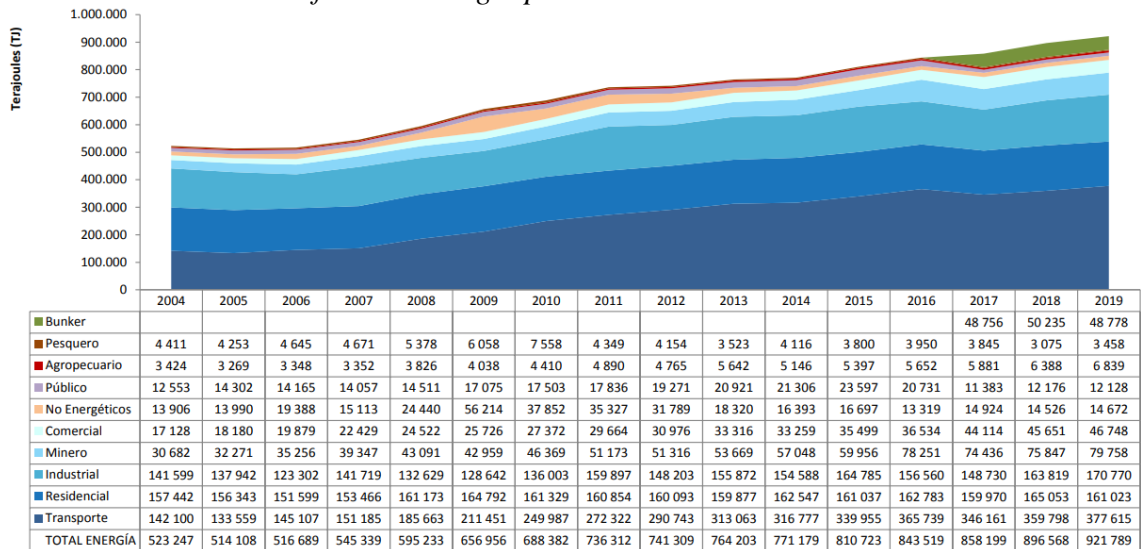


*Nota.* Obtenido del Balance Nacional de la Energía (p. 69), por el Ministerio de Energía y Minas, 2019

En el Perú, el consumo de electricidad se incrementó en los últimos años. Según el BNE del 2019, actualmente vigente, el consumo eléctrico incrementó 5,000 terajoules (TJ) más con respecto al año anterior. Además, según el Ministerio de Energía y Minas - MINEM (2019), el sector residencial representa el 43.68% del gasto total en electricidad. Ello indica que las viviendas son una gran fuente de gasto energético.

**Figura 3**

*Evolución del consumo final de energía por sectores*



*Nota.* Obtenido del Balance Nacional de la Energía (p. 53), por el Ministerio de Energía y Minas, 2019

En 2019, el sector hogar consumió un total de 161.023 TJ, siendo la fuente de mayor consumo energético la leña, que representó el 43,3% del consumo total de los hogares, seguida de la electricidad con un 21,8%.

En el Perú aún hay hogares que carecen de un servicio de energía eléctrica mediante red pública, lo cual es fundamental para el desarrollo y bienestar de la población, por lo que deben de pagar un alto valor por un suministro de energía eléctrica poco eficiente. (INEI, 2021).

Pese a que existen empresas que ofrecen sistemas para gestión de energía, no tienen acogida en la máxima magnitud posible, debido al elevado costo e instalación de los equipos. En las viviendas un sistema para gestión de energía no es muy común, ya que en su mayoría no han sido diseñadas para contar con un sistema como tal. Sería necesario modificar la vivienda para una comunicación mediante un cableado estructurado. Aunque los sistemas con comunicación inalámbrica son una opción, pero su elevado costo es una limitación. (Guzmán, 2019).

Este trabajo de investigación propone una solución a la problemática. Los sistemas domóticos proporcionan muchos beneficios, como seguridad en el hogar, mejor calidad de vida, mayor valor de la propiedad y ahorro de energía. Al realizar el ahorro de energía, también es posible visualizar el consumo de energía de cada dispositivo, haciendo un uso efectivo de la energía eléctrica y reduciendo el impacto ambiental.

## **1.2. Formulación del problema**

### ***1.2.1. Problema general***

¿Cómo diseñar e implementar un sistema domótico para gestión de energía con control descentralizado en una vivienda mediante Componentes Bus Programables bajo protocolo KNX?

### ***1.2.2. Problemas específicos***

1. ¿Cómo diseñar un sistema eléctrico para la gestión de energía mediante Componentes Bus Programables bajo protocolo KNX?
2. ¿Cómo diseñar un circuito que permita transmitir y acoplar una señal de comunicación utilizando la red doméstica?
3. ¿Cómo desarrollar una interfaz a través de una aplicación móvil para monitorear y controlar el estado de variables seleccionadas en la vivienda, con el objetivo de dar seguridad y confort?
4. ¿Cómo implementar Componentes Bus Programables bajo protocolo KNX mediante el software ETS5?

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo General***

Diseñar e implementar un sistema domótico para gestión de energía con control descentralizado en una vivienda mediante Componentes Bus Programables bajo protocolo KNX.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

1. Diseñar un sistema eléctrico para la gestión de energía mediante Componentes Bus Programables bajo protocolo KNX.
2. Diseñar un circuito que permita transmitir y acoplar una señal de comunicación utilizando la red doméstica.
3. Desarrollar una interfaz a través de una aplicación móvil para monitorear y controlar el estado de variables seleccionadas en la vivienda, con el objetivo de dar seguridad y confort.
4. Implementar Componentes Bus Programables bajo protocolo KNX mediante el software ETS5.

### **1.4. Variables**

#### ***1.4.1. Variable Independiente***

Control descentralizado: En este contexto, el control descentralizado sería la variable independiente, ya que representa la característica principal que se está implementando o modificando en el sistema domótico. Esta variable se manipula o diseña para ver cómo afecta a otras partes del sistema.

#### ***1.4.2. Variable dependiente***

Gestión de energía: La gestión de energía es la variable dependiente, ya que es el resultado o la medida que se busca mejorar o modificar a través del control descentralizado. Se espera que la implementación del control descentralizado afecte la eficiencia y la gestión de la energía en la vivienda.

El objetivo del estudio es analizar cómo el control descentralizado (variable independiente) influye en la gestión de energía (variable dependiente) en un sistema domótico. El diseño e implementación del sistema se realiza para evaluar y cuantificar el impacto en la gestión de energía.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

En su mayoría, la investigación hará uso de herramientas de ingeniería. Como consecuencia, los alcances y limitaciones de la investigación se verán relacionados a la ingeniería y tecnologías existentes, pueden incluir:

Dependencia de la conectividad a Internet: Una de las limitantes será que la vivienda debe contar con internet para poder tener el control de la vivienda desde cualquier lugar, esto limita la funcionalidad del sistema a áreas con acceso a Internet y podría no ser adecuado para ubicaciones remotas o conexiones limitadas.

Necesidad de infraestructura Preexistente: Otra limitante se dará si se desea ofrecer este producto a una vivienda ya construida ya que en parte se tendrá que modificar las instalaciones eléctricas, Esto podría generar costos adicionales y limitar la viabilidad del sistema en viviendas antiguas o con estructuras complejas.

Compatibilidad de dispositivos: La investigación se basa en componentes bus programables bajo protocolo KNX. La compatibilidad de estos componentes con dispositivos y sistemas existentes en el mercado puede ser una limitación.

Capacidad de programación: La capacidad de programación y configuración del sistema puede ser una limitación para los usuarios que no tienen experiencia en ingeniería o tecnología. Esto podría requerir capacitación adicional o soporte técnico.

## **1.6. Importancia y justificación del estudio**

### ***1.6.1. Importancia del estudio***

La importancia del estudio radica en la utilización de la red domiciliaria como parte integral de un sistema domótico diseñado para gestionar eficazmente los recursos energéticos. El objetivo principal es activar y desactivar dispositivos eléctricos de forma remota y programada, lo que contribuye a una administración más eficiente de la energía y a la optimización de los recursos disponibles en el entorno doméstico.

El proyecto también se alinea con tres de los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para ser alcanzados hasta el año 2030. Estos ODS son los siguientes:

- **Objetivo 7 - Energía asequible y no contaminante:** El proyecto busca promover el acceso a una energía asequible y limpia mediante la gestión eficiente de la energía en los hogares, lo que contribuye a reducir el impacto ambiental y a mejorar la sostenibilidad.
- **Objetivo 11 - Ciudades y comunidades sostenibles:** La implementación de un sistema domótico para la gestión de energía en viviendas contribuye a la creación de comunidades más sostenibles al reducir el consumo innecesario de recursos y promover prácticas responsables.
- **Objetivo 12 - Producción y consumo responsables:** El estudio fomenta la responsabilidad en la producción y el consumo de energía al permitir un control más

preciso de los hábitos de consumo, lo que contribuye a la construcción de un planeta más ecológico y sostenible.

En resumen, el proyecto destaca la relevancia de los sistemas de gestión de energía en la búsqueda de objetivos de desarrollo sostenible al aumentar la eficiencia energética de las viviendas y alentar prácticas responsables de consumo, lo que impacta positivamente en el medio ambiente y en la creación de comunidades más sostenibles.

### ***1.6.2. Justificación del estudio***

- **Justificación Técnica:** Radica en que al ser implementado permitirá una solución tecnológica, ya que permite tener el control de cualquier equipo eléctrico y electrónico en la vivienda.
- **Justificación Económica:** Reducirá el costo al implementar este sistema de líneas de transmisión para transmitir y recibir señales de esa forma activar los componentes del sistema. A su vez, reducirá el costo de instalación de dispositivos domóticos en viviendas que no incluye cableado adicional para la comunicación entre estos dispositivos.
- **Justificación Ambiental:** Reside en que al ser implementado reducirá el CO<sub>2</sub>. Haciendo de la producción sostenible un consumo responsable. Realizar más y mejor con menos. Mejorando eficientemente el uso de los recursos y promoviendo estilos de vida sostenible.
- **Justificación Social:** Reside en que al ser implementado dará sostenibilidad a las viviendas y ayudará a reducir la huella de CO<sub>2</sub> en el planeta.



## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se describe el marco teórico de la investigación donde se mencionan los antecedentes más relevantes para el desarrollo de la investigación, también se presentan las bases teóricas que sustentan y complementan los tópicos que se utilizaron.

### **2.1. Marco histórico**

En 1966, se da el primer paso en la domótica cuando James Sutherland, un ingeniero responsable del desarrollo de sistemas de control para plantas de energía fósil y nuclear, construyó una computadora doméstica utilizando hardware excedente de uno de sus proyectos en el que trabajaba. Esta máquina originalmente se llamó ECHO IV y se instaló en su casa, sus funcionalidades eran, girar la antena de TV montada en el techo usando una máquina de escribir, procesar texto, enviar valores en tiempo real a un reloj digital de tipo BCD, etc. La invención no fue comercializada debido a sus dimensiones y características de consumo desfavorables. Sin embargo, muchos investigadores se interesaron, habiendo contribuido con el inicio de la domótica.

En 1970, aparecieron las primeras pruebas pilotos de sistemas automatizados en edificios públicos y en oficinas de Alemania, Estados Unidos (EE. UU) y Japón, países tecnológicamente más avanzados de la época. Sin embargo, no fue hasta finales de la década siguiente, en paralelo al desarrollo de los sistemas informáticos y los componentes electrónicos, cuando comenzaron a implementarse en viviendas.

La introducción del cableado estructurado en 1983 facilitó la conexión de los diversos componentes y redes que componen un sistema domótico, lo que llevó a una instalación generalizada en rascacielos y grandes oficinas comerciales. Esto se ha traducido en una eficiencia y un ahorro de consumo sin precedentes, lo que ha facilitado el crecimiento a escala mundial.

En 1984, EE. UU. comenzó a programar informáticamente estas unidades originales utilizando el software SAVE. Controlados por el protocolo de comunicación X-10 y por el usuario a través de accionadores remotamente que transmiten datos a través de líneas de baja tensión.

Con la revolución de los 90, la proliferación de los servicios de teleasistencia y el uso de Internet, la domótica se ha convertido en un sofisticado sistema habitual en los hogares actuales, que permite un mayor y más completo control. Desde muchos dispositivos,



incluso de forma remota a través de Wi-Fi desde muchos dispositivos técnicos. Esto es gracias al desarrollo de protocolos de comunicación como ZigBee.

La domótica está experimentando un enorme crecimiento debido a los precios más asequibles, haciendo que esta tecnología sea cada día más accesible a más personas. Por un lado, los avances tecnológicos reducen los costes de instalación y mantenimiento de los componentes mecánicos. Del mismo modo, la aparición de numerosas aplicaciones que permiten el control en tiempo real de la vivienda desde cualquier parte del mundo ha mejorado la experiencia del usuario y aumentado la usabilidad del sistema.

Durante mucho tiempo ha estado aumentando las presentaciones o funciones propias de los equipos domésticos, en consecuencia, aumenta el valor añadido, pero de forma aislada, es decir, sin considerar otras posibilidades de mejoras relacionadas con el control y la comunicación. Esta situación supuso el desarrollo de un mercado vertical, donde los equipos domésticos que se desarrollaban funcionaban de forma autónoma, sin necesidad de comunicarse con otros dispositivos del hogar. Esta forma de concebir los productos ha dificultado la definición y el desarrollo de servicios susceptibles de ser prestados al hogar y al propio usuario, la introducción de la tecnología domótica en el mercado tampoco rompió con esta realidad. Los equipos domésticos no tenían ningún tipo de relación eficiente con el sistema doméstico. Por ello, La domótica estaba relegada a un mercado muy reducido, comparado con la totalidad del mercado de productos domésticos, y limitándose a dar respuesta a necesidades de control de vivienda. Con la irrupción de internet en el hogar, las denominadas Tecnologías de la información y las Comunicaciones (TIC), se ha forjado una nueva forma de entender la aplicación de tecnología en la vivienda, donde lo más importante son los servicios para el propio usuario. Ha pasado a asegurar la consecución de las necesidades o deseos de los usuarios a través de servicios, donde se evidencia que la tecnología adquiere un papel de soporte muy importante a dichos servicios. La tecnología es algo transparente para el usuario, el cual no tiene interés técnico sino simplemente utilidad. (Junstrand, 2005).

## **2.2. Investigaciones relacionadas al tema**

### **2.2.1. Antecedentes Internacionales**

Carrillo (2019), tesis para obtener el título de ingeniero electrónico, “Implementación de la Domótica en un Prototipo Didáctico de Instalación Eléctrica Domiciliaria”, UNACH, Riobamba - Ecuador. Cuyos objetivos fueron dar a conocer las instalaciones eléctricas aplicadas a la domótica y diseñar e implementar un prototipo didáctico que ejemplifique la domótica. La metodología se desarrolló con la instalación eléctrica desde el tablero

eléctrico de la vivienda, cableado, protección y control del circuito. La parte electrónica del prototipo educativo se estudió, cómo el estudio de la placa Arduino, parte básica del funcionamiento del sistema. Se completó la construcción del prototipo educativo, uniendo estos elementos y programas, verificando su funcionalidad y conectividad en la vivienda. El estudio concluye la capacidad que tienen las instalaciones eléctricas y cuales pueden automatizarse. Para el presente trabajo se tomó como referencia el prototipo didáctico implementado en una vivienda.

Cedeño (2020), tesis de Grado en Ingeniería Informática, "Desarrollo de Sistemas Domóticos y Aplicaciones para Dispositivos Móviles Android para el Control de Luces", UAEM, Zumpango – México. El propósito era controlar de forma remota la iluminación y la apertura/cierre de puertas en una vivienda utilizando un dispositivo con sistema operativo (SO) Android. La metodología utilizada está desarrollada para casas a escala (maquetas) y maneja herramientas relacionadas como: Módulo Bluetooth HC-05. Actuadores e interfaces desarrollados para dispositivos móviles con SO Android para controlar todo el sistema integrado de la vivienda. El estudio concluye que los sistemas domóticos controlados a través de una aplicación son intuitivos y fáciles de usar para personas mayores y personas con alguna discapacidad motora.

### ***2.2.2. Antecedentes Nacionales***

Guzmán y Burga (2019), Tesis para obtener el grado de Ingeniero Electrónico, “Sistema Domótico de Control Centralizado con Comunicación por Línea de Poder”, PUCP, Lima - Perú. El objetivo era diseñar e implementar un sistema domótico con control centralizado, comunicada mediante línea de poder e inalámbricamente con varios componentes, entre ellos móviles con la funcionalidad de interfaz. Para ello se propuso utilizar la comunicación por línea de poder, que se caracteriza por su bajo coste y fácil instalación. A través de una interfaz, el usuario y el sistema domótico, se comunican con el dispositivo móvil a través de Bluetooth y proporcionan una aplicación especialmente diseñada para el sistema. A modo de demostración propone el control de las tres cargas más comunes en las viviendas en nuestro país. El estudio concluyó que la comunicación con frecuencias de transmisión por debajo de 60 Hz es posible utilizando el tendido eléctrico de la vivienda como medio de comunicación.

Paz (2020), tesis para obtener el grado académico de bachiller en ingeniería industrial, “Analizar el uso de la domótica y su influencia en la comodidad de los hogares arequipeños” Universidad Continental, Arequipa - Perú. Su objetivo era identificar la tecnología vigente y determinar las aplicaciones de la domótica para mayor

confortabilidad. El trabajo sigue un diseño no experimental y las variables de domótica y confort no se manipularon. Para llevar a cabo este trabajo, analizaron datos sobre la disponibilidad de dispositivos domóticos en el mercado y el grado de implementación de los mismos. Concluyendo en que usar electrodomésticos automatizados es más económico que contratar trabajadores para el apoyo en las labores. La compra de los equipos representó el 47.5% de los pagos anuales y, en la mayoría de los casos, la implementación requirió cambios para cumplir con las tendencias de automatización del hogar.

La Cruz y Otazú (2021), tesis para obtener el título de ingeniero industrial, “Diseño e Implementación de Un Sistema Domótico Utilizando Plataformas de Desarrollo Como Controlador de Control” Lima, Lima-Perú. El objetivo era crear un sistema de automatización del hogar inteligente que pueda adaptarse a cualquier tipo de edificio para controlar y administrar mejor las funciones de la vivienda. Para este sistema utiliza sensores y actuadores para realizar operaciones de control y adquisición de datos, una plataforma de desarrollo central (NodeMCU) como controlador lógico de control, una plataforma de desarrollo central (Raspberry pi3) como servidor y sistema de control. Así como para el control de acceso un sistema de seguridad. Teniendo una interfaz de control al cual accede únicamente el usuario, a través de Internet. Usando herramientas de desarrollo de aplicaciones de Adafruit. Concluyendo que la plataforma de desarrollo utilizada por el sistema domótico propuesto es capaz de igualar y superar los controladores industriales y domóticos disponibles en el mercado global.

Córdova et al (2022), tesis para obtener el grado académico de bachiller en Ciencias con mención en ingeniería civil, “Gestión energética mediante la aplicación de la domótica en instalaciones eléctricas” PUPC, Lima - Perú. Cuyo objetivo fue promover una gestión energética implementando sistemas domóticos en viviendas del Perú. El método utilizado en la investigación siguió un enfoque descriptivo, utilizando datos recopilados de viviendas que se benefician de las diferentes implementaciones domóticas y su consumo energético, demostrando que el uso de la domótica supone un ahorro en el consumo de energía eléctrica. El diseño del trabajo es de carácter transversal y no experimental, ya que se compara el consumo energético de una vivienda que utiliza el concepto domótico en su cableado con el de otra vivienda que no lo implementa. Concluyendo que los sistemas domóticos ahorran electricidad, lo que significa un ahorro mensual y ayuda a reducir la huella de carbono que produce este sector.

## 2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el estudio

### 2.3.1. Sistema Domótico

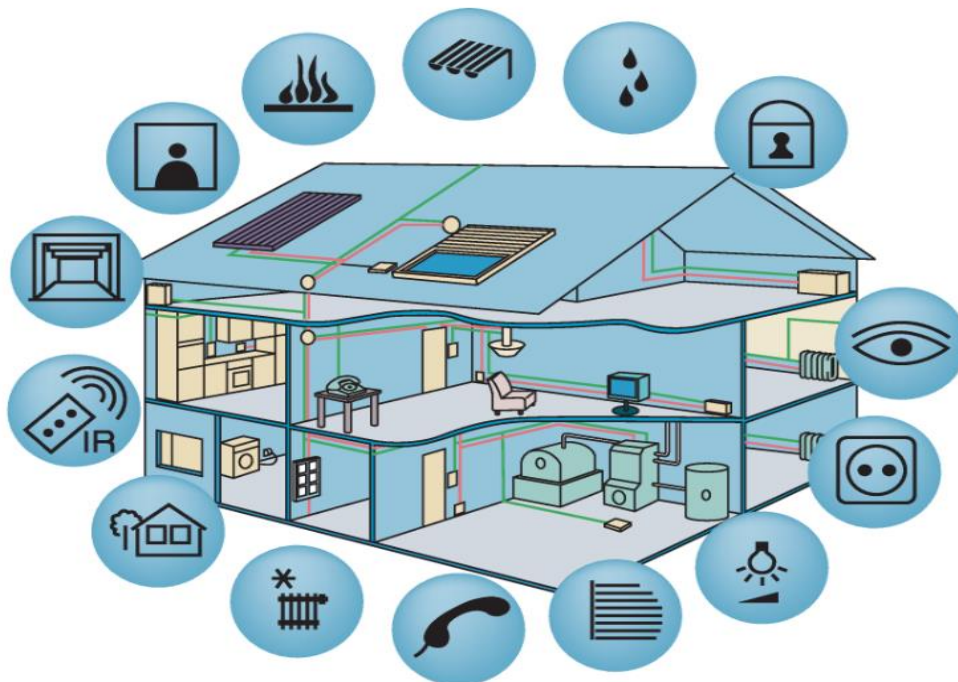
Conjunto de tecnologías utilizadas de forma inteligente para automatizar y controlar una vivienda. Esto permite una gestión eficiente del consumo energético y garantiza la seguridad, el confort y la comunicación entre usuarios y sistemas (Mora, 2018).

El término “Domótica” proviene de la combinación de “domus” (que significa casa en latín) y “tica” (derivado de “automática” en griego, que significa funcionar por sí sola). En esencia, la domótica engloba todos los sistemas capaces de automatizar una vivienda, proporcionando una amplia gama de servicios que aumentan el bienestar, la seguridad y la calidad de vida. (Tobajas, 2014).

Los sistemas de domótica, como se observa en la Figura 4, tienen la función de recibir datos provenientes de sensores, analizar esos datos conforme a las instrucciones previamente establecidas, y luego enviar comandos adecuados a actuadores que llevarán a cabo la acción correspondiente. Además, brindan la posibilidad al usuario de realizar acciones en cualquier momento, incluso si estas contradicen las instrucciones predeterminadas. (Bermúdez y Navas, 2015).

#### Figura 4

*Potencial de la automatización residencial en una casa tradicional*



*Nota.* Imagen extraída del libro Montaje en Instalaciones domóticas en edificios (UF0539) (Bermúdez y Navas, 2015, p.119)

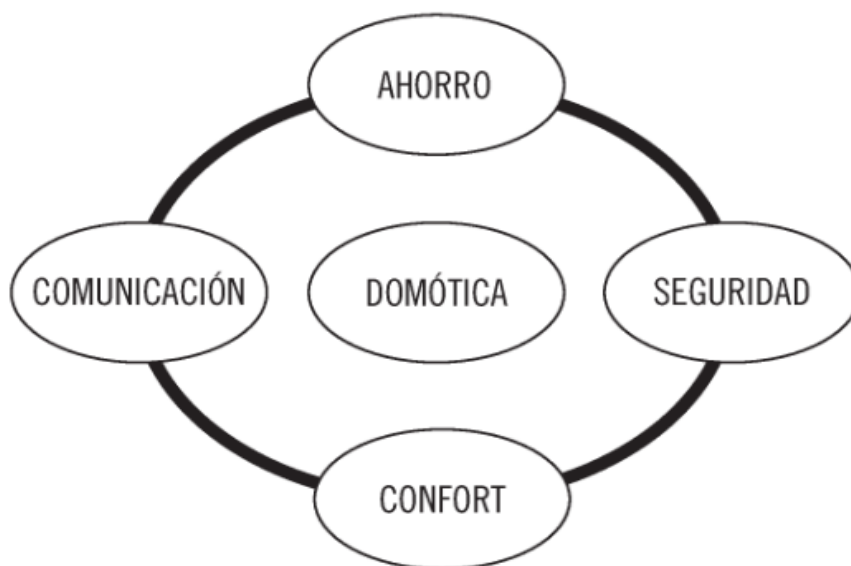
Una de las bondades de los sistemas de domótica radica en su capacidad para incorporarse a la red eléctrica, a partir de la cual establecen conexiones coordinadas con las diversas redes presentes en las residencias. (Bermúdez y Navas, 2015)

**a. Aplicaciones que aporta la domótica**

La domótica desempeña un rol fundamental en la gestión de diversos aspectos del entorno, como se muestra en la Figura 5, tales como la seguridad, la comodidad, las comunicaciones y la eficiencia económica.

**Figura 5**

*Áreas de aplicación*



*Nota.* Imagen extraída del libro Montaje en Instalaciones domóticas en edificios (UF0539) (Bermúdez y Navas, 2015, p.16)

• **Gestión Energética**

La gestión energética implica administrar el consumo de energía en el hogar, abarcando tres aspectos fundamentales como son el ahorro energético, eficiencia energética y la generación de energía. Es necesario destacar que la gestión energética no se limita únicamente a la electricidad, sino que engloba todos los tipos de energía en una propiedad. Estos tres aspectos son llevados a cabo a través de la domótica, siendo las aplicaciones destinadas a la gestión energética una de las más trascendentales de los sistemas domóticos. Para lograr ahorro energético no es necesario sustituir el equipamiento del hogar por otros elementos que consuman menos, sino que es necesario realizar una gestión eficiente. Un ahorro energético se puede conseguir mediante una gestión eléctrica como un sistema de control eléctrico que posibilitará la gestión y control sobre los

aspectos energéticos y eléctricos, así como también mediante climatización controlando el sistema de aire acondicionado dependiendo de la temperatura, en igual forma el uso de energías renovables, como la energía eólica, hidráulica y solar, que se generan a partir de fuentes respetuosas con el medio ambiente. (Mora, 2018).

- ***Confort***

Una de las principales razones que hacen que la automatización del hogar sea esencial es el incremento del confort que ofrece en nuestras casas. Esto se traduce en una mejora significativa en la calidad de vida y el bienestar de los residentes, quienes pueden tener un control total sobre las funciones del sistema. Las áreas de aplicación incluyen la regulación de la iluminación, la programación de la temperatura deseada, el control automático de la climatización, el riego, los electrodomésticos, las persianas o toldos, la apertura y cierre de portones corredizos, el monitoreo del estado de los electrodomésticos y la gestión de suministros como agua, gas y electricidad. Otro aspecto destacado es la facilidad de reprogramación de todas estas funciones de manera sencilla y sin complicaciones, lo que permite personalizar el confort en el hogar según las preferencias individuales. (Tobajas, 2014).

- ***Seguridad***

La seguridad es una preocupación principal para los propietarios de viviendas, especialmente cuando pasan más tiempo fuera que dentro de ellas. Es esencial tener la tranquilidad de que cualquier eventualidad puede ser controlada. Esto se divide en dos aspectos: Seguridad de los bienes y seguridad de las personas.

- Seguridad de los bienes, se utilizan alarmas de intrusión que se activan mediante sensores de presencia, alarmas en caso de robos y la activación de cámaras de vigilancia. También se implementan alarmas personales y programación de iluminación de presencia para cuando estamos ausentes en nuestras viviendas.
- Seguridad de las personas, se pueden activar o desactivar las tomas de corriente para evitar que los niños pequeños tengan acceso a ellas. También se realiza la programación de sistemas de seguridad para personas mayores, lo que incluye servicios de teleasistencia. En caso de emergencia, las personas mayores o discapacitadas pueden ponerse en contacto con los servicios de emergencia médica, bomberos o policías. Además, existen alarmas técnicas que detectan fugas de agua o gas y cortan automáticamente el suministro mediante electroválvulas. También se monitorea la detección de fallos en el suministro eléctrico y la presencia de humo o incendios (Tobajas, 2014).

- ***Comunicación***

La sección de comunicaciones es de suma importancia en un sistema de domótica, ya que nos brinda la capacidad de administrar y compartir información de nuestra residencia, tanto desde su interior como desde fuera, utilizando dispositivos como controles remotos, teléfonos móviles, computadoras conectadas a internet o incluso la comunicación por voz. Estos son algunos de los dispositivos que nos habilitan para interactuar con nuestra vivienda. (Tobajas, 2014).

La comunicación entre nodos, es decir, los diversos nodos del sistema, permitirá intercambiar información y administrar todos los datos que reciban de los dispositivos de entrada de manera más adaptable. Es posible establecer una comunicación en tiempo real con nuestra instalación, ya sea que nos encontremos dentro de ella o a distancia. Si estamos dentro, podemos establecer una comunicación a través de nuestro teléfono móvil para controlar posibles problemas o sistemas de seguridad en nuestra vivienda. Esto incluye el control de cámaras incorporadas, así como la capacidad de ajustar la temperatura deseada y gestionar los electrodomésticos. (Tobajas, 2014).

- ***Accesibilidad***

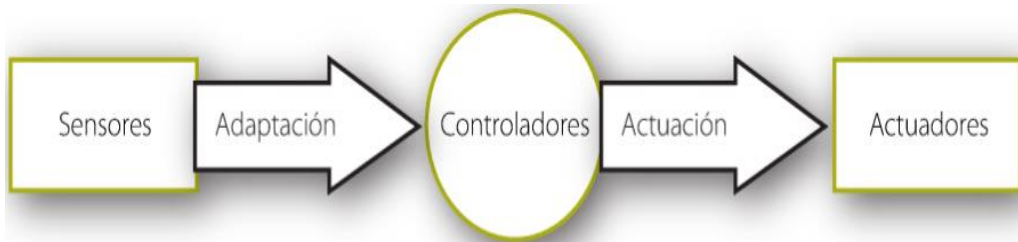
Otra aplicación que aporta la domótica, facilita los elementos del hogar a personas con discapacidad, ajustándolas a la necesidad de cada caso, además de poder dotar al sistema de teleasistencia cuando se requiera.

***b. Elementos del sistema domótico***

La gama de servicios que un sistema domótico puede proporcionar puede oscilar desde un único dispositivo que realiza una tarea particular hasta sistemas extensos que supervisan virtualmente todas las instalaciones en una vivienda o lugar. Independientemente de las instalaciones en cuestión, en esencia, un sistema domótico está compuesto por varios componentes, cada uno con una función específica.

## Figura 6

### Elementos del sistema



*Nota.* Imagen extraída del libro Montaje en instalaciones domóticas en edificios (UF0539): operaciones de montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión y domóticas en edificios (MF0816) (Barranco, 2023, p.16)

- **Sensores**

Según Barranco (2023) se trata de dispositivos cuya principal tarea es detectar cualquier modificación física o cambio en el entorno de una vivienda o lugar en el que están ubicados. Estos cambios o variaciones en las condiciones se registran y se transmiten al sistema de control correspondiente, el cual procesa esta información y toma acciones basadas en los datos recibidos. Los sensores pueden ser de tipo analógico o digital, y existen numerosos tipos diseñados para medir una amplia gama de variables. Aunque no se presenta una lista completa, en diversas áreas de aplicación se incluyen:

Seguridad de personas y propiedades: Esto comprende sensores de presencia (como los volumétricos, detectores de infrarrojos, detectores de radar y barreras láser), botones de "socorro" utilizados en hogares y empresas, detectores de inundación (en áreas como baños, sótanos y almacenes), detectores de humo e incendios, detectores de gas, como se muestra en la Figura 7, (para identificar fugas de gas, niveles elevados de CO<sub>2</sub> y humo de vehículos), detectores de rotura de cristales (para alertar sobre robos) y sensores de vibración o sísmicos (utilizados en la banca para detectar intrusiones).



## **Figura 7**

### *Detector de fuga de gas*

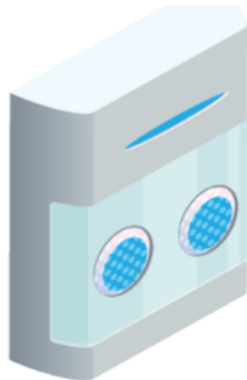


*Nota.* Imagen extraída del libro Montaje en instalaciones domóticas en edificios (UF0539): operaciones de montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión y domóticas en edificios (MF0816) (Barranco, 2023, p.18)

Sistemas de climatización: En esta área se incluyen sensores de temperatura (para medir la temperatura exterior, interior, en zonas específicas y en equipos como enfriadoras y calderas), sensores de humedad (para monitorear la humedad tanto en el exterior como en el interior para cálculos relacionados con el calor latente y la sensación térmica), sensores de flujo de aire y agua (para supervisar el funcionamiento de ventiladores, bombas y el consumo de energía), así como sensores de presión absoluta y diferencial (utilizados en la verificación de filtros y mediciones de presión de vapor, entre otros).

## **Figura 8**

### *Detector de movimiento*



*Nota.* Imagen extraída del libro Montaje en instalaciones domóticas en edificios (UF0539): operaciones de montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión y domóticas en edificios (MF0816) (Barranco, 2023, p.18)

Relacionados con el clima: En esta categoría se encuentran sensores de radiación solar, presión atmosférica (que se usa para predecir el clima y actúa como barómetro),

medidores de pluviometría y lluvia, como se muestra en la Figura 9, (que detectan la lluvia y la cantidad de precipitación), así como sensores de velocidad y dirección del viento (anemómetros y veletas).

### Figura 9

#### *Detector de fuga de agua*



*Nota.* Imagen extraída del libro Montaje en instalaciones domóticas en edificios (UF0539): operaciones de montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión y domóticas en edificios (MF0816) (Barranco, 2023, p.18)

- **Controladores**

Estos dispositivos administran los datos que obtienen de los sensores y, siguiendo las pautas predefinidas por el usuario, determinan la acción que deben llevar a cabo. El sistema puede estar compuesto por un único controlador o por múltiples controladores, como se muestra en la Figura 10 y 11 distribuidos a lo largo de la instalación. (Barranco, 2023)

### Figura 10

#### *Controladores*



*Nota.* Imagen extraída del libro Montaje en instalaciones domóticas en edificios (UF0539): operaciones de montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión y domóticas en edificios (MF0816) (Barranco, 2023, p.18)

## Figura 11

### Controladores



*Nota.* Imagen extraída del libro Montaje en instalaciones domóticas en edificios (UF0539): operaciones de montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión y domóticas en edificios (MF0816) (Barranco, 2023, p.18)

- **Actuadores**

Estos dispositivos tienen la capacidad de recibir una instrucción y llevar a cabo esa acción, lo que implica cambiar las condiciones o propiedades del entorno, como abrir o cerrar, encender o apagar, subir o bajar, entre otros.

Según Tobajas (2014), los actuadores son los dispositivos responsables de llevar a cabo las instrucciones enviadas por los nodos o unidades de control. En esta categoría, como se muestra en la Figura 12, se engloban todos los elementos electromecánicos utilizados por el sistema con el propósito de alterar el estado de los equipos que forman parte de una instalación. Estos componentes son controlados por el sistema de gestión con el objetivo de actuar sobre los equipos. Algunos ejemplos de actuadores son las electroválvulas que permiten cortar o activar el suministro de agua y gas, los motores que abren o cierran persianas, toldos y puertas, entre otros dispositivos similares.

## Figura 12

### Actuadores



*Nota.* Imagen extraída del libro Montaje en instalaciones domóticas en edificios (UF0539): operaciones de montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión y domóticas en edificios (MF0816) (Barranco, 2023, p.18)

Los actuadores se pueden clasificar en función de su operación:

- Analógicos: Este grupo se caracteriza por generar una salida que varía en función de los valores de tensión y corriente a lo largo del tiempo. Ejemplos de esto incluyen reguladores de intensidad lumínica y válvulas termostáticas utilizadas en sistemas de calefacción.
- Digitales: Estos actuadores emiten una señal de salida en forma de impulsos digitales que fluctúan entre los valores de 0 y 1, codificados de manera digital.
- Todo o Nada: Son actuadores que constan de un relé o un contactor que facilita la conexión y desconexión de los dispositivos terminales. Sus salidas se componen de contactos que están aislados eléctricamente. Este grupo es ampliamente utilizado en instalaciones domóticas.

### ***c. Características de las instalaciones Domóticas***

La implementación de la automatización y los microcontroladores ha revolucionado los procesos industriales al permitir la automatización de tareas a gran escala. Esto ha resultado en una reducción del número de personas empleadas en dichos procesos. Gracias al avance de las tecnologías en telecomunicaciones e informática, la automatización también ha llegado al ámbito de las instalaciones eléctricas en los hogares. Los beneficiarios de estas instalaciones son los usuarios, ya que no requieren un amplio conocimiento técnico para su manejo, lo que ha facilitado su adaptación positiva. Es fundamental que todos los equipos puedan conectarse bajo el mismo sistema o protocolo, lo que implica que los sistemas deben ser flexibles y modulares. Para garantizar el correcto funcionamiento y una vida útil prolongada de los productos, es esencial llevar a cabo una adecuada reducción y mantenimiento.

La estandarización juega un papel importante, ya que permite la comunicación efectiva entre todos los dispositivos utilizando un protocolo común. La instalación de un sistema domótico proporciona tanto ahorro energético como confort, lo que resulta en una rápida amortización de la inversión realizada.

En resumen, la automatización impulsada por los microcontroladores ha revolucionado la industria al reducir la necesidad de mano de obra. Asimismo, las instalaciones eléctricas en los hogares se han beneficiado de las tecnologías de telecomunicaciones e informática, proporcionando a los usuarios facilidad de uso y adaptación. La estandarización, modularidad y mantenimiento adecuado son aspectos clave para lograr un funcionamiento eficiente y una larga vida útil de los equipos. La instalación de sistemas

domóticos ofrece ahorro energético y confort, permitiendo una amortización rápida de la inversión (Tobajas,2014).

#### ***d. Amortización y Viabilidad de las instalaciones Domóticas***

Como en cualquier asunto relacionado con las finanzas, la decisión de invertir en este tipo de instalaciones debe ser evaluada desde una perspectiva económica. En el lado de los gastos, es necesario considerar los componentes convencionales de cualquier instalación, como los costos de materiales y la mano de obra. Desde una perspectiva profesional, la elección no debe centrarse en el sistema más complejo disponible, sino en aquel que mejor se adapte a las necesidades del usuario final. Al hacerlo, el costo de la mano de obra y, en algunos casos, el costo de los materiales, serán inferiores en comparación con una instalación convencional.

Por otro lado, en el lado de los ingresos, se deben tener en cuenta los ahorros que se obtendrán mediante el uso de esta tecnología. Esto significa que, independientemente de los materiales utilizados, estos ahorros se reflejarán en una reducción de la factura de la energía. Al justificar la implementación de sistemas domóticos en lugar de instalaciones convencionales, para el usuario de la instalación, se destacan la futura amortización del sistema de control, la mejora en las condiciones de comodidad, las nuevas posibilidades de control (como apagado centralizado y control diferido), y el atractivo de tener estas capacidades tecnológicas en su propiedad. (Guzmán y Merino, 2015).

#### ***2.3.2. Sistemas de Control***

Los sistemas de control se refieren a sistemas que tienen la capacidad de recolectar información a través de sensores, procesarla y luego emitir comandos a través de actuadores. Su propósito es lograr la automatización previamente configurada por el usuario en su hogar. Estos sistemas han sido desarrollados con el objetivo principal de simplificar las tareas de interacción y gestión de todas las funciones de la automatización en la vivienda. La topología de estos sistemas de control se refiere a la manera en que los diversos elementos de la red se comunican entre sí. En la actualidad, existen tres tipos de topologías como el sistema de control centralizado, sistema de control descentralizado y sistema de control distribuido. Estas topologías definen la estructura de la red y cómo los componentes se conectan y se comunican en el sistema de automatización del hogar. (Tobajas, 2014)

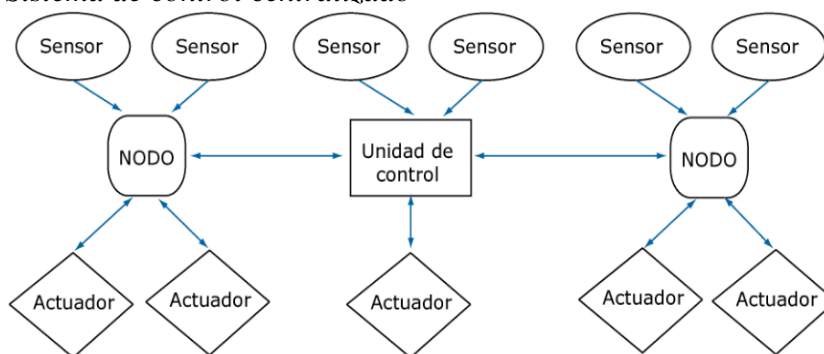
##### ***a. Sistema de control centralizado***

Estos sistemas se caracterizan por estar conectados a un único punto central, que generalmente es una unidad de control. Esta unidad central asume la responsabilidad de

supervisar y dirigir todas las operaciones de la instalación. En esta configuración o disposición topológica, la unidad de control se encarga de procesar toda la información proveniente de los sensores o nodos. Luego, basándose en la programación establecida por el usuario de la vivienda, se toman decisiones para enviar comandos a otros nodos y actuadores que forman parte de la instalación. Es fundamental destacar, como se muestra en la Figura 13, que en esta topología todos los sensores, nodos y actuadores que integran la instalación son controlados por una sola unidad central, que es la encargada de dictar órdenes. (Tobajas, 2014).

**Figura 13**

*Sistema de control centralizado*



*Nota.* Imagen extraída del libro Instalaciones domóticas (Tobajas, 2014, p.16)

La capacidad de monitorear un sistema, es decir, poder ver su estado en un terminal mediante un ordenador, no implica necesariamente que dicho sistema sea de control centralizado. Se consideran sistemas de control centralizado únicamente aquellos en los que es posible cambiar el estado de las entradas o salidas desde un punto de control central. Además, esta modificación también puede realizarse desde los elementos de detección o activación distribuidos en la instalación y conectados a las entradas correspondientes. Si la central de control experimenta un fallo y queda temporalmente fuera de servicio, el sistema completo se vuelve inoperable en su totalidad. Esta central de control puede adoptar diversas formas, como un autómata programable, un ordenador o una unidad domótica especialmente diseñada para supervisar un conjunto específico de elementos mediante circuitos electrónicos secuenciales. (Guzmán y Merino, 2015).

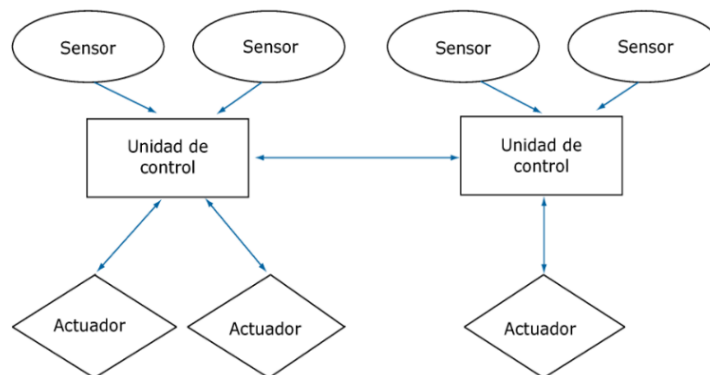
***b. Sistema de control descentralizado***

Estos sistemas se caracterizan por tener múltiples unidades de control o nodos, como se muestra en la Figura 14, cada uno con la capacidad de procesar la información que reciben y operar según la programación definida por el usuario. En otras palabras, cada unidad de

control o nodo funciona de manera independiente de los otros nodos o unidades de control. A diferencia de los sistemas de control centralizado, en este enfoque, las unidades de control se ubican cerca de los actuadores que deben controlar. Esto implica la eliminación de una unidad de control principal, lo que significa que, si ocurre una avería en una parte de la instalación en el peor de los casos, no afectará al resto de la instalación. Otro aspecto relevante es la comunicación entre nodos o unidades de control, ya que están conectados mediante buses de comunicación u otro medio físico. Por esta razón, es necesario establecer un protocolo de comunicación entre las diferentes unidades de control, especialmente si se utilizan productos de marcas diferentes en la instalación. Esto se hace para garantizar el intercambio de datos según la programación del usuario y prevenir errores de comunicación entre los nodos. (Tobajas, 2014)

**Figura 14**

*Sistema de control descentraliza*



*Nota.* Imagen extraída del libro Instalaciones domóticas (Tobajas, 2014, p.17)

Este tipo de sistemas incluye aquellos en los que el control de la instalación se lleva a cabo de manera parcial e independiente a través de varios microcontroladores distribuidos en toda la instalación. Por lo general, estos microcontroladores son autómatas que funcionan con su propia programación y se conectan punto a punto a los dispositivos de control y actuadores que gestionan de manera individual. Ejemplos de este tipo de instalaciones podrían ser una vivienda con jardín donde la gestión del riego se realice mediante un programador instalado en la toma de agua del jardín, la operación de electrodomésticos que se controle mediante programadores independientes en los enchufes respectivos a los que están conectados, o el sistema de seguridad que utilice una centralita independiente para el control de instrucción, entre otros. La ventaja de estos sistemas radica en que, si uno de los controladores se avería, solo afecta a la parte de la instalación que controla ese controlador en particular. Sin embargo, el inconveniente

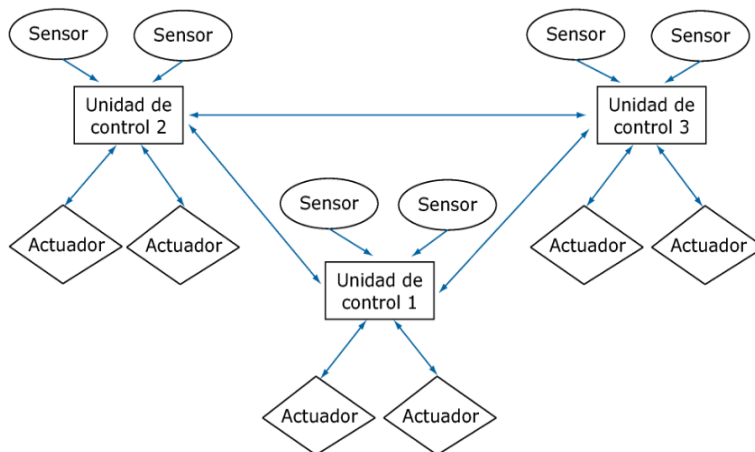
principal es que estos sistemas no pueden interactuar entre sí, ya que funcionan de manera completamente independiente. Esto puede requerir duplicar los detectores si se utilizan para múltiples funciones (por ejemplo, detectores de presencia que se usen tanto para el control de iluminación como para el control de presencia). Además, sistemas como KNX y X10 también se encuentran en esta categoría, ya que cada dispositivo de control incorpora su propio microcontrolador con la programación de las acciones que debe realizar cuando se activa. (Guzmán y Merino, 2015).

### c. Sistema de control distribuido

Este sistema representa una combinación de los dos enfoques previamente mencionados, es decir, los sistemas de control descentralizados. En este sistema, como se muestra en la Figura 15, las unidades de control o nodos están interconectados mediante buses de comunicación u otros medios físicos como wifi, bluetooth o RF. Esto se hace con el propósito de permitir el intercambio de datos de acuerdo con la programación definida por el usuario. Similar al sistema de control descentralizado, las unidades de control se colocan cerca de los actuadores que deben ser controlados.

**Figura 15**

*Sistema de control distribuido*



*Nota.* Imagen extraída del libro Instalaciones domóticas (Tobajas, 2014, p.18)

### 2.3.3. Vivienda Digital

Ruiz (2020) define la vivienda digital como un conjunto de servicios diseñados para simplificar y mejorar la vida cotidiana al gestionar, automatizar y controlar las condiciones de la vivienda; dotando de los recursos necesarios para que el tiempo libre se pueda cubrir desde la vivienda, todo ello de forma eficiente y segura.

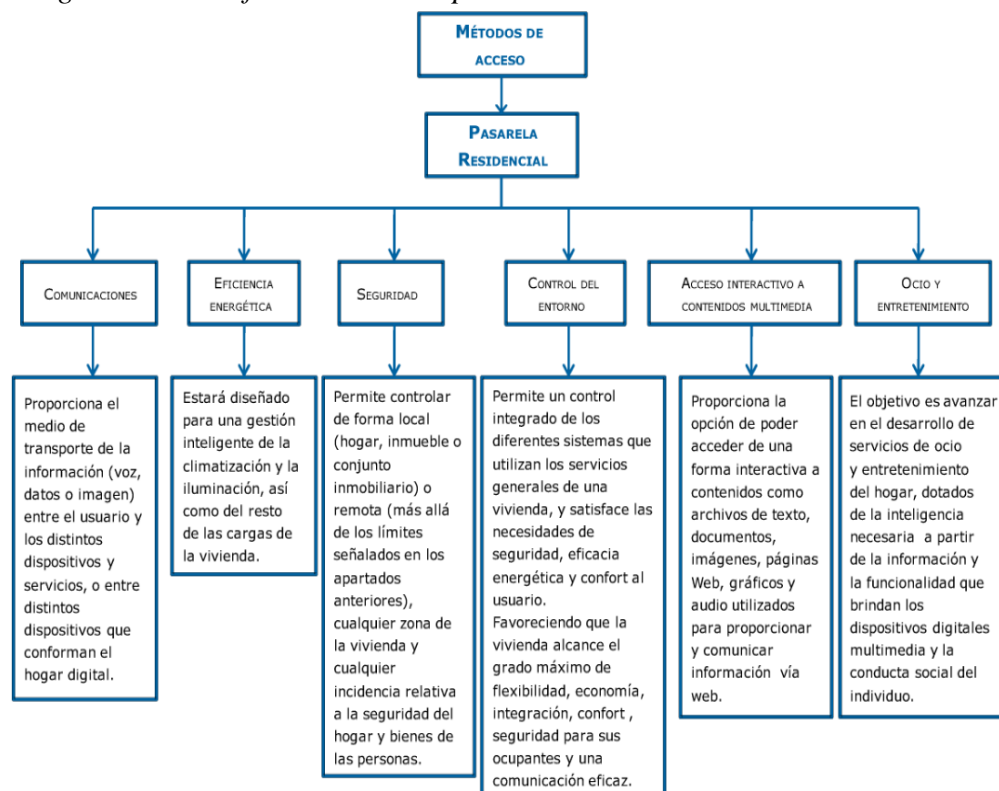
El reciente RD 346/2011, emitido el 11 de marzo, que establece las regulaciones para las infraestructuras comunes de telecomunicaciones dentro de los edificios, define el



concepto de “hogar digital” como un lugar donde las necesidades de los residentes, como comodidad, seguridad, eficiencia energética, sostenibilidad ambiental, comunicación, acceso a contenido multimedia, teletrabajo, educación y entretenimiento, se atienden mediante la convergencia de infraestructuras, equipamiento y servicios. Esto requiere una serie de infraestructuras y equipamientos que no solo faciliten el acceso a servicios existentes, sino que también estén preparados para la incorporación de servicios futuros. Básicamente, como se observa en la Figura 16, estas infraestructuras y equipamientos incluyen una conexión de banda ancha, redes internas para conectar dispositivos en el hogar, y una pasarela residencial, que es el componente que integra estas redes internas y las conecta con el mundo exterior a través de la banda ancha. (Tobajas, 2014).

**Figura 16**

*Diagrama de la difusión del concepto de vivienda conectada*



*Nota.* Imagen extraída del libro Instalaciones domóticas (Tobajas, 2014, p.12)

### ***Instalaciones de la Vivienda Digital***

En un entorno de vivienda digital, las comunicaciones desempeñan un papel esencial al habilitar una variedad de nuevos servicios de control tanto dentro como fuera de la casa. Aunque las comunicaciones por sí solas no son suficientes, son un componente crítico sin el cual no se puede aprovechar todo el potencial de una vivienda digital. La disponibilidad

de conexiones de banda ancha en el edificio, a través de las redes de diversos proveedores de servicios, permite la operatividad de estos servicios. Para que una vivienda sea considerada como una vivienda digital, debe contar no solo con una red interna de comunicaciones mediante cableado estructurado (RAD) sino también con una red de gestión, control y seguridad (RGCS). Esta RGCS se define como una red de datos adicional que respalda una serie de servicios específicos para la vivienda digital y puede usar diferentes medios de transmisión además del cableado. La conexión entre estas dos redes se logra a través de una pasarela residencial que actúa como un elemento integrador, permitiendo la mayoría de los servicios en la vivienda digital y requiera la implementación de las infraestructuras adecuadas. (Tobajas, 2014)

#### ***2.3.4. Topologías de la red***

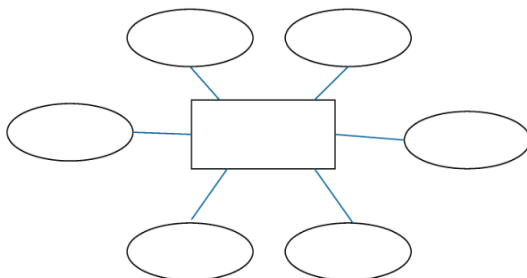
La estructura de conexión de todos los dispositivos o medios en una red se conoce como la topología de red. En la actualidad, se encuentran disponibles diversas configuraciones de topología de red, siendo la más comunes: estrella, anillo, bus, árbol y malla. (Tobajas, 2014)

##### ***a. Red en estrella***

Esta configuración de topología de red, como se muestra en la Figura 17, todos se encuentran conectadas a un concentrador central, como un conmutador o un enrutador, se emplea en sistemas centralizados de control, donde se utiliza exclusivamente una unidad central de control, encargada de procesar y supervisar todos los datos, mientras que todas las unidades se encuentran interconectadas con esta unidad central. (Tobajas, 2014)

**Figura 17**

*Red en estrella*



*Nota.* Imagen extraída del libro Instalaciones domóticas (Tobajas, 2014, p.18)

Las ventajas de esta red incluyen que si se produce un error en un nodo que no sea la unidad central, dicho error no afectará al funcionamiento del resto de la red, que también permite la utilización de diferentes protocolos y velocidades de comunicación entre los elementos, y facilita la detección de posibles averías en la instalación. Por otro lado, las

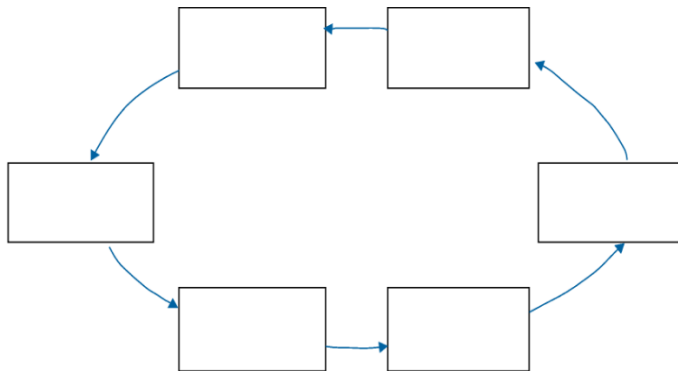
desventajas de esta configuración de red son que un error en la unidad central podría paralizar toda la instalación hasta que se repare la avería, y que requiere un considerable nivel de cableado tanto durante la instalación inicial como al agregar nuevos nodos a la red. (Tobajas, 2014)

### ***b. Red Anillo***

En este tipo de estructura de red, como se muestra en la Figura 18, todos los nodos están conectados en secuencia, transmitiendo la información de un nodo al siguiente hasta que este alcance su destino. La comunicación entre los distintos controladores generalmente se efectúa en una sola dirección, aunque es posible llevarla a cabo en ambas direcciones si es necesario. (Tobajas, 2014)

**Figura 18**

*Red en anillo*



*Nota.* Imagen extraída del libro Instalaciones domóticas (Tobajas, 2014, p.18)

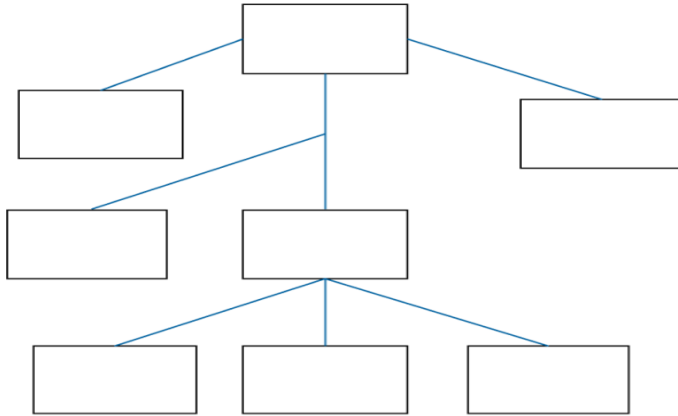
Las limitaciones de esta red incluyen que, en caso de un fallo en un nodo o unidad de control, o si se produce una interrupción en el canal de comunicación principal, la comunicación en la red puede detenerse y quedar inoperable. Además, existe el riesgo de una congestión de datos en la comunicación entre los nodos si todos intentan enviar información simultáneamente. (Tobajas, 2014)

### ***c. Red en Árbol***

Esta configuración de red es una combinación de dos topologías, la de bus y la estrella, en la cual la información se transmite de un nodo a otro hasta alcanzar su destinatario, como se observa en la Figura 19. Las ventajas o desventajas estarán determinadas por el tipo de distribución que se establezca en la red. (Tobajas, 2014)

### Figura 19

#### Red en árbol



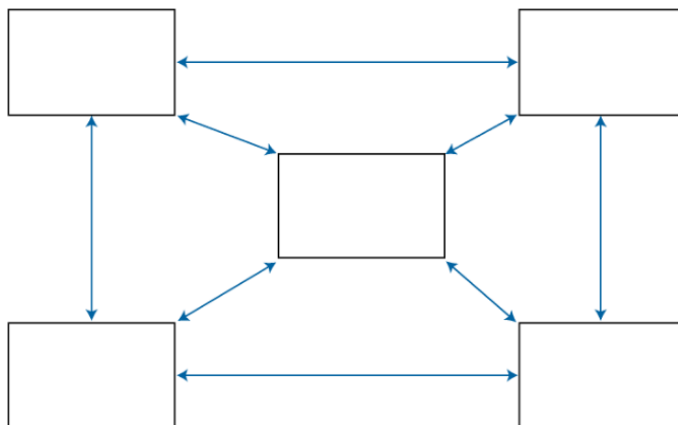
Nota. Imagen extraída del libro Instalaciones domóticas (Tobajas, 2014, p.18)

#### d. Red en malla

En esta configuración de red, todos los nodos están interconectados entre sí mediante diversos medios físicos o rutas, como se muestra en la Figura 20, lo que significa que la información puede alcanzar un nodo a través de múltiples trayectos.

### Figura 20

#### Red en malla



Nota. Imagen extraída del libro Instalaciones domóticas (Tobajas, 2014, p.18)

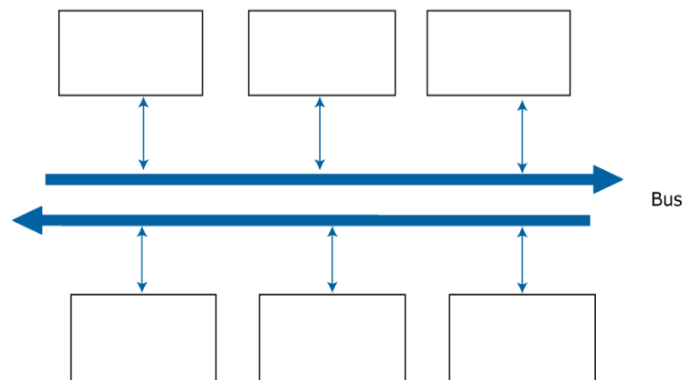
Las ventajas de esta red incluyen que, si se produce una falla en uno de los caminos, el nodo afectado puede seguir operando sin dificultades, ya que la información puede encontrar rutas alternativas para llegar a ese nodo específico. Sin embargo, las desventajas de esta configuración son que su instalación conlleva un alto costo en cableado y puede ser complicado identificar la ubicación de una avería cuando ocurre.

### ***e. Red en Bus***

En esta configuración de red, como se muestra en la Figura 21, todos los nodos se encuentran enlazados a través de un medio físico denominado “bus”. En este bus, todos los nodos envían y reciben información. Generalmente, este medio físico permite la comunicación en ambas direcciones. Otra característica importante de esta red es que requiere un protocolo de comunicación más elaborado en comparación con otras redes. Este protocolo de comunicación debe detallar la identificación y la asignación de direcciones para todos los nodos que formen parte de la instalación. (Tobajas, 2014)

**Figura 21**

*Red bus*



*Nota:* Imagen extraída del libro *Instalaciones domóticas* (Tobajas, 2014, p.18)

Los beneficios que ofrece esta red son los siguientes: Cuando es necesario agregar o eliminar nodos en la red, este proceso resulta más simple en comparación con las otras redes mencionadas, ya que simplemente requeriría conectarlos directamente al bus. Además, en el caso de que ocurra un fallo o una avería en uno de los nodos que forman parte de la instalación, estos problemas no afectarían la operatividad de la instalación en su conjunto, ya que los demás nodos continuarán funcionando sin problemas. (Tobajas, 2014)

#### ***2.3.5. Tipos de sistemas domóticos basados en cableado específico bus de campo***

Un sistema de bus de campo es una tecnología que simplifica la implementación de sistemas domóticos o aplicaciones en la producción industrial. Su principal objetivo es reemplazar las conexiones punto a punto previamente utilizadas por un bus físico que conecta a todos los elementos, en el cual enlazan todos los dispositivos de campo, como sensores, actuadores y la unidad de control. Cada dispositivo puede comunicarse bidireccionalmente con los demás. El propósito de este sistema es reemplazar el control centralizado por un sistema distribuido para mejorar la calidad y eficiencia de la

instalación. Cada dispositivo puede realizar funciones de control, mantenimiento y diagnóstico, lo que permite que cada nodo de la red informe sobre posibles anomalías en los dispositivos, Las ventajas de este sistema incluyen un ahorro en costos de instalación, menor costo de mantenimiento a largo plazo y una mayor facilidad para detectar y solucionar problemas en la instalación. Los usuarios solo necesitan un conocimiento básico de la administración de la red, ya que la información es útil para la solución de problemas y reparaciones en la instalación. (Tobajas, 2014).

### ***Sistema KNX***

El incremento de la demanda del confort y en las funcionalidades en las aplicaciones a la hora de la gestión en la parte de la iluminación, climatización, sistemas de seguridad y, unido todo a querer tener un menor consumo energético, hace que sea necesario que el sistema sea gestionado por un control inteligente. Hoy en día, se encuentran disponibles varios sistemas de automatización del hogar que utilizan una infraestructura de cableado dedicada para la transmisión de datos, La principal desventaja de estos tipos de instalaciones es que conlleva un nivel elevado de cableado a la hora de conectar todos los elementos (actuadores, sensores, etc...) hasta la unidad de control y supervisión de la misma. Todo ello hace que su diseño sea más complejo, se aumente el riesgo de incendio y tenga un coste elevado, con lo cual se llegó a la solución de crear un sistema estándar y abierto para el control de viviendas y edificios, KNX.

KNX es un sistema abierto, independiente de los fabricantes, transfiere los datos de control a los componentes usando un lenguaje común entre los componentes eliminando de esta manera el problema de compatibilidad y comunicación entre dispositivos de diferentes marcas y ser un sistema estándar. KNX está basado en los sistemas EIB, EHS y BatiBUS.

La conexión y comunicación de los dispositivos pueden ser realizados por medio de diferentes buses de comunicación.

- Par trenzado
- Radiofrecuencia
- Línea de fuerza
- IP/Ethernet

A los buses de comunicación se les conectan los diversos actuadores y sensores encargados de realizar las diferentes aplicaciones en el ámbito de gestión de la instalación (iluminación, persianas, sistema de climatización, sistemas de seguridad, sistemas de aire

acondicionado, ventilación, etc...), todo esto se realiza de forma controlada, supervisada y señalizada por un sistema homogéneo, sin necesitar de centros de control adicionales.

**Figura 22**

*Aplicaciones del sistema KNX*

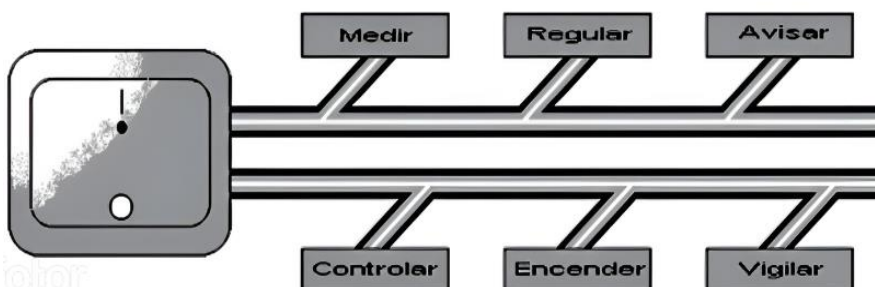


*Nota.* Imagen extraída del Sistema Europeo Estandarizado KNX-EIB descentralizado

KNX es un sistema distribuido en el cual todos los dispositivos están interconectados mediante un par de cables trenzados que forman el bus, como se muestra en la Figura 22, facilitando la transferencia de datos e información entre todos los componentes conectados a él. (Guzmán y Merino, 2015)

**Figura 23**

*Conexión en un sistema de bus KNX*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica: gestión de la energía y gestión técnica de edificios (Guzmán y Merino, 2015, p.18)

Como resultado de esto, se logra una instalación de cableado sencilla y una significativa reducción en la cantidad de cables empleados en la instalación eléctrica. Esto se traduce en una disminución de los riesgos de incendio y en un ahorro de tiempo durante la

instalación. El software ETS (EIB Tool Software) se ha desarrollado específicamente para abordar las necesidades de ingeniería en edificios, ofreciendo una asistencia eficaz tanto para arquitectos y aparejadores como para las propias ingenierías. (Guzmán y Merino, 2015)

- Estándar internacional (ISO/IEC 14543-3)
- Estándar a nivel europeo (CENELEC EN 50090 Y CEN EN 13321-1)
- Estándar nacional en el caso de China (GB/T 20965)

## Figura 24

*KNX sistema de estándar internacional*



*Nota.* Compatibilidad entre los componentes de distintas marcas dentro de la instalación domótica

El sistema KNX es de fácil utilización de las aplicaciones de control en edificios y viviendas, incrementando confort, seguridad y ahorro energético. En comparación con instalaciones convencionales, el sistema KNX permite llevar a cabo todo tipo de reformas sin complicaciones.

### *a. Ventajas del sistema KNX*

Según Nuñez (2015), de acuerdo con la información proporcionada en el sitio web de la asociación en febrero de 2011, la tecnología KNX se ha desarrollado a partir de la experiencia y el conocimiento acumulados durante los últimos 15 años en relación con tecnologías anteriores, como el Bus de Instalación Europeo (EIB), el Sistema Europeo de Hogar (EHS) y Batibus. A continuación, se destacan las principales ventajas de utilizar KNX:

- Considerable ahorro energético a un bajo coste operacional: KNX posibilita el encendido, apagado selectivo tanto al detectar una presencia de una estancia



determinada, la regulación por nivel de iluminación tanto luces, persianas toldos, como la temperatura por medio de la calefacción o el aire acondicionado. De esta manera se puede reducir el consumo energético y el gasto en las facturas eléctricas.

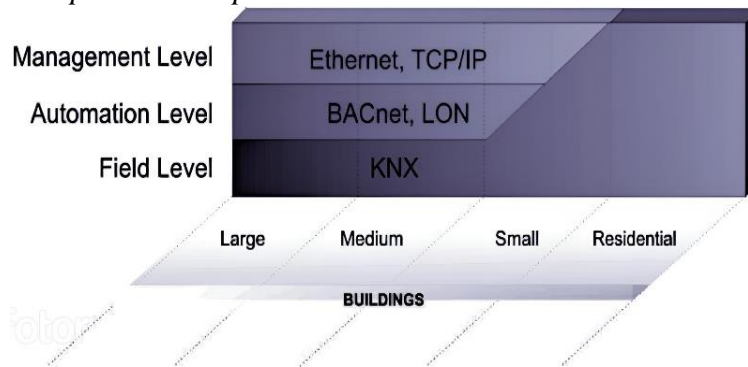
- **Interoperabilidad y Compatibilidad de KNX:** KNX asegura que los productos de diferentes fabricantes funcionen y se comuniquen entre sí. Esto proporciona un alto nivel de flexibilidad para la expansión y modificación de las instalaciones, respaldado por la certificación de productos.
- **Descentralización Funcional de KNX:** Es importante señalar que no existe un módulo central de domótica que controle toda la instalación. Cada elemento del sistema es independiente, lo que significa que, en caso de avería o mantenimiento, los demás componentes del sistema seguirán funcionando de manera óptima.
- **Integración Estética con KNX:** Los controles y sensores de este sistema se integran perfectamente en las series de mecanismos convencionales, compartiendo colores y marcos decorativos. Esto garantiza una coherencia estética total en la instalación.
- **Ahorro de tiempo:** Al estar todos los componentes unidos mediante el mismo bus, la elaboración en el diseño de la instalación, y su ejecución se realiza de forma más sencilla y en menos de tiempo.
- **Independencia de Tecnología en KNX:** KNX se ha convertido en un estándar global, abierto y libre de regalías, independiente de la plataforma de hardware para sistemas de control en viviendas y edificios. No impone costos adicionales por regalías a sus miembros. Es un estándar internacional respaldado por varias organizaciones, lo que garantiza su continuidad.
- **Calidad del Producto KNX:** La Asociación KNX requiere un estricto control de calidad en todas las etapas de vida del producto. Los productos KNX deben cumplir con la norma ISO 9001 y los requisitos de la Norma Europea para Sistemas Electrónicos en Viviendas y Edificios (EN 50090-2-2).
- **Software Único y Neutral de KNX:** KNX cuenta con una herramienta independiente de los fabricantes de cualquier marca o casa comercial. Esta herramienta es un software llamado “Engineering tool software” (ETS), con el cual se planifica, diseña y configura los distintos productos certificados KNX pudiendo combinar distintos componentes de diferentes marcas que puedan estar instalados en el sistema a través del bus de comunicación.

- Seguridad de KNX: KNX utiliza una tensión de 24Vdc a través del BUS en lugar de 230Vac, eliminando riesgos de incendio y accidentes, lo que lo hace más seguro.
- Estabilidad de KNX: El sistema KNX puede alimentar todos los dispositivos desde una fuente de alimentación con batería de emergencia del bus, lo que garantiza su funcionamiento incluso después de un corte de suministro eléctrico, proporcionando seguridad adicional contra sabotajes.
- Versatilidad de Aplicación de KNX: KNX se puede utilizar para una amplia variedad de aplicaciones en control de casas y edificios, desde iluminación hasta calefacción, ventilación, audio y más, mejorando el confort y ahorrando energía.
- Adaptabilidad de KNX: KNX puede aplicarse tanto en construcciones nuevas como en reformas de edificios existentes, lo que lo hace versátil para adaptarse a diversas necesidades y escenarios.
- Facilidad de Expansión de KNX: KNX es un sistema completamente flexible a la hora de su modificación o ampliación a nuevas aplicaciones o funcionalidades sin requerir grandes inversiones, KNX permite la fácil incorporación de nuevos dispositivos al bus, ya que los nuevos componentes simplemente se conectarán al bus existente para su programación y configuración.
- Medios de Comunicación en KNX: KNX admite cuatro medios de comunicación, incluyendo par trenzado (KNX TP), corrientes portadoras (KNX PL), radiofrecuencia (KNX RF) e IP/Ethernet (KNX IP), lo que permite una mayor flexibilidad de aplicación.
- Soporte de Dos Modos de Configuración de KNX: KNX ofrece dos modos de configuración, Easy Installation (E-mode) y System Installation (S-mode), para proyectos de diferente complejidad, desde instalaciones más simples hasta aquellas más sofisticadas.
- Conectividad con Otros Sistemas en KNX: KNX puede conectarse a otros sistemas, como tecnología DALI, sistemas de aire acondicionado y visualizaciones, a través de gateways o pasarelas.

En resumen, KNX es una tecnología de vanguardia que ofrece una amplia gama de ventajas, desde la integración estética hasta la adaptabilidad y la seguridad, lo que la convierte en una opción sólida para el control de viviendas y edificios.

**Figura 25**

*Comparación respecto a otros sistemas*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.25)

### ***b. Características del bus de campo KNX/EIB***

El sistema KNX/EIB de bus de campo se distingue por su naturaleza descentralizada, lo que permite programar respuestas específicas ante interrupciones en el suministro de energía. Esto asegura que la instalación de una vivienda no se comporte de forma impredecible después de un corte de suministro eléctrico. En esta instalación, es posible supervisar, comunicar y controlar todas las funciones de servicio y su desarrollo a través de una línea común. Este sistema ofrece ahorro en el cableado, lo que facilita adaptaciones rápidas y sencillas en caso de cambios de uso o reorganización del espacio en la vivienda, sin necesidad de añadir nuevos cables. Los ajustes de parametrización de los componentes conectados al bus de comunicación se pueden modificar de manera eficiente utilizando un PC conectado a la instalación a través del software ETS y su interfaz. Entre las ventajas se incluyen mejoras en la seguridad, eficiencia económica y ahorro de energía en el funcionamiento de viviendas y edificios. Todos los dispositivos de diversos fabricantes que cuenten con la marca de este sistema son compatibles y pueden utilizarse en una misma instalación sin problemas de incompatibilidad. (Tobajas, 2014)

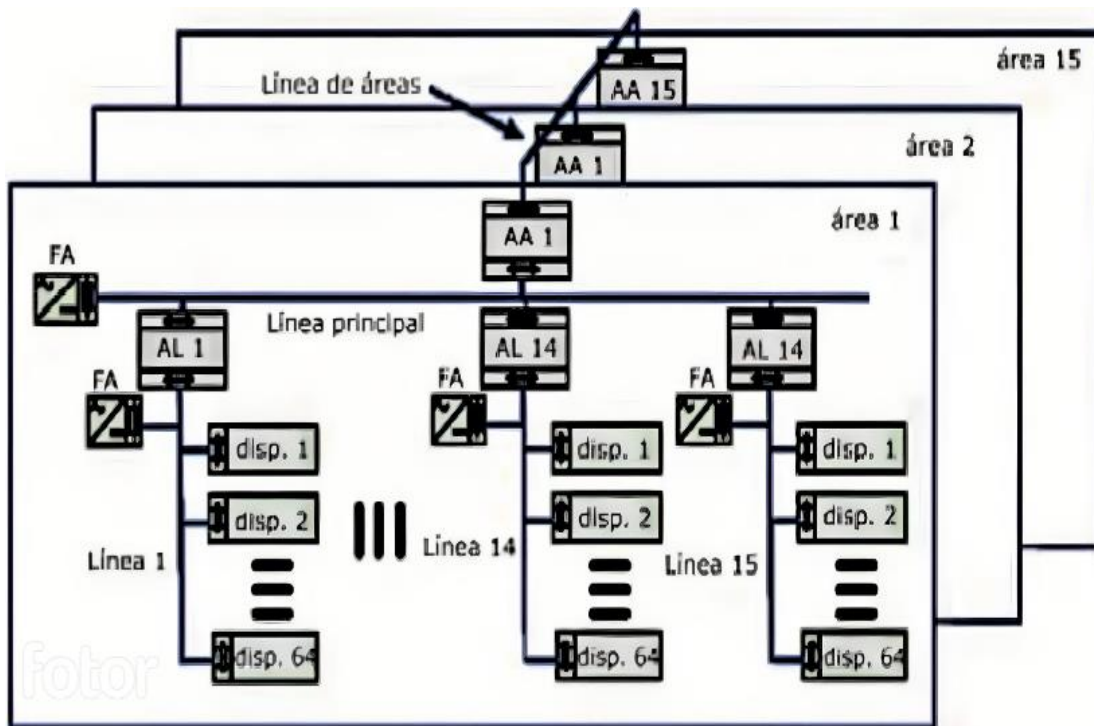
### ***c. Topología del Bus de Campo KNX/EIB***

Este sistema ofrece varias opciones para conectar dispositivos al bus de la instalación, como topologías en árbol, estrella o bus, lo que simplifica la instalación en viviendas y edificios. Es importante destacar que no es compatible con la topología en anillo, ya que podría causar bucles en la transmisión de información entre dispositivos. La disposición de dispositivos en esta red se divide en tres niveles de conexión. La unidad más básica es la línea, que puede admitir hasta 64 dispositivos (esto dependerá de la capacidad de la fuente de alimentación y de la carga máxima generada por los dispositivos utilizados). Si

se necesita conectar más dispositivos al bus se debe agregar una nueva línea, que se conecta a la primera línea o a la línea principal mediante un dispositivo llamado acoplador de líneas. Se pueden conectar hasta 15 líneas en la línea principal, como se muestra en la Figura 23, formando un área en el que se pueden conectar hasta 960 dispositivos (64 dispositivos por línea multiplicado por 15 líneas). Esto permite integrar un máximo de 14.400 dispositivos (960 dispositivos en un área multiplicado por 15 áreas). (Tobajas, 2014).

**Figura 26**

*Sistema de conexión en red*



*Nota* Imagen extraída del libro Instalaciones domóticas (Tobajas, 2014, p.119)

Según Núñez (2015), siguiendo la topología de KNX/EIB, el bus se organiza en líneas y áreas, de manera similar a una pirámide:

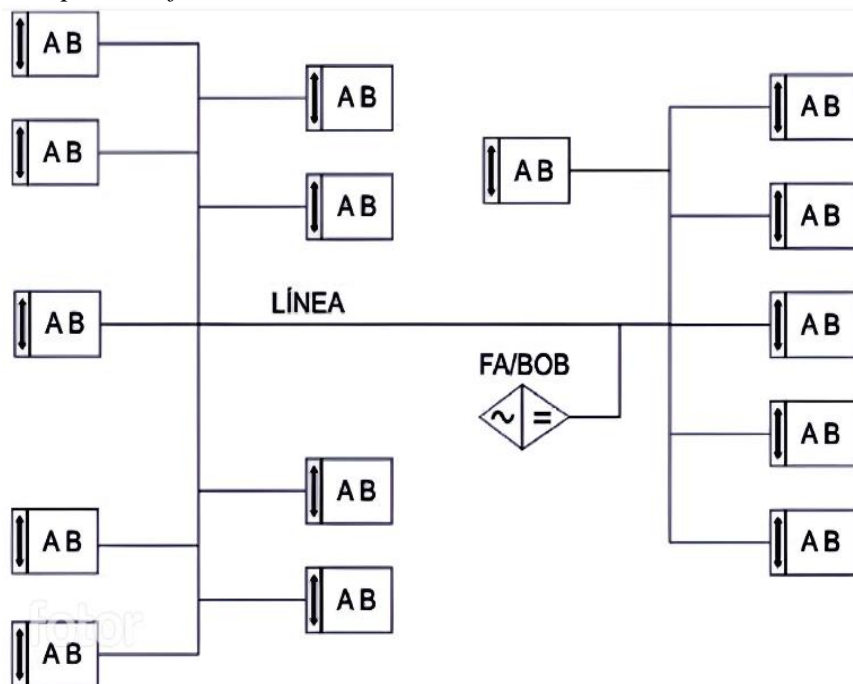
En la parte superior de esta estructura piramidal se encuentra la "línea de áreas", también llamada "backbone", de la que se conectan un máximo de 15 áreas a través de acopladores de área (AA). Cada una de estas áreas está formada por una "línea principal" a la que pueden conectarse o de la que pueden colgar hasta 15 líneas mediante acopladores de línea (AL). A su vez, cada línea se compone de un máximo de 4 "segmentos de línea", que son la unidad más pequeña del bus. Estos segmentos de línea, con una longitud máxima de cable bus de 1000 metros, se interconectan mediante repetidores o

amplificadores de línea (AML). Cada línea principal, backbone, línea o segmento de línea puede contener hasta un máximo de 64 dispositivos de bus, dependiendo de la fuente de alimentación seleccionada, de los acopladores de línea/área y del consumo de estos dispositivos (dispositivos de bus y acopladores de línea/área). El número real de dispositivos de bus conectados depende de la fuente de alimentación que se elija y del consumo de cada dispositivo individual. También es posible tener hasta 64 dispositivos de bus en la línea principal de cada área, en las líneas de áreas o incluso en la línea principal de áreas. El número máximo de dispositivos de bus disminuye a medida que se utilizan más acopladores de línea o área. Esto se debe a que los acopladores de línea fabricados a partir de 2003 son alimentados por la fuente de alimentación de la línea principal, mientras que los acopladores de área fabricados a partir de 2003 son alimentados por la fuente de alimentación de la línea principal de áreas.

En la Figura 27, se representa la unidad básica y más pequeña en la topología del bus KNX/EIB TP1, que se denomina "segmento de línea". Es importante destacar que cuando los profesionales del sector hablan coloquialmente de una "línea KNX/EIB TP1", se refieren a un solo segmento de línea. En todas las figuras de este capítulo, las líneas continuas representan el cableado real del bus.

**Figura 27**

*Componente fundamental en la estructura del bus KNX/EIB TP1*



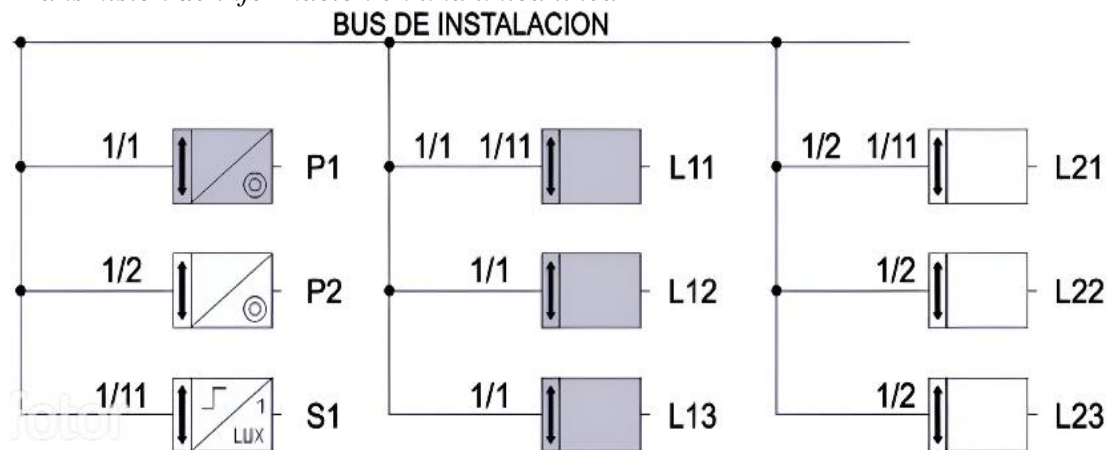
*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.33)

- **Comunicación dentro de una sola línea**

En el contexto de una sola línea de comunicación, como se muestra en la Figura 28, cuando se presiona el pulsador P1, se envía la orden 1/1. Aunque todos los dispositivos KNX están preparados para recibir órdenes, únicamente los actuadores asociados a las lámparas L11, L12 y L13 tienen esa orden almacenada en su memoria. Por lo tanto, sólo estos actuadores ejecutarán la orden cuando se reciba. Si el sensor de luminosidad S1 envía la orden 1/11, todos los dispositivos KNX en esa línea estarán atentos a la orden. Sin embargo, solo los actuadores de las lámparas de las ventanas, como L11 y L21 (si tienen la orden 1/11 almacenada en su memoria del canal correspondiente del actuador), llevarán a cabo la acción correspondiente en respuesta a la orden recibida. (Núñez, 2015)

**Figura 28**

*Transmisión de información en una única línea*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.36)

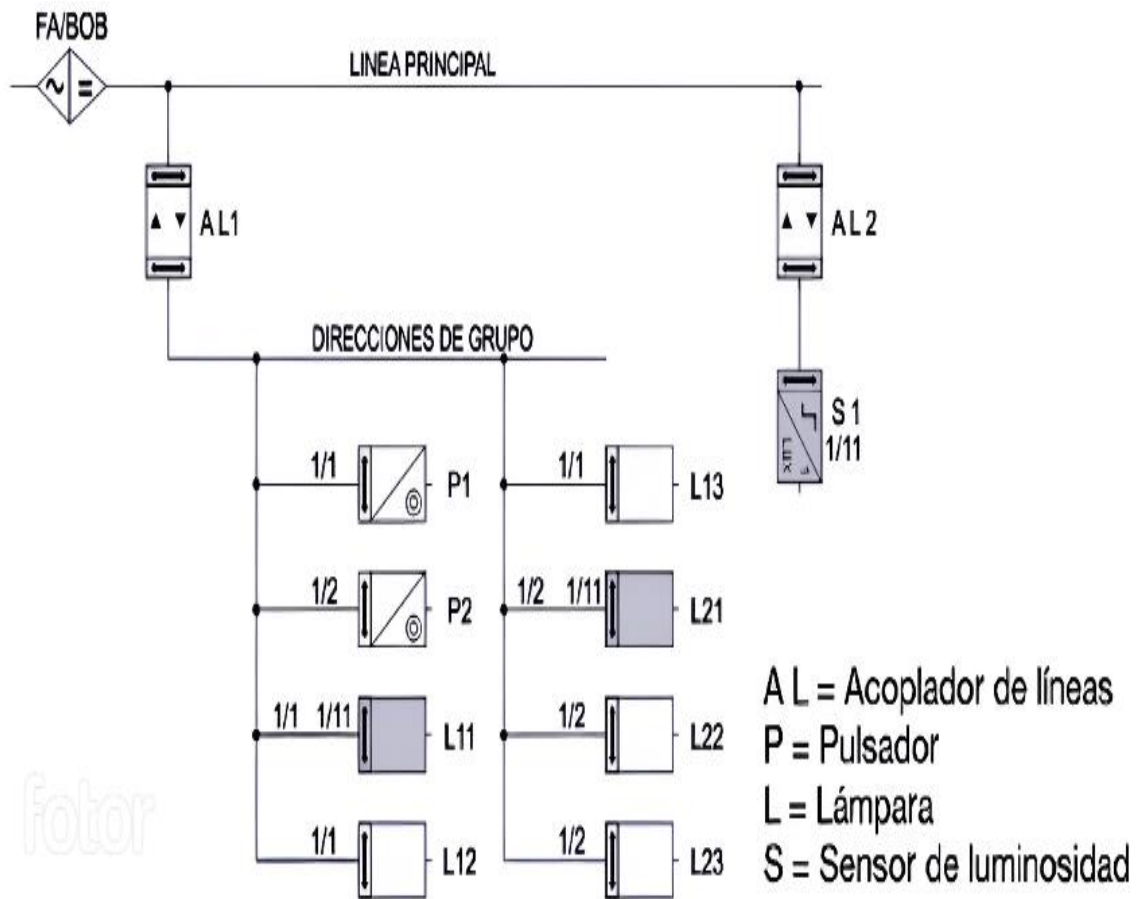
- **Comunicación entre dos líneas**

Si un sensor de luminosidad se encuentra en una ubicación diferente a la lámpara que debe controlar, como por ejemplo en otra planta del edificio, es necesario transmitir sus comandos a través de la línea principal. En el ejemplo ilustrado en la Figura 26, los acopladores AL1 y AL2 almacenan las posibles órdenes que el sensor S1, situado en la línea 2, podría enviar a ciertas lámparas de la línea 1. Esto permite que solo las órdenes específicas sean transmitidas, evitando congestionar la comunicación en el cable bus. Por lo tanto, el acoplador de línea AL2 permite el paso de la orden 1/11 enviada por el sensor S1 a la línea principal, y el acoplador de línea AL1 transmite esa orden a su propia línea. Todos los dispositivos KNX en esa línea están atentos a la orden procedente del

sensor de luminosidad, pero solo los actuadores de las lámparas L11 y L21 llevarán a cabo la acción correspondiente en respuesta a esa orden. (Núñez, 2015)

**Figura 29**

*Transmisión de datos entre dos líneas*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.37)

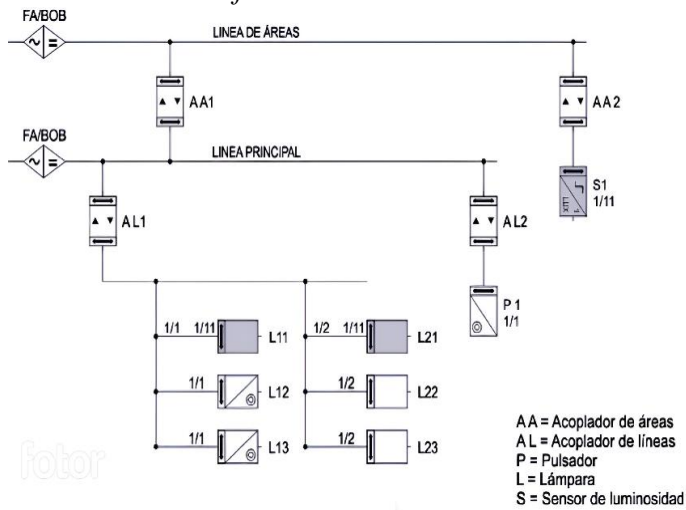
● **Comunicación entre dos áreas**

Incluso en el escenario en el que el sensor de luminosidad S1 se ubique en un lugar diferente, como por ejemplo en la azotea del edificio, aún puede comunicarse con todos los dispositivos KNX a través de la línea de áreas, como se muestra en la Figura 27. Si se asigna al sensor de luminosidad la orden 1/11, los acopladores de áreas AA1 y AA2, así como el acoplador de líneas AL1, permitirán que la orden fluya hacia la línea 1. Por otro lado, el acoplador de líneas AL2 no dejará pasar la orden, ya que no es necesario en ese caso. Todos los dispositivos KNX en la línea principal del área 1 y 2, junto con los dispositivos KNX de la línea de áreas (backbone) y de la línea 1 en el área 1, recibirán y estarán atentos a la orden 1/11, pero solo los actuadores de las lámparas L11 y L21 en el

área 1, línea 1, llevarán a cabo la acción correspondiente en respuesta a esa orden. (Núñez, 2015)

**Figura 30**

*Intercambio de información entre dos áreas*



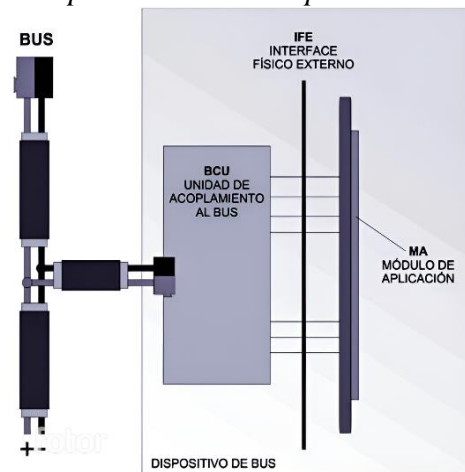
*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.38)

**d. Partes de un dispositivo KNX/EIB:**

Según Núñez (2015), los dispositivos KNX/EIB con acoplador al bus, como reguladores de volumen, actuadores binarios, controladores de movimiento, termostatos multifunción, etc., constan principalmente de tres componentes que deben ser del mismo fabricante para garantizar un funcionamiento adecuado, como se muestra en la Figura 31:

**Figura 31**

*Componentes de un dispositivo KNX/EIB en el bus TP1*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.117)



- BCU (Bus Coupling Unit): Esta es la Unidad de Acoplamiento al Bus.
- MA (Módulo de Aplicación): El MA se refiere al Módulo de Aplicación.
- PA (Programa de Aplicación): El PA se refiere al Programa de Aplicación.

Es esencial que todas estas partes sean del mismo fabricante para asegurar un rendimiento coherente y eficaz del dispositivo KNX/EIB.

Según Nuñez (2015), la unidad de acoplamiento al bus (BCU) y el módulo de aplicación pueden estar presentes como una sola entidad o como dos componentes separados conectados a través de un conector estandarizado con 10 u 12 pines conocido como IFE (Interfaz Físico Externo) en el sistema KNX/EIB. Los IFE permiten la comunicación entre la BCU y el módulo de aplicación mediante 5 pines y proporcionan la alimentación necesaria para el módulo de aplicación a través de 2 pines.

Existen cuatro tipos diferentes de unidades de acoplamiento al bus que se fabrican como componentes independientes del dispositivo:

1. Para instalación empotrada en una caja universal, con conexión al bus mediante terminales de conexión KNX/EIB estándar.
2. Para montaje en la pared, con conexión al bus mediante terminales de conexión KNX/EIB estándar.
3. Para montaje en un falso techo, con conexión al bus mediante terminales de conexión KNX/EIB estándar.
4. Para montaje en un carril DIN, con conexión al bus a través de terminales de conexión KNX/EIB estándar en la parte frontal del dispositivo. Esta variante puede tener bornes desenchufables de potencia y bus, así como contactos de presión en la parte posterior del dispositivo que hacen contacto con el carril de datos (aunque estos últimos están en desuso actualmente). También puede incluir un interfaz para conectar al bus, ubicado en el lateral del dispositivo de bus de cualquiera de los dos dispositivos mencionados anteriormente.

Cada fabricante de dispositivos KNX/EIB utiliza códigos en la descripción de sus productos, generalmente en forma de letras, para distinguir los tipos de dispositivos en función de la unidad de acoplamiento al bus que utilizan. Esto se conoce como la nomenclatura de dispositivos según el fabricante.

Por otro lado, cuando la BCU está integrada en el dispositivo como una única unidad junto con el módulo de aplicación, hay dos formas en las que se puede encontrar esta integración:

- Montada mediante un módulo de interfaz con el bus (BIM): Un módulo BIM es esencialmente una unidad de acoplamiento al bus, pero sin su conexión posterior, aunque puede incluir componentes adicionales.
- Montada a través de un circuito integrado: Este circuito integrado cumple la función de controlador y transceptor del BIM. El transceptor puede adoptar diferentes formas, como una solución discreta, un ASIC o, en el caso del medio de transmisión TP1, que se denomina TP-UART.

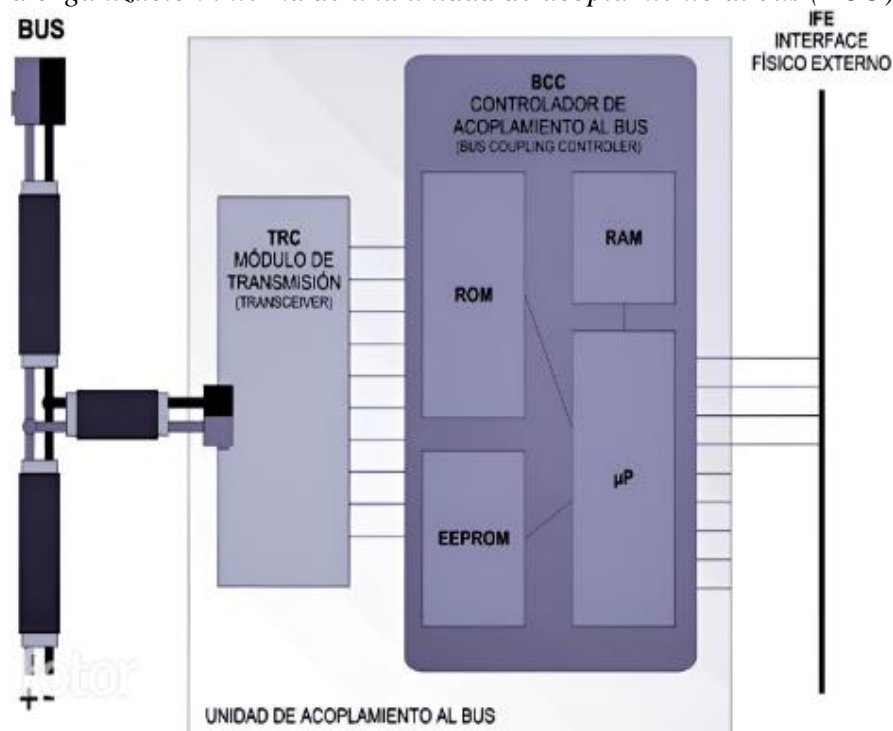
#### Estructura interna de la BCU

Según Nuñez (2015), la organización interna de una BCU se divide en dos componentes esenciales que brindan a cada dispositivo su unidad de control única, lo que posibilita que una instalación KNX/EIB funcione de manera descentralizada sin depender de una unidad central de control. Estos dos elementos clave son:

- BCC (Bus Coupling Controller): Este controlador gestiona el acoplamiento al bus y controla la comunicación en la red KNX/EIB.
- Transceiver: Este módulo de transmisión se adapta al medio de conexión específico y se encarga de la transmisión de datos en la instalación.

#### Figura 32

*La organización interna de una unidad de acoplamiento al bus (BCU)*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Nuñez, 2015, p.117)

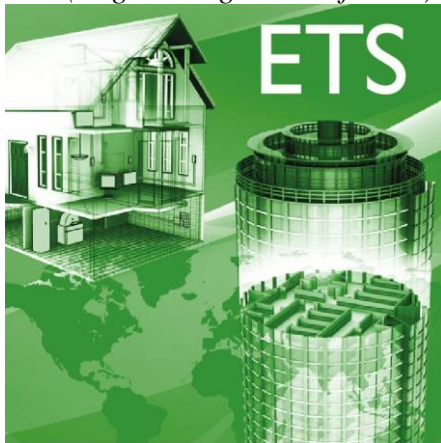
### ***e. Software de programación del bus de campo KNX/EIB***

El sistema KNX/EIB cuenta con una herramienta de programación llamada ETS (Engineering Tool Software), la cual no fue desarrollada por el fabricante y tiene la función de diseñar y configurar sistemas domóticos para hogares y edificios que operan con el sistema KNX. Una característica destacada de este software es su capacidad para importar bases de datos de productos KNX de cualquier fabricante al programa (Tobajas, 2014)

A pesar de que el sitio web de la asociación, ETS se describen como “Engineering Tool Software”, como se observa en la Figura 30, es importante señalar que muchos profesionales todavía las reconocen como “EIB Tool Software”. La creación y configuración de un sistema KNX/EIB se lleva a cabo utilizando el software de programación ETS. Este programa permite no solo programar los diversos dispositivos en el bus, sino también llevar a cabo tareas de planificación y mantenimiento de la instalación. La conexión de la computadora al sistema solo es necesaria durante la fase de programación e implementación de la instalación, y no es requerida para el funcionamiento normal del sistema.

#### **Figura 33**

*ETS (Engineering Tool Software)*



*Nota.* Imagen extraída de KNX ORG

Además, según Nuñez (2015), dentro del entorno ETS Professional, existen herramientas adicionales para ampliar su funcionalidad, que pueden ser de dos tipos:

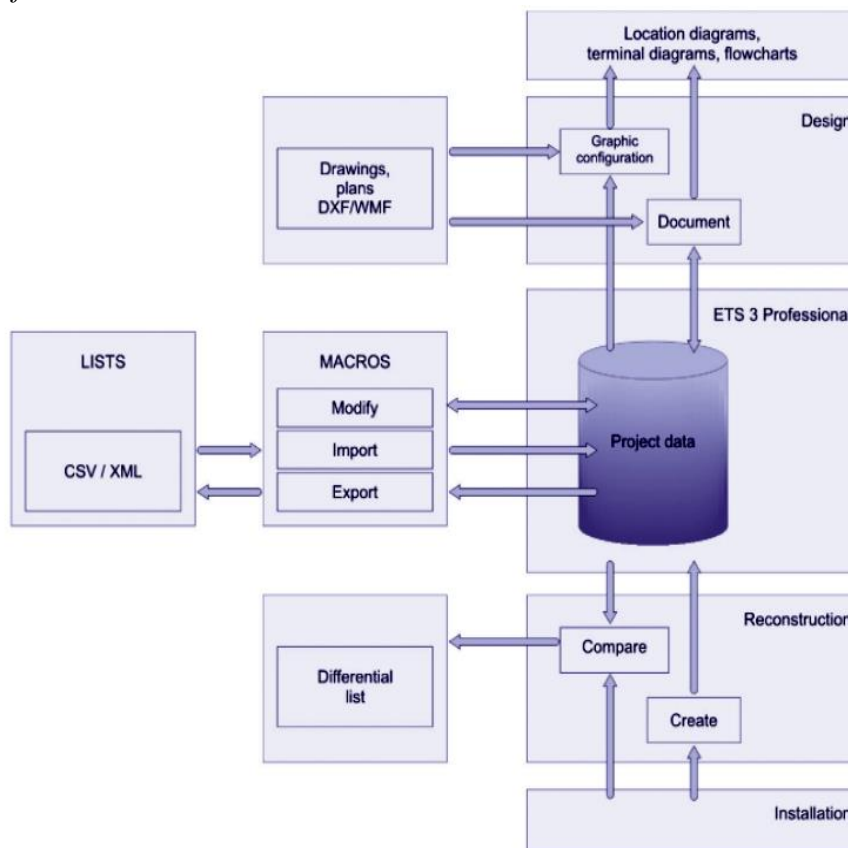
- **Plug-In:** Estos son programas desarrollados por los fabricantes de dispositivos para configurarlos y generalmente se ejecutan desde el menú “Editar Parámetros” sin estar integrados en el ETS.

- Add-In: Estas son herramientas adicionales que se agregan al ETS para proporcionar funcionalidades desde un icono en la barra de tareas del ETS. Pueden ser del mismo fabricante que el ETS o de un fabricante diferente.

La Figura 34 representa de manera simplificada las capacidades extra proporcionadas por las herramientas suplementarias ofrecidas por el fabricante del ETS.

### Figura 34

*Combinación de las funciones extra proporcionadas por el fabricante IT gmbh con el software ETS.*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.18)

### f. Medios de transmisión

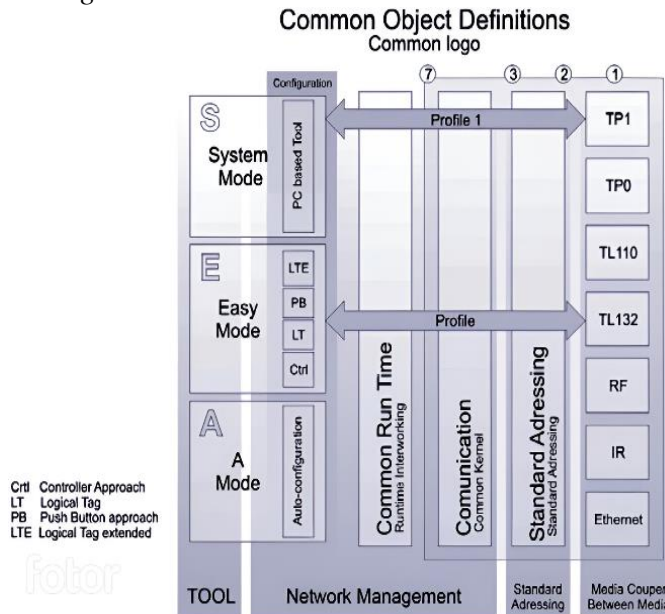
Según Nuñez (2015), gracias a la versatilidad de la tecnología KNX, que ofrece una variedad de medios de transmisión, cualquier instalación puede adaptarse a las nuevas necesidades o cambios solicitados por el cliente o usuario final. Esto incluye la posibilidad de combinar diferentes medios de transmisión utilizando un dispositivo llamado "Acoplador de Medios". Estos son los medios de transmisión disponibles en KNX:

- TP-1 Twisted Pair (Par Trenzado): Este medio utiliza un bus de par trenzado, de ahí las siglas TP. Es adecuado para nuevas instalaciones o remodelaciones significativas y ofrece una alta confiabilidad en la transmisión. Una velocidad de transmisión de 9600 bits/s, aunque esta velocidad puede variar según los datos necesarios para ejecutar una orden. A pesar de esta velocidad, es importante destacar que la eficiencia de transmisión es más relevante que la velocidad.
- PL-110 PowerLine (Linea): Este medio de transmisión utiliza la red eléctrica existente, por eso las siglas PL se refieren a corrientes portadoras. Es útil en instalaciones donde no se desea o no es posible instalar un cable de control adicional, pero se dispone de cableado de 230Vac. Requiere un conductor neutro y ofrece una velocidad de transmisión de 1200 bits por segundo, aunque, al igual que en TP-1, la velocidad no es el único factor determinante.
- RF (Radio Frequency): La transmisión se realiza mediante ondas de radio, de ahí las siglas RF, que se refieren a radiofrecuencia. Este medio se utiliza en instalaciones donde no es factible o deseable instalar cableado bus o eléctrico. Las órdenes se transmiten en la frecuencia de 868MHz como dispositivos de corto alcance, con una potencia máxima irradiada de 25mW y una velocidad de transmisión de 16,384 Kbits por segundo.
- IP (Internet Protocol): En este medio, la transmisión se realiza a través de la red TCP/IP y sus diversos cables, como CAT5, CAT6, CAT7, etc. Es adecuado tanto para nuevas instalaciones como para aquellas con cableado IP existente. Ofrece un alto nivel de confiabilidad en la transmisión.

Además de estos cuatro medios de transmisión principales del protocolo KNX, también es posible transmitir datos a una instalación KNX mediante infrarrojos (IR). Además, mediante gateways o pasarelas, es posible la transmisión bidireccional de información o telegramas KNX a otros medios, como la fibra óptica. Gracias a esta variedad de medios de transmisión, es posible integrar en KNX aplicaciones como videoporteros, audio, servidores de música o películas, sistemas MEDIACENTER, equipos de aire acondicionado, etc.

**Figura 35**

*Un logo común*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.27)

### ***g. Comunicación con otros sistemas***

A los dispositivos o programas que facilitan la comunicación y entendimiento entre dos sistemas o equipos distintos, ya sea mediante sistemas electrónicos o programación, se les conoce como interfaz o pasarela. En el contexto de instalaciones que requieren la coexistencia de diferentes sistemas de automatización y donde el KNX se sitúa como el sistema superior en la jerarquía, las pasarelas desempeñan un papel fundamental. Estas pasarelas permiten que el sistema KNX pueda enviar órdenes para controlar dispositivos específicos o recibir señales de otros sistemas, funcionando esencialmente como traductores de mensajes y protocolos. (Guzmán y Merino, 2015)

### ***h. Tipo y modo de configuración***

Según Núñez (2015), al igual que el medio de transmisión admitido por cada producto, el tipo o modo de configuración se encuentra indicado en la etiqueta del producto. Según lo que se indique en la etiqueta de cada producto, el tipo o modo de configuración puede ser:

- Método automático de puesta en marcha - KNX Automatic Mode (A-Mode): **TOTALMENTE EN DESUSO:** Es importante destacar que este modo de configuración se ha dejado de utilizar, pero se menciona aquí para informar a los lectores. En este modo, la configuración y parametrización de los dispositivos del bus

se realizaba automáticamente al conectar el equipo al bus, adaptándose al resto de dispositivos en modo A-Mode. Los productos compatibles con el A-Mode tenían un conjunto fijo de parámetros y funcionalidades predefinidas. Estaban diseñados principalmente para instalaciones pequeñas, dispositivos domésticos, sistemas de audio-video y electrodomésticos, dirigidos principalmente a aplicaciones de usuarios finales.

- Método de instalación sencillo - KNX Easy Mode (E-Mode): En este modo de configuración, la configuración y parametrización de los dispositivos del bus se realiza mediante un controlador central, ruedas de codificación, teclas, etc., en lugar de utilizar un ordenador como es común en otros modos. Este método está diseñado para instaladores cualificados que tienen conocimientos básicos sobre la tecnología KNX. Los productos compatibles con el E-Mode suelen estar preprogramados con parámetros predefinidos y tienen funcionalidades y aplicaciones limitadas. Están destinados principalmente a instalaciones de tamaño mediano.
- Método de instalación profesional - KNX System Mode (S-Mode): En este modo de configuración, la configuración y parametrización de los dispositivos del bus se realiza utilizando el software ETS instalado en un ordenador. Es necesario contar con las bases de datos de productos de cada fabricante en el software ETS. Este método está destinado a integradores, instaladores y proyectistas con experiencia en la realización de funciones de control avanzadas en viviendas y edificios. Se recomienda que estén certificados como KNX Partners. Cada dispositivo del bus desempeñará una función específica según el programa de aplicación correspondiente, que se carga mediante el ETS en su acoplador de bus. En resumen, los productos compatibles con el S-Mode ofrecen una flexibilidad y funcionalidad máximas, así como una amplia gama de aplicaciones. Están diseñados para instalaciones de todos los tamaños, desde pequeñas instalaciones altamente funcionales hasta grandes instalaciones con diversas aplicaciones.

#### *i. Tipos de memorias*

Según Núñez (2015), el controlador de acoplamiento al bus se estructura en torno a un microprocesador y dispone de tres categorías de memoria en las que se almacenan distintos conjuntos de datos, dependiendo del tipo de memoria.

- Memoria ROM: almacena los diferentes perfiles de software estandarizados utilizados en el sistema KNX/EIB, y estos perfiles suelen identificarse mediante versiones de máscara (Tipo 0 de Descriptor de Dispositivo) o software del sistema, que incluyen:

- 001xh (TP1 System 1): Antigua BCU 1.
- 002xh (TP1 System 2): Antigua BCU 2.
- 070x (TP1 System 7): Antigua BIM M 112
- 0300 h (TP1 LTE)
- 101xh (PL110 System 1)
- 091 xh (TP1 Acoplador de Línea/área o repetidor)
- 019xh (Acoplador de medios TP1-PL110)
- 2010h (RF aparatos bidireccionales): No configurable mediante ETS
- 2110h (RF aparatos unidireccionales): No configurable mediante ETS
- Memoria RAM: suele conservar temporalmente los valores del sistema y de la aplicación mientras la tensión en el bus esté presente.
- Memoria EEPROM: generalmente se almacenan en ella el programa de aplicación, parámetros, direcciones físicas y de grupo, con la capacidad de sobrescribir en un número limitado de ocasiones según el dispositivo y el fabricante.

***j. Módulo transmisor receptor***

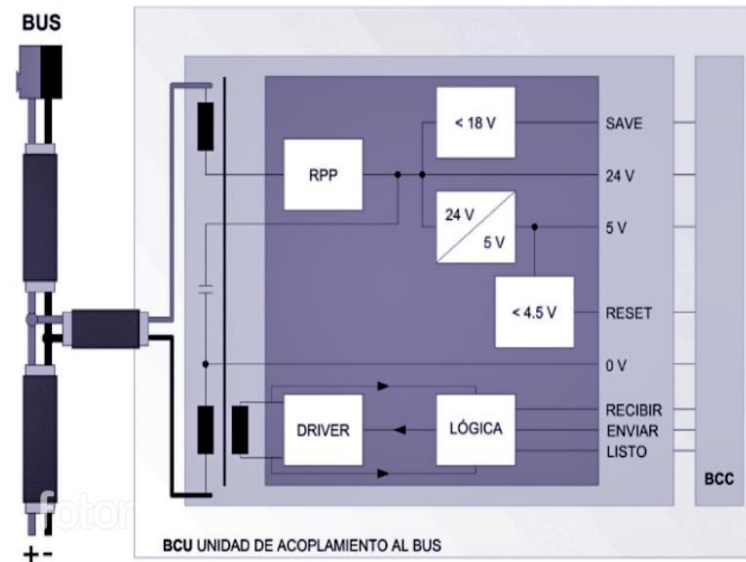
Según Núñez (2015), a través de la Figura 34, podemos obtener una mejor comprensión de las funciones del módulo de transmisión TP1 o transceptor de la BCU, que desempeña las siguientes tareas:

- Salvaguardar contra una posible inversión de polaridad mediante el bloque RPP
- Iniciar una copia de respaldo de los datos en caso de que la tensión descienda por debajo de 18Vdc mediante la salida denominada USave.
- Activar la reinicialización del microprocesador cuando la tensión cae por debajo de 4,5 Vdc, gracias a la salida conocida como Reset.
- Generar una tensión estabilizada en un rango entre 5 Vdc y 24 Vdc
- Recibir datos a través del controlador o bloque Driver
- Separar los datos de la tensión continua cuando se recibe un telegrama
- Gestionar la lógica para la transmisión y recepción de datos
- Fusionar la tensión continua con los datos al enviar telegramas
- Transmitir datos mediante el controlador o bloque Driver



**Figura 36**

*Operación del módulo emisor y receptor*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.118)

### ***k. Características eléctricas***

Según Núñez (2015), el principal desafío de los sistemas de automatización en edificios es la cantidad significativa de cableado requerido para establecer la red de control. Esto se debe, en gran parte, a la necesidad de conectar directamente los sensores y actuadores a los módulos de control. Sin embargo, el estándar KNX/EIB presenta una solución diferente. Con el estándar KNX/EIB TP1, que es el medio de transmisión más comúnmente utilizado, se utiliza una única línea de datos que se puede instalar de manera paralela al cableado eléctrico de 230 VAC existente. Todos los componentes se conectan a esta línea de datos y pueden comunicarse entre sí. Esto tiene varias ventajas, como una mayor funcionalidad, una mayor claridad en la instalación y un ahorro significativo en el cableado de control y alimentación en comparación con una instalación convencional, que puede llegar hasta un 60%. Esto, a su vez, facilita la instalación. A pesar de mantener el cableado de baja tensión de 230 VAC para los actuadores, todo el cableado de los sensores se reduce a un solo bus de muy baja tensión de seguridad de 24 VDC que conecta las cargas y los interruptores que las controlan. Cada componente tiene su propia inteligencia y se conecta a un solo cable (el bus) que recorre toda la instalación.

Además, los componentes de este sistema son dispositivos multifuncionales que pueden administrar sus comunicaciones con el bus mediante microprocesadores y memorias. En otras palabras, cada componente consta de hardware y software. La capacidad para

almacenar y ejecutar programas de control y gestión de comunicaciones puede variar según la aplicación específica.

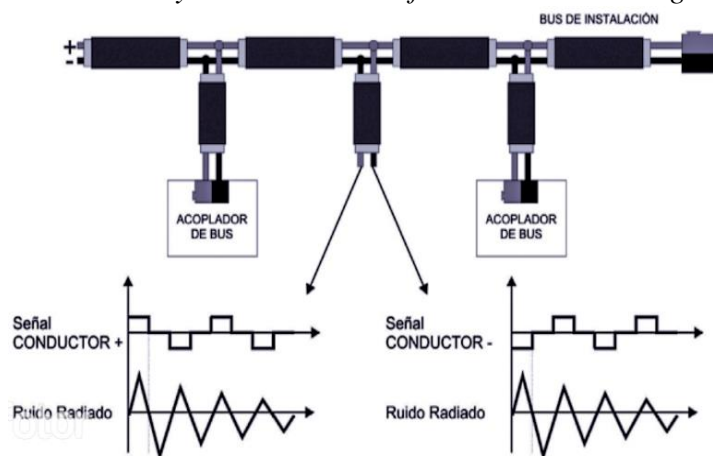
### ***1. Transmisión y ruido radiado***

Según Núñez (2015), la transmisión de información en el bus KNX/EIB TP1 se realiza mediante corriente alterna, y las características eléctricas relacionadas con el transformador en el módulo de transmisión y recepción se pueden resumir de la siguiente manera:

- Cuando el módulo del acoplador funciona como transmisor, el transformador envía los datos en forma de corriente alterna a su lado primario, donde se superponen con la corriente continua de alimentación.
- Por otro lado, cuando el módulo actúa como receptor, el transformador envía los datos a su lado secundario, donde están disponibles por separado de la corriente continua. Esto ocurre debido a que el condensador actúa como un conductor que cierra el circuito en el lado primario del transformador. Esto sucede cuando reacciona a la tensión alterna con baja reactancia.
- El acoplador de bus de un dispositivo se controla mediante la diferencia de potencial entre los conductores. Como se muestra en la Figura 37, el ruido radiado en la señal original afecta a ambos conductores con la misma polaridad y amplitud, lo que significa que no tendrá un impacto apreciable en la señal.

**Figura 37**

*Transmisión y Emisión de Interferencias Electromagnéticas*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Núñez, 2015, p.121)

### ***2.3.6. Definición de términos básicos***

- **Actuador:** Este dispositivo tiene la responsabilidad de gestionar y supervisar un componente específico del sistema, como electroválvulas, el suministro de agua o gas, motores, persianas, puertas, sistema de alarma y reguladores de luz, entre otros.
- **Automatización:** Operaciones e impacto de la automatización.
- **BUS (Binary Unit System):** Una vía de transmisión de información que posibilita la conexión de numerosos elementos, facilitando la comunicación entre ellos. Los elementos que pueden conectarse incluyen nodos, actuadores o dispositivos de entrada.
- **Conexión:** El punto donde se establece la conexión entre los sistemas
- **Confort:** Bienestar o comodidad.
- **Dispositivo:** Mecanismo o técnica para producir la acción deseada
- **Dispositivo de entrada:** Dispositivo como sensor, control remoto, teclado u otro mecanismo que transmite datos al nodo.
- **ETS:** software de herramienta de ingeniería que ofrece generar aplicaciones de HVAC y a la vez reducir el tiempo de desarrollo.
- **Interfaz:** Una conexión o límite común entre dos entidades o sistemas independientes.
- **KNX:** Es un estándar de protocolo de comunicaciones de red, basado en OSI, interconexión de dispositivos domóticos (sensores, actuadores y controladores), para edificios inteligentes.
- **KNX Association:** Asociación internacional para la promoción del protocolo de bus KNX.
- **Nodo:** Cada una de las unidades del sistema tiene la capacidad de recibir información, procesarla y, cuando es necesario, establecer comunicación con otras unidades o nodos dentro del mismo sistema.
- **Pasarela Residencial (Residential Gateway):** Un componente que actúa como punto de conexión entre varias redes en una residencia o edificio, como las redes de control domótico, telefonía, televisión y tecnología de la información, y una red pública de datos, como Internet. Este componente realiza la adaptación y la traducción entre diversos protocolos de comunicación. Es importante destacar que la red de control del sistema domótico puede o no estar vinculada a esta pasarela residencial. En caso de estar conectada, el nodo puede asumir también las funciones de la pasarela residencial.

- Protocolo: Un sistema de comunicación utilizado por dispositivos periféricos para facilitar la transferencia de datos entre ellos o con un sistema central de manera organizada.
- Punto de acceso al usuario (PAU): Es el punto de partida de la red interna de telecomunicaciones dentro del hogar del usuario, y su función principal es establecer límites de responsabilidad en términos de origen, ubicación y solución de problemas. Se encuentra dentro de la residencia del usuario.
- Radiofrecuencia: La transmisión de señales que no depende de un medio físico ni de una línea de visión despejada entre el emisor y el receptor, típicamente en un rango de frecuencia que va desde 3 kHz hasta 3 GHz.
- Sistema Operativo: Un programa o colección de programas que realiza funciones básicas y desarrolla otros programas.
- Topología: Expresión empleada para describir la organización de la red y la disposición del sistema.
- Vivienda: Edificios individuales, espacios cerrados o cubiertos para habitación humana.

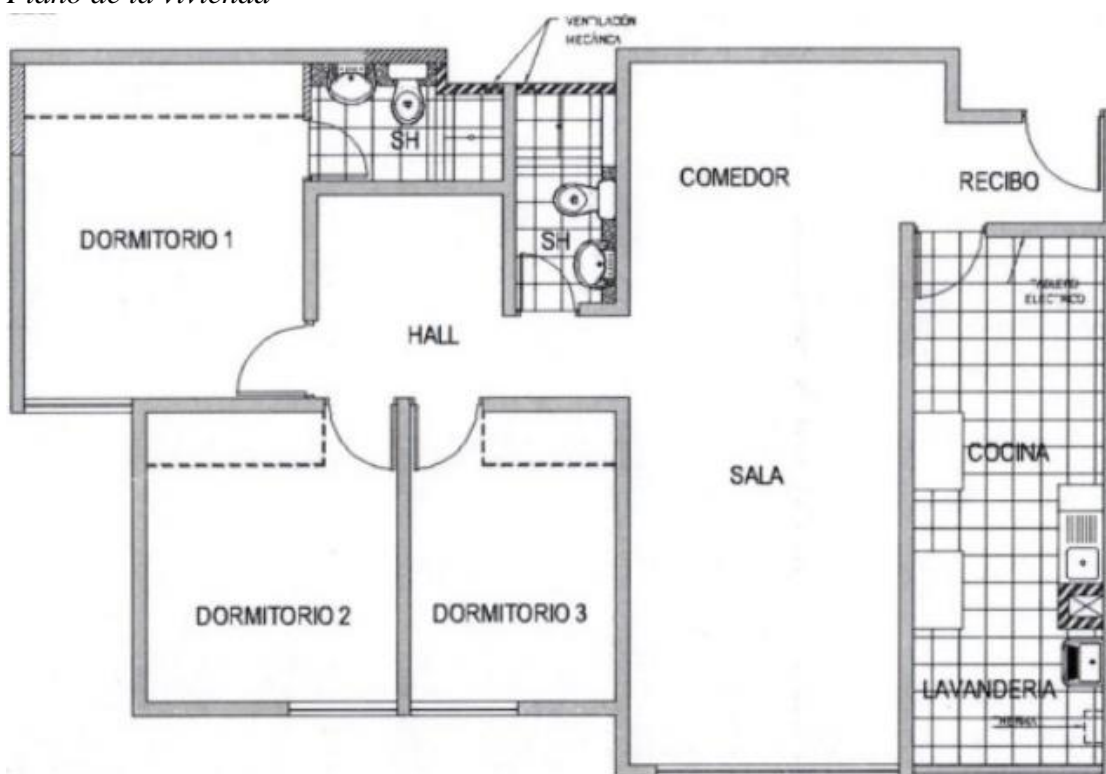
### CAPÍTULO III. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Para comenzar el diseño, se proporciona el plano de la vivienda para poder situar los requerimientos en un sitio físico.

Vivienda conformada por 10 estancias, divididas en 3 dormitorios, 2 baños, sala/comedor, cocina/lavandería, sala de oficina, pasadizo y recibo, conforme lo detallado en la Figura 36. Estos espacios son donde se deben colocar los dispositivos seleccionados para cumplir con los requisitos mencionados a continuación.

#### Figura 38

*Plano de la vivienda*



*Nota.* Plano de planta vista superior

**Tabla 1***Superficie de cada estancia*

<b>Estancia</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Dormitorio 1	12
Dormitorio 2	9
Dormitorio 3	7.5
Sala/Comedor	25
Cocina/Lavandería	13.5
Sala de oficina	2.75
Baño 1	2.7
Baño 2	2.7
Pasadizo	3.5
Recibo	2
<b>Superficie Total</b>	<b>80.65 m<sup>2</sup></b>

### 3.1. Fases de diseño

La instalación eléctrica independiente de la domótica.

Instalación eléctrica

- Características
- Cálculos en cumplimiento a normativas

Instalación Domótica

- Dimensionamiento
- Elementos KNX
- Características

Diseño de instalación eléctrica. Este proyecto se divide en las siguientes fases de diseño:

Fase 1: Etapa de recursos

- Obtener el programa
- Obtener los detalles
- Obtención de referencias

Fase 2: Análisis teórico

- Analizar el transcurso del proceso más eficiente
- Estudio viabilidad y especificaciones del proyecto
- Elaboración del presupuesto

Fase 3: Implementación en ETS

- Avance de la arquitectura de la vivienda
- Gestación de los grupos de direcciones
- Destinar trayectorias físicas a los mecanismos

Fase 4: Análisis de desarrollo

- Programar los parámetros de los dispositivos
- Programar los módulos lógicos
- Instalación de los dispositivos

Fase 5: Desarrollo del sistema de visualización

- Crear un servicio de control
- Diseño y fabricación de pantallas.

Fase 6: Comprobación y puesta en marcha del sistema

- Comprobar la instalación del sistema eléctrico
- Testear la operatividad del Sistema
- Filtración de errores

## **3.2. Requerimientos**

### ***3.2.1. Encendido y apagado de la iluminación***

Todos los dispositivos de iluminación de tipo ON/OFF deben ser capaces de cambiar su estado mediante una o varias teclas de los interruptores ubicados en la vivienda. Después de cada pulsación, sin importar su duración, la luz debe cambiar de encendido de apagado o viceversa, lo que permite al usuario controlar el encendido y apagado de la luz de forma intercambiable. En caso de que los sensores de movimiento detecten a una persona, al menos una luminaria en cada tramo de pasillo debe activarse durante un periodo determinado. Además, todos estos puntos de control deben ser accesibles y manejables a través de la aplicación móvil y el dispositivo G1.

### ***3.2.2. Iluminación controlada por regulación***

Cualquier luminaria del tipo DIMMER deberá ser controlable mediante uno o varios botones de los pulsadores instalados en la vivienda. Con un solo botón, el usuario podrá ajustar la intensidad de la luz realizando pulsaciones largas que incrementen o disminuyan la luminosidad de cada una de ellas. Por otro lado, las pulsaciones cortas alternarán entre apagar y encender en cada una de ellas. Por otro lado, las pulsaciones cortas alternarán entre apagar y encender la luz en el último nivel de intensidad en el que se encontraba antes de apagarse. Además, una de las luminarias en la sala Estrella deberá encenderse o apagarse en función de la detección del sensor de movimiento y ajustar su brillo de acuerdo con la luz ambiental. Todas estas luminarias deben ser controlables mediante la aplicación móvil y el dispositivo G1.

### ***3.2.3. Sistema de control de la temperatura y el ambiente***

Mediante la aplicación móvil, la pantalla del G1 o los termostatos ubicados en cada habitación, se administrará el sistema de control ambiental de la vivienda, que consta de un sistema de calefacción mediante suelo radiante y un sistema de aerotermia tipo fancoil. A través de estos dispositivos, el usuario tendrá la capacidad de elegir entre el modo de calefacción o aire acondicionado, establecer la temperatura deseada para cada habitación de forma individual y ajustar otros parámetros, como la velocidad de los ventiladores del sistema de aerotermia. El sistema de refrigeración, que se compone únicamente del equipo de aerotermia, se activará siempre que la temperatura de una habitación supere la temperatura establecida, abriendo las correspondientes rejillas de ventilación. Por otro lado, el sistema de calefacción, además de activar el suelo radiante cuando la temperatura real esté por debajo de la temperatura deseada, también activará la bomba de calor del equipo de aerotermia si la diferencia supera los 3°C, lo que provocará la apertura de las rejillas correspondientes. Además, el sistema deberá contar con sensores de ventana abierta que desactivarán el sistema cuando detecten que una ventana está abierta durante un cierto periodo de tiempo. Todos los ajustes y parámetros relacionados con el sistema de climatización podrán ser visualizados tanto en la aplicación como en la pantalla del G1

### ***3.2.4. Sistema de CO2 recovery***

El sistema de recuperación de CO2 operará en su nivel de potencia más bajo de forma predeterminada, y solo cambiará al nivel medio o alto cuando sea necesario. Esta elección podrá ser realizada desde los sistemas de visualización. El siempre que se encuentre activado, deberá encontrarse funcionando a su nivel más bajo de potencia, y solo cambiará al nivel medio o alto cuando así se determine. Esta selección podrá realizarse desde los sistemas de visualización; y para el nivel de potencia máxima se establecen otros momentos de activación: durante el tiempo que se encuentren encendidas algunas de las luces de los baños y 10 minutos adicionales, y esos mismos 10 minutos al pulsar una de las teclas de los pulsadores. Estas velocidades también serán activadas en función del nivel de partículas detectadas por el sensor de CO<sub>2</sub>.

### ***3.2.5. Alarmas técnicas***

La vivienda deberá contar con un sistema de alarmas que permita identificar la presencia de humos y de temperaturas elevadas para la prevención de incendios mediante un detector termovelocimétrico de gases, así como la presencia de agua en puntos críticos de



la vivienda, como la cocina o los baños, evitando las fugas de agua mediante sensores de inundación. Estas detecciones también actuarán cerrando la electroválvula de gas y agua, respectivamente. La alarma de intrusión entrará en funcionamiento si uno de los detectores de movimiento o presencia instalados detectan a alguien mientras se encuentra activa una rutina de modo "Vacaciones" o similar. Todos estos avisos deberán mostrarse en la pantalla del G1, enviar una notificación tipo Push a todos los dispositivos móviles que hayan sido conectados con la instalación y haciendo sonar la sirena de emergencia.

#### ***3.2.6. Sistema de cerradura***

El sistema deberá contar con la capacidad de bloquear la puerta de la vivienda que da a la calle mediante una cerradura electrónica, así como la implementación en una de las teclas de un pulsador la función de activación del timbre.

#### ***3.2.7. Persianas y ventanas***

Control de la apertura y cierre de determinadas ventanas y persianas de la vivienda a través de la acción sobre algunos de los pulsadores instalados, la aplicación móvil o la pantalla del G1.

#### ***3.2.8. Contadores de consumo***

Visualizar una serie de medidas relacionadas con el consumo de agua, gas y luz de la vivienda.

### **3.3. Elección de componentes**

A continuación, se detalla una lista con los múltiples dispositivos y módulos domóticos que han sido utilizados para desarrollar la solución final diseñada y la funcionalidad que les ha sido otorgada.

#### ***3.3.1. Actuadores***

Estos elementos se encargan de ejecutar las acciones solicitadas desde el controlador sobre los diferentes elementos domóticos de la vivienda a los que se encuentra conectado. Se clasifican en función de la aplicación que vayan a desarrollar. En este proyecto se utilizarán los siguientes:

##### ***a. Dimmers***

- Descripción: Actuador regulador KNX de 4 elementos.
- Característica: Permite el control de la regulación del elemento que se encuentra conectado a su salida mediante el uso de dispositivos TRIAC y DIAC. Cuenta con modo de accionamiento manual para modo de prueba, además de protección contra marcha en vacío, cortocircuito y sobretensión.

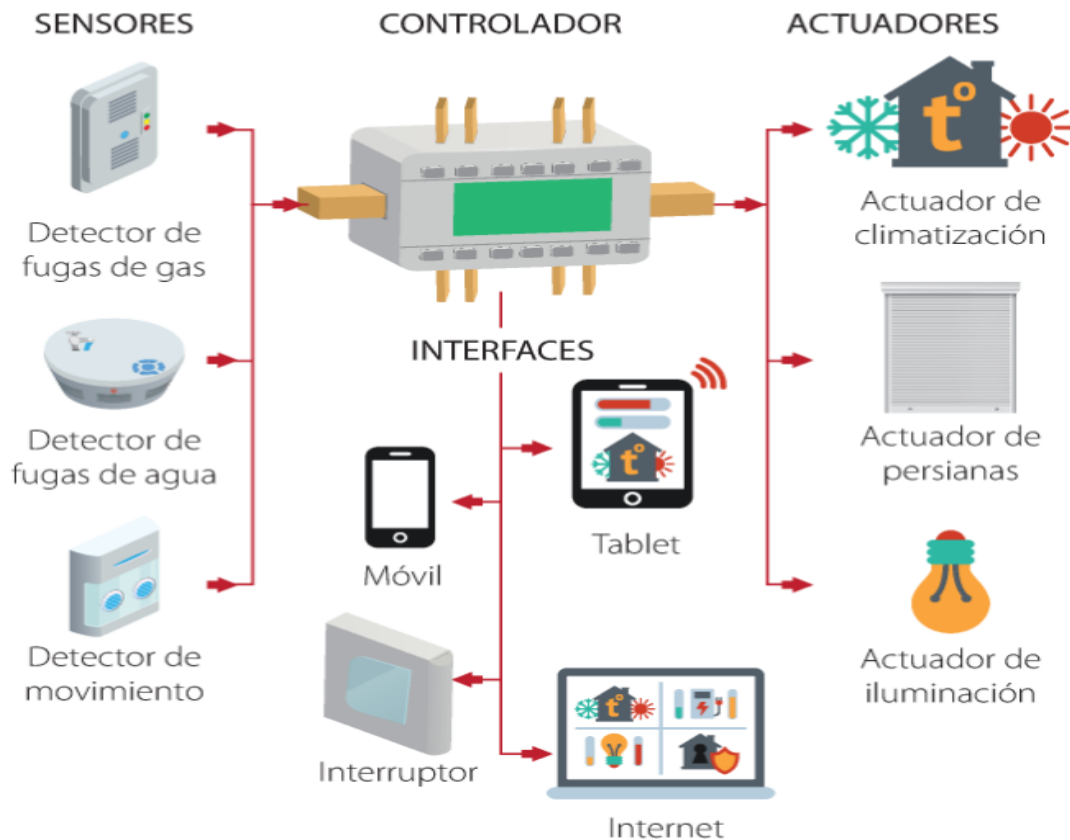
### **3.4. Procedimiento de montaje del interfaz y controlador**

Una interfaz tiene la función de permitir el control y monitoreo del sistema de manera segura, intuitiva y eficiente. Sirve como el enlace entre el usuario y el sistema, proporcionando información y notificaciones a través de diversos medios, como pantallas, dispositivos móviles e internet. Cuando se trata de una interfaz de entrada, se conectan los conductores a la central de control, ya sea a través de un conector USB o mediante pines incorporados en los cables. Por lo general una interfaz de salida se presenta como una pantalla táctil, aunque también puede ser un teclado. En este caso, se instala en una pared, ya sea empotrada o montada con tornillos. La complejidad de la instalación dependerá de la simplicidad o complejidad de la interfaz, pero siempre debe planificarse con cuidado, identificando los componentes y herramientas necesarios para el tipo de sistema seleccionado.

Para realizar la conexión y configuración adecuada de la interfaz, es fundamental seguir detenidamente las instrucciones y especificaciones proporcionadas por el fabricante de los componentes. Los controladores, por su parte, son unidades diseñadas para gobernar, almacenar o controlar la información recopilada por los sensores, desempeñando un papel crucial en la gestión del sistema domótico. Son responsables de activar los actuadores y pueden incluir programadores, mandos a distancia, pantallas táctiles, centrales de seguridad, controladores telefónicos, software para PC, entre otros. En esencia, el controlador es el lugar donde se configura el sistema domótico para definir las variables a controlar en la vivienda. Su función principal es supervisar y controlar los dispositivos conectados en la instalación, de acuerdo con la programación recibida. Puede haber uno o varios controladores distribuidos en la red, y son los encargados de enviar comandos a los actuadores a través del protocolo de comunicación establecido. Los programadores o temporizadores, mandos a distancia, pantallas táctiles, centrales de seguridad y controladores telefónicos son algunos ejemplos de módulos controladores importantes en un sistema domótico.

**Figura 39**

*Sistema Domótico*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Nuñez, 2015, p.130)

Existen diversas opciones de instalación para los sistemas domóticos, ya sea mediante cableado o de forma inalámbrica, y en algunos casos, combinando ambos métodos. Cuando se opta por la instalación con cableado, generalmente se incorpora una batería de respaldo para garantizar el funcionamiento en caso de fallos en el suministro eléctrico. En el caso de los sistemas inalámbricos, los elementos suelen funcionar con pilas o baterías, y algunos de ellos también cuentan con fuentes de alimentación de respaldo.

La instalación puede llevarse a cabo de diferentes maneras, como cableado en topologías como bus, estrella, anillo o árbol, las cuales se detallan en el primer tema de esta unidad formativa. En ocasiones, el controlador se integra en la misma carcasa que la interfaz, lo que simplifica su colocación, ya sea empotrado en un hueco o fijado mediante tornillos. En este último caso, su instalación suele incluir todos los componentes necesarios, como soportes y anclajes.

Cuando se realiza la instalación del controlador en un armario, el proceso puede ser un poco más complejo. Se emplean armarios diseñados específicamente para este propósito,

que cuentan con guías deslizantes donde se pueden ubicar muchos de los elementos requeridos para la instalación del sistema domótico. En el kit de montaje se proporcionarán las instrucciones detalladas para llevar a cabo la instalación de manera adecuada.

### **3.5. Conexión de los componentes en las instalaciones:**

Se recomienda dividir el diagrama de la instalación en dos circuitos distintos

#### ***3.5.1. Circuito de Potencia***

Su función principal es llevar la potencia al dispositivo que se va a accionar. Su composición varía según el tipo de corriente, que puede ser monofásica o trifásica, y consta de dos, tres o cuatro conductores.

#### ***3.5.2. Circuito de Mando***

Su función principal es llevar a cabo diversas tareas como el enclavamiento, la temporización, la señalización, entre otras, que son esenciales para un control adecuado del proceso o dispositivo en cuestión. Estos circuitos son monofásicos, lo que significa que consta de dos hilos, y operan tanto en corriente alterna como continua dependiendo de las necesidades. Dado que estos circuitos manejan potencias muy bajas, los conductores que los componen suelen tener secciones pequeñas.

Al realizar esta distinción, se logra lo siguiente:

Esta distinción presenta ventajas como simplificar los diagramas al tener dos tipos diferente (potencia y mando), lo que facilita su interpretación. Además, se logra una reducción en el circuito de mando, tanto en términos de cableado como de componentes, debido a las bajas potencias involucradas. Sin embargo, en casos donde la potencia del elemento a alimentar es baja y la operación es simple, esta separación puede omitirse. El diseño de la instalación debe priorizar la seguridad de las personas y los objetos en su área de influencia, y cualquier sistema automatizado debe permitir un bloqueo y operación manual cuando sea necesario.

Directrices a tener en cuenta

1. ¿Qué quiero hacer y en qué entorno?
2. Condiciones de actuación
3. Medidas de seguridad a cumplir

Existen numerosos escenarios en los que puede surgir la demanda de un sistema domótico. Algunas situaciones típicas en el ámbito de la domótica, que incluyen:

- Control de iluminación en espacios interiores como exteriores
- Riego automatizado de jardines mediante aspersores

- Gestión de la apertura y cierre, de persianas o puertas
- Seguridad contra intrusiones
- Desconexión de dispositivos eléctricos
- Programación de sistemas de calefacción o climatización
- Llenar un depósito de agua desde un pozo, entre otras posibilidades.

Iluminación en espacios internos:

Situación:

- 3 habitaciones y 2 entradas, una en cada extremo
- Número de puntos de luz: 8
- Tipo de encendido: Conmutadores situados en cada acceso o entrada
- La instalación cuenta con las protecciones adecuadas para prevenir sobrecargas, cortocircuitos y riesgos asociados a contactos indirectos

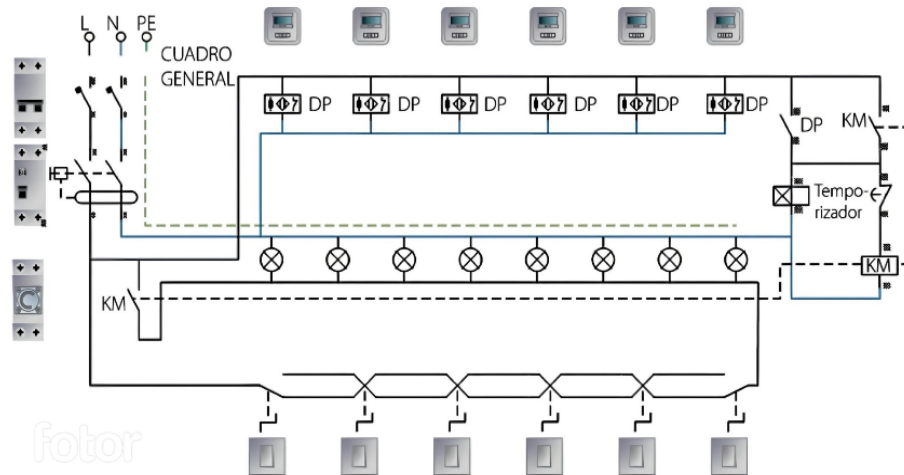
Escenario por venir:

Activación automática de las luces utilizando sensores de movimiento colocados en cada puerta de entrada. Cuando no se detecta la presencia de personas en el pasillo, las luces se apagan automáticamente después de 60 segundos. Para asegurar que la instalación siga funcionando en caso de una avería, el encendido manual se mantendrá como una opción. En este caso, el apagado también deberá llevarse a cabo de manera manual.

Como se observa en la Figura 40, se ha considerado la opción manual para priorizar la seguridad de los usuarios. Mediante la creación de dos circuitos separados, uno de mando y otro de fuerza, se reduce la necesidad de utilizar cables de gran sección en el circuito de mando. El apagado automático sólo entrará en funcionamiento cuando los detectores de presencia estén operativos, de esta manera se evita que las luces se apaguen si hay personas en el pasillo cuando el sistema está en modo manual. Cuando uno de los detectores de presencia detecta la presencia de personas en el pasillo, el contacto DP se cierra y envía una señal de tensión al contacto temporizado, que a su vez activa el contactor y enciende las luces durante el tiempo que se ha configurado en el temporizador. Por otro lado, si utilizamos cualquiera de los interruptores situados en el pasillo, se encenderá la iluminación y permanecerá encendida hasta que volvamos a accionar cualquiera de los interruptores. Aunque en el diagrama se muestra el uso de un contactor y un contacto auxiliar temporizado para controlar las lámparas, la elección de la solución puede variar en función de la potencia requerida.

**Figura 40**

*Automatización de Iluminación*



*Nota.* Elaboración propia

**3.6. Interface**

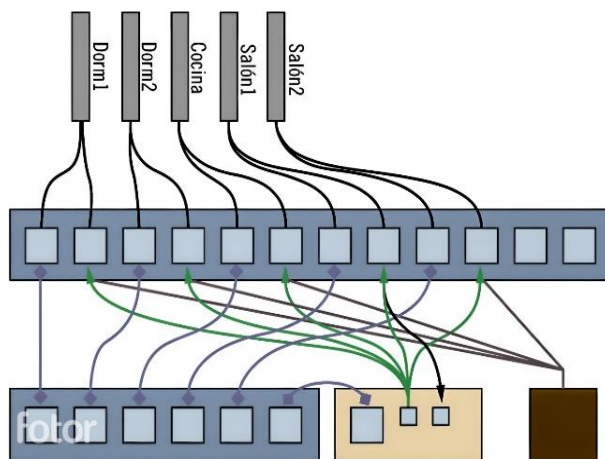
Para la puesta en marcha y el diagnóstico necesita el ETS una conexión al bus. Hay varias opciones. De forma estándar hay interfaces USB, interfaces KNXnet/IP o router KNXnet/IP. Si existe Wifi en la red KNX también se puede acceder al bus de forma inalámbrica.

**3.6.1. Interface de pines**

Por lo general, esta conexión viene preinstalada en el controlador y se establece conectando los extremos de los cables del bus directamente en ella.

**Figura 41**

*Instalación de Interface*



*Nota.* Imagen extraída del libro Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador (Nuñez, 2015, p.135)

### **3.7. Requisitos de instalación KNX**

Una instalación KNX es una instalación habitual de baja tensión. Deben tenerse en cuenta todas las normas de instalaciones vigentes en cada país (p.ej. el Código Nacional de Electricidad, CNE, en Perú).

Algunos requisitos fundamentales a considerar durante la instalación de KNX en relación con las distancias máximas incluyen:

- Una longitud máxima de línea de 1000 metros, abarcando todas las ramificaciones
- Una distancia máxima de 700 metros entre los componentes del bus.
- Una distancia máxima de 350 metros entre un componente del bus y la fuente de alimentación.
- Una distancia máxima de 200 metros entre dos fuentes de alimentación en configuración paralela.

Se pretende llevar a cabo una instalación KNX destinada a gestionar la iluminación de una vivienda. Asimismo, se busca establecer una comunicación externa para controlar estos sistemas a través de Internet. También se necesita la capacidad de conectar dispositivos que no pueden acceder directamente al cable del bus KNX

El control del sistema de iluminación se puede llevar a cabo mediante dispositivos instalados en cajas universales, que funcionan como interruptores para encender y apagar las luces. En cuanto al control de la climatización, se necesitarán sensores de temperatura conectados al bus, los cuales transmitirán información sobre la temperatura en las diferentes habitaciones, permitiendo que el sistema de climatización se ajuste a las necesidades individuales de cada una. Estos dispositivos pueden ser termostatos en superficie o empotrados, según la existencia de una preinstalación. Para facilitar la conexión con el exterior y la inclusión de dispositivos que no pueden conectarse directamente al bus, se utilizarán pasarelas. En este contexto, se emplea una pasarela IP para la comunicación externa y el posible control de la vivienda a través de Internet, así como una pasarela Wi-Fi para conectar de forma inalámbrica aquellos dispositivos que no pueden conectarse directamente al bus.

#### ***3.7.1. Consideraciones de la instalación domótica***

KNX TP

Para la instalación o el tendido de un cable bus KNX no hay requisitos especiales respecto a la seguridad contra contacto directo, ya que se trata de una tensión SELV (Safety Extra Low Voltage). La transmisión libre de interferencias depende en gran parte de la calidad

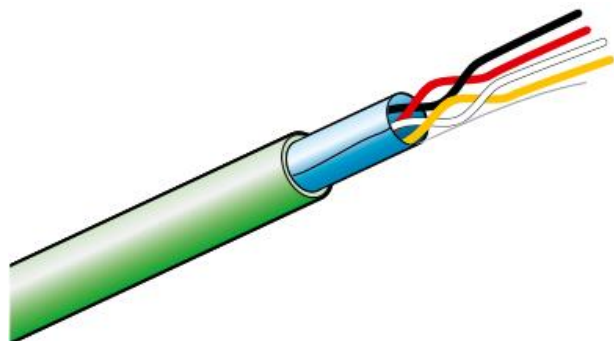
del cable, por ello especifica KNX los cables que pueden/deben usarse. Para KNX TP se usa un par de hilos trenzados y apantallados. La pantalla del cable no debe ser conectado a masa o tierra en ambos extremos, ya que sirve solamente como jaula metálica. No deben usarse cables de fuerza como cables de bus debido al riesgo de confusión y el incumplimiento de los requisitos técnicos.

Los conductores constituirán el tendido de la línea del bus de comunicación de la instalación domótica KNX. El cable seleccionado para el bus de comunicación es el cable 2x2x0.8MM KNX LH de FSC Global tipo YCYM, que dispone de cuatro hilos de color: rojo (+) y negro (-) para la línea de bus, y los dos hilos restantes pueden usarse para aplicaciones adicionales, incluso como línea de bus adicional.

La mayoría de los cables KNX ofrecidos en el mercado constan de un segundo par de hilos

**Figura 42**

*Cable TP 049292*



*Nota.* Imagen extraída del fixture KNX Legrand

**Tabla 2**

*Característica del cable 0 492 92*

Conductor	Cobre plano
Aislamiento	Polietileno
Tensión	250V
Par identificación	Negro / Rojo, Blanco / Amarillo
Diámetro	13.0
Pantalla	Aluminio / Poliéster
Cubierta exterior	Libre de halógenos
Color	Verde

*Nota.* Elaboración propia



## Tendido del cable

Según Nuñez (2015), el principal desafío de los sistemas de automatización en edificios es la cantidad significativa de cableado requerido para establecer la red de control. Esto se debe, en gran parte, a la necesidad de conectar directamente los sensores y actuadores a los módulos bus.

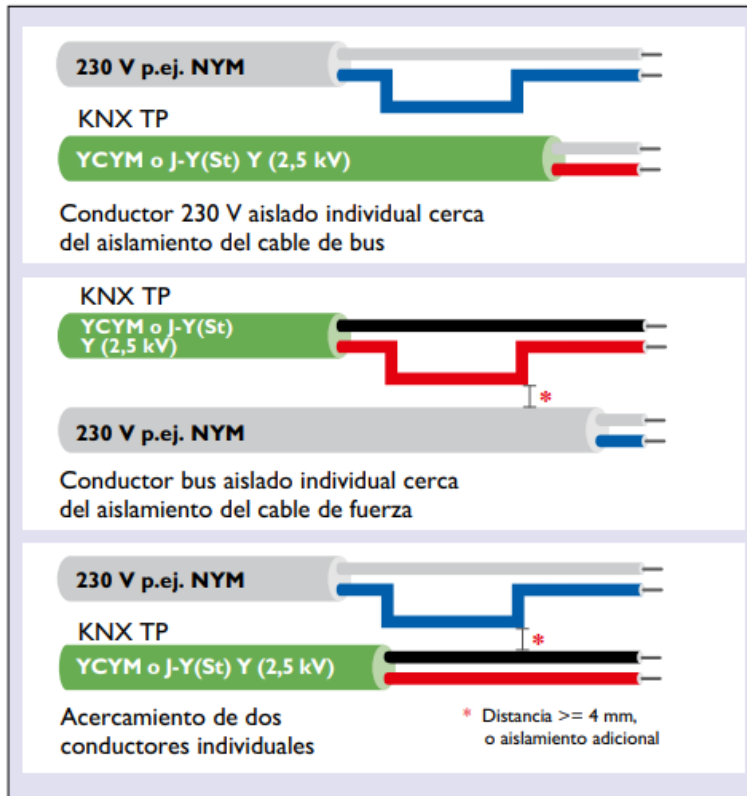
Especial atención se requiere en aquellos lugares donde los cables de bus puedan estar en contacto con cables de fuerza, por ejemplo en.

- Cuadros eléctricos
- Cajas de empalme
- Sistemas de conducción de cables

De forma general se aplica la regla que entre la tensión de bus y la red de 230 V debe existir un doble aislamiento con una tensión de prueba de 4 kV. Además, hay que considerar en algunos casos distancias mínimas (Figura 43).

### Figura 43

*Distancias mínimas entre cables de bus y cables de fuerza.*



*Nota.* Imagen extraída de KNX Conocimientos básicos (KNX ORG, p.16)

En el caso de cuadros eléctricos con una separación total de elementos de fuerza y control no hay requisitos especiales a tener en cuenta. Los cables de bus deben tenderse con su

aislamiento hasta las bornas de los terminales. La malla no debe conectarse a masa o tierra. Debe evitarse el contacto de conductores de bus y fuerza mediante un tendido adecuado o separadores. En el caso de cajas de empalme sólo hay que considerar requisitos especiales si se mezclan cables de fuerza y bus. Para evitarlo se recomienda el uso de cajas separadas o de cajas con dos cámaras aisladas. En el mercado se ofrecen soluciones al respecto. Los cables bus pueden deberían tenderse preferentemente juntos a los cables de fuerza en las zonas de instalación permitidas.

### **3.8. Herramienta de Programación**

#### Software ETS

Única herramienta independiente de cualquier fabricante, (Engineering Tool Software) (ETS); traducido al español como "Software de herramientas de ingeniería". Permite planificar, programar y poner en marcha proyectos KNX con todos los dispositivos KNX certificados. Con esta herramienta puede combinar el integrador diferentes aplicaciones con productos de diferentes fabricantes.

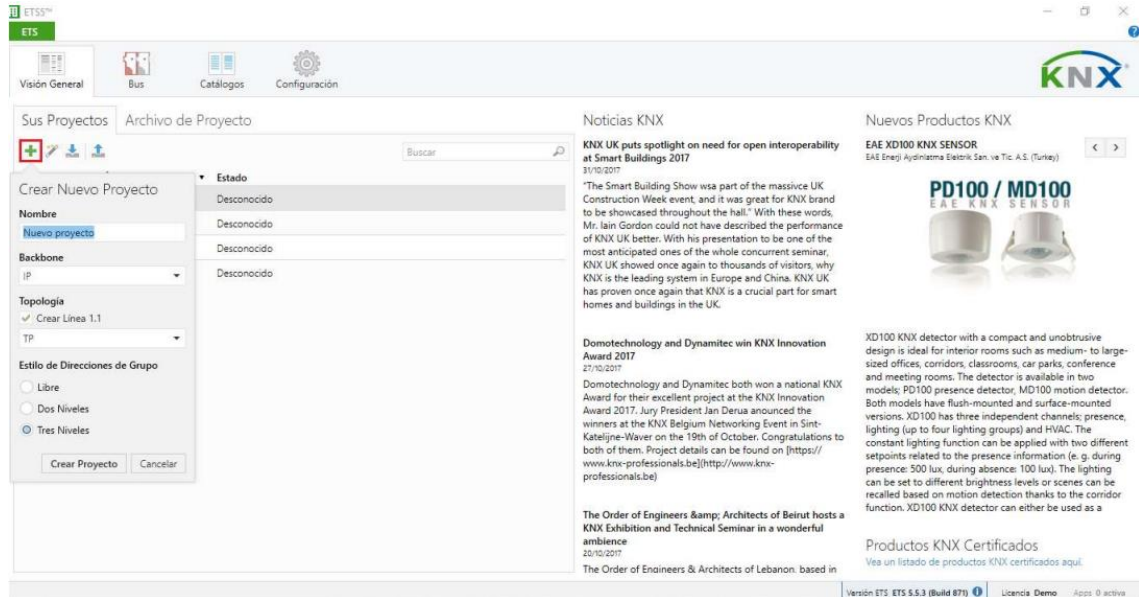
El sistema KNX ofrece dos modalidades para la programación de instalaciones KNX

- **Modo Easy (Modo E):** La configuración no se realiza con un ordenador, sino con un programador de mano, mediante teclas o por otros medios. Idónea para instaladores que sí tienen conocimientos básicos de sistemas de bus, pero no de herramientas de software.
- **Modo System (Modo S):** Para la configuración de dispositivos en modo S se debe utilizar una herramienta de software (ETS). Esta herramienta permite enlazar y poner en marcha los dispositivos.

ETS ofrece varias ventanas de trabajo que representan el proyecto KNX de diferente forma, como se visualiza en la Figura 44. La ventana principal representa el proyecto desde el punto de vista del edificio, mostrando las diferentes habitaciones y los cuadros de distribución a los cuales se pueden asignar los dispositivos correspondientes. De esta forma es muy sencillo encontrar en el ETS los dispositivos en función de su ubicación.

**Figura 44**

*Creación de un nuevo proyecto con ETS5*



*Nota.* Elaboración propia

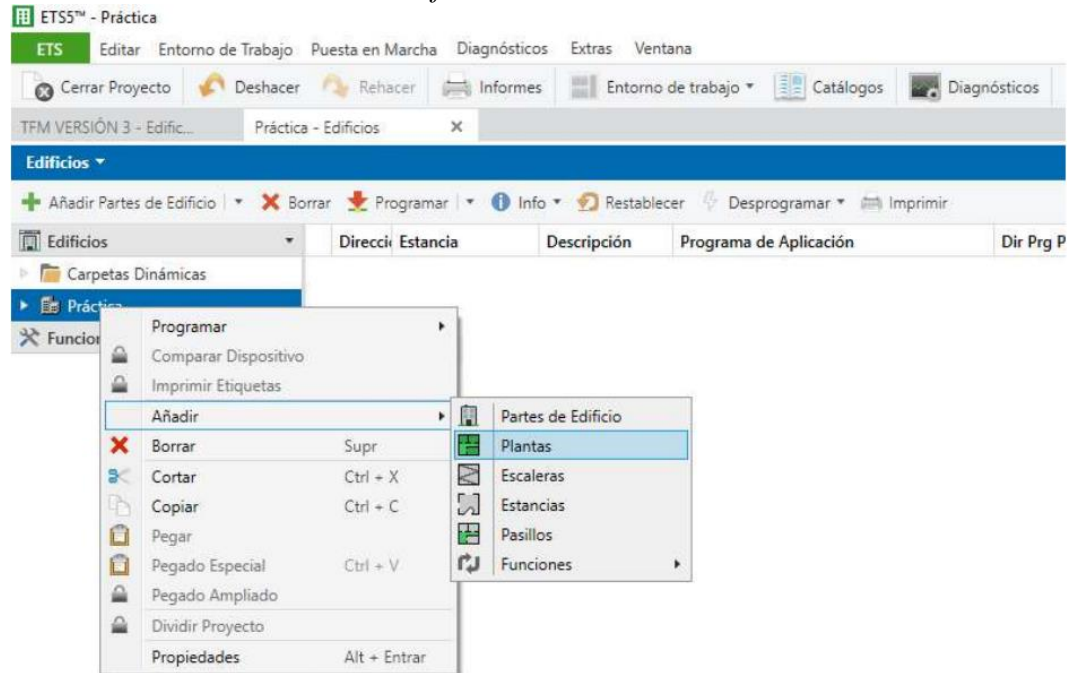
- La ventana de direcciones de grupo representa el proyecto desde el punto de vista de las funciones existentes. Aquí se puede ver con facilidad qué dispositivos interactúan entre sí.
- La ventana de topología muestra la estructura del proyecto KNX, es decir las direcciones físicas.

Después de instalar el ETS. Es necesario descargar los datos de los productos involucrados, ofrecidos por los fabricantes gratuitamente en forma de bases de datos y pueden descargarse desde sus páginas web o bien a través de internet. Como alternativa puede usarse también el Catálogo Online KNX. Una vez instaladas las bases de datos se puede empezar con la programación, siguiendo los siguientes pasos:

- En la Figura 45, se crea un proyecto con su respectivo nombre que permite encontrarlo y editarlo posteriormente.

**Figura 45**

*Creación de la estructura del edificio con ETS 5*



*Nota.* Elaboración propia

- Reproducir el diseño del edificio y los dispositivos instalados, definir la estructura del edificio y de la topología de bus, y definir las direcciones físicas de los dispositivos.
- Ajustar los parámetros de los productos según los requerimientos del proyecto. Por ejemplo, en el caso de una tecla hay que definir si servirá para regular la luz (dimming), para subir o bajar una persiana o simplemente para encender o apagar la luz. En el caso de los actuadores se define a través de la parametrización si hay funciones temporizadas o con qué velocidad debe regular el dimmer la luz.
- Definir las funciones del proyecto y de las direcciones de grupo. Ejemplo: En una oficina existen dos tiras de luminarias que pueden ser encendidas o apagadas individualmente o ambas a la vez. Se deben programar

### **3.9. Puesta en marcha**

Primero hay que asignar a cada dispositivo individualmente su dirección física correspondiente. Como se muestra en la Figura 46, se debe pulsar la tecla de programación de aquel dispositivo cuya dirección física se está transmitiendo.

## Figura 46

*Tecla de programación para descargar la dirección física*



*Nota.* Imagen extraída de KNX Conocimientos básicos (KNX ORG, p.18)

Durante esta fase se debe poner especial atención para evitar un malfuncionamiento de los dispositivos. Una corrección posterior puede ser muy laboriosa. Una vez transmitida la dirección a cada dispositivo se puede descargar la programación a todos los elementos conectados al bus.

## **CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo, se llevará a cabo un análisis de la etapa final del proyecto. Una vez que la programación y la instalación de los dispositivos en la vivienda han concluido, se realizará una evaluación minuciosa del funcionamiento de todos los componentes y de las interacciones entre ellos. Este proceso tiene como objetivo verificar la solidez del diseño y corregir cualquier pequeño fallo o error que no haya sido detectado en las etapas previas. Además, se comprobará el correcto desempeño de los equipos y mecanismos que conforman el sistema.

### **4.1. Inicio de operaciones**

En esta sección, se detalla la etapa final del proyecto, que implica la finalización de la instalación física de los componentes en la vivienda. Se llevarán a cabo pruebas exhaustivas y comprobaciones para asegurar que tanto la programación como su transferencia a los mecanismos hayan sido realizadas de manera precisa y sin causar comportamientos inesperados o incorrectos que puedan detener o afectar negativamente el sistema. Estas pruebas también tienen como objetivo identificar posibles errores relacionados con la instalación eléctrica, como etiquetado incorrecto de cables que puedan causar confusiones y mal funcionamiento de los mecanismos, o problemas con el cableado y la alimentación eléctrica.

Por motivos de eficiencia, las primeras pruebas se centran en los módulos lógicos implementados en el sistema KNX. Esto se debe a que cualquier desviación en su comportamiento con respecto a las simulaciones y pruebas en el ordenador, ya sea debido a programación incorrecta o influencias no consideradas durante las simulaciones, podría resultar en costosos ajustes y pruebas adicionales, lo que afectaría negativamente al proyecto.

Para minimizar la necesidad de pruebas en el lugar y optimizar el tiempo y los recursos, las simulaciones y pruebas en el software Gira Project Assistant se han utilizado para verificar y validar exhaustivamente la programación antes de realizar pruebas en la vivienda.

Una vez completada esta fase de la Puesta en Marcha, se procede a cargar la programación completa en todos los módulos y mecanismos que componen el sistema, lo que permite realizar pruebas adicionales. Estas pruebas se llevan a cabo siguiendo una serie de rutinas de verificación y chequeo diseñadas por expertos con experiencia y conocimientos para

identificar errores de manera precisa y rápida. Esto permite agilizar la identificación y corrección de errores sin sobrecargar al diseñador y programador del sistema.

Las pruebas comienzan con operaciones simples, como encender y apagar luces o controlar persianas, y se incrementan en complejidad hasta abarcar todas las combinaciones y comportamientos posibles del sistema de climatización.

Una vez que se han validado todas las pruebas y especificaciones establecidas en el documento anterior, se procede a realizar una demostración al cliente, explicando el funcionamiento final del sistema en su vivienda. Esto confirma el cumplimiento de los requisitos iniciales y marca la finalización de la fase de Puesta en Marcha y, por lo tanto, del proyecto en su totalidad.

## **4.2. Resultados**

Como se mencionó anteriormente, las primeras pruebas se llevan a cabo en los módulos lógicos implementados en el X1 utilizando la consola de simulación del software de programación. Esta simulación permite asignar valores iniciales a las entradas de cada módulo lógico y, posteriormente, modificar y visualizar su comportamiento, incluyendo la capacidad de controlar la velocidad de reproducción y permitir la simulación paso a paso. Esto permite al programador realizar un análisis detallado del funcionamiento del módulo que ha diseñado y, por ende, validar su correcto funcionamiento. Utilizando esta herramienta, se confirmó la precisión de las programaciones lógicas que se implementarían.

Una vez finalizada esta etapa, se inicia el proceso de transferencia de la programación a los elementos instalados en la vivienda. El propósito de esta fase es verificar que todo funcione correctamente y realizar una prueba de validación con el cliente, explicándole el funcionamiento y la operación del sistema. Durante esta fase, se detectó un comportamiento irregular en la regulación de la iluminación. Los mecanismos instalados no se comportaron según lo previsto debido a la alta frecuencia de ocupación del bus requerida por el módulo lógico. Esto resultó en la pérdida de numerosos telegramas, lo que provocó que las luces no respondieron adecuadamente e incluso parpadearan, lo que a su vez causó un sobrecalentamiento en el módulo X1. Ante esta situación, fue necesario replantear la estructura del módulo lógico para lograr una mejora significativa en su funcionamiento.

A lo largo del proceso de transferencia de la programación y las pruebas de funcionamiento posteriores, no se identificaron problemas significativos, excepto por algunas confusiones relacionadas con el cableado de los elementos hasta el cuadro

eléctrico. Estas confusiones fueron abordadas rápidamente y en el lugar gracias a la colaboración de los técnicos de instalación.

### 4.3. Mejoras

Como se mencionó en capítulos anteriores, durante la fase de puesta en marcha, se requiere implementar ciertas mejoras para optimizar el rendimiento de nuestra instalación. Un ejemplo de esto es el bloque lógico encargado de regular la iluminación, el cual experimentará modificaciones sustanciales desde su concepción inicial. Por lo tanto, procederemos a realizar un análisis detallado del nuevo método de programación que controlará este tipo de luces.

En primer lugar, se realizarán cambios en la funcionalidad de las teclas de los pulsadores. Estas teclas cambian su programación, pasando de una función de conmutación a una función de regulación con repetición de telegrama. En este nuevo enfoque, la tecla izquierda se dedicará a la desconexión, mientras que la tecla derecha se encargará de la conexión. Los intervalos de regulación se establecerán en un 12,5% en respuesta a pulsaciones largas. Estos dos ajustes se combinan para lograr el siguiente patrón de comportamiento en la transmisión de telegramas dentro del mismo grupo.

**Tabla 3**

*Tecla/Valor*

Tecla/Valor	Pulsación corta	Pulsación larga
Izquierda	0	12
Derecha	1	-12

*Nota.* Elaboración propia

Una vez que se han definido los valores generados al interactuar con las teclas de los pulsadores, se procede a crear un módulo lógico que, en términos de la funcionalidad ON/OFF, permite llevar a cabo una operación de conmutación. Dado que, en pulsaciones cortas, cada tecla siempre envía el mismo valor (0 o 1) a través de la dirección de grupo del Pulsador correspondiente (siendo X la dirección del pulsador que se está controlando), surge la necesidad de que el sistema recuerde el estado anterior de la luz. Esto implica que cualquier porcentaje de intensidad diferente de cero se interpreta como ON, lo que permite cambiar al estado contrario después de cada pulsación.

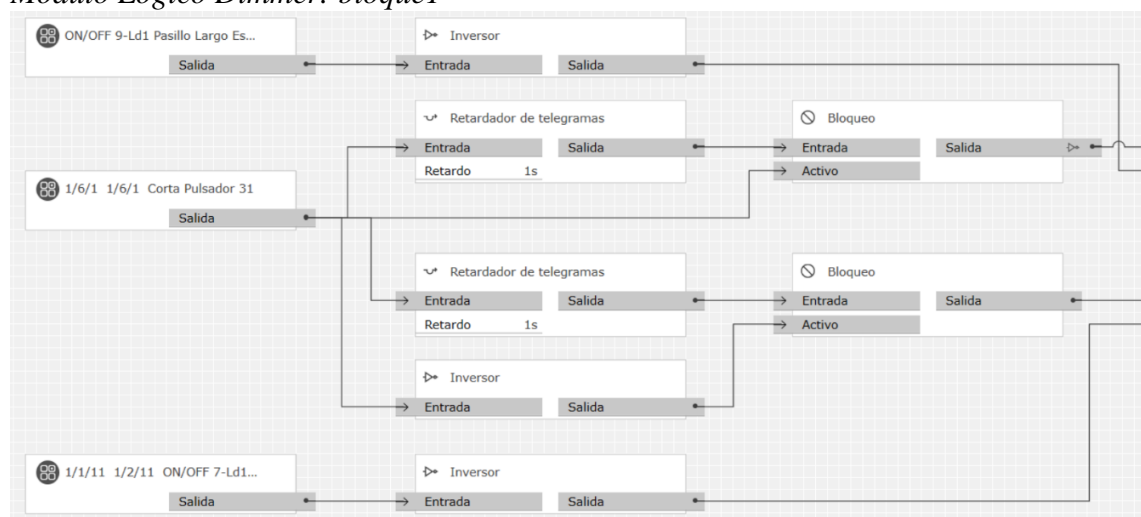
Por lo tanto, cada vez que se recibe un valor a través de esa dirección de grupo, se somete a dos módulos de bloqueo. Cada uno de estos bloques solo permite el paso de uno de los



dos valores, manteniendo inactivo el otro, dependiendo del valor que adquiriera esa dirección de grupo. Estos bloques solo permiten el envío del valor recibido por su puerto "Entrada" si reciben un 0 en su puerto "Activo". Para lograr esto, uno de los módulos de bloqueo tiene un inversor antes de su puerto "Activo", lo que hace que se desbloquee cuando recibe un valor 0. Para transmitir el último valor recibido, los puertos "Entrada" de los módulos de bloqueo están precedidos por bloques "Retardadores de telegramas" que retrasan la lectura de este valor un segundo en comparación con los del puerto "Activo". Por otro lado, de manera independiente, se leen los valores que poseen las luces antes de la pulsación, invirtiendo su valor.

**Figura 47**

*Módulo Lógico Dimmer: bloque1*

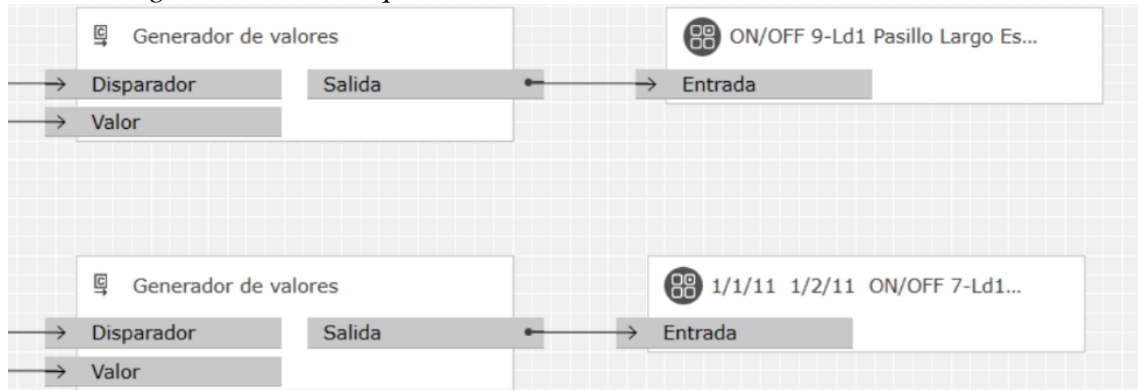


*Nota.* Elaboración propia

Tanto la señal invertida que indica el estado de encendido/apagado de la lámpara como el valor de salida del módulo "Bloqueo" se envían a un bloque denominado "generador de valores". Tal como se muestra en la Figura 48, la señal invertida se conecta al puerto de "Valor", mientras que el valor del módulo "Bloqueo" se conecta al "Disparador".

**Figura 48**

*Módulo Lógico Dimmer: bloque2*



*Nota.* Elaboración propia

En consecuencia, uno de los dos módulos "Bloque" siempre generará una señal de pulso cuando la señal "Corta Pulsador X" sea igual a 0, mientras que el otro lo hará cuando sea igual a 1. Esto desencadenará el funcionamiento del "Generador de valores", que transmitirá el valor invertido y opuesto al estado de encendido/apagado. Este valor se dirigirá a un bloque de "Salida" vinculado a la dirección de grupo correspondiente al encendido y apagado, logrando, de este modo, controlar esta variable mediante la pulsación corta de ambas teclas.

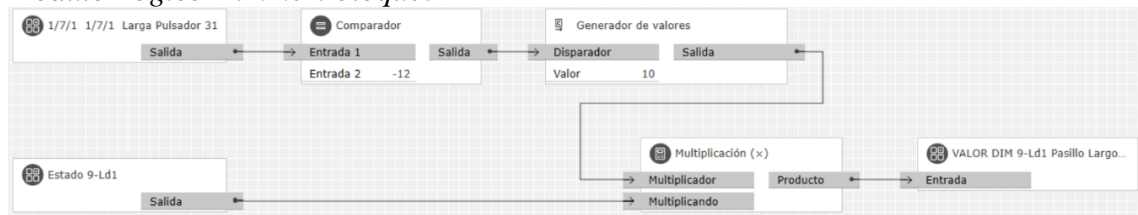
El control de la regulación se basará en el valor recibido después de una pulsación larga en una de las teclas y afectará siempre a la dirección de grupo "Larga Pulsador X" con un valor de 12 o -12. Esta señal se enviará a dos bloques "Comparador", que emitirán un valor de 1 si reciben el valor correcto. Cuando uno de estos bloques se activa y emite su señal, afecta al puerto "Disparador" de un bloque "Generador de valores" con un valor de 10 preestablecido en su puerto "Valor".

Por otro lado, tal como se muestra en la Figura 49, es necesario crear dos direcciones de grupo específicas denominadas "Estado X", donde X representa el código de la lámpara que se desea controlar. Estas direcciones de grupo se inicializan con un valor inicial de 1 cuando el X1 arranca. La función principal de esta variable interna del X1 es almacenar el valor de la intensidad en una escala del 1 al 10. Tanto este valor restringido como el 10 proporcionado por el bloque "Generador de valores" se envían a un bloque de "Multiplicación (x)". El resultado, que es el producto de ambas entradas, se recibe en un bloque de "Salida" vinculado a la dirección de grupo que controla el valor del regulador de intensidad. Esto permitirá ajustar la intensidad de la lámpara en incrementos de 10 en

10 al realizar una pulsación larga en una de las teclas, al enviar ese valor como un dato porcentual a la luminaria.

**Figura 49**

*Módulo Lógico Dimmer: bloque3*



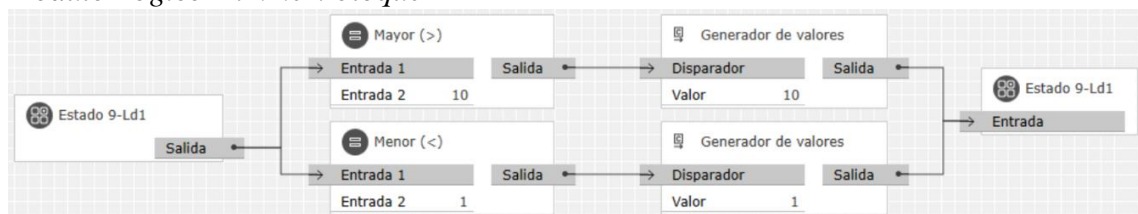
*Nota.* Elaboración propia

Con el propósito de evitar que el valor de la intensidad se salga de los límites establecidos de 10 y 100, lo que podría causar conflictos o errores en el sistema, se ha desarrollado una lógica específica para abordar esta situación (como se muestra en la Figura 50). Esta lógica se basa en la señal "Estado X" como entrada y emplea dos bloques comparadores: uno llamado "Mayor (>)" configurado con un valor de 10, y el otro denominado "Menor (<)" con un valor de 1, que sirven como puntos de referencia.

En caso de que cualquiera de estos dos bloques reciba una señal que cumpla con su criterio preestablecido, generará un pulso que se dirigirá a un bloque "Generador de valores" con el mismo valor, es decir, 1 o 10, según corresponda. Posteriormente, este valor se enviará al bloque de salida que está vinculado a la dirección "Estado X". Cuando esto suceda, "Estado X" actualizará su valor y activará la ejecución de la rutina.

**Figura 50**

*Módulo Lógico Dimmer: bloque4*



*Nota.* Elaboración propia

Finalmente, se ha desarrollado un bloque lógico destinado a administrar el control de la variable "Estado X" en sí. Utilizando la salida de uno de los bloques "Comparador" con un valor de 12 o -12 como disparador, se activa un bloque denominado "Luz de escalera", que tiene como objetivo mantener la emisión de una señal tipo pulso durante un periodo de tiempo específico.

Dado que los pulsadores están programados para enviar los telegramas en intervalos de 1 segundo, este bloque ha sido configurado para generar un flanco de bajada una vez que han transcurrido 3 segundos desde su última activación. Este conteo se reinicia cada vez que uno de los bloques "Comparador" lo dispara. La salida de este bloque "Luz de escalera" está conectada a un bloque "Filtro", que ha sido programado para no realizar ninguna acción cuando recibe un 1, pero al recibir un 0, debe emitir una señal que alternará automáticamente su valor.

**Figura 51**

*Módulo Lógico Dimmer: bloque5*

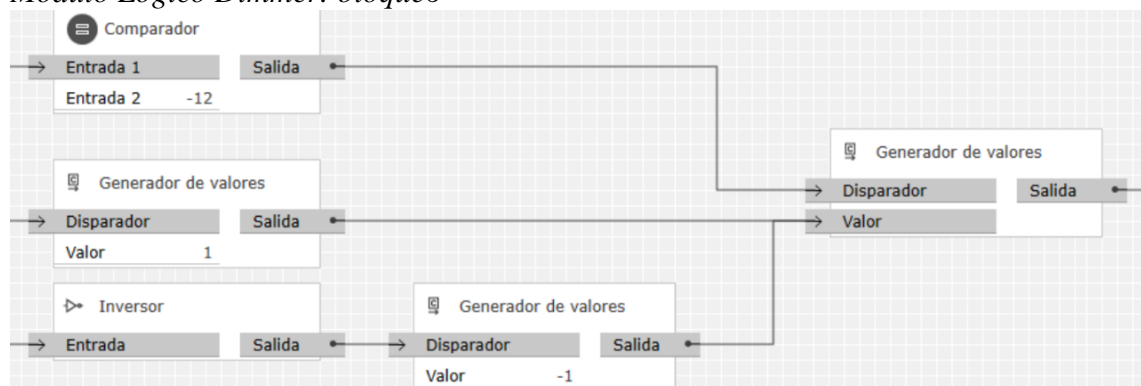


*Nota.* Elaboración propia

Estos valores en alternancia están conectados a dos bloques llamados "Generadores de valores." Para ello, primero pasan por un bloque "Inversor" antes de llegar al que tiene un valor de -1 en su puerto "Valor," y también se conectan directamente al que tiene un valor de 1. Cuando cualquiera de estos bloques se activa, transmite su valor a un tercer bloque llamado "Generador de valores," que recibe su valor en el puerto "Valor" y es activado por uno de los bloques "Comparador" con un valor de 12 o -12, según corresponda.

**Figura 52**

*Módulo Lógico Dimmer: bloque6*



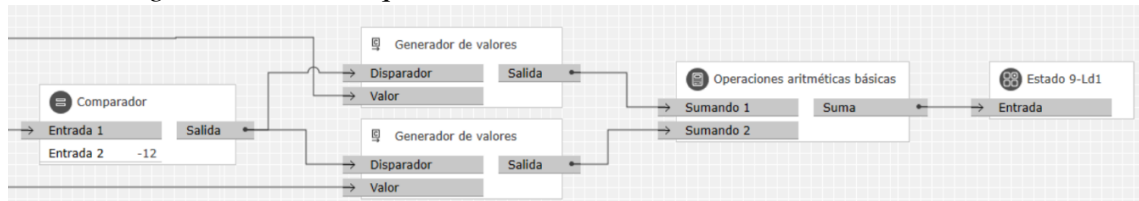
*Nota.* Elaboración propia

Estos valores de 1 y -1 se envían de manera alterna cada vez que se completa el ciclo de 3 segundos a uno de los puertos de entrada de un bloque llamado "Operaciones aritméticas básicas," configurado como un sumador. El otro puerto de entrada estará conectado a la salida de un bloque "Generador de valores," cuyo valor será el correspondiente a Estado

X, y será activado nuevamente por el bloque comparador con un valor de 12 o -12. La suma (o la resta en el caso de -1) de estos valores resultará en el valor que tomará la dirección de grupo Estado X, actualizando su valor para la próxima ejecución del ciclo en el que se requiera.

### Figura 53

*Módulo Lógico Dimmer: bloque7*



*Nota.* Elaboración propia

Debido al tiempo dedicado al desarrollo de esta mejora, hubo un aumento en los gastos relacionados con el personal. No obstante, se consiguió alcanzar un resultado mejorado en términos de control. Además, se logró proporcionar al cliente la capacidad de ajustar la configuración a su preferencia de forma sencilla mediante la reprogramación de los tiempos de ejecución y el envío de telegramas.

## CONCLUSIONES

1. La implementación de un sistema domótico basado en el protocolo KNX para la gestión de energía en una vivienda ha resultado ser un logro significativo en el campo de la automatización del hogar. Este proyecto ha demostrado que la aplicación de la tecnología KNX brinda una solución efectiva y eficiente para el control descentralizado de sistemas eléctricos y energéticos en una vivienda.
2. Durante el proceso de diseño y desarrollo, se han superado diversos desafíos técnicos, y se han realizado avances notables en la creación de un sistema que es capaz de gestionar el consumo energético de manera inteligente. Algunas de las conclusiones clave de este proyecto incluyen:
  - **Eficiencia Energética Mejorada:** La implementación del sistema domótico KNX ha permitido una gestión más eficiente del consumo de energía en la vivienda. La capacidad de controlar la iluminación, la climatización y otros dispositivos ha llevado a una disminución significativa del gasto energético, lo que resulta en un impacto positivo tanto en el medio ambiente como en los costos del hogar.
  - **Facilidad de Control y Personalización:** El sistema diseñado ofrece a los usuarios un alto grado de control y personalización. La interfaz de usuario, tanto en dispositivos móviles como en paneles de control físicos, facilita la gestión de todos los aspectos del hogar, desde la iluminación hasta la climatización, lo que proporciona una experiencia de vida más cómoda y adecuada a las preferencias individuales.
  - **Seguridad y Confiabilidad:** La integración de sensores y alarmas técnicas ha mejorado la seguridad de la vivienda. El sistema es capaz de detectar situaciones de riesgo, como humo, fugas de agua o intrusiones, y tomar medidas adecuadas para proteger a los residentes y la propiedad.
  - **Escalabilidad y Flexibilidad:** Un aspecto crucial del diseño ha sido la escalabilidad. El sistema KNX permite la adición futura de dispositivos y componentes, lo que garantiza que la vivienda pueda evolucionar junto con las necesidades cambiantes de los residentes.
  - **Control Descentralizado:** La descentralización del control ha demostrado ser un enfoque efectivo para la gestión de la energía. Cada área de la vivienda puede tomar decisiones autónomas basadas en las condiciones y preferencias locales, lo que maximiza la eficiencia energética y garantiza el confort en cada habitación.

- Integración con Dispositivos Externos: La implementación de pasarelas y protocolos de comunicación ha permitido la integración con dispositivos externos y sistemas de control a través de Internet. Esto posibilita un acceso remoto y un monitoreo constante, lo que resulta esencial en la vida moderna.
3. Este proyecto de tesis ha logrado su objetivo principal de diseñar e implementar un sistema domótico altamente eficiente y escalable para la gestión de energía en una vivienda. Los resultados obtenidos son prometedores y sientan las bases para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la domótica y la gestión energética.
  4. En última instancia, el éxito de este proyecto demuestra que la aplicación de la tecnología KNX y el control descentralizado son enfoques altamente beneficiosos para mejorar la eficiencia energética, la comodidad y la seguridad en las viviendas modernas."

Estas conclusiones resumen los logros y hallazgos clave de tu tesis y ofrecen una perspectiva general de su importancia y relevancia en el campo de la domótica y la gestión de energía

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la posibilidad de realizar investigaciones adicionales para ampliar el alcance del proyecto. Esto podría incluir la incorporación de nuevos dispositivos o la aplicación del sistema a viviendas más grandes y variadas.
2. Se recomienda explorar la incorporación de fuentes de energía renovable, como paneles solares o sistemas eólicos, para mejorar la eficiencia energética y reducir la dependencia de la red eléctrica convencional.
3. Se sugiere la implementación de una función de monitoreo remoto para permitir a los propietarios controlar y supervisar el sistema domótico desde cualquier ubicación a través de una aplicación móvil o una plataforma en línea.
4. Se recomienda proporcionar información y capacitación a los propietarios sobre cómo utilizar eficazmente el sistema domótico para optimizar el consumo de energía y mejorar la comodidad en el hogar.
5. Se recomienda abordar las preocupaciones éticas y la privacidad de datos al recopilar y almacenar información relacionada con el comportamiento de los residentes y el consumo de energía.
6. Se recomienda establecer un plan de mantenimiento regular y la posibilidad de futuras actualizaciones del sistema para garantizar su funcionamiento óptimo a lo largo del tiempo.
7. Se recomienda analizar los costos y beneficios económicos a largo plazo de la implementación de un sistema domótico, incluyendo el ahorro de energía y la reducción de gastos operativos.
8. Se recomienda la creación de programas de concientización y educación en la comunidad para promover la adopción de tecnologías domóticas y la gestión eficiente de la energía.



## REFERENCIAS


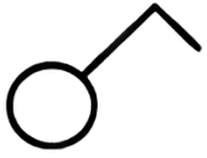



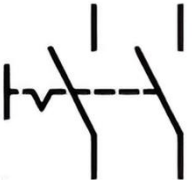
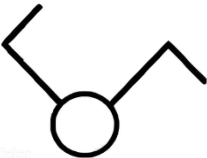


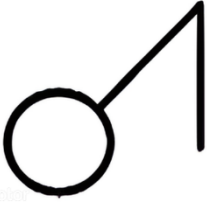
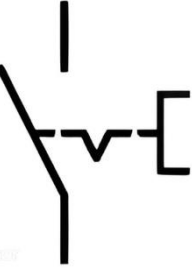
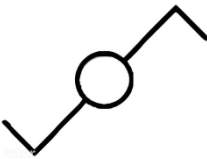
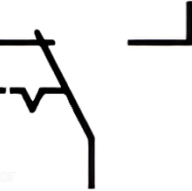
- Banco Mundial (2022), *Energía*.  
<https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>
- Bermudes y Navas (2015). *Montaje en instalaciones domóticas en edificios (UF0539)*.  
IC Editorial.  
<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/43830>
- Carrillo (2019). *Implementación de la Domótica en un Prototipo Didáctico de Instalación Eléctrica Domiciliaria*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Chimborazo].  
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5025>
- Cedeño (2020). *Desarrollo de un sistema domótico y aplicación para dispositivos móviles Android para control de luces*. [Tesis de Grado, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/94905>
- Córdova et al (2022). *Gestión energética mediante la aplicación de la domótica en instalaciones eléctricas*. [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/187528>
- Guzmán y Burga (2019). *Sistema Domótico de Control Centralizado con Comunicación por Línea de Poder*. [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5966>
- Guzmán y Merino (2015). *Domótica: Gestión de la Energía Técnica de Edificios*. R.A-MA.S.A, <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/106476>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021). *Acceso a los servicios básicos en el Perú*. [Archivo PDF].  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1863/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1863/libro.pdf)
- La Cruz y Otazú (2021). *Diseño e Implementación de Un Sistema de Domótico Utilizando Plataformas de Desarrollo Como Controlador de Control*. [Tesis de Grado, Universidad de Lima].  
<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/8026>
- Ministerio de Energía y Minas (2021). *Balance Nacional de Energía 2019*.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1875333/Balance%20Nacional%20de%20la%20Energ%C3%ADa%202019.pdf?v=1620784938>


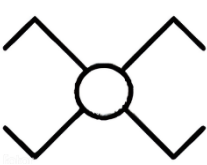
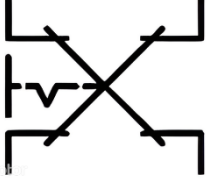
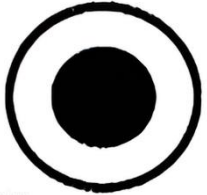
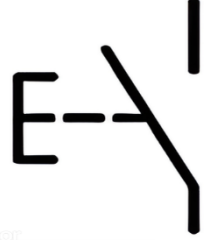

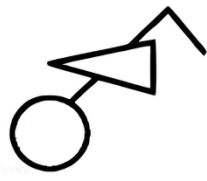
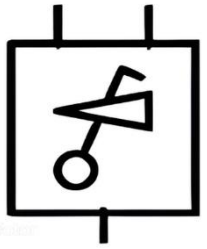


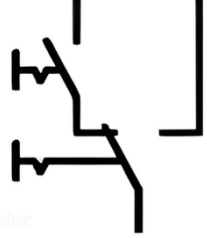






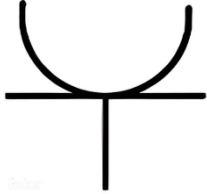
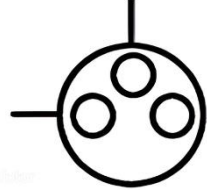
- Mora (2018). *Montaje de los cuadros de control y dispositivos eléctricos y electrónicos de los sistemas domóticos e inmóticos*, IC EDITORIAL  
<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/59255>
- Núñez, A. (2015). *Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador*. Barcelona, Spain: Ediciones Experiencia. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/41980?page=24>.
- Organización de las Naciones Unidas (s.f.) *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production>.
- Paz (2020). *Analizar el uso de la domótica y su influencia en la comodidad de los hogares arequipeños*. [Tesis de Grado, Universidad Continental].  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8068>
- Porcuna (2016). *Robótica y Domótica Básica con Arduino*. RA-Ma,S.A,  
<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/107212>
- Tobajas (2014). *Instalaciones domóticas*. Cano Pina.  
<https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/43054>


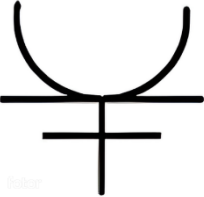

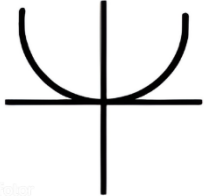

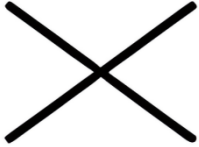
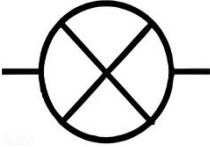

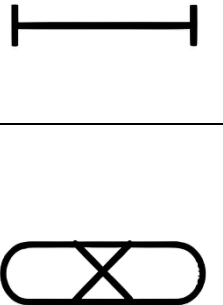



## ANEXOS


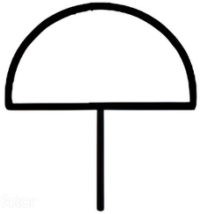
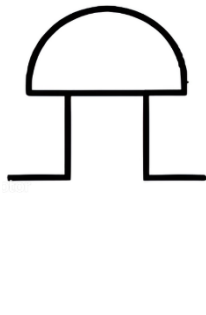

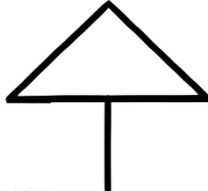
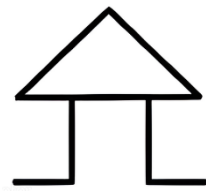

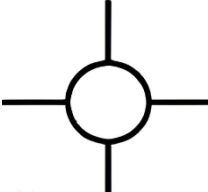
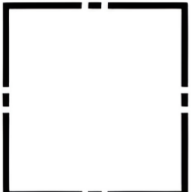


**Tabla 4**

*Simbología utilizada en los esquemas de las instalaciones domóticas*

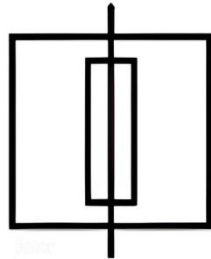
Representación visual	Conjunto de símbolos		¿Cuál es?	Forma de instalar
	Unifilar	Multifilar		
			Dispositivo de control de corriente	Instalado en una caja de montaje a una altura de 110 cm desde el suelo y 15 cm del marco de la puerta, excluyendo los cabeceros de las habitaciones.
			Dispositivo de control de corriente con dos polos	Puede ubicarse en el lado derecho o izquierdo del marco de la puerta, siempre en el mismo lado que el mecanismo de apertura de la puerta. Es esencial asegurarse de que la caja de montaje se instale correctamente, esté nivelada y
			Dispositivo de control de corriente con dos interruptores en un solo cuerpo	
			Dispositivo de control de corriente que se activa mediante un tirador o cadena	
			Conmutador	

			Conmutador de cruce	quede al ras con la superficie de la pared para permitir un ajuste adecuado de la placa de los mecanismos. Estos mecanismos deben interrumpir el flujo de corriente eléctrica en la fase
			Pulsador	
			Regulador	
			Interruptor de persianas	
Representación visual	Conjunto de símbolos		¿Cuál es?	Forma de instalar
	unifilar	multifilar		
			Enchufe macho	Se aceptan dispositivos de conexión en carga con una corriente máxima de 16 A
			Enchufe hembra	
			Enchufe de 16 A con dos polos y conexión a tierra tipo T	La altura de instalación será de 20 cm desde el suelo, excepto en cocinas y baños, donde

				se colocarán a 110 cm
		Conexión eléctrica de dos polos y toma de tierra, con una capacidad de 25 amperios		La altura desde el suelo será de 70 centímetros
		Toma de corriente de tres fases con conexión a tierra		Se colocará de acuerdo a los requerimientos específicos de uso
			Foco de iluminación o bombilla	Para la alimentación de las luminarias, se requerirá una sección mínima de 1,5 mm, y es importante destacar que todos los circuitos deben incluir un conductor de protección que tenga la misma sección que el conductor de fase
			Tubo fluorescente	
		Luz independiente		Se ubicará sobre el cuadro principal de control y protección de la vivienda, siendo alimentado

Representación visual	Conjunto de símbolos		¿Cuál es?	Forma de instalar
	Unifilar	Multifilar		
			Dispositivo de timbrado	Se colocarán a una distancia de 30 cm desde el techo y se encastrar en una caja de mecanismos
			Alarma sonora	Se emplea para notificar en situaciones de alarmas técnicas, como incendios, fugas de gas, inundaciones, entre otras.
			Recinto de inspección	La separación con el techo será de 20 cm y las conexiones se establecerán mediante bornas
			Tablero principal de control y protección	Se colocará en las proximidades de la puerta de entrada y se asegurará

a una altura que oscile entre 1,4 y 2 metros sobre el nivel del suelo.



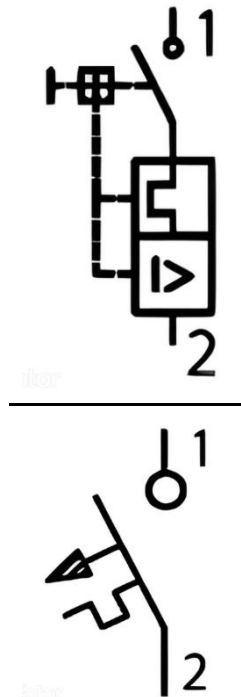
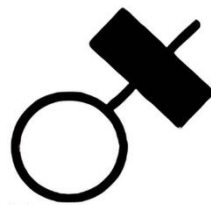
Recipiente principal de seguridad

la opción más recomendable es montarlos en las paredes exteriores de los edificios



Dispositivo de protección de corriente eléctrica que se funde o desconecta en caso de sobrecarga

Llevaremos a cabo la instalación en bases específicamente diseñadas y apropiadas para este propósito



Dispositivo de regulación de potencia (DRP)

Llevaremos a cabo el montaje previo a los elementos de seguridad, en un recinto que permita el sellado. La altura estará en el rango de 1,4 a 2 metros.

Nota. Elaboración propia

## APENDICE

**Tabla 5**

*Presupuesto*

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Detector Movimiento 2,2 m KNX	4	169.67	678.68
Acoplador de bus KNX	6	51.29	307.74
Detector Presencia Mini Komfort KNX	1	231.86	231.86
Detector Movimiento Standard 2,2m KNX	1	118.67	118.67
Sensor CO2 + Humedad KNX	1	336.58	336.58
Pulsador KNX de 2 elem. Con mando de 1 punto	37	79.22	2931.14
Teclas basculantes	35	4.85	169.75
Teclas basculantes seri	2	6.66	13.32
Fuente alimentación 640 mA KNX	1	323.37	323.37
Actuador de conmutación 24 outs / 12 persianas 16 A	2	772.8	1545.6
Actuador calefacción 6 elementos KNX	2	231.83	463.66
Entrada binaria KNX de 6 elementos 10-230 V CA / CC	4	230.98	923.92
Detector de humos	4	75	300
Modulo KNX para detector de humo	4	115.57	462.28
Gira X1	1	835.58	835.58
Gira G1	1	1000.61	1000.61
Actuador de regulación KNX 4 elementos Komfort	4	529.2	2116.8
Interfaz KNX para contadores de consumo	2	83.3	166.6
Panel táctil capacitivo con display	6	116.2	697.2
Actuador de clima con zonificación de 4 zonas	2	125.3	250.6
Medidor de energía eléctrica KNX KES Plus	2	104.3	208.6
Transformador de corriente	6	16.8	100.8
Total			S/ 12,759.56

*Nota.* Elaboración propia